

Vysoká škola logistiky o.p.s.

**Energetická a ekologická náročnost
silniční a železniční nákladní dopravy**

(Diplomová práce)



Vysoká škola
logistiky
o.p.s.

Zadání diplomové práce

student

Bc. Matěj Daněček

studijní program

Logistika

Vedoucí Katedry magisterského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v navazujícím magisterském studijním programu určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Energetická a ekologická náročnost silniční a železniční nákladní dopravy**

Cíl práce:

Zpracovat srovnání silniční a železniční nákladní dopravy z hlediska energetické náročnosti i ekologické zátěže. Na základě zhodnocení analýzy navrhnout hnací vozidlo energeticky i ekologicky nejvýhodnější. Získaná data vyhodnotit z provozního a ekonomického hlediska a navrhnout nejvýhodnější řešení.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Diplomovou práci zpracujte v těchto bodech:

Úvod

1. Teoretická východiska řešeného problému
2. Energetická náročnost v silniční nákladní dopravě a její analýza
3. Analýza energetické náročnosti v železniční nákladní dopravě
4. Vyhodnocení získaných poznatků a návrh nejvýhodnějšího řešení

Závěr

Rozsah práce: 55 – 70 normostran textu

Seznam odborné literatury:

GAŠPARÍK, Josef a Vladislav ZITRICKÝ. Manažment kapacity železničnej infraštruktúry. Žilina: Žilinská univerzita v Žilině, 2010. ISBN 978-80-554-0241-3.

GAŠPARÍK, Josef a Jiří KOLÁŘ. Železniční doprava: technologie, řízení, grafikonky a dalších 100 zajímavostí. Praha: Grada Publishing, 2017. ISBN 978-80-271-0058-3.

MAJERČÁK, Jozef, GAŠPARÍK, Jozef a Peter BLAHO. Železničná dopravná prevádzka. Technológia železničných staníc. Žilina: EDIS, 2015. ISBN 978-80-554-1057-9.

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D., DBA

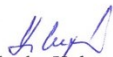
Datum zadání diplomové práce:

31. 10. 2021

Datum odevzdání diplomové práce:

12. 5. 2022

Přerov 31. 10. 2021


Ing. Blanka Kalupová, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.
rektor

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská/diplomová práce je původní a že jsem ji vypracoval/a samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušil/a autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů. Prohlašuji, že jsem byl/a také seznámen/a s tím, že se na mou bakalářskou/diplomovou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské/diplomové práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou bakalářskou/diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom/a povinnosti informovat předtím o této skutečnosti prorektora pro vzdělávání Vysoké školy logistiky o.p.s. Prohlašuji, že jsem byl/a poučen/a o tom, že bakalářská/diplomová práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47 b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované bakalářské/diplomové práce v její tištěné i elektronické verzi. Souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely. Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze bakalářské/diplomové práce, elektronická verze na odevzdaném optickém médiu a verze nahraná do informačního systému jsou totožné.

V Přerově, dne 12.5.2022

.....

podpis

Poděkování

Největší poděkování při tvorbě své diplomové práce bych rád věnoval panu prof. Ing. Václavu Cempírkovi, Ph.D., DBA, nejen za důležité rady a skvělý profesní přístup, ale zejména za ten lidský. Poděkovat bych chtěl i dispečinku naší firmy LokoTrain, za ochotu při plánování směn tak, abych si mohl provádět jednotlivé měření v práci a dispečinkům firem IDS Cargo a PKP Cargo, za poskytování informací nad rámec svých povinností o polohách lokomotiv, kde jsem měl vyjednané měření. Velké poděkování patří i všem kolegům a kamarádům, kteří mi pomohli se sběrem dat pro výpočty. V neposlední řadě poděkování patří mé rodině, zejména sestře, za výpomoc s překlady

Anotace

Diplomová práce srovnává silniční a nákladní dopravu z hlediska energetické náročnosti i ekologické zátěže a na základě podrobné analýzy navrhne hnací vozidlo, které bude energeticky i ekologicky nejvýhodnější. Úvodní část se zaměří na teoretickou deskripci problematiky a na výběr jednotlivých vozidel, které budou předmětem analýzy. Následující část práce bude zjišťovat skutečnou energetickou a ekologickou náročnost vybraných vozidel. V závěru diplomové práce budou získaná data vyhodnocena provozně a ekonomicky a na jejich základě bude navrženo nejvýhodnější vozidlo.

Klíčová slova

Energetická náročnost, ekologie, nákladní doprava, emise, železnice

Annotation

The diploma thesis compares road and freight transport in terms of energy intensity and environmental impact and based on a detailed analysis will design a tractive vehicle that will be the most energy and environmentally advantageous. The introductory part will focus on the theoretical description of the issue and on the selection of individual vehicles which will be the subject of analysis. The next part of the work will determine the actual energy and environmental performance of selected vehicles. At the end of the diploma thesis, the obtained data will be evaluated operationally and economically and on the basis of them the most advantageous vehicle will be designed.

Keywords

Energy intensity, Ecology, Freight transport, Emission, Rails

Obsah

Úvod.....	11
1. Doprava.....	10
1.1 Ekologie v dopravě	14
1.2 Energetika v dopravě.....	19
1.2.1 Zdroje elektrické energie.....	21
1.2.2 Alternativní pohony.....	26
1.2.3 Energetika a doprava	30
1.2.4 Energetika železniční a silniční dopravy	32
1.3 Železniční nákladní doprava v ČR.....	34
1.3.1 Historie železniční infrastruktury v ČR.....	36
1.3.2 Současnost infrastruktury v ČR.....	38
1.4 Silniční nákladní doprava v ČR	40
1.4.1 Historie silniční infrastruktury v ČR	42
1.4.2 Současnost silniční infrastruktury v ČR.....	44
1.5 Legislativa	45
2. Energetická a ekologická náročnost v železniční dopravě	49
2.1 Lokomotiva 193	50
2.2 Lokomotiva 183	53
2.3 Lokomotiva 753.7	55
2.4 Lokomotiva 189	57
3. Energetická a ekologická náročnost v silniční dopravě.....	59
3.1 Tahač MAN TGX	60
3.2 Tahač Renault.....	62
4. Zhodnocení	65
4.1 Dodavatelé a ceny energií	65
4.2 Výpočet naměřených hodnot.....	67
4.2.1 Výpočet naměřených hodnot železniční dopravy.....	67
4.2.2 Výpočet naměřených hodnot silniční dopravy	71
4.3 Vyhodnocení naměřených hodnot	72
Závěr	79
Seznam zkratk	80

Seznam zdrojů.....	81
Seznam grafických objektů.....	83
Seznam tabulek.....	84
Seznam příloh	85

Úvod

Doprava má velký význam na rozvoj národního hospodářství, ale i pro společnost v každodenním životě. Setkáváme se s ní, nebo jejími subsystemy prakticky každý den a při většině činností, které vykonáváme. Doprava má však i spoustu negativních vlastností, především je značným zdrojem zátěže životního prostředí, jež se vlivem stále se zvyšujícího rozvoje dopravy neustále prohlubuje. Některé nabízené ekologicky šetrnější varianty dopravy jsou sice k životnímu prostředí příznivější, za to jsou však ekonomicky mnohem náročnější, a to je pro řadu dopravců nepřijatelné anebo jsou nevhodné svojí charakteristikou.

Při výběru témat jsem se zaměřil na problematiku, u které mohu využít své dosavadní zkušenosti z praxe. Po dohodě s vedoucím diplomové práce jsem zvolil téma „Energetická a ekologická náročnost v silniční a železniční dopravě“. Velkou výhodou pro zpracování diplomové práce bude možnost získat jednoduše některé potřebné údaje o spotřebě trakční energie, protože jsem zaměstnán jako strojvedoucího ve firmě, kde využíváme všechny typy moderních lokomotiv.

Tato diplomová práce má za úkol porovnat vybrané dopravní prostředky ze silniční a železniční nákladní dopravy a srovnat je z hlediska energetické a ekologické náročnosti. To provedu měřeními spotřeby jednotlivých dopravních prostředků a též výpočtem vyprodukovaných škodlivých látek, které negativně ovlivňují přírodu. Cílem této práce je po jejich srovnání a vyhodnocení nalezení nejvhodnějšího dopravního prostředku, jenž bude nejšetrnější k životnímu prostředí a ekonomicky nejvhodnější z hlediska spotřebované energie na jednotlivou přepravu.

V úvodní teoretické části je uvedena současná ekologická a energetická situace nákladní dopravy se zaměřením na jednotlivé druhy dopravy i ze statistického hlediska. Dále jsou zdůrazněny některé pojmy ze zákonů a právních norem, které jsou pro dopravu zásadní a jimž se doprava musí podřizovat.

V praktické části je uvedena deskripce jednotlivých vozidel, která budou využita pro měření trakční energie a analýze, a to pro silniční a železniční dopravu. Na tuto část budou bezprostředně navazovat výpočty jednotlivých srovnávaných aspektů, které jsou předmětem této diplomové práce. Energetickou náročnost železniční a silniční dopravy bude porovnána měrným ukazatelem, kdy výsledkem bude množství spotřebované

energie na tunokilometr. Autor se pokusí zjistit i množství vyprodukovaných látek, které škodí životnímu prostředí.

V poslední části všechna hodnocená vozidla budou porovnána a bude vybrána ta nejvýhodnější ze všech hodnocených, jež se staly předmětem této diplomové práce.

Je třeba podotknout, že pro diplomovou práci byla použita data ze statistik, která byla značně ovlivněna pandemií Covid-19. To se projevuje ve značných výkyvech v datech použitých statistik.

.

1. Doprava

Dopravu lze definovat jako jakékoliv přemístění osob nebo hmotných statků, provedené buď vlastní silou, nebo zprostředkovaně. Prostřednictvím dopravy se uskutečňují materiálové toky mezi výrobou a spotřebou, mezi průmyslem a zemědělstvím, mezi městem a venkovem, ale i mezi jednotlivými oblastmi a státy. Kvalitní infrastruktura a vysoká kvalita dopravy napomáhá národnímu i mezinárodnímu obchodu, což se významně projevuje v národním hospodářství jednotlivých států.

Přemístění v dopravě nejčastěji uskutečňuje pomocí dopravního prostředku po dopravní cestě. Konečné cílevědomé přemístění osob, nákladu nebo zvířat mezi jednotlivými místy bez ohledu na využitý způsob dopravy se nazývá přeprava. Přeprava z ekonomického hlediska vyjadřuje, jaké množství zboží bylo přemístěno, na jakou vzdálenost, za jaký čas, za jakou cenu a také vymezuje obchodní a právní podmínky. Přeprava je plně určena výchozím a koncovým bodem procesu přemístění. Provozovatelem dopravy je dopravce, který provozuje dopravní prostředky, a tedy zajišťuje dopravu, jejímž produktem je přeprava. Přepravce je ten, který si u dopravce dopravu objedná a proces přemístění požaduje. Jestliže je dopravce a přepravce jedna a ta samá právnická nebo fyzická osoba, jde o přepravu autonomní neboli nezávislou, s níž se nejčastěji setkáme u individuální přepravy. Pokud je ovšem dopravce a přepravce jiná fyzická a právnická osoba, jedná se o přepravu neautonomní neboli zakázkovou. Typickým příkladem jsou např. všechny druhy veřejné dopravy.

Dopravu lze klasifikovat podle různých hledisek, např. dle následujícího dělení podle:

- přepravovaného substrátu dělíme dopravu na nákladní a osobní
- dopravních cest, na nichž se uskutečňuje, dělíme dopravu na silniční, kolejovou, námořní, říční, leteckou, dopravníkovou, lanovkou, potrubní aj.
- prostředí, ve kterém se doprava realizuje, ji dělíme na pozemní, podzemní, vodní, vzdušnou, meziplanetární
- dopravních prostředků můžeme mít dopravu pěší, cyklistickou, motocyklovou, automobilovou, trolejbusovou, autobusovou, železniční, leteckou, lodní ad.
- kapacity dopravních prostředků máme dopravu individuální nebo hromadnou
- vztahu dopravce a přepravce je doprava veřejná, neveřejná a individuální

- vzdálenosti, na kterou je vykonávána je dopravu lokální, příměstskou, dálkovou a kontinentální.
- územního svazku, na němž se přepravujeme, je doprava vnitrostátní a mezinárodní
- pohonu díky němuž je doprava realizovaná, ji můžeme dělit na dopravu lidskou silou, zvířecí silou, pohon samospádem, pohon větrem, motorový pohon a hydraulický pohon

Podle následujících ukazatelů určujeme kvalitu provedených přeprav:

- **rychlost** neboli čas, jenž je nutný k přemístění osob, zboží či zpráv v prostoru, přičemž je rychlost limitována technickými parametry jednotlivých druhů doprav či prvky dopravních systémů
- **pravidelnost a přesnost**, díky níž je možné např. pružné zásobování, což zákazníkovi značně snižuje zásoby na skladě a spoří značné množství kapitálu, který je pak možné využít jinde
- **bezpečnost** přemístění, do něhož spadá nejen snaha eliminovat riziko nehod, ale především snížení rizika neporušenosti zásilek, na čemž má největší podíl výběr vhodného a spolehlivého dopravce
- **dostupnost**, což je celková doba od momentu objednání dopravního prostředku, nejčastěji jakéhokoliv železničního nákladního vozu, až k jeho skutečnému přistavení na požadované místo

Doprovce musí požadavky zákazníků na přemístění kvantifikovat, jelikož musí vhodně určit optimální potřebu dopravních prostředků, správně organizovat jejich pohyb a využití v čase, aby jednotlivé přepravy byly dostatečně vytížené a efektivní a dle toho správně určit cenu, která uhradí náklady vyvolané dopravy a bude zisková. Ke kvantifikaci požadavků přepravců se prakticky bez ohledu na zvolený druh dopravy používají v nákladní dopravě následující ukazatele:

- **objem přepravy (Q)** – vyjadřuje skutečnou hmotnost zboží, které bylo přepraveno nákladními vozidly, vypočítá se součtem hmotnosti jednotlivých zásilek a ukazuje velikost přepravního požadavku
- **přepravní výkon (tkm)** - tunokilometr je dynamický ukazatel přepravních požadavků, je to součin hmotnosti zásilky v tunách a vzdálenosti ujetého dopravního výkonu v kilometrech

- **přepravní vzdálenost (In)** - vzdálenost, na kterou byla zásilka přepravena, dělíme ji na:

- **provozní** – skutečná ujetá vzdálenost po níž byla zásilka přepravena
- **tarifní** – je vzdálenost obvykle používané trasy mezi dvěma tarifními body a v železniční dopravě je určující pro výpočet ceny, za železniční přepravu

Pro provozní výpočty a výpočty dalších nákladů, energetické náročnosti a výpočtu optimální ceny za přepravu je třeba znát kromě celkových hodnot i strukturu přepravy. Přepravu lze dělit podle následujícího, základního členění.

Podle místa vzniku a určení

Základní dělení podle přepravních relací:

- *vnitrostátní*
- *mezinárodní*
- *tranzitní*
- *pravidelné relace mezi konkrétními místy*

Intenzitu přepravy podle relací protékajících danou sítí vyjadřují přepravní proudy zboží. Jejich velikost se mění v závislosti na místě, ve kterém se nacházejí. K značnému zahuštění přepravních proudů dochází zejména na vytížených železničních či dálničních úsecích v blízkosti významných aglomerací, zpravidla velkých měst nebo v případě železnice i významných železničních uzlů (Česká Třebová).

Podle hlediska použitých tarifů (cen)

Každý druh dopravy má vzhledem ke svojí charakteristice vlastní tarifní podmínky, obecně lze přepravu podle tarifu rozdělit následovně:

- *podle tarifů používaných ve vnitrostátní a mezinárodní přepravě*
- *dle kvality poskytovaných služeb*
- *dle technologie různě členěných skupin přeprav.*

Podle použitého typu a druhu vozidla

Dopravní prostředky mají odlišnou charakteristiku na základě jejich vhodnosti pro jednotlivé druhy přeprav. Jde o členění nejen podle technických parametrů jednotlivých druhů dopravních prostředků (např. Mercedes, Tatra), ale i podle obecnějšího určení vhodnosti pro určité zboží či cestu (dodávka, tahače s návěsem)

Podle druhu přepravovaného zboží

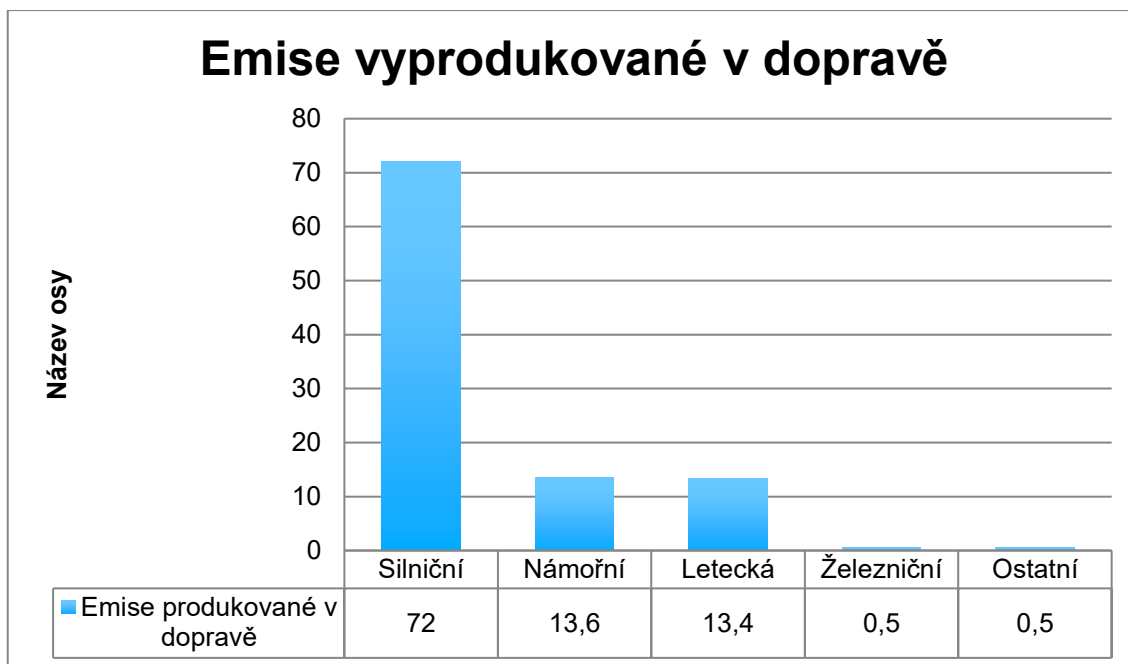
V nákladní přepravě rozeznáváme deset statistických skupin zboží

1. pevná paliva
2. ropa, dehet a výrobky z nich
3. ruda, hutnické a strojírenské výrobky
4. nerostné průmyslové suroviny
5. stavebniny
6. dřevo
7. zrniny, potraviny a živá zvířata
8. okopaniny
9. kusové zboží
10. ostatní zboží

1.1 Ekologie v dopravě

Doprava má největší podíl na znečištění ovzduší v Evropě a přispívá tak ke změně klimatu, znečištění ovzduší a je i značným zdrojem hluku. V souvislosti s rozvojem dopravy dochází i k značnému záboru půdy a při stavbě nové infrastruktury i k fragmentaci krajiny.

Z celkové produkce energie v Evropě spotřebovává doprava jako celek jednu třetinu. Velká část této energie pochází z ropy, což má za důsledek vysokou produkci skleníkových plynů a následně podíl na změně klimatu. Doprava je také jediná oblast, ve které se dlouhodobě nedaří snížit produkcí emisí, na rozdíl od jiných hospodářských odvětví, kde po roce 1990 nastal zlom, a úhrn emisí se podařilo snížit. V dopravě vzniká nyní téměř 30 % oxidu uhličitého z jeho celkové produkce, přičemž silniční doprava se na tomto čísle podílí z 72 %. Podíl emisí produkovaných v dopravě je dle jednotlivých druhů dopravy na následujícím grafu:



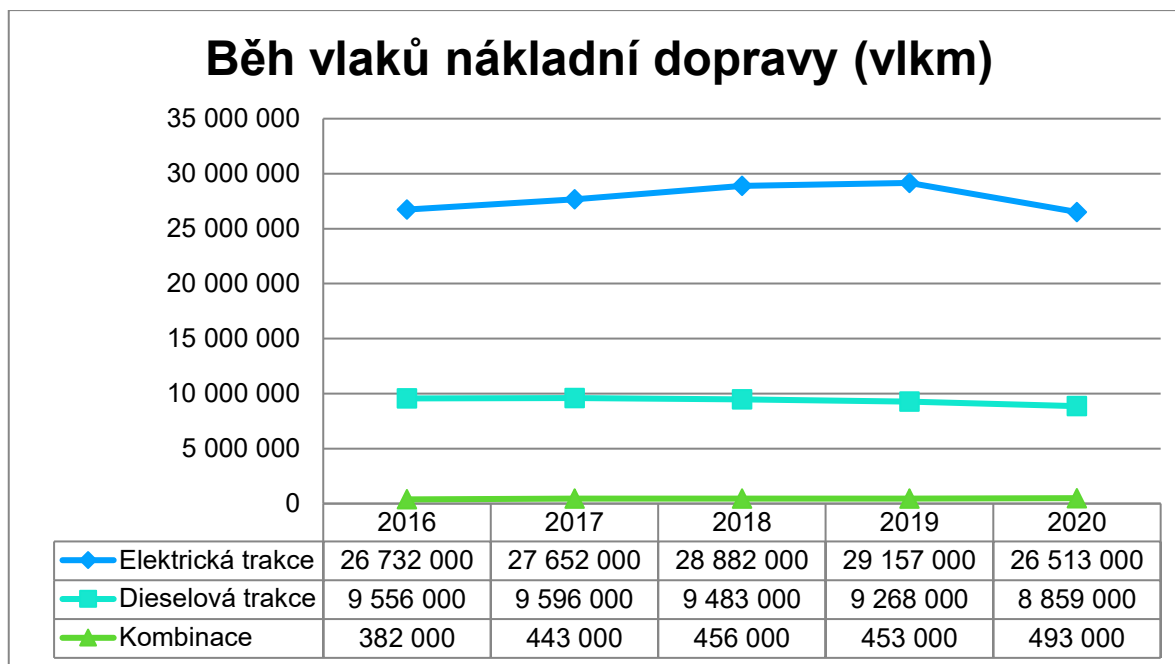
Graf 1.1 Celková produkce emisí všech doprav dohromady

Zdroj: [11], vlastní zpracování

Současná strategie se snaží již dlouhodobě co největší množství zboží přesunout na železnici, díky předpokladu, že je železnice schopná přepravit srovnatelné množství zboží s podstatně menšími emisemi. Nejčastějším a nejlogičtější srovnáním železniční nákladní dopravy je s dopravou kamionovou. Železnice vyprodukuje na jeden tunokilometr pouze 33 % emisí oxidu uhelnatého a oxidu dusíku v porovnání s kamionovou dopravou a u oxidu uhličitého a dalších organických sloučenin je to jen 10-12 %.

Centra dopravních a ekologických výzkumů však často neberou v potaz ekologickou zátěž elektrické trakce, i přesto, že vlaky vedené elektrickou trakcí vykazují největší podíl přepravních výkonů. V současnosti je v ČR délka kolejí celkem 9 358 km, z čehož je 3 215 elektrizovaných, přičemž se jedná takřka o všechny hlavní tahy. Jedinou dvoukolejnou neelektrifikovanou hlavní tratí v ČR je trať č. 340 a úsek Blažovice – Veselí nad Moravou.

Výroba elektřiny pro elektrickou trakci je totiž stále převážně závislá na surovinách z neobnovitelných zdrojů a její výroba značně zatěžuje životní prostředí. Ekologie elektřiny, která je získaná z jádra je z ekologického pohledu stále nejasná a některé země od ní zcela ustupují. V následujícím grafu je počet ujetých vlakokilometrů, rozdělených dle trakce.

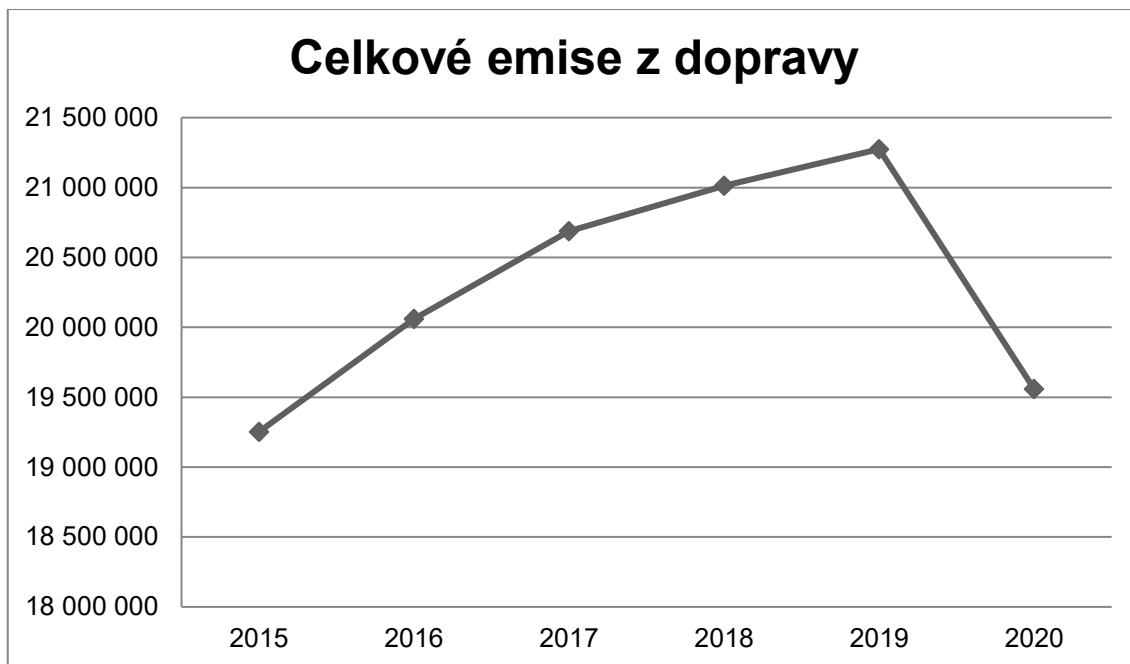


Graf 1.2 Běh vlaků nákladní dopravy

Zdroj: [12], vlastní zpracování

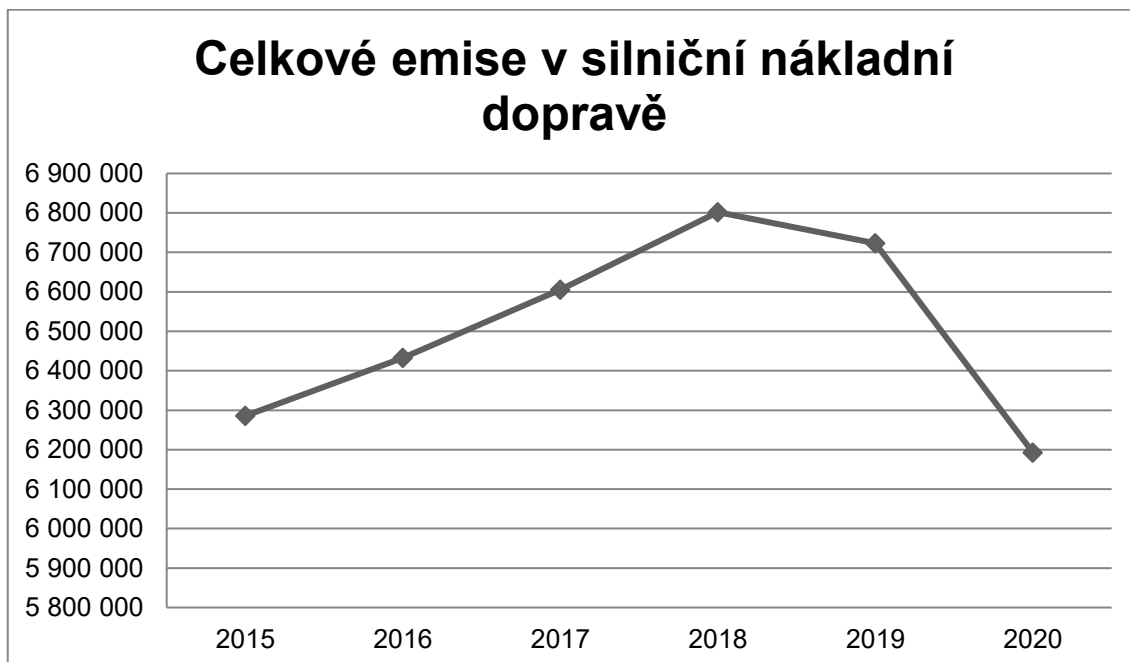
Železniční doprava má oproti silniční dopravě jistou nevýhodu v přepravě relativně vysoké mrtvé hmotnosti, jelikož jsou železniční dopravní prostředky několikanásobně těžší než silniční. Abychom dosáhli ekologicky efektivní železniční dopravy, je nutné jednotlivé vlaky dostatečně vytěžovat a nasazovat vhodné soupravy vozů podle přepravních objemů. V běžném provozu dochází velmi často, zejména v nákladní dopravě k nasazování velkých těžkých motorových lokomotiv na vlaky, které obsahují pouze několik vozových zásilek a bylo by možné je odvézt lokomotivami lehčími, které disponují dostačujícím výkonem a z hlediska emisní zátěže jsou mnohem šetrnější. Železniční doprava je tedy ekologicky výhodnější pouze tehdy, pokud dosáhne dostatečného vytížení. Na relacích, kde se povedlo docílit vysoké hustoty železniční dopravy, můžeme očekávat vysoký efekt snížení měrné emisní zátěže. Relace, na nichž dochází k síťovému efektu, tedy k rozvětvení sítě, následuje snížení dopravy v jednotlivých větvích, což snižuje ekologickou konkurenční výhodu železniční dopravy oproti silniční. Pokud tedy dopravujeme pouze několik jednotek, či desítek cestujících nebo několik jednotek či desítek tun zboží, bude silniční doprava ekologicky šetrnější.

V následujícím grafu jsou uvedeny celkové emise v dopravě v ČR za několik posledních let, v dalších grafech je poté zvláště silniční nákladní doprava a železniční doprava vedená motorovou trakcí.



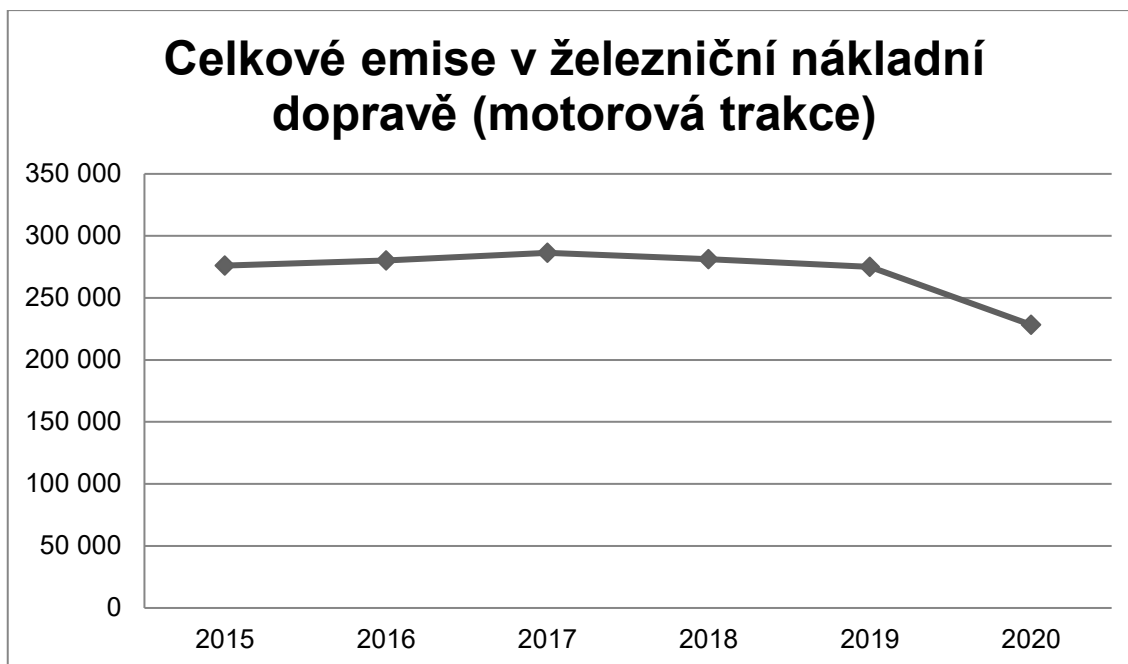
Graf 1.3 Celková produkce emisí všech doprav dohromady

Zdroj: [9], [10], vlastní zpracování



Graf 1.4 Celková produkce emisí v silniční nákladní dopravě

Zdroj: [9], [10], vlastní zpracování



Graf 1.5 Celková produkce emisí v železniční nákladní dopravě (motorová trakce)

Zdroj: [9], [10], vlastní zpracování

Bílá kniha o dopravě

Bílé knihy jsou dokumenty, které vydává Evropská unie za účelem zlepšení určitých činností v jednotlivých oblastech, např. zemědělské oblasti, v sociální oblasti nebo v dopravě. Jedná se o nezávazný dokument, jenž má pro členské státy EU spíše doporučující a informační charakter. Bílá kniha však předpovídá příští směřování EU v dané oblasti v nadcházejících letech, a tak se jedná o významný strategický dokument, který umožní jednotlivým státům připravit se různé nařízení a omezení, které posléze vejdou v platnost.

Bílou knihu o dopravě v aktuálním znění představila Evropská komise v roce 2011 a navázala tak na Bílou knihu o dopravě z roku 2001. Tento dokument, který se v plném znění jmenuje. „BÍLÁ KNIHA – Plán jednotného evropského dopravního prostoru – vytvoření konkurenceschopného dopravního systému účinně využívajícího zdroje“, vznikl především jako reakce na stagnující a stále neuspokojivou situaci v oblasti energetiky a ekologie. Dokument se zabývá především omezeností a vyčerpatelností energetických zdrojů, zvyšující se produkcí emisí CO₂, špatnou situací v oblasti dopravní bezpečnosti, špatnou infrastrukturou v okolí velkých měst, zejména nedostatek obchvatů, fragmentací krajiny a hlukem z dopravy. Jedná se o plán, jehož vize a cíle by měly být naplněny do roku 2050.

Hlavní cíle Bílé knihy o dopravě jsou:

- omezit používání konvenčně poháněných automobilů v městské dopravě do roku 2030 o 50% a do roku 2050 je ve městech vyřadit z provozu úplně, dále do roku 2030 docílit ve velkých městech v městské logistice provoz, který nebude produkovat takřka žádné CO₂.
- dálkovou silniční přepravu nákladu nad 300 km převést na jiný druh dopravy do roku 2030 o 30% a do roku 2050 o 50%.
- udržovat hustou železniční síť členských států a do roku 2030 ztrojnásobit aktuální délku vysokorychlostních tratí, do roku 2050 poté dokončit evropskou vysokorychlostní železniční síť a zajistit, aby většina objemu přepravy cestujících na střední vzdálenosti probíhala po železnici
- do roku 2050 zajistit napojení všech hlavních mořských přístavů na nákladní železniční dopravu a propojit všechna významná letiště na železniční síť, ideálně vysokorychlostní

1.2 Energetika v dopravě

Pohyb dopravních prostředků po dopravní infrastruktuře je založen na principu spotřebovávání energie. Použité způsoby k výrobě jednotlivých druhů energií se mění spolu s pokrokem lidstva.

Do 17. století lidé využívali pouze energii, která byla v přírodě k dispozici, jelikož si ji sami neuměli vyrobit. Jako první se naučili využívat energii ze Slunce, kdy procesem fotosyntézy docházelo u rostlin k přeměně energie sluneční na energii paliv, resp. jejich vypěstováním na energii ve formě potravy pro domestikovaná zvířata, která slouží k tažení či jiné manuální práci.

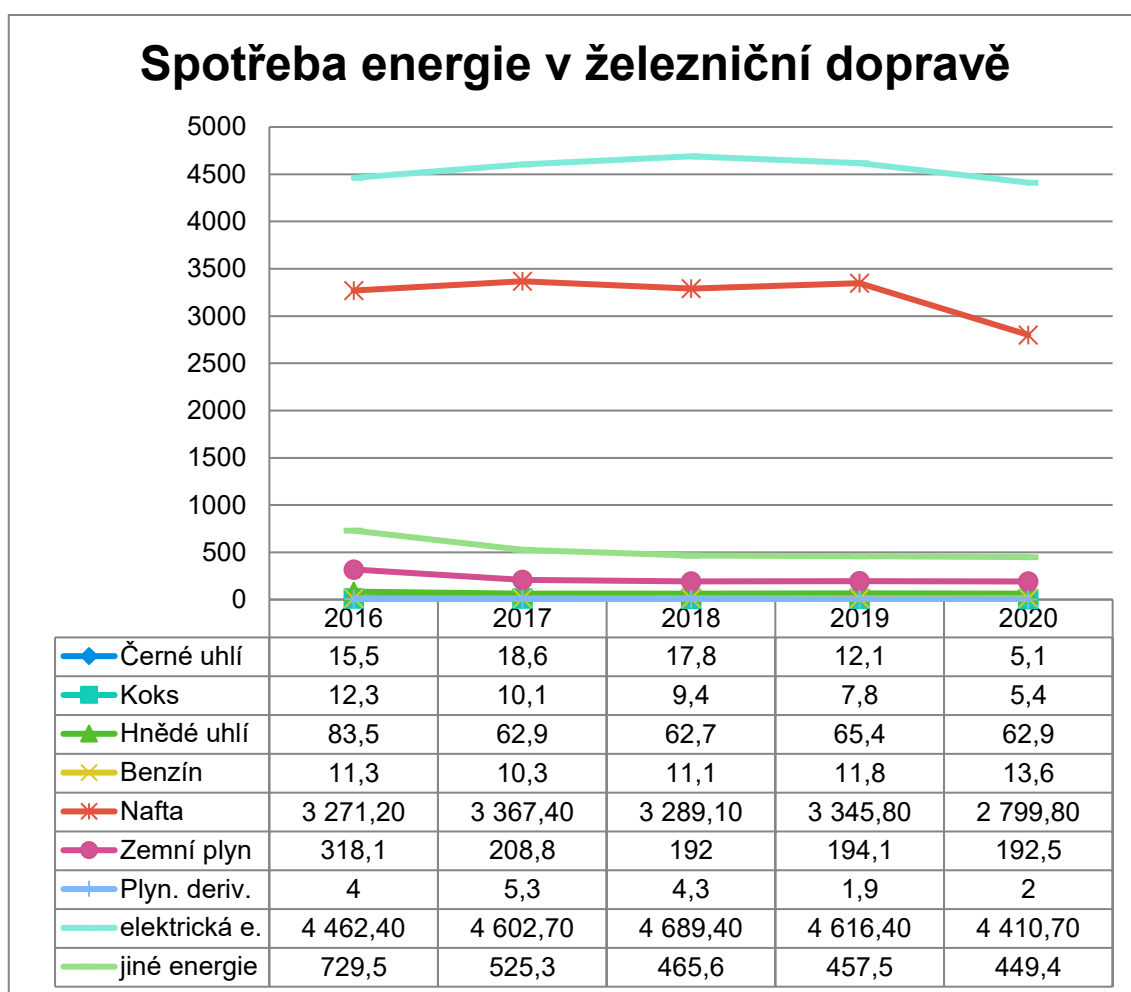
V 19. století se v průmyslu hojně přešlo na spalování dřeva, které bylo důležité například pro hutnický či sklářský průmysl, dřevo se ovšem těžilo a spotřebovávalo podstatně rychleji, než stačilo dorůstat a docházelo tak k značné destrukci přírody, která bohužel v jisté míře např. v Amazonii, kde dochází k masivnímu kácení pralesů na úkor průmyslu pokračuje dodnes.

Zásadní změna energetické situace nastala v polovině 19. století, kdy došlo k rozmachu fosilních uhlovodíkových paliv (uhlí, ropa, zemní plyn) a jejich využití v průmyslu se

stávalo čím dál intenzivnější. Fosilní uhlovodíkové paliva poskytly lidstvu možnost rychlého rozvoje napříč všemi oblastmi, dopravy včetně.

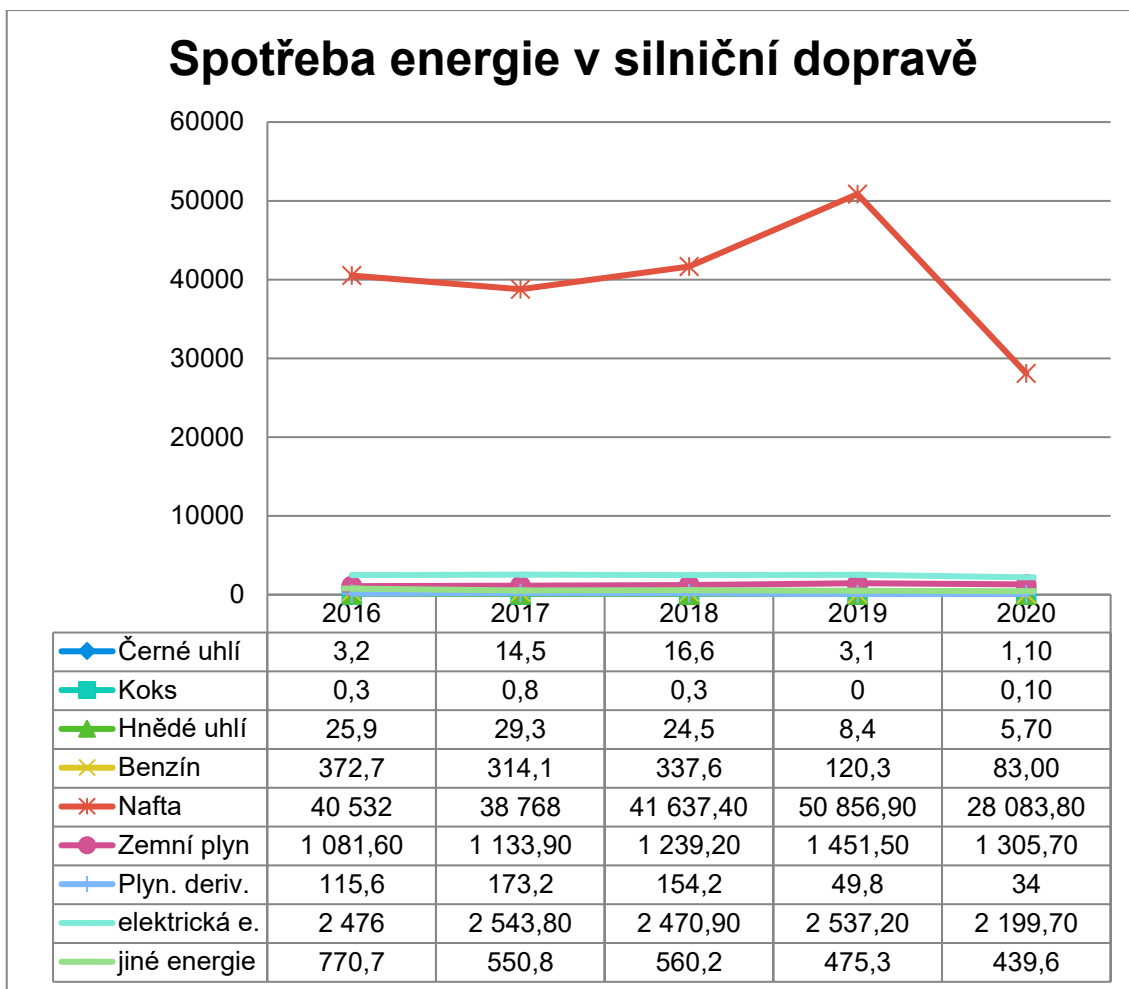
Fosilní uhlovodíková paliva ovšem patří mezi neobnovitelné zdroje energie, například ropa, která je dodnes značným zdrojem energie v silniční a železniční dopravě, u níž se odhaduje, že vznikala dvě stě milionů let, bude při současném tempu těžby a spotřeby podle odhadů vědců spotřebovaná asi za dvě stě let, tedy nesrovnatelně rychleji, než vznikala.

V následujících dvou grafech je vyobrazena skutečná spotřeba energie, pro silniční a železniční dopravu zvláště.



Graf 1.6 Spotřeba energie v železniční dopravě

Zdroj: [9], [10], vlastní zpracování



Graf 1.7 Spotřeba energie v silniční dopravě

Zdroj: [9], [10], vlastní zpracování

1.2.1 Zdroje elektrické energie

Jedním z možných řešení závislosti na neobnovitelných zdrojích v železniční dopravě je postupné rozšíření elektrizace tratí a s tím i pokračující práce na zvýšení produkce elektřiny z obnovitelných zdrojů. V dálkové silniční nákladní dopravě zatím neexistuje adekvátní alternativa spalovacích motorů.

Uhelné elektrárny

Největší podíl energie v současnosti stále vyrábí uhelné elektrárny, které získávají energii spalováním fosilního paliva, tedy uhlí. Kvůli vysoké produkci emisí u uhelných elektráren a částečně i omezeným zásobám uhlí je však snaha od toho způsobu získávání tepla ustoupit. Důvodem jsou i vysoké ceny emisních povolenek, které zavedla Evropská unie ve snaze snížit produkci CO₂. Jedna emisní povolenka opravňuje jejího majitele

k vypuštění jedné tuny CO₂ do ovzduší. Emisní povolenky musí mít každá elektrárna s tepelným příkonem nad 20 000 MW. Uhelná elektrárna je co do funkce elektrárnou parní a uhlí využívá k získání tepelné energie. Po přivezení uhlí do uhelných elektráren je uhlí nejprve odesláno do úpravny uhlí, jež je zpravidla přímo pevnou součástí elektráren, zde je uhlí vyčištěno od nečistot a nadrceno na uhelný prach. Ten je přepraven pásy do zásobníků, odkud dalšími pásovými dopravníky putuje do uhelného mlýnu, kde je uhlí rozemleto na nejjemnější částičky a následně je vyfukováno do spalovací komory kotle. Teplo, které vznikne spalováním uhlí ohřívá vodu v primárním okruhu a mění ji na páru o teplotě až přes 600 °C a o přetlaku více než 6 MPa. Tato pára je následně vedena do turbíny, kde roztáčí její lopatky. Turbína je spojena s alternátorem, v němž je následně vyráběna elektrická energie, která putuje do transformátorů a dále do rozvodné sítě.

Jaderné elektrárny

Druhým největším výrobcem elektrické energie jsou jaderné elektrárny, které jsou považovány za jedno z mála ekologicky přijatelných řešení přechodného období, než se povede lidstvu zcela přejít na obnovitelné zdroje energie. Pohled na jaderné elektrárny se však v jednotlivých oblastech značně rozchází. Po několika velkých jaderných haváriích, zejména po havárii v Černobylu, dochází v některých vyspělých zemích u obyvatelstva k značnému odporu proti jaderné energetice. Problémy spatřují zejména s riziky, jež jsou spojené s provozem jaderných elektráren, s vysokou pořizovací cenou jaderných elektráren, a především v problematice nakládání a uložení vyhořelého jaderného paliva, případně jeho těžba. Množství spotřebovaného paliva je v porovnání s uhelnými elektrárnami zcela nepatrné, jak dokládá následující tabulka, která porovnává roční spotřebu paliva vůči vyrobené elektřině v uhelné a jaderné elektrárně.

V tabulce budou porovnány hodnoty uhelné a jaderné elektrárny, kdy mají obě stejný výkon 1000 MWe.

výkon 1000 MWe.	Uhelná elektrárna	Jaderná elektrárna
roční spotřeba paliva (uhlí / uran)	5 106 000 t	12,15 t
vyrobená elektřina	28 806 kW	28 806 kW

emise CO ₂ / vyhořelé palivo	8 562 000 t	20,17 t
odvedené teplo	49 782 TJ	55 420 TJ

Tabulka 1.1 Srovnání spotřeby jaderné a uhelné elektrárny

Zdroj: [1], vlastní zpracování

Jaderná elektrárna o výkonu 1000 MWe spotřebuje za rok pouze 20 t jaderného paliva, zatímco uhelná elektrárna spotřebuje 5 000 000 tun uhlí. K výrobě 100 GJ elektrické energie tedy musíme spálit 5 t uhlí nebo rozštěpit 1 g uranu. Výhoda jaderných elektráren je i v délce výdrže paliva, kdy palivo v jaderné elektrárně se obnovuje podle využitého výkonu 1x za 1,5 - 2 roky.

I jaderná elektrárna funguje jako parní elektrárna, ovšem s odlišným způsobem získávání tepla pro výrobu páry a jednou velkou výhodou oproti elektrárnám uhelným, jelikož z nich nevychází žádný škodlivý kouř. K získání tepla v jaderné elektrárně dochází díky řízené reakci při štěpení jader uranu v reaktoru, který je napojený na primární okruh, ve kterém cirkuluje voda. Sekundární okruh prochází výměníkem, kde mu voda z primárního okruhu předává své teplo ve formě páry. Sekundární okruh poté dále žene vyrobenou páru k turbíně, která jí roztáčí. Turbína je pevně spojená s generátorem, který opět vytváří elektrickou energii.

Paroplynové a plynové elektrárny

Dalším typem elektrárny, která zapadá do moderní energetické koncepce jsou paroplynové elektrárny. Ve srovnání s uhelnými vypouštějí o 70 % méně emisí a neprodukují žádný popílek. Jsou také schopné najet na plný výkon během několika minut. Vyšší je i účinnost, kdy zatímco u uhelné elektrárny se udává 40 %, u paroplynové je to až 58 %. Výstavba elektrárny trvá asi 30-40 měsíců, zatímco stavba například jaderné elektrárny trvá v rozmezí od 120 do 190 měsíců. Nevýhoda ovšem je ve využití drahého paliva, kterým je nejčastěji zemní plyn. Z tohoto důvodu se pořád upřednostňuje výroba v na provoz levnějších uhelných elektrárnách, i přes jejich výrazně vyšší škodlivost.

Paroplynová elektrárna může spotřebovávat kapalné i plynné palivo, nejčastěji se ovšem jedná o zemní plyn, méně často např. o topný olej. Vysoká účinnost elektráren je docílena díky dvojité výrobě, tzv. paroplynového cyklu, kdy jsou plynový a parní cyklus vzájemně spojený spalínovým kotlem. Během plynového oběhu se ohřátý vzduch stlačený

kompresorem vhání spolu s palivem do spalovací komory, odtud vzniklé spaliny proudí do plynové turbíny, kterou svou energií roztočí a generátor, který je s ní pevně spojen pomocí hřídele následně vyrábí elektrickou energii. V parním cyklu poté zbytkové neboli odpadní horké spaliny vystupující z plynové turbíny vstupují ke kotli s vodou, který zahřívají a němž vzniká pára. Po vyrobení páry opět dochází k roztočení parní turbíny, která je spojena s generátorem a dojde k výrobě elektrické energie. Spojením obou cyklů dosáhneme vyšší účinnosti, než kdybychom je provozovali zvláště, konkrétně u plynového by to bylo pouze 28-38 % a u parního 28-42 %.

Plynová elektrárna se od paroplynové liší právě pouze jedním cyklem. Plynové elektrárny se využívají zejména ve špičkách a tehdy, kdy je okamžitě potřeba zvýšit produkci elektřiny, nebo slouží jako záložní zdroj. Jejich výhodou je velmi rychlé najetí na požadovaný výkon, nevýhodou jsou však vysoké náklady na palivo, které je nejčastěji zemní plyn.

Fotovoltaické elektrárny

Mezi nejčastěji využívané obnovitelné zdroje patří solární fotovoltaické elektrárny, které využívají přímou energii slunečního záření. Při dopadu slunečního paprsku na fotovoltaický kolektor vznikne fotoelektrický jev, v jehož důsledku získáváme elektrický proud. Tímto způsobem vyrábíme vždy stejnosměrný proud, který dále proudí do střídače, kde je upraven na požadované výstupní hodnoty. Přebytkovou energii akumulujeme nejčastěji do elektrické baterie.

Vodní elektrárny

Mezi nepřímé přeměny sluneční energie patří energie získávána z vodních a větrných elektráren. Vodní elektrárny umí velmi efektivně využít přirozeného koloběhu vody, avšak možnosti výstavby vodních elektráren limituje často náročný reliéf krajiny v okolí vodních toků a také nedostatek toků s vhodným průtokem. Stavba vodních elektráren má často také negativní vliv na životní prostředí, kvůli nutnosti zásahu do vodního toku, což mnohdy znemožňuje přirozenou migraci ryb a úprava koryt vodních toků na kterých leží má mnohdy negativní vliv na okolní krajinu. Během provozu ovšem vodní elektrárny neprodukují žádné emise a jsou tedy vhodným zdrojem elektrické energie v moderním pojetí energetiky. Další velkou výhodou vodních elektráren je i možnost rychlého najetí z nulového na plný výkon, což by se dalo využít například po „blackoutu“ pro start tzv. ze tmy. Vodní elektrárna funguje na principu proudící vody, která předává kinetickou

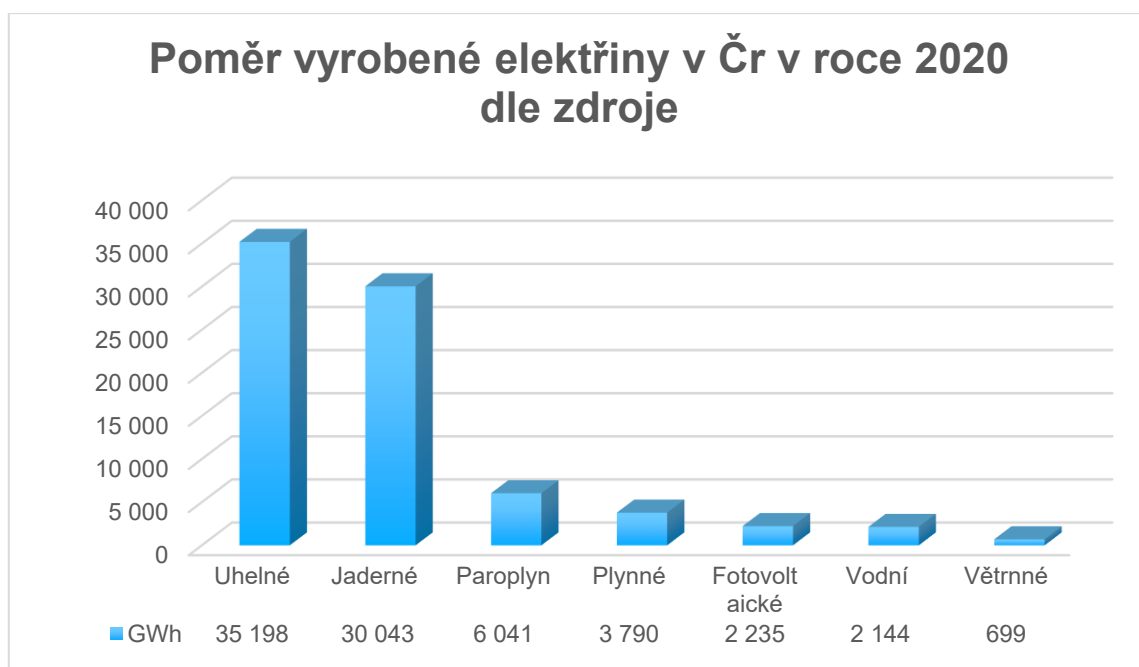
energii turbíně, kterou roztáčí, ta zároveň roztáčí generátor, se kterým je na společné hřídeli. Rotační energie, která otáčením vzniká v generátoru se mění na elektrickou energii díky principu elektromagnetické indukce. Celkový výkon turbíny je závislý především na aktuálním průtoku vody.

Zvláštním druhem vodní elektrárny jsou přečerpávací vodní elektrárny. Je to soustava dvou vodních nádrží, které jsou spojeny tlakovým potrubím, přičemž každá je v jiné výšce, tudíž každá přečerpávací elektrárna má dolní nádrž a horní nádrž. V nádržích se akumuluje potenciální zdroj energie – voda, ta tam může být přiváděna buď přirozeně, z říčních toků nebo uměle, elektrárna si tak ukládá zdroj energie na čas, kdy jej bude nejvíce potřeba. Plnění horní nádrže probíhá v době energetického klidu, tedy zpravidla v noci. V případě potřeby je poté puštěna voda do turbíny, která poté spolu s generátorem pracuje stejně jako u běžné vodní elektrárny. V noci si opět elektrárna načerpá do horní nádrže novou vodu a koloběh se může opakovat.

Větrné elektrárny

Dalším způsobem, kterým lze získat elektřinu z obnovitelných zdrojů jsou větrné elektrárny, které přeměňují kinetickou energii větru na elektřinu. Jedná se o zcela bezemisní způsob získávání elektřiny, avšak jde o zdroj závislý na počasí, tedy neovlivnitelných faktorech. Na listy neboli vrtule elektrárny působí síla proudícího vzduchu – větru, která s nimi otáčí. Každý list je připojený na rotor, který převádí energii větru na mechanickou rotační energii. Ta je skrze generátor převedena na energii elektrickou.

V následujícím grafu je poměr vyrobené elektřiny dle zdrojů.



Graf 1.8 Poměr vyrobené elektřiny v ČR v roce 2020 dle zdroje

Zdroj: [13], vlastní zpracování

1.2.2 Alternativní pohony

Společně s vývojem v oblasti elektrické energie dochází i ke snaze najít nový, lepší zdroj pohonu, který bude energeticky nenáročný, finančně snesitelný a zároveň ekologický. Mezi pohony, které jsou v současnosti nejvíce diskutované a postupně dochází k jejich testování v oblasti železniční či silniční nákladní dopravy se řadí vodíkový a bateriový pohon. Oba dva jsou již v současnosti využívány, avšak zdaleka ještě nedošlo k jejich většímu rozmachu, zejména železnice se s těmito pohony zatím spíše seznamuje. Jejich nasazení se aktuálně omezuje spíše na osobní a krátkou nákladní přepravu, kdy se jedná spíše o rozvoz po městě apod.

Oba dva způsoby jsou považovány jako ekologické, jelikož elektromotor, který vozidlo pohání, jej uvede do chodu bez vzniku lokálních emisí. Bateriový pohon může oproti vodíkovému mít i nižší uhlíkovou stopu, pokud je její energie vyráběna obnovitelnými zdroji. Vodík lze vyrábět také šetrnými způsoby, i když dominuje výroba z fosilních paliv. Vodík však lze efektivně vyrábět i s přispěním obnovitelných zdrojů, kdy vodík získáváme např. pomocí elektrolýzy vody, zplynováním či pyrolýzou biomasy a dalšími způsoby.

Při porovnání obou pohonů nutno uvést, že vodíkový pohon má podstatně delší dojezd. Zatímco u elektromobilu je to průměrně cca 350 km, u vodíkového pohonu při běžných podmínkách asi 650 km. Pro vodíkový pohon hovoří i délka tankování, kdy plnou nádrž natankuje přibližně stejně jako benzín či naftu a trvá to asi 5 minut, u elektromobilů je uváděno, že z klasické 230 V zásuvky dojde k jeho dobití za 8 - 12 hodin, přímo z walkboxu, tedy domácí nabíječky pro elektromobil za 3 - 5 hodin a z rychlonabíječky ČEZ za 1,5 - 2 hodiny.

V současnosti se však v provozu můžeme setkat jednoznačně častěji s bateriovým pohonem, vývoj vodíkového byl lehce upozaděn a nehovoří pro něj ani počet čerpacích stanic. V Česku se v současnosti nenachází ani jedna veřejná čerpací stanice na vodík, zatímco v sousedním Německu jich je již okolo 90. Ve světě se potom udává k roku 2021 celkem 540 vodíkových čerpacích stanic, oproti 1,3 mil. veřejných nabíječek pro elektromobily.

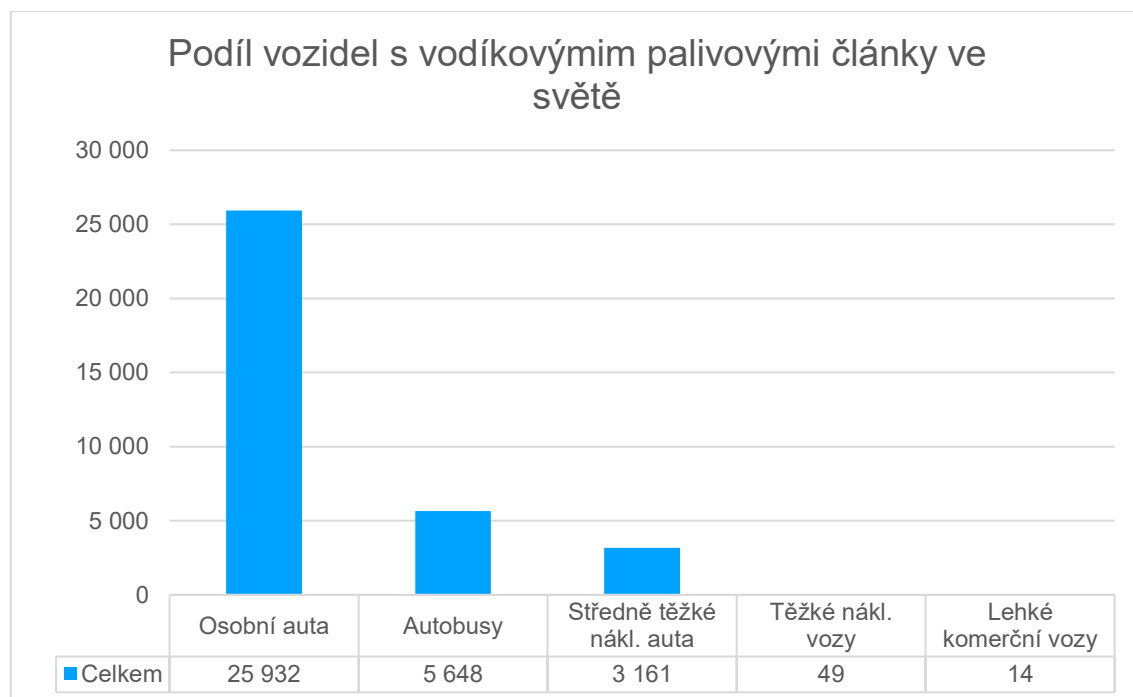
Vodíkový pohon

Vodíkový pohon je považován za nejčistší zdroj energie. Při jeho spalování vzniká pouze zcela ekologicky nezávadná pára, která následně změní plynné skupenství do kapalného a jediným odpadem tak je voda. Vodík můžeme využít v pístovém nebo rotačním spalovacím motoru, nebo reakcí vodíku s kyslíkem v palivovém článku pro výrobu elektřiny, která pohání elektromotor vozidla. Ve spalovacích motorech se dnes vodík využívá ve vznětových pístových motorech, nebo upravených konvenčních čtyřtákných zážehových motorech.

Oproti naftovým, či benzínovým motorům má vodík lepší hořlavost, vyšší kompresní poměr, nízké či nulové emise a výhoda je i snadné míchání vodíku se vzduchem. Elektrická energie vzniká právě chemickou reakcí vodíku a kyslíku ze vzduchu. Nevýhody jsou především v oblasti nedostatečné výroby, či čerpacích stanic. Ekologicky nejšetrnější metoda pro výrobu vodíku, tedy elektrolýza z vody je navíc velmi drahá a tak se pro jeho výrobu využívá spíše zemní plyn. Problém je i s přepravou a uskladněním vodíku, stejně tak může být nebezpečný při jakékoliv havárii, jelikož je velmi silně hořlavý.

Pro těžkou nákladní dopravu vodík bohužel není rentabilní a tak se s ním setkáme spíše v osobních autech, či autobusech. Jedním z hlavních důvodů je nedostatečný počet míst na tankování a další nevýhoda, které jsou popsány výše. Ve světě je v současnosti asi

26 000 aut poháněných vodíkem, přičemž 90% z tohoto počtu se nachází v Jižní Koreji, Číně, Japonsku a ve Spojených státech amerických. Níže v grafu jsou vozidla dle kategorie.



Graf 1.9 Podíl vozidel s vodíkovými palivovými články ve světě

Zdroj: [15], vlastní zpracování

Lepší podmínky pro využití vodíku se nabízejí na železnici, kde není nutné budovat rozsáhlou síť čerpacích stanic, jelikož stačí vybudovat čerpací zařízení pouze ve výchozích stanicích nebo v takových, kde vlaky pravidelně zajíždějí a mají tam pobyt. Jako první na světě uvedli v roce 2018 německé dráhy do provozu dvě vodíkové soupravy Coradia iLint, které jim vyrobila francouzská společnost Alstom. **(obr.1)** Vlaky jezdí na severu Německa v Dolním Sasku mezi Cuxhavenem a Buxtehudem. Je to první vyrobený vlak na světě, který jezdí na elektřinu vyráběnou ve vodíkových palivových článcích. Přebytkovou energii vlak ukládá do lithium-iontové baterie. Jednotky mají srovnatelný dojezd s podobnou dieslelovou jednotkou, na jedno natankování je to 1000 km. Ve zkušebním provozu s cestujícími se jednotky osvědčily a vodík zcela jistě je adekvátní náhradou nafty, byť k většímu využití zatím nedošlo.

Bateriový pohon

Železniční a silniční dopravní prostředky využívající jako zdroj energie akumulátor uložený přímo ve vozidle neprodukují za provozu žádné emise, avšak jejich výroba je

především kvůli náročné výrobě baterie mnohem náročnější než u dopravních prostředků, které disponují spalovacím motorem. Podle odborníků z MIT Energy Initiative zatíží výroba elektromobilu životní prostředí o 40 % více, než při výrobě běžného automobilu.

Mezi hlavní výhody elektromotoru patří především účinnost, která je oproti spalovacímu motoru, který má účinnost jen mezi 16 – 25 % podstatně vyšší, jeho účinnost je až 90 %. Samotný provoz ať už bateriových aut nebo vlaků je ekologicky nezávadný a také velmi tichý. Výhodou je i možnost rekuperace, což nám při delších cestách může prodloužit dojezd vozidla o 10 – 15 %, při popojíždění po městě a krátkých cestách až o 50%. Značný rozdíl potom nalezneme v cenách elektřiny a pohonných hmot. Průměrný elektromobil spotřebuje asi 13 kWh elektřiny na 100 km, což je při dnešních (25. 3. 2022) cenách 6 249 za kWh celkem 81 Kč, zatímco při ceně benzínu 44 Kč/l u auta s průměrnou spotřebou 7l/100 km celkem 308 Kč. Největší nevýhodou zůstává omezený dojezd, na který má značný vliv i počasí a s tím např. i související aktivace klimatizace, kdy během testovacích jízd Tesly S při jejím zapnutí po dobu jízdy na jedno nabití došlo ke snížení dojezdové vzdálenosti o 96 km. Omezená je i životnost baterie, kdy u běžného elektromobilu se uvádí životnost asi 1 500 nabití, ale již se testují baterie, které je možné nabít i 7 000 x.

Ke skladování energie v akumulátoru se využívá nejčastěji lithium-iontové baterie, která zásobuje elektromotor, který je umístěný v jednotce elektrického pohonu přímo na nápravě. Elektromotor pracuje ve dvou režimech, při rozjezdu nebo plynulé jízdě spotřebovává elektřinu z akumulátoru a při brzdění pracuje jako generátor a díky rekuperaci, kdy převádí mechanickou energii vzniklou při brzdění na elektrickou zpátky dobíjí akumulátor.

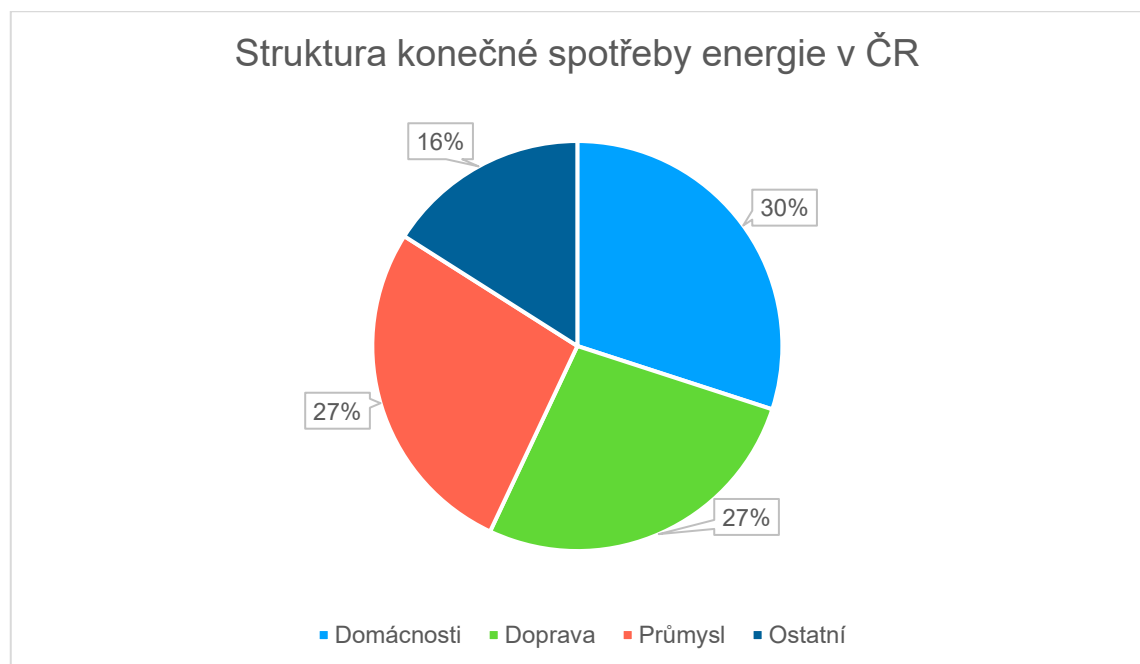
K začátku roku 2022 bylo ve světě 11 milionů plně elektrických aut, z čehož 1 milion byly elektrické dodávky, nákladní vozy či autobusy a 10 milionů bylo osobních automobilů. U elektrických tahačů a vlaků stále nedošlo k většímu rozšíření, limitující jsou zejména omezené možnosti dojezdu. Škoda Auto nicméně začala ke konci roku 2021 ve vnitrozávodové dopravě elektrické tahače využívat, jejichž dojezd je 80 km a další vozy by měly následovat. Omezený dojezd je hlavním důvodem, proč v silniční nákladní dopravě nedošlo a v nejbližší době ani nedojde k rozmachu bateriového pohonu.

V železniční dopravě se testují spíše hybridní vlaky, které jsou schopny ujet část trasy pod trolejovým vedením a koncovou část dojet na baterii. V Německu, kde se mj. objevil

první vlak poháněný vodíkem, došlo k prvním testům hybridních vlaků, pro Německé dráhy je opět dodala společnost Alstom. Vlak (Obr. 2) při jízdě pod liniový, vedením dobíjí bateriové články a následně je schopen ujet 100 km na bateriový pohon. Vývoj těchto vlaků umožní vést jednotlivé spoje v různých relacích bez přestupu a také obsloužit přilehlé menší koncové stanice, kde se elektrizace nejeví jako rentabilní. V souvislosti se zahájením provozu hybridních vlaků se zkoumá využitelnost tzv. elektrických ostrovů, kdy by se elektrizovaly pouze určité úseky tratí, nebo železniční stanice kde vlaky vyčkávají na obrát, aby se mohly před zpáteční cestou zase dobít a zároveň se nevybíjely při prostojích

1.2.3 Energetika a doprava

Doprava a energetika jsou obory které spolu úzce souvisí a vzájemně se potřebují pro své fungování. Doprava je výrazným spotřebitelem energie v ČR, kdy spotřebovává ročně cca. 27% energie, zatímco na vytápění budov jde za celý rok pouze 10% z celkové produkce energie. Na následujícím grafu je struktura konečné spotřeby energie v ČR.



Graf 1.10 Struktura konečné spotřeby energie v ČR

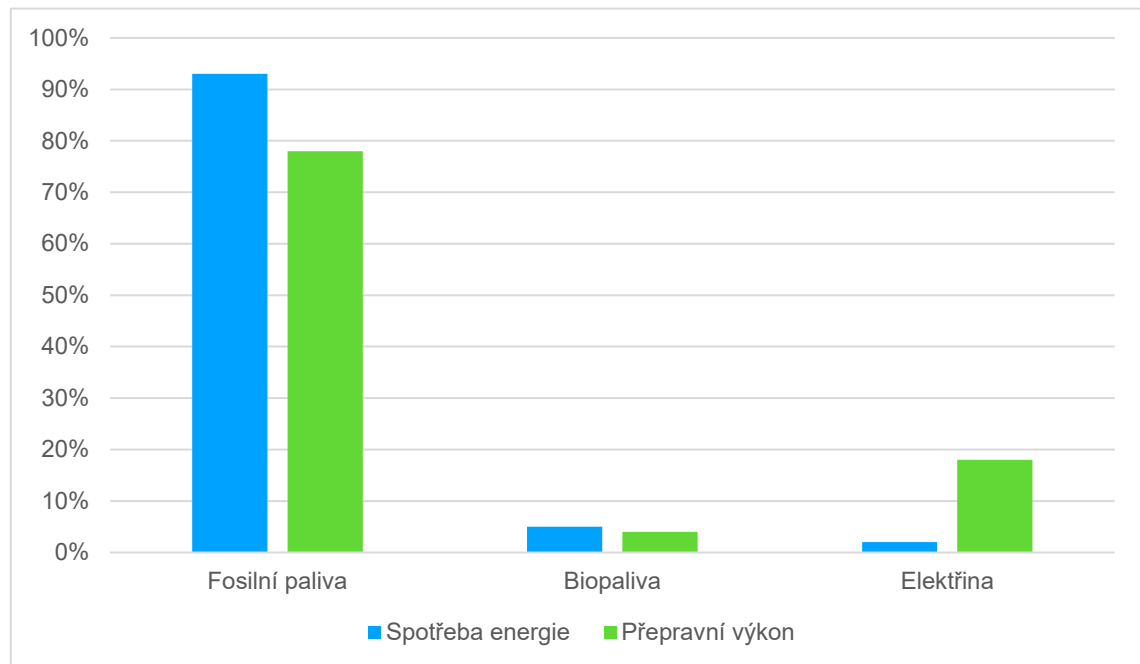
Zdroj: [20], vlastní zpracování

Spotřeba energie v dopravě na obyvatele je v ČR velmi vysoká a činí 20 kWh/obyvatele/den.

Struktura spotřeby energie v dopravě je v ČR následující:

- fosilní paliva 93% - zajišťuje 78% přepravních výkonů
- biopaliva 5% - zajišťuje 4% přepravních výkonů
- elektřina 2% - zajišťuje 18% přepravních výkonů

Na následujícím grafu je struktura spotřeby energie pro dopravu



Graf 1.11 Struktura spotřeby energie v dopravě

Zdroj: [20], vlastní zpracování

Energetika a doprava jsou vzájemně propojeny následujícími hledisky:

- bilanční – potřeba spolehlivě a včas pokrýt požadavky na dodávky energií pro dopravu
- strukturální – potřeba optimalizovat strukturu forem dodávané a spotřebované energie
- síťové – potřeba zajistit dostatečně hustou síť pro dopravu a akumulaci jednotlivých druhů energie
- bezpečnostní – doprava a energetika se jakožto důležité oblasti kritické infrastruktury a hospodářství musí navzájem zajišťovat

1.2.4 Energetika železniční a silniční dopravy

Železniční a silniční doprava se podílí takřka na veškeré dopravě nákladu v rámci ČR. Jak při přepravě osob, tak při přepravě nákladu je v ČR nejrozšířenějším dopravním systémem automobil se spalovacím motorem, který má vysokou spotřebu energie v podobě fosilních paliv, avšak vyznačuje se také nízkou efektivitou, jelikož spalovací motor má nízkou účinnost, kdy se na mechanickou práci přemění cca 1/3 paliva a 2/3 paliva se přemění na ztrátové, nijak nevyužité teplo. Spalovací motor oproti elektromotoru neumí rekuperovat a ztrátové teplo tak nelze využít. Jediný druh dopravy, který má v současnosti vyřešený a hromadně zavedený jiný systém zásobování než uhlovodíkovými palivy, a to tzv. "čistou" elektrickou energií je železniční doprava. Jízda na elektřinu navíc umožňuje rekuperaci energie při brzdění do zastavení nebo při brzdění během jízdy po spádu, díky čemuž vracíme část využití energie zpět do sítě a výrazně tak snižujeme její celkovou spotřebu. Elektromotor při rekuperaci pracuje opačným směrem a chová se jako generátor, vyrobenou energii může vrátit zpět do napájecí sítě, nebo ji uložit do akumulátoru.

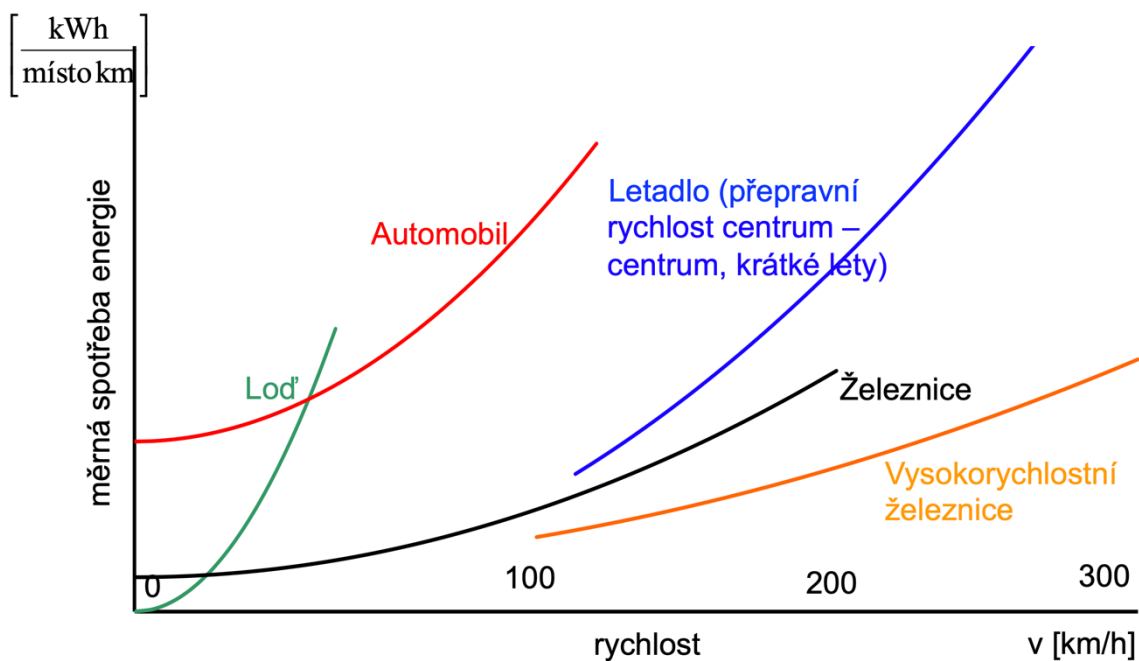
Srovnání automobilové a železniční dopravy

Automobilová doprava je ve srovnání s železniční energeticky i ekologicky méně výhodná, což je dáno následujícími systémovými nevýhodami

- silniční doprava má vysoký aerodynamický odpor, který postupně roste se zvyšující se rychlostí jízdy, ve srovnání s železniční dopravou totiž takřka nelze využít jízdu vozidel v zákrytu, kdy kromě tahačů a návěsů je většinou v silniční dopravě vozidlo na jízdní komunikaci osamocené
- v dálkové nákladní dopravě nemožnost využití jiného druhu paliva než jsou uhlovodíková paliva a s ním spojená nízká účinnost spalovací motoru, který navíc produkuje emise CO₂, jedinež železniční doprava disponuje využitím jiného druhu energie, konkrétně elektřiny, pro svou dopravu
- silniční vozidla mají kvůli konstrukci pneumatik, které mají za úkol svými vlastnostmi dodat vozidlu potřebnou stabilitu vysoký valivý odpor, zatímco u železnici má jedoucí kolo po kolejnici odpor pouze 1 %, pneumatika jedoucí po vozovce má odpor 8 %
- jednou ze zásadních energetických předností železnice je schopnost vytvořit velkokapacitní dlouhý vlak, který oproti dokáže oproti silniční dopravě

během jedné přepravy přepravit podstatně větší množství zboží, což je efektivnější zejména na další přepravy

Na následujícím grafu měrné spotřeby energie v dopravě lze vidět, že železnice patří k nejhospodárnějšímu dopravnímu systému.



Graf 1.12 Struktura spotřeby energie v dopravě

Zdroj: [20], zpracování: <http://www.cedop.info/wp-content/uploads/2014/05/Pohl-Siemens-Vysokorychlostni-zeleznice.pdf>

Spotřebu energie lze zásadním způsobem snížit, při zavádění vhodných technologií, vývojem modernějších, úspornějších vozidel a rozšířením elektrické trakce v železniční dopravě na vyšší počet tratí. Obecně v dopravě lze docílit úspor následujícími způsoby:

Intramodální úspory

Jedná se o úspory, které lze docílit u jednotlivých dopravních módů. Úspor zde lze docílit technickými inovacemi v rámci jednoho téhož dopravy. Může jít například o náhradu spalovacích motorů elektrickými trakčními motory, ale i o různé kroky které přímo nesouvisí s energetikou, jako např. optimalizace tras z hlediska jejich délky nebo převýšení, dále přiřazení vhodných vozidel podle jejich trakčních parametrů, tedy např. rozlišit vozidla závislé nebo nezávislé trakce a zejména u železniční dopravy zamezit

nasazování těžkých lokomotiv na vlaky, které by zvládly odvézt i lokomotivy menší, které mají menší energetickou náročnost a menší ekologickou stopu.

Extramodální úspory

Jsou to úspory, kterých docílíme změnou energeticky náročnějšího druhu dopravy na energeticky hospodárnější druh dopravy. V současnosti jde nejčastěji o převod silniční na dopravu na železnici, kde je přeprava realizována v elektrické trakci. Zatímco u intramodálních úspor jsme schopni dosáhnout poklesu spotřeby energie ze 100% celkem na 40%, u extramodálních úspor se můžeme dostat až na 13%, díky lepší výtěžnosti železnice.

1.3 Železniční nákladní doprava v ČR

Železniční doprava je bezpečný, ekologicky a energeticky nenáročný druh dopravy, který slouží k uspokojení přepravních potřeb. Základní dělení železniční dopravy je na osobní a nákladní dle toho, co s její pomocí přepravujeme. Železniční dopravu můžeme provozovat veřejně anebo neveřejně a provozovat ji může fyzická i právnická osoba na základě přidělené kapacity dopravní cesty.

Provozovatelem železniční infrastruktury je v České republice je v naprosté většině stát skrze státní podnik Správa železnic, který spravuje infrastrukturu a vše co k ní náleží. Provozovatelem dopravy jsou poté jednotliví dopravci, kteří k tomu vlastní potřebnou licenci. Na začátku roku 2022 bylo v České republice 35 dopravců, kteří provozovali osobní dopravu a 111 nákladních dopravců.

Železniční doprava je nejvýhodnější zejména pro dopravu na střední a dlouhé vzdálenosti a je jediným suchozemským druhem dopravy, který je schopný přepravit libovolné množství nákladu na libovolnou vzdálenost. Na kratší vzdálenosti je však železniční doprava často ekonomicky neefektivní a silniční doprava je hodnocena jako globálně výhodnější, stejně tak jako na delší vzdálenosti doprava letecká. Při jízdě na krátké vzdálenosti dochází často ke značným časovým prodávám při nakládce, vykládce a sestavě vlaku, což u silniční dopravy odpadá. Ve srovnání s výše uvedenými druhy dopravy je však železniční doprava šetrnější k životnímu prostředí, je energeticky úspornější, vhodná pro nadrozměrné přepravy a pro přepravy nebezpečného nákladu.

Železniční nákladní doprava nemá žádné omezení jízd ve dnech pracovního klidu, jako silniční.

Železniční doprava nemá mnoho nevýhod, jednou z nich v současné době je zahuštění většiny železničních koridorů vlivem velkého množství výluk, které se v současnosti na síti nacházejí, to má za následek špatnou propustnost tratí během dne, z důvodu husté osobní dopravy, v noci jsou zase velmi často nickolejné provozy, jelikož útlumu osobní dopravy se využívá k intenzivnějším výlukovým pracím a nákladní doprava má tak velmi obtížný průjezd. Železniční síť i přes svou hustotu není tak hustá jako ta silniční a nemá tolik variantních cest, které lze při různých mimořádnostech využít. Nevýhodou železniční dopravy je častá i nutnost dalšího kroku přepravovaných věcí po příjezdu do koncové stanice. V koncové stanici tak často dochází často např. k překládání komodit na kamiony, které je dále převáží k příjemci. V posledních letech docházelo k velkému rušení železničních vleček do areálů, které dnes bohužel chybí. Nevýhoda je i v nemožnosti přepravovat křehčí zboží, či případně investovat značné prostředky do jeho zabalení, jelikož při seřazování a jízdě vlaku dochází k četným rázům, které může přepravované zboží poškodit.

V ČR jsou na síti SŽ provozovány následující druhy nákladních vlaků:

- NEx – nákladní expresní vlaky, zpravidla ucelených souprav přepravující přednostní zásilky, které mají přednost i před některými osobními vlaky, zpravidla se jedná o mezistátní přepravy
- Pn – průběžné nákladní vlaky, které přepravují zátěž mezi vlakotvornými stanicemi
- Mn – manipulační vlaky určené pro rozvoz vozových zásilek pro menší stanice, nákladiště, vlečky a pro jejich opětný svoz do větších, mezilehlých stanic
- Vleč – jsou to vlečkové vlaky, určené pro jízdu na vlečku nebo nákladiště odbočující ze širé trati, které se po jejich obsluze vrací zpátky do stanice, ze které byly vypraveny
- Služ - jsou to služební vlaky, které jsou zaváděny pro potřebu provozovatele dráhy, řadí se sem i nutné pomocné vlaky (Pom), které slouží zejména pro potřeby odstranění následků mimořádných událostí

Podle zákona o drahách, dle zákona č. 266/1994 Sb. § 3 rozlišujeme následující kategorie železničních drah:

(1) Železniční dráhy se z hlediska významu, účelu a technických podmínek, stanovených prováděcím předpisem, člení do jednotlivých kategorií. Kategoriemi železničních drah jsou:

a) dráha celostátní, již je dráha, která slouží mezinárodní a celostátní veřejné železniční dopravě a je jako taková označena,

b) dráha regionální, již je dráha regionálního nebo místního významu, která slouží veřejné železniční dopravě a je zaústěná do celostátní nebo jiné regionální dráhy,

c) dráha místní, již je dráha místního významu oddělená od celostátní nebo regionální dráhy; dráha je oddělená, umožňuje-li přesun drážního vozidla na jinou dráhu jen s použitím zvláštního technického zařízení nebo slouží-li výhradně provozování neveřejné osobní drážní dopravy, osobní drážní dopravy pro potřeby cestovního ruchu nebo provozované historickými vlaky,

d) vlečka, již je dráha, která slouží vlastní potřebě provozovatele nebo jiného podnikatele a je zaústěná do celostátní nebo regionální dráhy, nebo jiné vlečky,

e) zkušební dráha, již je dráha, která slouží zejména k provádění zkušebního provozu drážních vozidel nebo zkoušek pro schválení typu nebo změny typu drážních vozidel a drážní infrastruktury,

f) speciální dráha, která slouží zejména k zabezpečení dopravní obslužnosti obce.

1.3.1 Historie železniční dopravy v ČR

Historie železnic na českém území zasahuje do roku 1828, kdy byla zprovozněna první koněspřežná železniční dráha Linz – Summerau – Horní Dvořiště – České Budějovice, která byla vybudována za Habsburské monarchie, během jejíž dynastie byla vybudována takřka kompletní železniční síť, tak jak je v dnešní podobě.

Během 30. a 40. let 19. století zahájila výstavbu železnic společnost Severní dráha císaře Ferdinanda, jejímž prvním výsledkem bylo zprovoznění úseku Vídeň – Břeclav s odbočkou do Brna. Celá tato trať byla hotová k 7. červenci roku 1839. Následně se pokračovalo z Břeclavi do Bohumína, až byla v srpnu roku 1845 zprovozněna 250 km dlouhá trať z Olomouce do Prahy. V roce 1851 byla dokončena trať z Prahy přes dnešní Děčín do Saska, což byl poslední počín společnosti Severní dráha císaře Ferdinanda. V roce 1854 z důvodu špatného stavu státní pokladny byla výstavba železnic ukončena a

ty, které již byly postaveny byly prodány do soukromé Společnosti státní dráhy, jež byla ovládána francouzským kapitálem, čímž v té době stát zcela ukončil budování drážní infrastruktury ve vlastní režii. Pro usnadnění podnikání soukromému majiteli však stihl vydat koncesní zákon, který zvýhodnil železniční podnikání např. osvobozením od platby daní.

Pak vstoupil v platnost koncesní zákon a ihned započala výstavba tratí hrazená soukromým kapitálem. Výstavba železnic, která od počátku byla orientována spíše pro nákladní dopravu se přesunula na Ústecko, odkud vzniklo spoustu odboček do uhelných pánví a Ústecko-teplická dráha, na níž byl zahájen provoz v roce 1858, byla až do svého zestátnění po druhé světové válce jednou z nejužitečnějších v Čechách. I v 60. letech pokračovalo rozšiřování železnic do průmyslově významných regionů, především s vysokým odbytem uhlí. Byla postavena např. Západní dráha mezi Prahou a Plzní s pokračováním na bavorské hranice do stanice Furt im Wald. V roce 1871 bylo za jeden rok uvedeno do provozu 791 km tratí a celkový počet byl cca 3 500 km. O rok později, v roce 1872 došlo k propojení Pražských nádraží a vznikl pražský železniční uzel, který ve své podobě prakticky přetrval až dodnes. V roce 1873 však došlo ke krachu na Vídeňské burze a byly dokončeny pouze započaté projekty.

Po krachu na Vídeňské burze došlo k zestátnění většiny soukromých firem, které vlastnily jednotlivé dráhy. Stát k tomu vedla především povinnost doplácet jednotlivým drahám peníze, pokud nedosahovaly koncesními podmínkami zaručeného minimálního zisku.

Po dokončení páteční sítě hlavních tratí začala vznikat poptávka po výstavbě tratí lokálních. V roce 1880 byly vydány koncese k výstavbě celkem 100 km lokálních drah, díky výhodným podmínkám bylo v roce 1881 žádostí o koncese podstatně více a souhlas dostalo celkem 500 km nově vznikajících lokálních železnic. Finanční úlevy a další výhodné podmínky pro budování lokálních tratí byly natolik atraktivní, že se na jistou dobu jiné tratě zcela přestaly stavět.

V červnu roku 1903 byla uvedena do provozu trať Tábor – Bechyně, která se stala první netramvajovou elektrickou dráhou v Česku, následovaná v roce 1911 tratí Rybník – Lipno nad Vltavou.

Po skončení první světové války zániku Rakouska-Uherska a vzniku Československé republiky převzal opět iniciativu nad železnicí stát. Došlo k zestátnění dalších, zejména lokálních drah, které tehdy dlužily značné peněžní částky za jejich provoz, které mnohdy

převyšovalo i jejich celkovou hodnotu. Výstavba nových tratí se prakticky zastavila a docházelo spíše ke zdvoukolejňování úseků, kde si to vyžádala změna státních hranic, jednalo se např. na bavorské straně o úsek Praha – Zdice, na straně směřující na Slovensko o úsek Brno - Veselí nad Moravou. Jednotlivé proudy byly orientovány spíše k Vídni z českého území, k Budapešti ze slovenského území, avšak nově vzniklá Československá republika byla orientovaná spíše ve směru východ – západ. Kromě výstavby rozšiřování jednokolejných tratí na dvoukolejné tratě docházelo počátkem 30 let 20. století spíše k rušení málo využívaných tratí lokálního významu. V roce 1928 došlo k elektrizaci pražského železničního uzlu stejnsměrnou soustavou o napětí 1 500 kV.

Po druhé světové válce v roce 1945 bylo v Československu cca 3 500 km tratí, jejichž podoba se až na výjimky zachovala dodnes. Železniční síť byla takřka kompletní, avšak po válce značně zničená a bylo nutné vynaložit značné úsilí na její obnovu. Změny na železnici nastaly spíše v plánování a projektování možné elektrifikace, kdy bylo rozhodnuto o elektrizaci trati z Prahy do Čierne nad Tisou, která se na Slovensku na prvním úseku dokončila v roce 1955, v Česku potom v roce 1957. Celá trať byla elektrizována 3000 V, stejnsměrným proudem. Střídavý proud byl poprvé použit v roce 1963 a zároveň byla zřízena styková stanice v Kutné Hoře, kde se obě napájecí soustavy potkaly. V tehdejší době panoval rozdílný názor na výhodnost jednotlivých systémů, a tak se dodnes setkáme s oběma. Z nových tratí a poslední významnou vybudovanou na našem území byla v letech 1946 až 1953 trať mezi Havlíčkovým Brodem a Brnem. Mezi městy již dříve existovalo železniční spojení, avšak pouze lokálního charakteru, a tak byla v úseku mezi Tišnovem a Žďárem nad Sázavou vybudována zcela nová trať, přičemž původní vedoucí přes Nedvědice slouží svému účelu dodnes.

Po roce 1989 došlo postupně k útlumu nákladní dopravy a k uzavření provozu na některých málo využívaných tratích. Došlo také k velkému rušení vleček, jelikož se značná vozba přesunula na silnice. Dnes je tento krok odbornou veřejností vnímán jako chybný, jelikož trend se postupně otáčí a mimo jiné i tlak na ekologii přesouvá značnou část nákladní přepravy opět na železnici, obnova některých vleček je však bohužel nemožná, nebo finančně mimo dosah jejich majitelů. Výstavba nových tratí spočívá spíše v budování přeložek v rámci snahy o modernizaci a zrychlení dopravy, nebo vedení opravovaných tratí v nových stopách, např. ražba Ejpovického tunelu, kde byla původní trať zcela snesena nebo koridor Praha – České Budějovice, která povede z větší části v nové stopě. Chystá se konverze na střídavý systém a na tranzitních koridorech probíhají

modernizační práce. Zatím pouze v projektech je v některých úsecích zvýšení rychlosti na 200 km/h.

1.3.2 Současnost železniční infrastruktury v ČR

Ke konci roku 2021 tvořilo síť celkem 9 377 km vlastněných Správou železnic, tedy státem a přes 100 km tratí bylo ve vlastnictví soukromých subjektů. Železniční síť v České republice (122/1000 km²) je druhá nejhustší na světě po Švýcarsku (136,89km/1000 km²), což velmi pozitivně ovlivňuje její konkurenceschopnost vůči silniční dopravě.

Stav současného stavu infrastruktury je uveden v následující tabulce a je aktuální k začátku roku 2021:

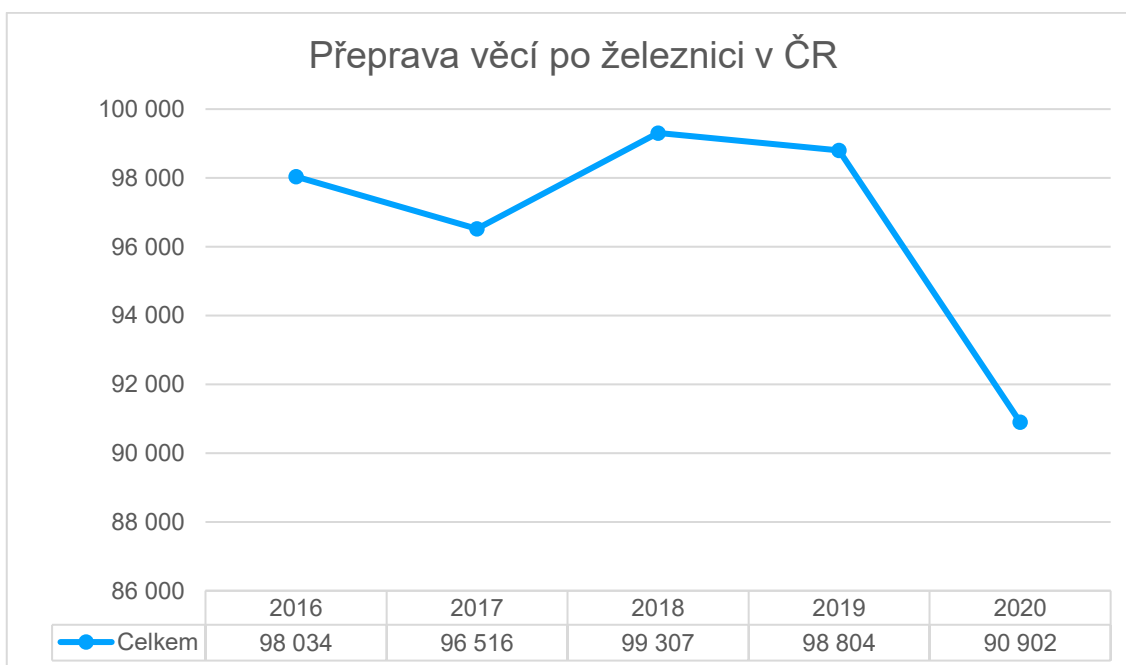
Celkem tratí	9 377 km
Jednokolejných tratí	7 337 km
Dvoukolejných tratí	1 981 km
Vícekolejných tratí	58 km
Tratě s normálním rozchodem	9 354 km
Úzkorozchodné tratě	23 km
Jednokolejné elektrizované tratě	1 265 km
Dvou a vícekolejné elektrizované tratě	1 952 km
Tratě elektrizované AC 2500 V / 50 Hz	1 383 km
Tratě elektrizované AC 1500 V / 16,7 Hz	14 km
Tratě elektrizované DC 3000 V	1 796 km
Tratě elektrizované DC 1500 V	24 km
Neelektrizované jednokolejné tratě	6 072 km
Neelektrizované dvoukolejné tratě	70 km
Tratě s rychlostí do 80 km/h	7 219 km

Tratě s rychlostí 81–120 km/h	3 003 km
Tratě s rychlostí 121–160 km/h	411 km
Tratě s rychlostí 160 km/h	847 km
Celkem železničních stanic	1082

Tabulka 1.2 současný stav železniční sítě v ČR

Zdroj: [19], vlastní zpracování

Na následujícím grafu je celkový objem přeprav věcí po železnici (v tis. tun) v železniční nákladní dopravě za několik posledních let.



Graf 1.13 Přeprava věcí po železnici v ČR

Zdroj: [9],

1.4 Silniční nákladní doprava v ČR

Silniční doprava je celosvětově nejrozšířenější druh dopravy, především díky své nenáročnosti na jízdní cestu, kdy ji lze provozovat i na jen částečně zpevněných lesních či polních cestách. Ke svému pohybu využívá různé typy dopravních prostředků a využívá se k dopravě nákladu i osob. Podle přepravovaného předmětu dělíme silniční přepravu na osobní a nákladní, podle uživatelů na veřejnou a neveřejnou a též na

individuální a hromadnou. Dále můžeme dopravu členit podle dopravního prostředku, s nímž je přeprava uskutečňována, a to na přepravu valníkovými, sklápěčkovými nebo speciálními automobily a též na přepravu s návěsí nebo přívěsy.

Silniční nákladní doprava je nejrychleji se rozvíjející a nejprogresivnější dopravní obor, jehož výhodami a přednostmi jsou zejména vysoká flexibilita, operativnost, rychlost jednotlivých přeprav a díky své charakteristice i schopnost rychle se přizpůsobit změnám poptávky na trhu. Velkou výhodou silniční dopravy je možnost realizovat stále častěji aplikovaný systém přepravy „z domu do domu“, tedy přepravit požadovanou věc bez zbytečného překládání a další přidané manipulace. Lze tedy pružně zajistit přepravu při jakékoliv kombinaci výchozího a konečného bodu přepravy, což je umožněno díky husté a kvalitní síti pozemních komunikací. Silniční doprava je ve srovnání s železniční více variabilní a nabízí přepravcům podle vlastností přepravovaného zboží velkou nabídku typů nákladních automobilů

Silniční nákladní doprava má i mnoho nevýhod. Kvůli používání spalovacích motorů, které zejména v dálkové nákladní dopravě nemají žádnou alternativu, je značným producentem škodlivých emisí do ovzduší, a to ji částečně uvrhuje do celosvětové krize. Kromě negativního vlivu na životní prostředí se silniční doprava dlouhodobě potýká i s vysokou nehodovostí, v jejíchž důsledku často dochází k poškození přepravovaného zboží. Ve srovnání s železniční dopravou je také podstatně náchylnější na počasí a povětrnostní vlivy, kdy zejména v zimě vlivem sněžení dochází k namrzání silnic, což vede ke zvýšení nehodovosti a následnému zpoždění dodávek. Ke zpoždění dochází i vlivem vysoké hustoty dopravy, kdy se zejména v okolí velkých měst zejména vinou chybějících vhodných městských obchvatů tvoří v dopravní špičce dopravní kongesce. K tvorbě kolon často přispívá i kamionová doprava, která je pomalejší než jízda běžného automobilu, z toho důvodu byly stanoveny určité právní omezení, které zakazují průjezd nákladních aut určenými lokalitami, především o sobotách, nedělích a svátcích. I to lze považovat za jistou nevýhodu silniční nákladní dopravy.

Silniční nákladní přepravu dělíme podle způsobu přepravy zásilek následujícím způsobem:

- Přeprava celovozových zásilek – je to přeprava zásilek, přepravovaná jednomu zákazníkovi jednou jízdou vozidla nebo soupravou vozidel, kdy celková

hmotnost přesahuje 2,5 tuny. Za celovozovou zásilku považujeme takovou, kdy je zcela zaplněn nákladní prostor ložné plochy vozidla,

- Sběrná služba – je to systémem přepravy kusových zásilek „z domu do domu“, kdy jsou kusové zásilky sdružovány a rozdružovány ve sběrných střediscích, mezi nimiž probíhá přeprava celovozově. Svoz a rozvoz probíhá podle přepravního řádu.
- Nadgabaritní – jedná se o specifický druh přepravy, který se zabývá přepravou nadměrných nákladů svou vahou, nadrozměrných svou velikostí ale i přepravou živých zvířat, nejčastěji dobytka. Podle charakteristiky přepravovaného předmětu se zpravidla využívá zvláštní technika, například speciální podvalníky a tahače. Pro tuto dopravu je většinou potřebné povolení ke zvláštnímu užívání pozemní komunikace, stanovené vyhláškou ministerstva dopravy č. 341/2002 Sb.
- Dle dohody ATP – je to přeprava podle dohody o mezinárodních přepravách zkazitelných potravin. Stanovuje normy a podmínky pro mezinárodní přepravu pro státy, které ji přijaly. Vymezuje schválené přepravní prostředky a nařizuje pravidelné kontroly těchto zařízení, určuje též teplotní podmínky jednotlivých potravin. Potraviny v těchto chladících zařízeních přepravujeme zmrazené a hluboce zmrazené.
- Dle dohody ADR – je to přeprava podle Evropské dohody o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí, která určuje, za jakých podmínek lze přepravovat nebezpečný náklad. Dle této dohody se za nebezpečný náklad považuje ten, který svými vlastnostmi během přepravy může ohrozit bezpečnost osob, majetku a životního prostředí. Dohoda dále na základě jejich vlastností třídí nebezpečné látky do tříd, nařizuje, za jakých podmínek může být nebezpečný náklad přepraven, podle jednotlivých tříd potom určuje, jak má být náklad zabalen, jaké vozidlo je vhodné pro jeho přepravu, jestli musí být při odstavení pod dozorem nebo určí i způsob parkování.

1.4.1 Historie silniční infrastruktury v ČR

Naprostá historie silniční dopravy sahá do období zpět 3500 let př. n. l. do období Mezopotámie, z nějž byly zachyceny první vyobrazení kolového dopravního prostředku a dopravních cest. Cestami tehdy byly pouze primitivně upravené stezky, bez větších

stavebních zásahů, na něž tehdy ani nebyly vynalezeny vhodné stavební nástroje. O první skutečný rozvoj silniční dopravy se v období Starověku zasloužilo římské impérium, které postavilo 83 000 km silnic a protnul tak celou svou říši. Silnice byly široké 8-10 m a na tehdejší dobu byly technicky velmi pokročilé.

Cesty vznikaly po celém světě přirozeně spolu s rozvojem civilizace, původně to byly pouze ušlapané stezky nebo cesty uježděné povozy, upravené pouze tam, kde to bylo nezbytné, například zpevnění močálů kmeny stromů nebo drobnými úpravami terénu. Větších změn doznaly cesty na území dnešní ČR koncem 12. stol., kdy docházelo spolu s masivním rozvojem obchodu i k rozvoji cest, docházelo i k jejich prvním úpravám, kdy byly vysypávány štěrkem nebo pískem, aby byly stabilnější. Počátkem 13. stol. začaly být cesty cíleně budovány a směřovány k nově zakládaným městům.

K většímu rozšíření a výstavbě cest došlo až za vlády Karla IV, kromě výstavby cest nových docházelo i k opravám původních, rozvoji silnic pomohlo zejména jejich střežení před lupiči. V této době vznikla také cesta z Prahy do Vídně, která je historicky považována za první silnici v podobě dnešních silnic vůbec. Od 15. stol. do 17. stol. docházelo k zhoršení stavu silnic, což mělo svůj původ zejména v rozmachu loupežnictví a úpadku obchodu.

K prvnímu velkému systematickému budování silnic došlo počátkem 18. století za vlády Karla VI., kdy vznikla separační komise pro řízení silničních prací a výstavbu silnic a jejich údržbu převzal stát. Roku 1726 vyšla první technická norma, která stanovila parametry konstrukce vozovky, dále vyšly předpisy, které upravovaly stavbu a údržbu silnic a jejich maximální možné zatížení před opotřebením.

Od poloviny 18. stol. až do poloviny 19. stol. došlo opět k utlumení výstavby silnic, zejména kvůli snížení mýtného a jiných příspěvků do silničního fondu. V roce 1778 vydala Marie Terezie tzv. Tereziánský patent, což byl první ucelený silniční zákon v Českých zemích, který určil kdo se bude, o jaké silnice starat a v pozměněné podobě se dochoval až do současnosti. Základní silniční síť v Čechách a na Moravě, která je páteř dnešní sítě byla dokončena v roce 1850 a měřila přes 4000 km.

Od poloviny 19. stol. až do poloviny 20. stol. upozadila výstavbu dálkových silnic rozvíjející se železnice, která ale pozitivně ovlivnila stav okresních silnic, jelikož bylo

potřebné rozvést silniční síť směrem k nádražím a nákladištím, která byly často budovány dále od měst, kvůli náročnosti železnice na terén.

Po druhé světové válce byly všechny silnice, tedy zemské, okresní, vicinální a veřejné vyvlastněny bez náhrady a jejich vlastníkem se stal stát. Dohled nad dodržováním pravidel silničního provozu, přestupkovou agendu, evidenci řidičů i vozidel a další administrativní záležitosti související se silničním provozem převzal dopravní inspektorát Veřejné bezpečnosti. V roce začaly práce na stavbě první dálnice, dnešní D1 a v roce 1971 byl otevřen první úsek mezi Prahou a Mirošovicemi, k zprovoznění celé dálnice Praha – Brno – Bratislava došlo v roce 1980. Dálniční poplatky byly poté zavedeny 1.1.1995.

1.4.2 Současnost silniční infrastruktury v ČR

Na začátku roku 2021 tvořilo silniční síť celkem 55 778 km, průměrná hustota silnic a dálnic byla 70 km/100 km². Nej hustší silniční a dálniční síť byla ve Středočeském kraji se svými 87 km na 100 km² o 17 km více než je celorepublikový průměr, naopak nejnižší hustotou disponoval Zlínský kraj, kde hustota silniční sítě byla 17 km pod celorepublikovým průměrem, celkem – 53 km/100 km². Zatímco na železnici je vlastníkem většiny infrastruktury stát, silniční doprava má zcela jiné dělení dle vlastníka. Ve vlastnictví státu jsou pouze dálnice a silnice I. třídy, silnice II. třídy jsou ve vlastnictví krajů a silnice III. třídy vlastní obce, stejně jako místní komunikace. Zákon zná ještě účelové komunikace, které jsou většinou v soukromém vlastnictví a zpravidla jejich vlastníkem není veřejnoprávní územní korporace.

Stav současného stavu infrastruktury je uveden v následující tabulce, kde je rozdělení i podle použitého typu povrchu vozovky, které bylo aktuální k 1.7.2020, počet silnic a dálnic je aktuální k začátku roku 2021.

Celkem silnic a dálnic	55 792 km
Dálnice	1 298 km
Silnice I. třídy	5 808 km
Silnice II. třídy	14 620 km

Silnice III. třídy	34 066 km
Asfaltové silnice	54 802 km
Betonové silnice	477 km
Dlážděné silnice	291 km
Šterkové silnice	88 km
Silnice bez určení	134 km

Tabulka 1.3 současný stav silniční sítě v ČR

Zdroj: [19], [21], vlastní zpracování

Na následujícím grafu je celkový objem přeprav věcí po silnici v nákladní silniční přepravě (v tis. tun) za několik posledních let (údaje se týkají pouze vozidel s registrací v ČR).



Graf 1.14 Přeprava věcí po silnici

Zdroj: [9],

1.5 Legislativa

V této podkapitole budou vypsány nejdůležitější zákony, vyhlášky a nařízení, které mají přímý vliv nebo upravují železniční či silniční dopravu.

Železniční doprava

- 1) Zákon č. 266/1994 Sb., o drahách, ve znění zákonů č. 189/1999 Sb., č. 23/2000 Sb. a č. 71/2000 Sb., v úplném znění č. 35/2001 Sb.**

Zákon upravuje podmínky pro stavbu železničních (a dalších) drah a staveb, které se na nich nacházejí. Dále se zabývá podmínkami pro provozování železniční dráhy a drážní dopravy a stanovuje práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojených. Zákon zavedl regulaci přístupu jednotlivých dopravců na dopravní cestu ze strany státu a regulaci provozování dráhy

- 2) Zákon č. 9/1993 Sb., o Českých drahách, ve znění zákona č. 212/1993 Sb., v úplném znění č. 218/1993 Sb.**

Zákon umožnil přístup privátních dopravců na dopravní cestu celostátních drah a také k majetku ČD, jako třeba tankovací stanice apod.

- 3) Zákon č. 77/2002 Sb., o akciové společnosti České dráhy, státní organizaci Správa železnic a o změně zákona č. 266/1994 Sb., o drahách, ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 77/1997 Sb., o státním podniku, ve znění pozdějších předpisů**

Zákon upravuje způsob řízení a činnosti akciové společnosti České dráhy a zřízení a činnost státní organizace Správa železnic jako právního zástupce organizace České dráhy. První část zákona popisuje založení a vznik akciové společnosti, převod státního majetku, předmět podnikání a činnost orgánů akciové společnosti. Druhá část zákona popisuje vznik státní organizace Správa železnic, předmět její činnosti a také její statutární orgány.

- 4) Vyhláška č. 173/1995 Sb., Ministerstva dopravy, kterou se vydává dopravní řád drah, ve znění vyhlášky č. 242/1996 Sb. a vyhlášky č. 174/2000 Sb.**

Vyhláška upravuje pravidla pro provozování dráhy, které stanovují způsob a podmínky pro zabezpečení a obsluhu dráhy a pro organizování drážní dopravy. Tato vyhláška platí pro všechny druhy drah (celostátní, regionální, vlečky, speciální, trolejbusové, tramvajové, lanové). Dále se zákon zabývá způsobem, jakým je zpracován a zveřejněn jízdní řád a jeho změny. Zabývá se i drážními

vozidly, zejména způsobem a schvalovacím procesem jejich technické způsobilosti.

- 5) ***Nařízení vlády č. 1/2000 Sb. o přepravním řádu pro veřejnou drážní nákladní dopravu, ve znění nařízení vlády č. 295/2000 Sb. a nařízení vlády č. 457/2013 Sb.***

Nařízení vlády stanovuje přepravní řád pro veřejnou drážní nákladní dopravu, upravuje podmínku pro přepravu věcí nebo živých zvířat jako vozové zásilky, podmínky pro odpovědnost dopravce, upravuje vztahy mezi dopravcem a odesílatelem zásilky, mezi dopravcem a příjemcem zásilky a mezi dopravci navzájem.

Silniční doprava

- 1) ***Zákon č. 111/1994 Sb., o silniční dopravě, ve znění zákonů č. 304/1997 Sb., č. 150/2000 Sb. a č. 361/2000 Sb., v úplném znění č. 1/2001 Sb. a ve znění zákona č. 175/2002 Sb.***

Zákon stanovuje podmínky provozování silniční dopravy prováděné pro vlastní a cizí potřebu za účelem podnikání, a i práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojených, ale i pravomoc a působnost státních orgánů v tomto odvětví.

- 2) ***Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích***

Zákon o pozemních komunikacích upravuje kategorizaci pozemních komunikací, jejich výstavbu, správu, údržbu, práva a povinnosti jejich vlastníků a výkon státní správy ve věcech pozemních komunikací příslušnými správními úřady. Zákon též upravuje sankce za poškození komunikací.

- 3) ***Zákon č. 56/2001 Sb. o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb. a 478/2001 Sb.***

Zákon liberalizuje přístup soukromých dopravců na dopravní trh a umožňuje jej státu regulovat v zájmu dopravní obslužnosti. Zákon též stanovuje technické požadavky na vozidla

4) Zákon č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů ve znění zákona č. 60/2001 Sb., č. 478/2001 Sb. a č. 62/2002 Sb.

Zákon stanovuje práva a povinnosti účastníků provozu na pozemních komunikacích, pravidla provozu a způsob značení a řízení dopravních komunikací, řidičské průkazy a oprávnění a vymezuje působnost orgánů státní správy a Policie ČR ve věcech provozu na pozemních komunikacích.

5) Vyhláška č. 522/2006 Sb. o státním odborném dozoru a kontrolách v silniční dopravě

Vyhláška upravuje jednotné postupy, systém a předmět kontrol a státního odborného dozoru v silniční dopravě. Jedná se zejména o kontroly prováděné v silniční nákladní dopravě zaměřené na dodržování denní a týdenní doby řízení řidičů, označení vozidel a nákladu a na jejich správnou dokumentaci, kontrolu dodržování podmínek u přepravy nebezpečných věcí a případně na správnou váhu nákladu, která může být naložena na kamionu.

2 Energetická a ekologická náročnost v železniční dopravě

Následující část bude změřena na energetickou a ekologickou náročnost vybraných lokomotiv, a to elektrických i dieselových. Pro maximální možnou objektivnost výsledků bude pro všechna měření použita stejná železniční trať a vždy totožný úsek, včetně stejného místa rozjezdu a zastavení, tzn. počátek a konec měření odběru trakční energie. Pro maximální objektivitu měření jsem provedl ještě úsekové měření v kilometru 122–132, kde trať v celém úseku mírně stoupá, díky čemuž budu moci provést celkové vyhodnocení na základě více statistik

Některé aspekty měření nelze ovlivnit, a to zejména provozní situaci na trati, kdy optimální pro měření by bylo absolvovat všechny jízdy bez zastavení, což většinou provozní situace neumožňuje, taktéž by bylo vhodné všechny jízdy pro maximální objektivnost absolvovat za stejného počasí, což též nelze ovlivnit, ale celkovou spotřebu ovlivňuje počasí. Vliv počasí je zcela zanedbatelný, protože měřené spotřeby energie u vybraných lokomotiv mají velmi dobré adhezni vlastnosti. Jednotlivá měření byla prováděna kvůli lepšímu průjezdu zejména v noční hodiny, kdy na měřeném úseku byla jízda vlaku plynulá, tzn. bez zastavení a brzdění.

U elektrických lokomotiv k získání naměřených hodnot jsou získána data z elektroměru, který měří odebíranou elektřinu, popř. elektřinu rekuperovanou, vrácenou zpět do sítě. Dieselové lokomotivy byly vybrány s průtokoměrem spotřebované nafty. Měření spotřebované nafty je elektronické. Zjištění dat spotřebované nafty odpočtem z naftoznaku, by docházelo k jistým odchylkám, hodnoty by byly nepřesné i s ohledem na náklon lokomotivy na kolejnicích např. v oblouku, naftoznak by na každé straně lokomotivy ukazoval jinou hodnotu.

Trať Brno – Břeclav

K měření odběru trakční energie byla zvolena železniční trať z Brna do Břeclavi. Výchozí bod pro měření byla Břeclav osobní nádraží a koncový bod Brno Maloměřice. Jedná se o dvoukolejnou elektrizovanou trať, jež je součástí prvního tranzitního koridoru státní hranice s Německem - Děčín – Břeclav – státní hranice Slovensko, dále pokračuje směr Kúty – Bratislava – Štúrovo – státní hranice s Maďarskem. Trať je v sešitovém jízdním řádu rozdělena na dva úseky, úsek Brno – Vranovice je součástí tratě č. 251, úsek Vranovice – Břeclav je součástí tratě č. 252.

Trať byla zprovozněna v roce 1839 a byla to první parostrojní železnice v ČR. Zdvoukolejněna byla v roce 1936, elektrizace byla dokončena v roce 1967. Celá trať je elektrizována střídavým 25 kV 50 Hz, téměř v celém úseku je povolena nejvyšší maximální rychlost, která je také nejvyšší maximální rychlostí, kterou vlaky v ČR mohou jezdit a to 160 kmh. Trať je v úseku Břeclav – Modřice zabezpečena nejmodernějším vlakovým zabezpečovačem ETCS a je řízena z centrálního dispečerského pracoviště v Přerově. Celý úsek Břeclav – Brno Maloměřice je vybaven autoblokem s přenosem kódu na mobilní část vlakového zabezpečovače, umístěného na hnacích vozidlech.

V následující tabulce jsou uvedeny parametry profilu úseku tratě, kde bude prováděno měření spotřeby trakční energie:

Číslo tratí	251, 252
Provozovatel dráhy	Správa železnic
Délka	62 km
Rozchod kolejí	1 435 mm
Traťová třída zatížení	D4
Napájecí soustava	25 kV, 50 Hz
Maximální sklon	2,6 ‰
Maximální rychlost	160 kmh
Počet kolejí	2
Nejvyšší bod	Brno Maloměřice (215 m)
Nejnižší bod	Břeclav (160 m)

Tabulka 2.1 parametry tratě Brno – Břeclav

Zdroj: [25], vlastní zpracování

2.1 Lokomotiva 193

Lokomotiva řady 383 (V ČR i pod označením 193), Siemens Vectron byla uvedena na trh v roce 2010 a v roce 2022 již bylo vyrobeno přes 1 000 ks. Jde o modulární

víceúčelové lokomotivy, které se vyrábí v několika variantách, podle přání koncového odběratele. Nejčastěji je dodávána jako více systémová elektrická lokomotiva podle země, do které je dodávána. Může být uzpůsobena pouze pro střídavý nebo stejnosměrný přenos výkonu. Lokomotiva se vyrábí také v dieselových variantách anebo kombinovaných, tedy spalovací motor v kombinaci s jedním elektrickým systémem pro potřeby obsluhy nákladíšť a vleček. Na některé lokomotivy jsou dosazovány pomocné spalovací motory, které nejsou schopné vyvinout dostatečnou sílu pro tažení vlaku, ale postačující k provedení přístavby vlakové soupravy na místa bez liniového vedení.

Maximální rychlost lokomotivy je 200 kmh^{-1} , nejčastěji je však dodávána pro maximální rychlost 160 kmh^{-1} . Modulární provedení lokomotivy umožňuje zabudování takřka neomezeného počtu národních vlakových zabezpečovačů, včetně evropského ETCS, což umožňuje vozbu vlaků přes několik zemí bez nutnosti přepřahu lokomotivy.

V České republice byly Vectrony pro provoz schváleny v roce 2015, lokomotiva, která byla využita k měření, disponuje stejnosměrným systémem 3 kV, střídavým 25 kV 50 Hz a 15 kV 16,7 Hz. Lokomotivy jsou vybaveny evropským zabezpečovačem ETCS, rádiovou sítí GSM-R, dálkovým přenosem dat LTE, kamerovým systémem, kterým strojvedoucí sleduje dění za sebou, aktivním odstavením a několika dalšími moderními systémy. Vectron je schopen provozu v České republice, Slovensku, Polsku, Maďarsku, Rumunsku, Rakousku a Německu.

Lokomotiva je konstruována jako skříňová s dvěma čelními tlakotěsnými a zvukově izolovanými kabinami strojvedoucího, na čelníku jsou připevněny nárazníky s elastomerovým pružinovým prvkem, hydraulickým prvkem i absorpčním prvkem, který dokáže pohltit značnou část energie při nehodě a výrazně zvyšuje bezpečnost osádky lokomotivy. Konstrukční stavba je umístěna na hlavním rámu a je oplášťovaná plechovými bočními stěnami, výztuhami a horním pásem. Na střeše jsou umístěny podle typu lokomotivy dva až čtyři polopantografové sběrače elektrické energie. Strojovna je přístupná i pod napětím a je tvořena přímou uličkou mezi kabinami. Hlavní částí trakční výzbroje lokomotivy jsou dva trakční usměrňovače, kdy je každý příslušný k jednomu podvozku. V každém usměrňovači jsou dva trakční střídače, přes které proudí energie v obou směrech, tedy jízda i brzda, na každý trakční střídač je připojen jeden trakční motor jejichž chlazení zajišťují ventilátory umístěné ve strojovně. V usměrňovači se dále nachází měnič pomocných pohonů, který napájí energii pomocné pohony. Lokomotiva je

řízena dvěma centrálními řídicími počítači ZSG 1 + 2, přičemž jeden vždy pracuje v záložním režimu jako pohotovostní. Pod lokomotivou se nachází baterie a nádoba s hlavním transformátorem. Každé dvojkolí pohání asynchronní trakční motor s kotvou nakrátko přes převodovku, která je provedena jako jednostupňová s čelním, šikmo ozubeným převodem a připevněná na hřídel nápravy. Brzdové kotouče jsou uloženy přímo na kolech. Při elektrodynamickém brzdění se díky rekuperaci vrací energie zpět do sítě, popř. zásobuje pomocné pohony lokomotivy, pokud však rekuperaci síť jednotlivých zemí neumožňuje, musí být elektrodynamická brzda zcela vypnuta, protože lokomotiva není schopna brzdít do odporníků.

V tabulce 2.2 jsou uvedeny základní parametry lokomotivy, která byla současně využita pro měření pro praktickou část práce:

Maximální rychlost	160 kmh ⁻¹
Trvalý výkon	6 400 kW
Trvalá tažná síla	300 kN
Hmotnost ve službě	89 t
Délka přes nárazníky	18 980 mm

Tabulka 2.2 parametry lokomotivy 193

Zdroj: vlastní, vlastní zpracování

Měření lokomotivy 193

V následující tabulce se nacházejí rozhodné parametry pro správný výpočet energetické a ekologické náročnosti.

Datum měření	7.5.2022
Číslo lokomotivy	193 276
Počet vozů / náprav soupravy	41 / 164
Délka soupravy	577 m
Celková hmotnost soupravy	2196 t
Celková spotřeba energie	918 kW
Spotřeba energie v úsekovém měření	171 kW
Celkové ujeté kilometry	66 km
Celkové vyprodukované emise	0

Tabulka 2.3 naměřené údaje lokomotivy 193

Zdroj: vlastní, vlastní zpracování

2.2 Lokomotiva 183

Lokomotiva řady 183 „Taurus“ s označením 1216, je univerzální vícesystémová elektrická lokomotiva, která byla vyráběna v letech 2005–2011 ve společnosti Siemens. Celkem bylo vyrobeno 129 lokomotiv, ve třech variantách A, B, C. Všechny varianty jsou schválené pro provoz v Rakousku a Německu, varianta A navíc pro Itálii a Slovinsko, varianta B má přidané pouze Slovinsko a varianta C má navíc přechodnost do České a Slovenské republiky. Lokomotivy vycházejí z konstrukčně podobných řad 1016 a 1116, které se vyráběly již od roku 1999, jsou ale vybaveny pouze střídavým napájecím systémem, řada 1016 disponuje pouze Rakouským střídavým napájecím systémem 25 kV 16,7 Hz, řada 1116 je pro napájecí systém 25 kV 50 Hz a lze ji provozovat v ČR. Lokomotiva, i přesto, že v dnešní době se již vyrábí modernější lokomotivy, je též osazena několika tzv. „národními balíčky“, je tedy osazena podle specifikací států, do kterých zajíždí příslušnými národními vlakovými zabezpečovači, popř. sběrači a různými typy rádiových spojení a vysílaček.

Lokomotiva byla vyráběna pouze jako elektrická více systémová a pro střídavý napájecí systém. Ve stejnosměrné verzi nebyla vyráběna, ale stejnosměrný systém byl zabudován ve vícesystémové verzi. Maximální rychlost lokomotiv je 230 kmh^{-1} , která však v nákladní dopravě nemůže být reálně využita. Některé lokomotivy, které byly určeny pro nákladní vozbu, mají jiné zpřevodování trakčních motorů a rychlost sniženou na 160 kmh^{-1} . Lokomotiva zatím také drží rychlostní rekord elektrických lokomotiv, kdy dosáhla na vysokorychlostní trati Norimberk – Ingolstadt rychlost 357 kmh^{-1} .

V České republice byla lokomotiva poprvé nasazena v roce 2008, v současnosti ji provozuje státní osobní dopravce České dráhy a několik privátních nákladních dopravců.

Lokomotiva je provedena jako skříňová s dvěma čelními tlakotěsnými stanovišti strojvedoucího, čelníky jsou vybaveny nárazníky schopnými pojmout při nehodě až 1 MJ energie. Konstrukce je posazena na hlavním rámu a zakryta rovnými bočnicemi. Na střeše se nacházejí čtyři polopantografové sběrače elektrické energie. Průchod strojovnou

zajišťuje rovná průchozí ulička a průchod je možný i pod napětím. Hlavní částí trakční výzbroje lokomotivy jsou dva IGBT měniče, kdy je každý měnič příslušný k jednomu podvozku. V tomto měniči jsou dva čtyřkvadrantové měniče napájející stejnosměrný meziobvod, dva pulsní napěťové střídače, kdy každý napájí jeden trakční motor, dva pulsní spínače brzdových odporů a jeden střídač, přes který proudí energie k pomocným pohonům. Lokomotiva je řízena dvěma centrálními řídicími počítači, přičemž jeden vždy pracuje v záložním režimu. Pod lokomotivou je umístěn trakční transformátor. Každé dvojkolí pohání asynchronní trakční motor přes jednostupňový ozubený čelní převod se šikmými zuby a dutý hřídel, který obepíná nápravu. Brzdové kotouče jsou uloženy mimo kolo na brzdové hřídeli hnané od nápravové převodovky. Při elektrodynamickém brzdění se díky rekuperaci vrací všechna energie zpět do sítě, popř. zásobuje pomocné pohony lokomotivy, pokud to síť jednotlivých zemí neumožňuje, energie se maří v odpornících.

V tabulce 2.4 jsou základní parametry lokomotivy, která byla využita pro měření pro praktickou část diplomové práce:

Maximální rychlost	230 kmh ⁻¹
Trvalý výkon	6 000 kW
Trvalá tažná síla	304 kN
Hmotnost ve službě	87 t
Délka přes nárazníky	19 580 mm

Tabulka 2.4 parametry lokomotivy 183

Zdroj: vlastní, vlastní zpracování

Měření lokomotivy 183

V následující tabulce se nacházejí rozhodné parametry pro správný výpočet energetické a ekologické náročnosti.

Datum měření	7.5.2022
Číslo lokomotivy	183 714
Počet vozů / náprav soupravy	18 / 108
Délka soupravy	533
Celková hmotnost soupravy	1116

Celková spotřeba energie	670 kW
Spotřeba energie v úsekovém měření	120 kW
Celkové ujeté kilometry	66
Celkové vyprodukované emise	0

Tabulka 2.5 naměřené údaje lokomotivy 183

Zdroj: vlastní, vlastní zpracování

2.3 Lokomotiva 753.7

Lokomotiva řady 753.7 je rekonstruovaná dieselektrická lokomotiva z původní produkce ČKD, která v ČR jezdila pod označením 750, 752 a 753. Lokomotivy byly vyráběny od roku 1968. První rekonstruovaný kus byl uveden do provozu v roce 2001, poslední v roce 2011. Pro tuzemský trh bylo vyrobeno celkem 75 lokomotiv, které provozuje několik soukromých nákladních dopravců, ale i státní společnost České dráhy Cargo. 31 lokomotiv bylo exportováno do zahraničí, všechny lokomotivy určené pro zahraniční trh byly určeny pro Itálii. Lokomotiva byla vyráběna jako dieselová, pomocí naftového agregátu a generátoru vyráběla elektrickou energii pro pohon trakčních motorů. Je určena pouze pro nákladní dopravu a posun v koncových stanicích se středně těžkými a těžkými nákladními vlaky.

Maximální rychlost všech lokomotiv před rekonstrukcí i po rekonstrukci je 100 kmh⁻¹. Do rekonstruovaných lokomotiv bylo možné i několik zahraničních národních zabezpečovacích zařízení. Lokomotivy jsou v provozu nejen na Slovensku, ale i v Polském a Maďarském vnitrozemí. V současnosti je do lokomotiv dosazován Evropský zabezpečovač ETCS.

Pro modernizovanou lokomotivu byla využita kompletní skříň i s hlavním rámem původních lokomotiv, vnitřní ústrojí je nové, a to včetně stanovišť strojvedoucího, elektroniky a strojovny. Hlavní část rekonstrukce spočívala v dosazení nového, modernějšího a hlavně efektivnějšího spalovacího motoru, vidlicového dvanáctiválce Caterpillar. Nový motor má nižší spotřebu paliva, delší kilometrické proběhy pro periodické prohlídky, sníženou hlučnost a neprodukuje takové množství emisí, jako původní motor. Nahrazen byl i trakční stejnosměrný generátor střídavým alternátorem, avšak trakční stejnosměrné elektromotory zůstaly původní, a tak nebylo naplno možno

využít plný výkon lokomotivy. Nově je možné přes vícenásobné řízení ovládat čtyři lokomotivy z řídicího stanoviště. Lokomotivy byly též vybaveny elektrodynamickou brzdou, která zásobuje elektrickou energií některé pomocné pohony. Chlazení lokomotivy bylo ovládané hydrostaticky, tlakem oleje. Na nákladní verze lokomotiv nebyly dosazovány topné alternátory, a tak jsou lokomotivy určeny výlučně pro nákladní dopravu.

V následující tabulce jsou základní parametry lokomotivy, která byla využita pro měření spotřeby trakční energie praktickou část diplomové práce:

Maximální rychlost	100 kmh ⁻¹
Trvalý výkon	1 455 kW
Trvalá tažná síla	205 kN
Hmotnost ve službě	72 t
Délka přes nárazníky	16 660 mm

Tabulka 2.6 parametry lokomotivy 753.7

Zdroj: vlastní, vlastní zpracování

Měření lokomotivy 753.7

V tabulce 2.7 se jsou uvedeny rozhodné parametry pro výpočet energetické a ekologické náročnosti

Datum měření	9.5.2022
Číslo lokomotivy	753 728 - 5
Počet vozů / náprav soupravy	14 / 56
Délka soupravy	354 m
Celková hmotnost soupravy	347 t
Celková spotřeba energie	40 l x 2 = 80 l
Spotřeba energie v úsekovém měření	8 l x 2 = 16 l
Celkové ujeté kilometry	66 km
Celkové vyprodukované emise na 1 l	2 640 g CO ₂

Tabulka 2.7 naměřené údaje lokomotivy 753.7

Z důvodu jízdy ve dvojčlenném řízení je celková spotřeba nafty vynásobena 2x.

Zdroj: vlastní, vlastní zpracování

2.4 Lokomotiva 189

Lokomotiva 189 známá spíše pod názvem Europrinter je elektrická vícesystémová lokomotiva určená pro těžkou nákladní dopravu, ale lze ji využít i v dopravě osobní, jelikož disponuje i elektrickými topnými spojkami. První vyrobený kus byl převzat do provozu v roce 2003 a v roce 2006 byly provozně nasazeny na území ČR do Děčína. V zahraniční dopravě byly využity v roce 2012. Lokomotivu lze provozovat na čtyřech napájecích systémech 1,5 kV DC, 15 kV DC, 25 kV 50 Hz AC, 15 kV 16,7 Hz AC, ale některé verze měly systémů méně, dle přání objednatele a kupříkladu verze VP byla pouze jednosystémová. Lokomotivy jsou vybaveny i příslušnými národními vlakovými zabezpečovači a radiostanicemi.

Maximální rychlost lokomotivy je 140 kmh^{-1} ve všech provedeních, jednotlivé řady se liší pouze napájecími systémy, ale ve srovnání s většinou příbuzných lokomotiv má pouze jeden, velmi vysoký převodový poměr 6,294 v jednostupňovém provedení (107 : 17).

Lokomotiva je skříňová s dvěma čelními stanovišti, bočnice jsou tvořeny prolisy a nejsou tedy rovné jako obvykle. Nárazníky s kroužkovými pružinami a elastomerovými tlumiči jsou spolu s deformačními prvky schopny pohltit až 1 MJ, aniž by došlo k poškození hlavního rámu. Strojovnou vede rovná průchozí ulička, jenž je průchozí i pod napětím. Lokomotiva disponuje IGBT pulsními napěťovými střídači, které jsou řízeny individuálně. Tento způsob řízení umožňuje lokomotivě velmi dobré adhezní vlastnosti, rozjezdová síla je 300 KN a trvalá tažná síla je 270 KN. Tak vysoké hodnoty zejména u trvalé tažné síly byly běžné pouze u šestinápravových lokomotiv, ne však u čtyřnápravových. Díky tomu lze na těžké vlaky nasadit pouze jednu lokomotivu místo dvou, nebo čtyřnápravovou místo šestinápravové na takové trati, kde šestinápravová nemá přechodnost. Dva čtyřkvadrantové měniče napájí stejnosměrný meziobvod, na nějž jsou připojeny dva pulsní střídače. Z nich proudí energie do třífázových čtyřpólových asynchronních trakčních motorů s kotvou nakrátko. Elektrodynamická brzda je rekuperační. V úseku, kde trakční síť není schopna pojmout vrácenou energii zpět, proudí do vzduchem chlazených odporů. Lokomotiva je brzděna kotouči připevněnými v discích monoblokových kol.

V tabulce 2.8 jsou základní parametry lokomotivy, která byla využita pro měření spotřeby energie pro praktickou část diplomové práce:

Maximální rychlost	140 kmh ⁻¹
Trvalý výkon	6 400 kW
Trvalá tažná síla	300 kN
Hmotnost ve službě	87 t
Délka přes nárazníky	19 580 mm

Tabulka 2.8 parametry lokomotivy 189

Zdroj: vlastní, vlastní zpracování

Měření lokomotivy 189

V tabulce 2.9 jsou uvedeny rozhodné parametry pro výpočet spotřeby elektrické energie a ekologické náročnosti.

Datum měření	8.5.2022
Číslo lokomotivy	390 001 - 6
Počet vozů / náprav soupravy	37 / 156
Délka soupravy	560 m
Celková hmotnost soupravy	1880 t
Celková spotřeba energie	1510 kW
Spotřeba energie v úsekovém měření	254 kW
Celkové ujeté kilometry	66 km
Celkové vyprodukované emise	0

Tabulka 2.9 naměřené údaje lokomotivy 189

Zdroj: vlastní, vlastní zpracování

3. Energetická a ekologická náročnost v silniční dopravě

Tato kapitola bude zaměřena na energetickou a ekologickou náročnost vybraných typů nákladních automobilů, konkrétně tahačů. Pro měření byla využita souběžně vedoucí

dálnice s železniční tratí, která byla využita pro měření provedená na železnici, aby bylo možné objektivně porovnat jednotlivé typy dopravních prostředků určených druhů dopravy. Měření se bude několikrát opakovat a pro účely diplomové práce budou použity pouze plynulé jízdy bez zastavení.

Provozní situaci stejně jako na železnici nelze nijak zásadně ovlivnit, ovšem proti železnici má rychlejší auto množnost předjet pomalejší. Měření budou opět provedena ve večerních hodinách a mimo špičku pro potřebu vyhnout se kolonám a častému brzdění i rozjíždění, které by narušily objektivnost měření. Počasí vyjma extrémních stavů nemá zásadní vliv, silně negativní by bylo pouze náledí či sněžení, které je vzhledem k ročnímu období, v kterém je měření prováděno takřka vyloučené.

Data, které budou sloužit k analýze budou čerpány z diagnostické desky před řidičem, kde se nachází rychloměr, otáčkoměr, spotřeba paliva, počítadlo ujetých kilometrů a další informace, které řidič při své jízdě potřebuje vědět. Pro měření budou vybrány tedy pouze novější typy kamionů, které disponují průtokoměrem a všemi daty potřebnými k analýze.

Dálnice D2 Brno – Břeclav

K měření spotřeby trakční energie jsem zvolil dálnici z Břeclavi do Brna, jako ekvivalent k železničnímu koridoru, kde budu měřit spotřebu u železniční dopravy. Měření bude probíhat od Avion shopping parku u sjezdu D1 na D2 až po sjezd z dálnice D2 do Břeclavi v délce cca 50 km.

Dálnice D2 vede z Brna do Lanžhotu, kde na hraničním přechodu Brodské mezi Lanžhotem a Kútami plynule přechází na Slovenskou část dálnice D2, která dále pokračuje v délce 80 km, než na hraničním přechodě Čunovo naváže na Maďarskou dálnici M1. Dálnice D2 měří 61 kilometrů a je v celém úseku čtyřproudová. Souběžně vedle dálnice vede její doprovodná silnice II/425. Celý úsek dálnice D2 protíná evropská silnice E65, která měří na pozemské části 3 713 km a celkem 4 400 km, koncový a počáteční bod je totiž přístupný pouze trajektem, začátek silnice je ve Švédském Malmö a konec v Řecké Chanii.

Výstavba dálnice D2 byla zahájena v roce 1974 a do roku 1977 již běžely práce v celé délce dnešní dálnice. V roce 1978 byl otevřen první úsek mezi Brnem a Starovicemi a v roce 1980 byla dálnice D2 dokončena a napojena na již hotový úsek na Slovenské straně. Dálnice D2, pakliže nebudu brát v potaz centrum města Brna, dálnice má vyjma

východního a počátečního bodu pouze 3 výjezdy, kdy nejdelší vzdálenost mezi nimi je 16 km. Dálnice je zpoplatněna od 1.1.1995 a to v úseku mimoúrovňové křižovatky Chrlice až po hraniční přechod.

V tabulce 3.1 jsou důležité údaje k profilu úseku tratě, který bude předmětem měření:

Označení dálnice	D2
Provozovatel dálnice	Ředitelství silnic a dálnic ČR
Délka	60,87 km
Počet pruhů	4
Kategorie	D 26,5/120
Počet výjezdů	7
Maximální sklon	2,5 ‰
Maximální rychlost	130 kmh ⁻¹
Intenzita dopravy	18 000 aut / den
Nejvyšší bod	Brno (197 m)
Nejnižší bod	Lanžhot (157 m)

Tabulka 3.1 parametry dálnice Brno – Břeclav

Zdroj: Zdroj: [26], vlastní zpracování

3.1 Tahač MAN TGX

MAN TG je řada těžkých nákladních užitkových automobilů s pohonem všech kol, které vyrábí německý výrobce vozidel MAN Truck & Bus. Řada TG je tvořena čtyřmi základními modely rozřazenými podle jejich hmotnosti a účelu použití:

- TGL – lehká vozidla s hmotností od 5 990 do 12 000 kg pro rozvoz a distribuci zboží, provedeny obvykle jako chladicí nebo plachtové

- TGM – středně těžká vozidla s hmotností od 12 000 do 18 000 kg pro rozvoz a distribuci zboží, provedeny obvykle jako chladicí nebo plachtové
- TGS – těžká vozidla s hmotností nad 18 000 kg určená pro rozvoz, komunální služby a stavebnictví
- TGX – těžká vozidla nad 18 000 kg určená pro dálkovou mezinárodní dopravu

Pro účely měření bylo zvolena kategorie TGX, která může konkurovat železniční nákladní dopravě, jelikož je určena přímo na převoz zboží na dlouhé trasy napříč několika zeměmi. Nosnost kamionů TGX se pohybuje od 18 do 41 tun. Využívají se nejčastěji v těžké vnitrostátní i mezinárodní dopravě, případně ve stavebnictví, kde jsou vhodné díky několika různým provedením pohonu. Jsou to robustní a pro řidiče velmi bezpečné nákladní vozy, které se dlouhodobě vyznačují vysokou spolehlivostí. Vyrábí se jako podvozkové, sklápěcí a návěsové. Vozy jsou vybaveny multifunkčním volantem, tempomatem a dalšími asistenčními a bezpečnostními systémy.

Do těchto nákladních aut se instalují motory MAN D1556, MAN D2676 a MAN D3876 — Euro 6. Motor MAN D1556 má výkon 243-294 kW (330-400 k) se zdvihovým objemem 9 l, motor MAN D2676 poskytuje výkon 309-368 kW (420-500 k), zdvihový objem 12,4 l a nejvýkonnější řadový šestiválec MAN D3876 o výkonu 397-471 kW (540-640 k) se zdvihovým objemem 15,2 l a točivým momentem motoru 3000 Nm. Hliníková naftová nádrž, která není rezná pojme až 1 340 litrů nafty a 80 litrů močoviny. Na plně natankovanou nádrž by měl být vůz schopen ujet až 3 800 km. Přenos výkonu je nejčastěji proveden přes 16 stupňovou manuální převodovku, ale setkat se lze i s 12 stupňovou automatickou převodovkou. Vůz je vybaven i jedním retardérem. Odpružení je pružinami a vzduchovými měchy

V tabulce 3.2 jsou základní parametry tahače, který byl využit pro měření energetické náročnosti pro praktickou část diplomové práce:

Maximální rychlost	85 kmh ⁻¹
Maximální výkon	412 kW
Objem motoru	15,2 l
Hmotnost tahače	9 320 kg
Délka	5 850 mm

Tabulka 3.2 parametry tahače MAN TGX

Zdroj: vlastní, vlastní zpracování

Měření tahače MAN TGX

V tabulce 3.3 jsou rozhodné parametry pro správný výpočet energetické a ekologické náročnosti.

Datum měření	26.4.2022
Typ tahače	TGX
Počet vozidel / náprav soupravy	2 / 5
Délka soupravy	16,5 m
Celková hmotnost soupravy bez tahače	22,4 t
Celková spotřeba energie	14 l
Spotřeba energie v úsekovém měření	2,6 l
Celkové ujeté kilometry	48 km
Celkové vyprodukované emise na 1 l	2 640 g CO ₂

Tabulka 3.3 naměřené údaje tahače MAN TGX

Zdroj: vlastní, vlastní zpracování

3.2 Tahač Renault Trucks – K

Renault Trucks – K je těžký nákladní užitkový automobil s pohonem všech kol určený především jako stavební nákladní vozidlo. Výrobcem vozidla je Renault Trucks, který patří do skupiny švédské Volvo Group. Renault Trucks obsahuje 4 modely nákladních aut, rozřazené dle využití.

- K – kategorie těžkých stavebních vozidel s pohonem všech kol, vozidlo je zpravidla provedeno jako sklápěcí
- T – těžká vozidla, která jsou určena pro dálkovou mezinárodní dopravu jako tahač s návěsem
- D – středně těžké vozidlo určené pro distribuční síť a místní i regionální dopravu zboží
- C – je to lehké stavební určené pro převoz materiálu, ale může v určité variantě sloužit i např. jako hasičské

Pro další měření jsem zvolil vozidlo Renault Trucks-K, které se pro svou masivní konstrukci využívá zejména ve stavebnictví pro dopravu především sypkého materiálu, ale i sutě. Auto je vhodné pro přepravy na dlouhé trasy, ale je schopno i jízdy v terénu, v lomech nebo po nezpevněných či bahnitých cestách. Auto je konstruováno s pohonem všech kol, a to ve standardním provedení 4x4, nebo méně častém 6x6. Ve svém sklápěcím provedení je schopno uvést materiál o váze až 120 tun. Palivová nádrž pojme 330 litrů nafty a 32 litrů močoviny.

Do těchto nákladních aut se instalují šestiválcové dieselové vznětové motory se vstřikováním common rail v následujícím provedení: 10,8 litru s 380k, 430k a 460 k a 12,8 litru s 440k, 480k a 520k, které mají celkový výkon v rozpětí 280 - 383kW. Všechny uvedené motory splňují emisní normy Euro 6. Standardní varianty jsou vybaveny automatickou převodovkou. Nádrž na naftu je ocelová, jelikož se předpokládá, že vozidlo bude např. pro stavební materiál zajíždět až do lomů, kde je vzhledem k prostředí a nestabilním cestám vyšší hrozba nárazu. Z toho důvodu jsou vozy vybaveny mechanickým vypružením s mazanými klouby do obzvláště náročného prostředí. Značnou výhodou je i schopnost provozu v extrémních teplotních podmínkách, udávané rozmezí se pohybuje od -40 °C do +60 °C. Vozy jsou vybaveny multifunkčním volantem, tempomatem a dalšími asistenčními a bezpečnostními systémy.

V následující tabulce jsou základní parametry tahače, který byl současně využitá pro měření pro praktickou část práce:

Maximální rychlost	90 km/h
Maximální výkon	360 kW
Objem motoru	12,8 l
Hmotnost tahače bez nástavby	15 622 kg
Délka	11 813 mm

Tabulka 3.4 parametry tahače Renault Trucks – K

Zdroj: vlastní, vlastní zpracování

Měření tahače Renault Trucks – K

V následující tabulce se nacházejí rozhodné parametry pro správný výpočet energetické a ekologické náročnosti.

Datum měření	5.5.2022
Typ tahače	Trucks – K
Počet vozů / náprav soupravy	2 / 6
Délka soupravy	16 020 mm
Celková hmotnost soupravy bez tahače	33 t
Celková spotřeba energie	19.5 l
Spotřeba energie v úsekovém měření	3,7 l
Celkové ujeté kilometry	51
Celkové vyprodukované emise na 1 l	2 640 g CO ₂

Tabulka 3.5 naměřené údaje tahače Renault Trucks – K

Zdroj: vlastní, vlastní zpracování

4. Zhodnocení

Po provedených měření nyní vyhodnotím vozidla z ekologického a energetického hlediska. Jelikož byly posuzovány vozidla, která pohání odlišný zdroj trakční energie, tedy u lokomotiv to je elektrická energie a nafta, u kamionové dopravy pouze nafta, bude na základě aktuálních cen, za které dopravce odebírá energii provedení ještě ekonomické porovnání. Ceny energií nejsou veřejným tajemstvím, pro účely této práce budou čerpány ceny z faktur společnosti EP Cargo, do jejíhož holdingu spadá firma, ve které pracuji na pozici strojvedoucího. Společnost odebírá pro svoje vozidla elektřinu od SŽ a naftu od ČD.

Ekologická náročnost bude počítána pouze u tahačů a lokomotiv se spalovacími motory, jelikož elektrická energie je považována za čistou, pokud nebudeme brát v potaz její výrobu. Elektrické vlaky neprodukují žádné spaliny a nezatěžují tak životní prostředí, proto u nich v tomto hodnotícím kritériu bude 0.

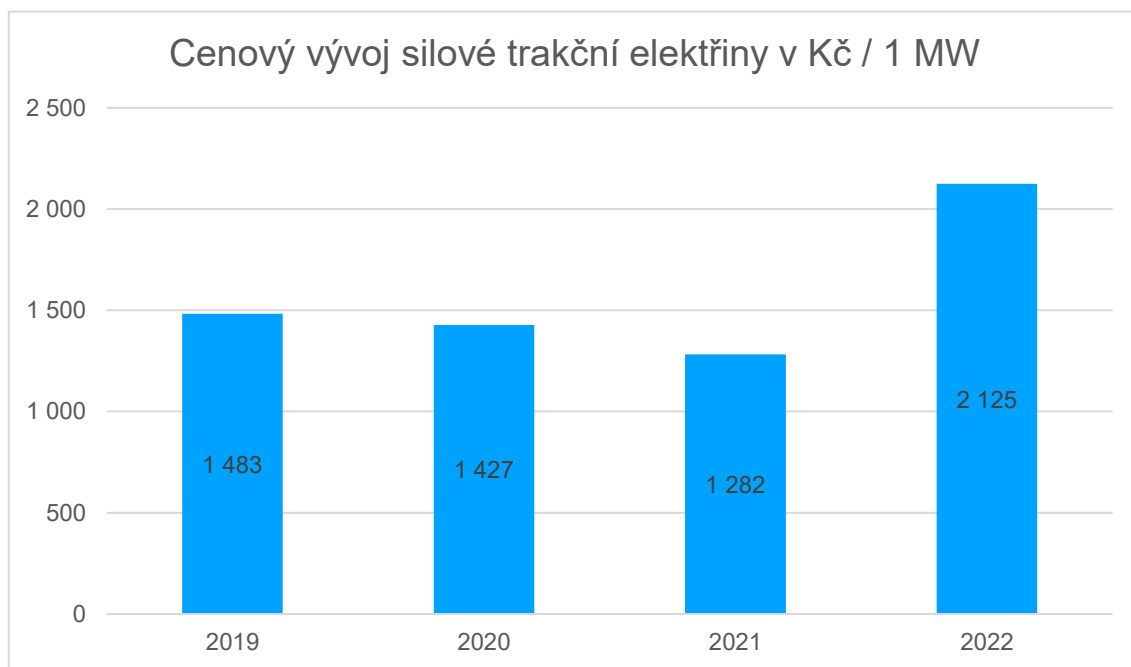
4.1 Ceny a dodavatelé energií

Motorovou naftu většina soukromých dopravců provozujících pouze několik motorových lokomotiv, odebírají na tankovacích stanicích ČD, popřípadě ČDC, jelikož nedisponují vlastním tankovacím zařízením a jeho zřízení je pro ně často neefektivní a ekonomicky nerentabilní. Poměrně časté je např. během výlukových prací i zavážení naftou cisternami do míst, kde se lokomotivy aktuálně nacházejí, jelikož není možné s lokomotivou na tankování odjet. Pro účel a výpočty ceny za naftu budu počítat cenu, za kterou nabízejí ČD naftu ostatním dopravcům. Tato částka je veřejně zjištělná z oficiálních stránek ČD, přes něž si je možno tankování, ale i jiné služby objednat a je uvedena bez marže, tudíž pro výpočty v této práci budu vycházet z předpokladu, že cena za naftu bude obdobná i pro firmu PKP, která má vlastní tankovací stanice a na jejíž motorové lokomotivě jsem měření prováděl, ale přesnou částku za litr se mi nepovedlo zjistit. Nutno ještě dodat, že v případě využití tankovací stanice ČD soukromým dopravcem se k uvedené částce za litr připočítávají ještě cena za službu, která činí 1,25,- / 1 litr jako marže vlastníka a ekonomicky oprávněné náklady.

Současná cena nafty pro měsíc květen je **34,96,-** bez DPH, s DPH je to **42,30,-**.

Dodavatelem trakční elektřiny na železnici je od 1.1.2019 Správa železnic, jakožto jediný dodavatel. Aktuálně dochází neustále k zdražování energií, což se jakožto jedné z nejvíce postižených oblastí týká i oblasti elektrické energie.

V následujícím grafu lze vidět cenový vývoj silové trakční elektřiny.



Graf 4.1 Cenový vývoj silové trakční elektřiny

Zdroj: [22], vlastní zpracování

Pro zjednodušení při výpočtu celkové ceny přepočítám celkovou částku na nižší elektrické jednotky. Rozhodné jsou hodnoty pro rok 2022.

$$1 \text{ mW} = 4\,950 \text{ Kč}$$

$$1 \text{ kW} = 4,950 \text{ Kč}$$

$$1 \text{ W} = 0,004\,950 \text{ Kč}$$

Současná cena trakční elektřiny pro rok 2022 je **4 091,-** bez DPH, s DPH je to **4950,-**. Cena se skládá ze skutečné ceny elektřiny, za kterou ji Správa železnic nakupuje na burze a z ceny za zajištění dodávek trakční energie, což pokrývá náklady SŽ na zajištění elektřiny pro dopravce. Jmenovitě stojí silová trakční elektřina 3,113 Kč / MWh a cena za zajištění dodávky trakční energie činí 978 Kč / MWh. Ceny pro aktuální rok jsou taktéž veřejně přístupné a dohledatelné na oficiálním webu SŽ.

4.2 Výpočet naměřených hodnot

Nyní budou postupně vypočítány naměřené hodnoty. Měření železniční i silniční dopravy probíhalo mezi Brnem a Břeclaví ve směru do Břeclavi. Měření železniční dopravy začínalo na nákladním nádraží Brno Maloměřice a končilo v Břeclavi přednádraží. Železniční doprava byla měřena na úseku dlouhém 66 km, silniční na úseku cca 50 km na dálnici od Avion parku v Brně, kde se sjíždí z D1 na D2 ke sjezdu na Břeclav.

Pro zjištění energetické náročnosti bude nejprve nutné přepočítat odvezenou zátěž lokomotivami a tahači na hrubé tunokilometry, výsledek bude poté vydělen skutečnou spotřebovanou energií, následně bude zjištěno, kolik bylo na jednu spotřebovanou energetickou jednotku přepraveno tunokilometrů. Výsledky budou následně porovnány z ekonomického hlediska. Jako nejvýhodnější bude vyhodnoceno vozidlo s nejnižším poměrnou částkou na jeden odvezený hrubý tunokilometr. Hrubé tunokilometry jsou tvořeny součtem váhy zboží a váhy vozu. Cílem práce je nalézt nejvýhodnější hnací vozidlo z hlediska energetické a ekologické náročnosti, proto pro účely této práce není podstatné, kolik váží samotné zboží, ale kolik váží celková přepravená hmota.

Přesné množství produkce emisí nelze za provozu zjistit, pro výpočty budeme vycházet z metodiky Americké agentury pro ochranu životního prostředí. 1 l nafty váží 835 g, obsahuje 86,2 % uhlíku, což je po přepočtu 720 g uhlíku na 1 l nafty. Na spálení 1 l nafty je potřeba 1 920 g kyslíku, celkem tedy vychází na spotřebu 1 l nafty 2 640 g nafty. Ekologicky nejvýhodnější je vozidlo s nejnižší spotřebou a s nejméně vyprodukovanými g CO₂ na 1 hrtkm.

4.2.1 Výpočet naměřených hodnot železniční dopravy

Lokomotiva 193

Výpočet hrubých tunokilometrů pro celý úsek

$$2\,196 \text{ tun} \times 66 \text{ km} = 144\,936 \text{ hrtkm}$$

Výpočet energetické náročnosti za celý úsek

$$144\,936 \text{ hrtkm} : 917 \text{ kW} = \underline{158,1 \text{ hrtkm} / 1 \text{ kW}}$$

Výpočet ekonomické náročnosti za celý úsek

$$158,1 \text{ hrtkm} : 4,950 \text{ Kč} = \underline{31,9 \text{ hrtkm} / 1 \text{ Kč}}$$

Výpočet hrubých tunokilometrů pro úsekové měření

$$2\,196 \text{ tun} \times 10 \text{ km} = 21\,960 \text{ hrtkm}$$

Výpočet energetické náročnosti v úsekovém měření

$$21\,960 \text{ hrtkm} : 171 \text{ kW} = \underline{128 \text{ hrtkm} / 1 \text{ kW}}$$

Výpočet ekonomické náročnosti v úsekovém měření

$$128 \text{ hrtkm} : 4,950 \text{ Kč} = \underline{25,9 \text{ hrtkm} / 1 \text{ Kč}}$$

Výpočet ekologické náročnosti za celý úsek

$$144\,936 \text{ hrtkm} : 0 \text{ CO}_2 = \underline{0}$$

Výpočet ekologické náročnosti v úsekovém měření

$$21\,960 \text{ hrtkm} : 0 \text{ CO}_2 = \underline{0}$$

Lokomotiva 183

Výpočet hrubých tunokilometrů pro celý úsek

$$1\,116 \text{ tun} \times 66 \text{ km} = 73\,656 \text{ hrtkm}$$

Výpočet energetické náročnosti za celý úsek

$$73\,656 \text{ hrtkm} : 670 \text{ kW} = \underline{109,9 \text{ hrtkm} / 1 \text{ kW}}$$

Výpočet ekonomické náročnosti za celý úsek

$$109,9 \text{ hrtkm} : 4,950 \text{ Kč} = \underline{22,2 \text{ hrtkm} / 1 \text{ Kč}}$$

Výpočet hrubých tunokilometrů pro úsekové měření

$$1\,116 \text{ tun} \times 10 \text{ km} = 11\,160 \text{ hrtkm}$$

Výpočet energetické náročnosti v úsekovém měření

$$11\,160 \text{ hrtkm} : 120 \text{ kW} = \underline{93 \text{ hrtkm} / 1 \text{ kW}}$$

Výpočet ekonomické náročnosti v úsekovém měření

$$93 \text{ hrtkm} : 4,950 \text{ Kč} = \underline{18,8 \text{ hrtkm} / 1 \text{ Kč}}$$

Výpočet ekologické náročnosti za celý úsek

$$73 \ 656 \text{ hrtkm} : 0 \text{ CO}_2 = \underline{0}$$

Výpočet ekologické náročnosti v úsekovém měření

$$11 \ 160 \text{ hrtkm} : 0 \text{ CO}_2 = \underline{0}$$

Lokomotiva 753.7

Výpočet hrubých tunokilometrů pro celý úsek

$$347 \text{ tun} \times 66 \text{ km} = 22 \ 902 \text{ hrtkm}$$

Výpočet energetické náročnosti za celý úsek

$$22 \ 902 \text{ hrtkm} : 80 \text{ l} = \underline{286,3 \text{ hrtkm} / 1 \text{ l}}$$

Výpočet ekonomické náročnosti za celý úsek

$$286,3 \text{ hrtkm} : 42,3 \text{ Kč} = \underline{6,8 \text{ hrtkm} / 1 \text{ Kč}}$$

Výpočet hrubých tunokilometrů pro úsekové měření

$$3 \ 470 \text{ tun} \times 10 \text{ km} = 34 \ 700 \text{ hrtkm}$$

Výpočet energetické náročnosti v úsekovém měření

$$3 \ 470 \text{ hrtkm} : 16 \text{ l} = \underline{216,9 \text{ hrtkm} / 1 \text{ l}}$$

Výpočet ekonomické náročnosti v úsekovém měření

$$216,9 \text{ hrtkm} : 42,3 \text{ Kč} = \underline{5,8 \text{ hrtkm} / 1 \text{ Kč}}$$

Výpočet ekologické náročnosti za celý úsek

$$80 \text{ l} \times 2 \ 640 \text{ g CO}_2 = 211 \ 200 \text{ g CO}_2$$

$$211 \ 200 \text{ g CO}_2 : 22 \ 902 \text{ hrtkm} = \underline{9,2 \text{ g CO}_2 / 1 \text{ hrtkm}}$$

Výpočet ekologické náročnosti v úsekovém měření

$$161 \times 2640 \text{ g CO}_2 = 42240 \text{ g CO}_2$$

$$42240 \text{ g CO}_2 : 3470 \text{ hrtkm} = \underline{12,2 \text{ g CO}_2 / 1 \text{ hrtkm}}$$

Lokomotiva 189

Výpočet hrubých tunokilometrů pro celý úsek

$$1880 \text{ tun} \times 66 \text{ km} = 124080 \text{ hrtkm}$$

Výpočet energetické náročnosti za celý úsek

$$124080 \text{ hrtkm} : 1510 \text{ kW} = \underline{82,2 \text{ hrtkm} / 1 \text{ kW}}$$

Výpočet ekonomické náročnosti za celý úsek

$$82,2 \text{ hrtkm} : 4,950 \text{ Kč} = \underline{16,6 \text{ hrtkm} / 1 \text{ Kč}}$$

Výpočet hrubých tunokilometrů pro úsekové měření

$$1880 \text{ tun} \times 10 \text{ km} = 18800 \text{ hrtkm}$$

Výpočet energetické náročnosti v úsekovém měření

$$18800 \text{ hrtkm} : 254 \text{ kW} = \underline{74,3 \text{ hrtkm} / 1 \text{ kW}}$$

Výpočet ekonomické náročnosti v úsekovém měření

$$74,3 \text{ hrtkm} : 4,950 \text{ Kč} = \underline{15 \text{ hrtkm} / 1 \text{ Kč}}$$

Výpočet ekologické náročnosti za celý úsek

$$801 \times \text{CO}_2 = \underline{0}$$

Výpočet ekologické náročnosti v úsekovém měření

$$161 \times : 0 \text{ CO}_2 = \underline{0}$$

4.2.2 Výpočet naměřených hodnot silniční dopravy

Tahač MAN TGX

Výpočet hrubých tunokilometrů pro celý úsek

$$22,4 \text{ tun} \times 48 \text{ km} = 1\,075 \text{ hrtkm}$$

Výpočet energetické náročnosti za celý úsek

$$1\,075 \text{ hrtkm} : 14 \text{ l} = \underline{76,8 \text{ hrtkm} / 1 \text{ l}}$$

Výpočet ekonomické náročnosti za celý úsek

$$76,8 \text{ hrtkm} : 42,3 \text{ Kč} = \underline{1,8 \text{ hrtkm} / 1 \text{ Kč}}$$

Výpočet hrubých tunokilometrů pro úsekové měření

$$22,4 \text{ tun} \times 10 \text{ km} = 224 \text{ hrtkm}$$

Výpočet energetické náročnosti v úsekovém měření

$$224 \text{ hrtkm} : 2,6 \text{ l} = \underline{86,2 \text{ hrtkm} / 1 \text{ l}}$$

Výpočet ekonomické náročnosti v úsekovém měření

$$86,2 \text{ hrtkm} : 42,3 \text{ Kč} = \underline{2 \text{ hrtkm} / 1 \text{ Kč}}$$

Výpočet ekologické náročnosti za celý úsek

$$14 \text{ l} \times 2\,640 \text{ g CO}_2 = 36\,960 \text{ g CO}_2$$

$$36\,960 \text{ g CO}_2 : 1\,075 \text{ hrtkm} = \underline{34,4 \text{ g CO}_2 / 1 \text{ hrtkm}}$$

Výpočet ekologické náročnosti v úsekovém měření

$$2,6 \text{ l} \times 2\,640 \text{ g CO}_2 = 6\,864 \text{ g CO}_2$$

$$6\,864 \text{ g CO}_2 : 224 \text{ hrtkm} = \underline{30,6 \text{ g CO}_2 / 1 \text{ hrtkm}}$$

Tahač Renault Trucks – K

Výpočet hrubých tunokilometrů pro celý úsek

$$33 \text{ tun} \times 51 \text{ km} = 1\,683 \text{ hrtkm}$$

Výpočet energetické náročnosti za celý úsek

$$1\,683 \text{ hrtkm} : 19,5 \text{ l} = 86,3 \text{ hrtkm} / 1 \text{ l}$$

Výpočet ekonomické náročnosti za celý úsek

$$86,3 \text{ hrtkm} : 42,3 \text{ Kč} = \underline{2 \text{ hrtkm} / 1 \text{ Kč}}$$

Výpočet hrubých tunokilometrů pro úsekové měření

$$33 \text{ tun} \times 10 \text{ km} = 330 \text{ hrtkm}$$

Výpočet energetické náročnosti v úsekovém měření

$$330 \text{ hrtkm} : 3,7 \text{ l} = \underline{89,1 \text{ hrtkm} / 1 \text{ l}}$$

Výpočet ekonomické náročnosti v úsekovém měření

$$89,1 \text{ hrtkm} : 42,3 \text{ Kč} = \underline{2,1 \text{ hrtkm} / 1 \text{ Kč}}$$

Výpočet ekologické náročnosti za celý úsek

$$19,5 \text{ l} \times 2\,640 \text{ g CO}_2 = 51\,480 \text{ g CO}_2$$

$$51\,480 \text{ g CO}_2 : 1\,683 \text{ hrtkm} = \underline{30,6 \text{ g CO}_2 / 1 \text{ hrtkm}}$$

Výpočet ekologické náročnosti v úsekovém měření

$$3,7 \text{ l} \times 2\,640 \text{ g CO}_2 = 9\,768 \text{ g CO}_2$$

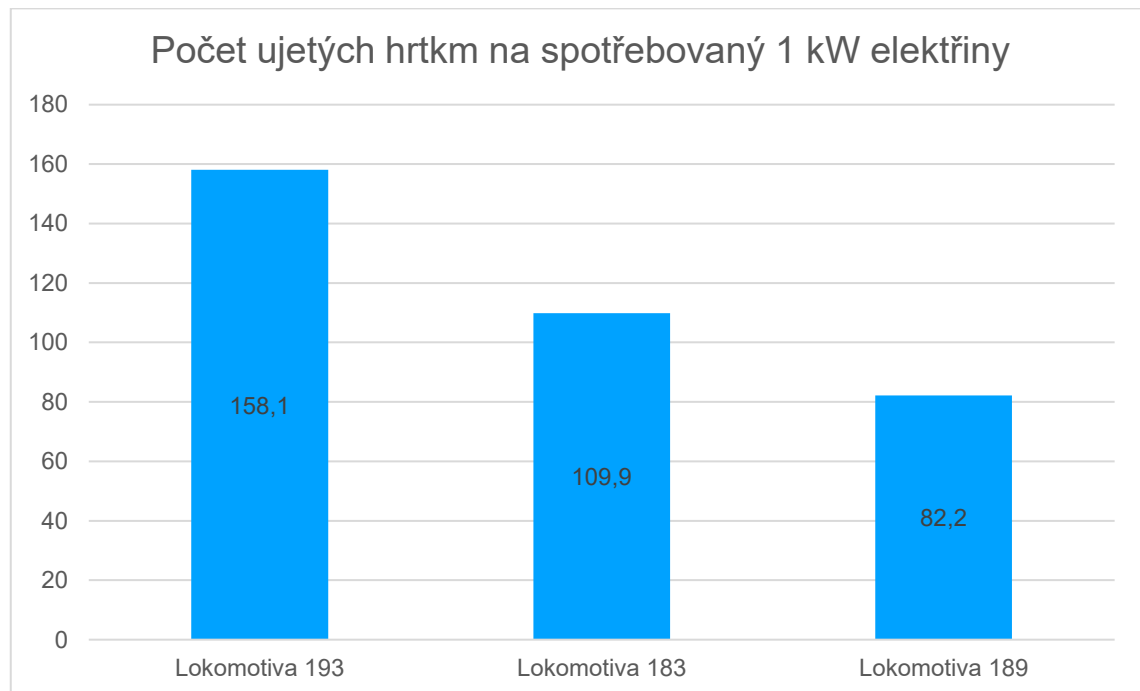
$$9\,768 \text{ g CO}_2 : 330 \text{ hrtkm} = \underline{29,6 \text{ g CO}_2 / 1 \text{ hrtkm}}$$

4.3 Vyhodnocení naměřených hodnot

Po provedení výpočtů energetické a ekologické náročnosti budou výsledky vloženy do grafů a tím také v závěrečné části definitivně vyhodnoceny, což bylo cílem této práce. Hodnocení proběhne nejprve podle druhu užitého paliva pro celý měřený úsek i pro

úsekové měření, následně stejnou metodou dojde k přepočtu na ekonomické hledisko a sloučení všech vozidel do konečných grafů.

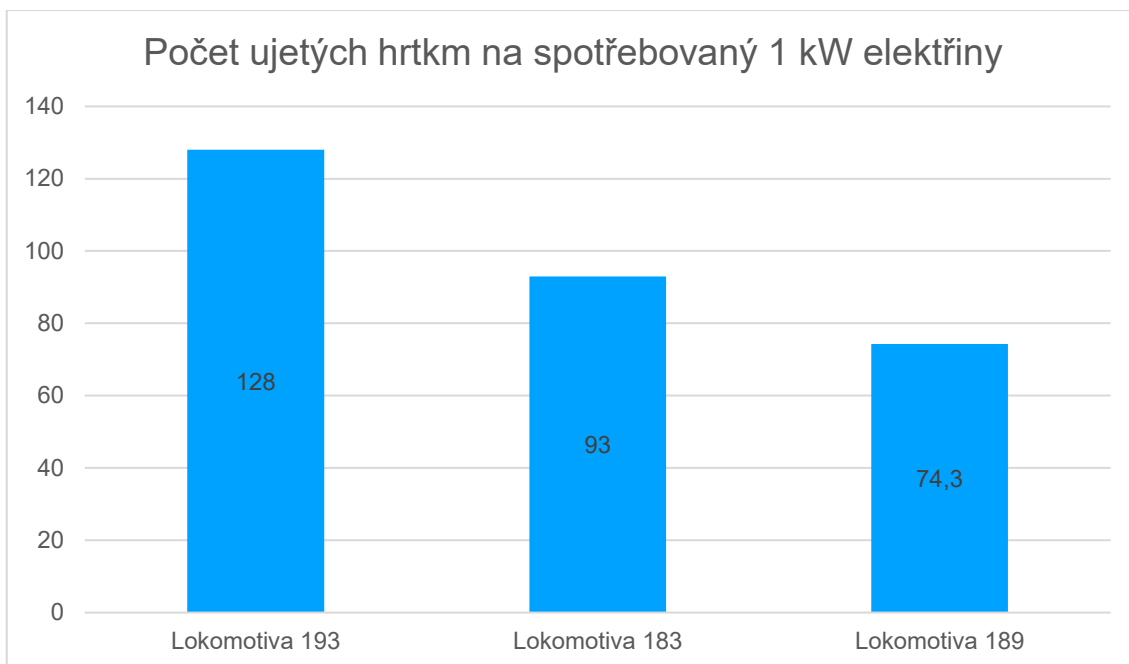
Energeticky nejvýhodnější vozidlo bude takové, které za stanovenou cenu 1 Kč uveze nejvíce hrubých tunokilometrů, ekologicky nejvýhodnější vozidla budou takové, které vyprodukuje nejméně CO₂ na 1 hrtkm.



Graf 4.2 Počet ujetých hrtkm na 1 kW spotřebovaný v celém úseku

Zdroj: vlastní, vlastní zpracování

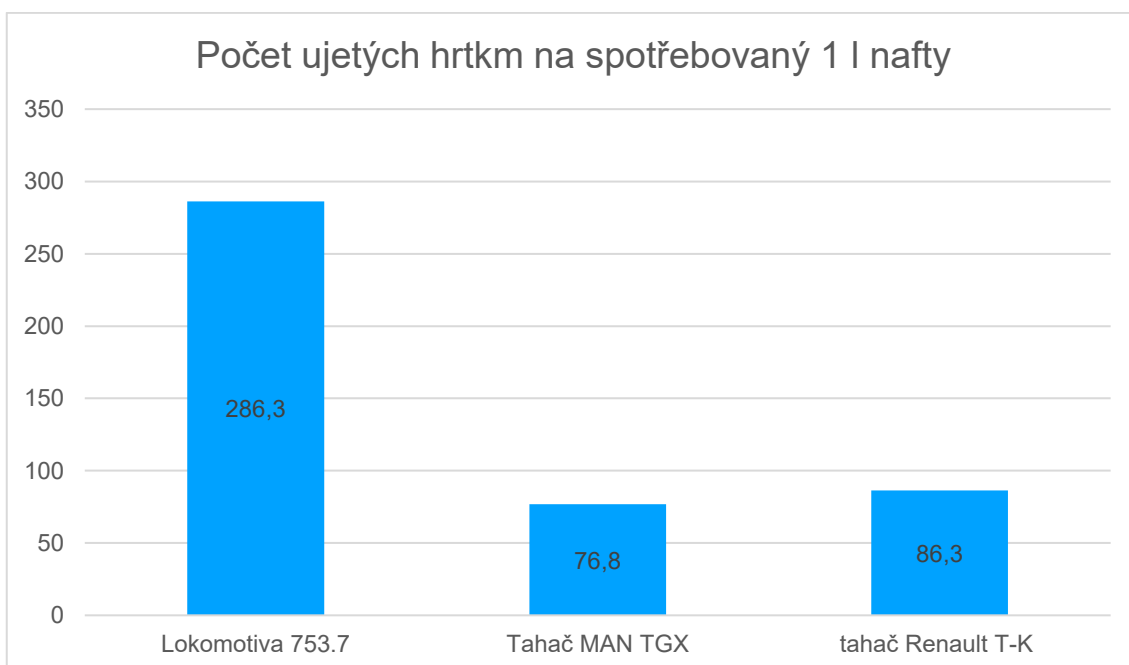
Při měření v celém úseku dosáhla nejlepších výsledků lokomotiva 193, která na 1 spotřebovaný kW elektřiny přepravila 158,1 hrtkm nákladu.



Graf 4.3 Počet ujetých hrtkm na 1 kW spotřebovaný v úsekovém měření

Při úsekovém měření dosáhla nejlepších výsledků lokomotiva 193, která na 1 spotřebovaný kW elektřiny přepravila 128 hrtkm nákladu.

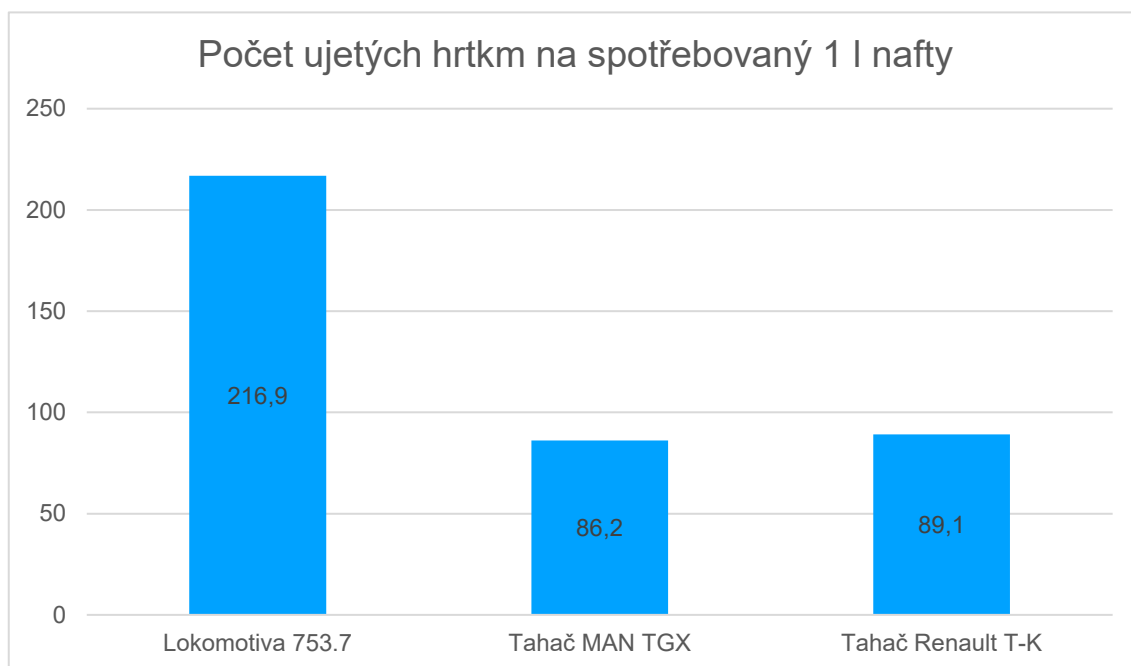
Zdroj: vlastní, vlastní zpracování



Graf 4.4 Počet ujetých hrtkm na 1 l nafty spotřebovaný v celém úseku

Zdroj: vlastní, vlastní zpracování

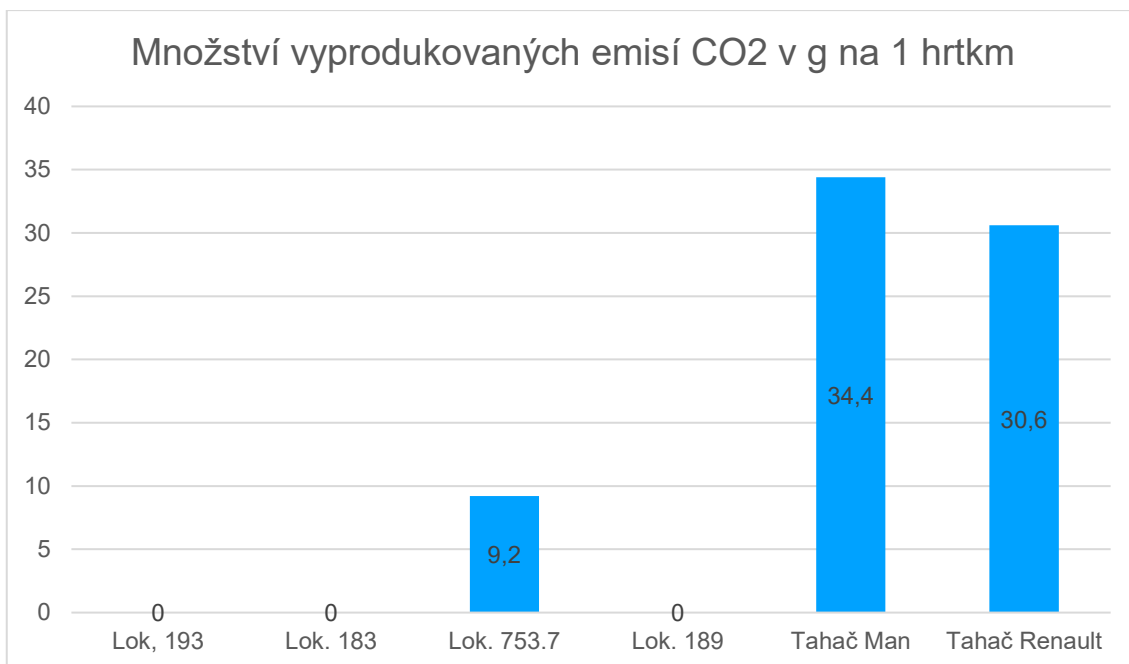
Při měření v celém úseku dosáhla nejlepších výsledků lokomotiva 753.7, která na spotřebovaný 1 l nafty přepravila 286,3 hrtkm nákladu.



Graf 4.5 Počet ujetých hrtkm na 1 l nafty spotřebovaný v úsekovém měření

Zdroj: vlastní, vlastní zpracování

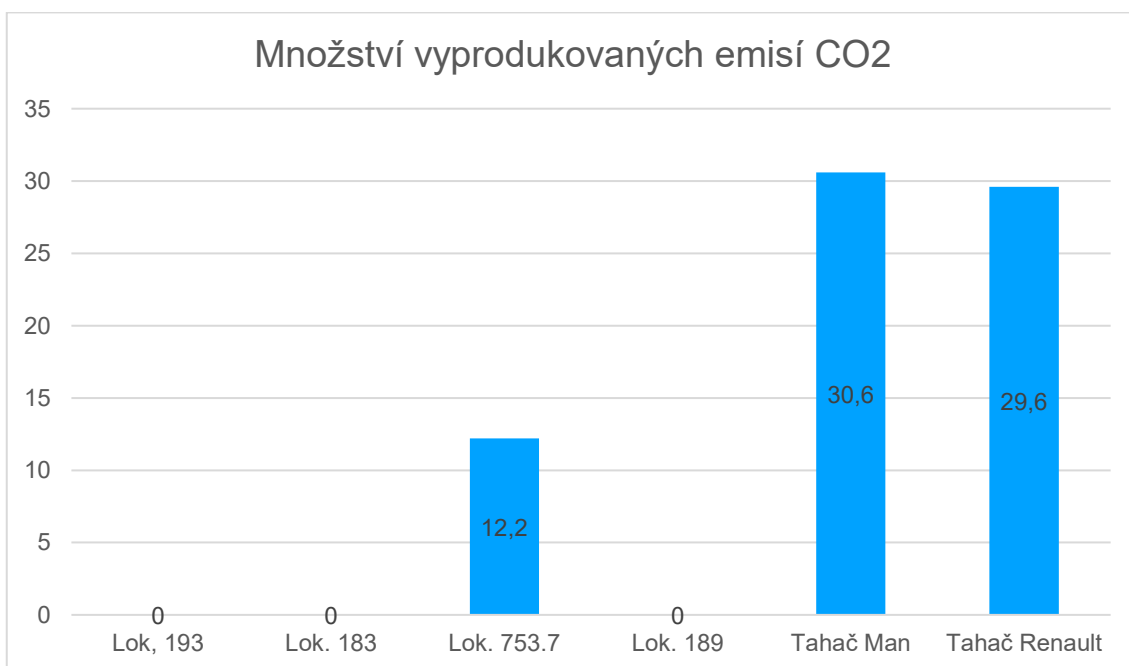
Při úsekovém měření dosáhla nejlepších výsledků lokomotiva 753.7, která na spotřebovaný 1 l nafty přepravila 216,9 hrtkm nákladu.



Graf 4.6 Množství vyprodukovaných emisí CO2 na hrtkm v celém úseku

Zdroj: vlastní, vlastní zpracování

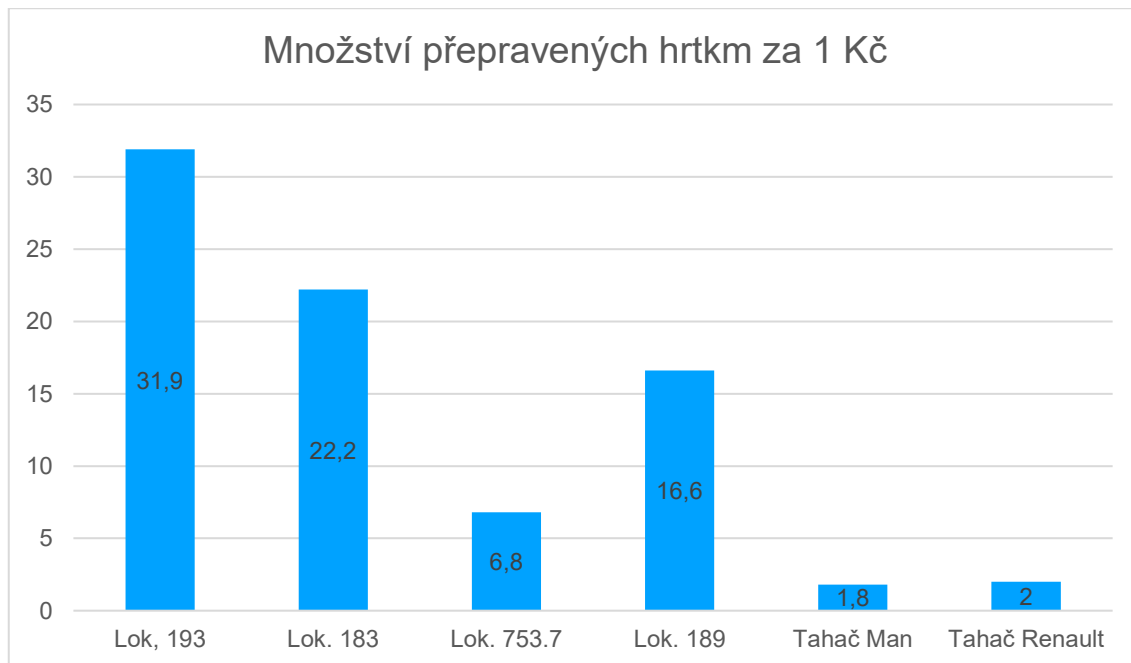
Při měření v celém úseku elektrické lokomotivy nevyprodukovaly žádné emise CO2, a proto v hodnocení vyšly nejlépe. Z vozidel poháněných naftou vyšel nejlépe lokomotiva 753.7.



Graf 4.7 Množství vyprodukovaných emisí CO2 na hrtkm v úsekovém měření

Zdroj: vlastní, vlastní zpracování

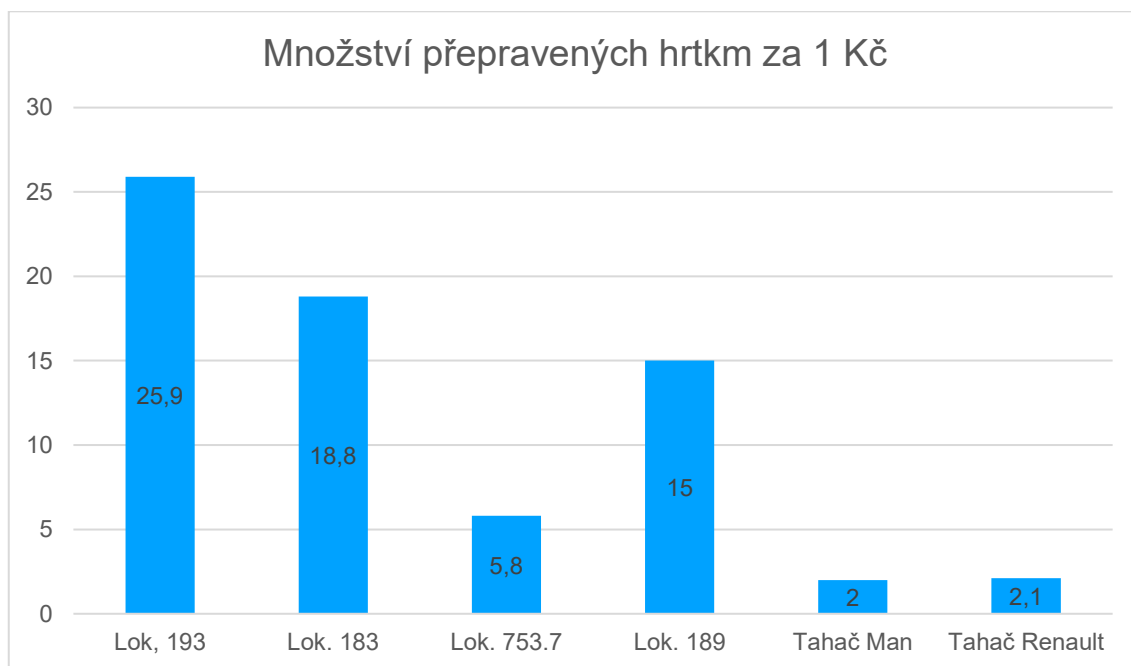
Při úsekovém měření elektrické lokomotivy nevyprodukovaly žádné emise CO₂, a proto v hodnocení vyšly nejlépe. Z vozidel poháněných naftou vyšel nejlépe lokomotiva 753.7.



Graf 4.8 Množství přepravených hrtkm za náklady 1 Kč

Zdroj: vlastní, vlastní zpracování

Při měření v celém úseku dosáhla nejlepšího výsledku lokomotiva 193, která na 1 Kč nákladů na energetické zdroje přepravila 31,9 hrtkm.



Graf 4.9 Množství přepravených hrtkm za náklady 1 Kč

Zdroj: vlastní, vlastní zpracování

Při úsekovém měření dosáhla nejlepšího výsledku lokomotiva 193, která na 1 Kč nákladů na energetické zdroje přepravila 25,9 hrtkm.

Závěr

Výsledky diplomové práce dopadly téměř přesně podle očekávání autora, které předpokládal již při výběru tématu, ale neměl je ověřeny výpočtem.

Hospodárnější a energeticky výhodnější se po provedeném měření spotřeby trakční energie ukázala železniční doprava. Energeticky nejvýhodnějším vozidlem se ukázala elektrická více systémová lokomotiva Vectron řady 193. Pořadí lokomotiv mělo sestupnou tendenci v závislosti na jejich datu výroby, použitém silnoproudém vybavení, kdy starší lokomotiva byla energeticky méně výhodnou než novější. Po elektrických lokomotivách se umístila z hlediska spotřeby trakční energie motorová lokomotiva a za ní pak oba typy tahačů. Obdobně podle očekávání dopadlo měření ekologické náročnosti. Vlaky s liniovým odběrem elektrické trakční energie neprodukují žádné emise CO₂, na přepravené hrtkm je ekologicky výhodnější motorová lokomotiva po modernizaci než oba typy silničních tahačů.

Vypracování diplomové práce autora obohatilo o nové poznatky napříč ekologickým a energetickým spektrem. Celkově mě téma zaujalo a bavilo, za což patří poděkování zejména vedoucímu práce, který mi téma vybral takřka "na míru". Velké pozitivum diplomové práce bylo, že autor měření na lokomotivách prováděl v rámci své pracovní doby. Jako limitující se ovšem ukázala neovlivnitelnost provozní situace, a tak se některá měření musela několikrát opakovat, než se podařilo projet měřený úsek s každou lokomotivou za stejných podmínek, aby bylo hodnocení co nejvíce objektivní. Z toho důvodu si pro autor měření vybíral zejména víkendy nebo noční hodiny, kdy trasy nákladních vlaků neovlivňuje osobní doprava. Podstatně složitější bylo získat data ze silničních vozidel. Firmy na žádost o poskytnutí jízdních dat silničních souprav zpravidla nereagovaly. Pro objektivní měření a výpočty např. emisí autor potřeboval nahlédnout do technického průkazu daného vozidla, což zástupci firem nedovolili a průběh měření trakční energie se jim většinou jevil komplikovaný či rušící pro řidiče. K údajům naměřených hodnot spotřeby trakční energie u silničních tahačů, na kterých autor měření prováděl, byly osobně sjednány nad rámec managmentu dopravních firem.

Diplomová práce naplnila vytýčený cíl v jejím úvodu a předkládá zajímavé porovnání dat o energetické náročnosti v silniční a železniční nákladní dopravě.

Seznam zkratek

ČR – Česká republika

vlkm – Vlakokilometry

EPC – EP Cargo

ČD – České dráhy

ČDC – České dráhy Cargo

SŽ – Správa železnic

tkm – tunokilometry

hrtkm– Hrubé tunokilometry

Seznam zdrojů

Tištěné zdroje

- [1] Jaderná energie: útlum, nebo rozvoj? : sborník textů. Praha: CEP – Centrum pro ekonomiku a politiku, 2007. 122 s. ISBN 978-80-86547-78-7. (Novák a kol., 2013)
- [2] EISLER, Jan, Jaromír KUNST a František ORAVA. Ekonomika dopravního systému. Praha: Oeconomica, 2011. ISBN 9788024517599.
- [3] CEMPÍREK, Václav, Jaromír ŠIROKÝ a Karel PIVOŇKA. Základy technologie a řízení dopravy. Vyd. 3. přeprac. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2002. ISBN 80-7194-471-8.
- [4] GAŠPARÍK, Josef a Vladislav ZITRICKÝ. Manažment kapacity železničnej infraštruktúry. Žilina: Žilinská univerzita v Žilině, 2010. ISBN 978-80-554-0241-3.
- [5] GAŠPARÍK, Josef a Jiří KOLÁŘ. Železniční doprava: technologie, řízení, grafikonky a dalších 100 zajímavostí. Praha: Grada Publishing, 2017. ISBN 978-80-271-0058-3.
- [6] MAJERČÁK, Jozef, GAŠPARÍK, Jozef a Peter BLAHO. Železničná dopravná prevádzka. Technológia železničných staníc. Žilina: EDIS, 2015. ISBN 978-80-554-1057-9.

Internetové zdroje

- [7] <https://www.czech-raildays.cz/2013/seminare/seminar-pohl.pdf>
- [8] <https://logistika.ekonom.cz>
- [9] https://www.sydos.cz/cs/rocenka_pdf/Rocenka_dopravy_2020.pdf
- [10] http://data.ioda.cz/#ds=430s_all-all,429,430&po=area&so=column&sv=1

- [11] <https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20190313STO31218/emise-co2-z-aut-fakta-a-cisla-infografika>
- [12] 2286eccb-d554-4b6d-892c-01314d91d9f2 (spravazeleznic.cz)
- [13] https://www.eru.cz/documents/10540/6616306/Rocni_zprava_provoz_ES_2020.pdf/edc0cb03-700a-43a7-8c08-a1ccb3f2d173
- [14] <https://oenergetice.cz/slug/paroplynova-elektrarna-princip-funkce>
- [15] <https://www.seznamzpravy.cz/clanek/tech-technologie-vodikovy-pohon-prohral-do-aut-ani-nakladaku-se-uz-neprosadi-tvrdi-expert-189365>
- [16] <https://www.energyglobe.cz/temata-a-novinky/uspory-v-domacnosti-10-tipu-jak-usetrit-bez-investic>
- [18] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1994-266>
- [19] <https://www.spravazeleznic.cz/documents/50004227/64057801/Statistická+ročenka+2020/2286eccb-d554-4b6d-892c-01314d91d9f2>
- [20] http://www.top-expo.cz/domain/top-expo/files/smart-city/smart-city-2020/tee/prezentace/pohl_jiri.pdf
- [21] <https://www.mdcz.cz/Statistiky>
- [22] <https://ekonomickydenik.cz/trakcni-elektrina-v-pristim-roce-zdrazi-o-desitky-procent-do-ceny-jizdneho-by-se-to-zatim-promitnout-nemelo/>
- [23] <https://www.spravazeleznic.cz/dodavatele-odberatele/energetika/trakcni-elektrina/dopravce-a-jeho-zuctovani>
- [24] http://www.ceskedrahy.cz/nase-cinnost/ostatni-cinnosti-a-servis/zarizeni_sluzeb/-29800/
- [25] <https://www.spravazeleznic.cz>
- [26] <https://www.rsd.cz>

Seznam grafických objektů

Graf 1.1 Celková produkce emisí všech doprav dohromady.....	15
Graf 1.2 Běh vlaků nákladní dopravy.....	16
Graf 1.3 Celková produkce emisí všech doprav dohromady.....	17
Graf 1.4 Celková produkce emisí v silniční nákladní dopravě.....	17
Graf 1.5 Celková produkce emisí v železniční nákladní dopravě (motorová trakce)	18
Graf 1.6 Spotřeba energie v železniční dopravě	20
Graf 1.7 Spotřeba energie v silniční dopravě.....	21
Graf 1.8 Poměr vyrobené elektřiny v ČR v roce 2020 dle zdroje.....	26
Graf 1.9 Podíl vozidel s vodíkovými palivovými články ve světě.....	28
Graf 1.10 Struktura konečné spotřeby energie v ČR.....	31
Graf 1.12 Struktura spotřeby energie v dopravě.....	34
Graf 1.13 Přeprava věcí po železnici v ČR	41
Graf 1.14 Přeprava věcí po silnici	46
Graf 4.1 Cenový vývoj silové trakční elektřiny	67
Graf 4.2 Počet ujetých hrtkm na 1 kW spotřebovaný v celém úseku.....	74
Graf 4.3 Počet ujetých hrtkm na 1 kW spotřebovaný v úsekovém měření.....	74
Graf 4.4 Počet ujetých hrtkm na 1 l nafty spotřebovaný v celém úseku.....	75
Graf 4.5 Počet ujetých hrtkm na 1 l nafty spotřebovaný v úsekovém měření.....	75
Graf 4.6 Množství vyprodukovaných emisí CO ₂ na hrtkm v celém úseku.....	76
Graf 4.7 Množství vyprodukovaných emisí CO ₂ na hrtkm v úsekovém měření.....	76
Graf 4.8 Množství přepravených hrtkm za náklady 1 Kč.....	77
Graf 4.9 Množství přepravených hrtkm za náklady 1 Kč.....	77

Seznam tabulek

Tabulka 1.1 Srovnání spotřeby jaderné a uhelné elektrárny	23
Tabulka 1.2 současný stav železniční sítě v ČR	40
Tabulka 1.3 současný stav silniční sítě v ČR	45
Tabulka 2.1 parametry tratě Brno – Břeclav	51
Tabulka 2.2 parametry lokomotivy 193.....	53
Tabulka 2.3 naměřené údaje lokomotivy 193.....	53
Tabulka 2.4 parametry lokomotivy 183.....	55
Tabulka 2.5 naměřené údaje lokomotivy 183.....	55
Tabulka 2.6 parametry lokomotivy 753.7.....	57
Tabulka 2.7 naměřené údaje lokomotivy 753.7.....	57
Tabulka 2.8 parametry lokomotivy 189.....	58
Tabulka 2.9 naměřené údaje lokomotivy 189.....	59
Tabulka 3.1 parametry dálnice Brno – Břeclav	61
Tabulka 3.2 parametry tahače MAN TGX	62
Tabulka 3.3 naměřené údaje tahače MAN TGX	63
Tabulka 3.4 parametry tahače Renault Trucks – K	64
Tabulka 3.5 naměřené údaje tahače Renault Trucks – K.....	65

Seznam příloh

- Obrázek č. 1 Jednotka na vodíkový pohon
- Obrázek č. 2 Jednotka na bateriový pohon
- Obrázek č. 3 Počáteční stav elektroměru lokomotivy 193
- Obrázek č. 4 Konečný stav elektroměru lokomotivy 193
- Obrázek č. 5 Zpráva o brzdění vlaku
- Obrázek č. 6 Fotografie vlaku
- Obrázek č. 7 Počáteční stav elektroměru lokomotivy 183
- Obrázek č. 8 Konečný stav elektroměru lokomotivy 183
- Obrázek č. 9 Zpráva o brzdění vlaku
- Obrázek č. 10 Fotografie vlaku
- Obrázek č. 11 Počáteční stav průtokoměru lokomotivy 753.7
- Obrázek č. 12 Konečný stav průtokoměru lokomotivy 753.7
- Obrázek č. 13 Zpráva o brzdění vlaku
- Obrázek č. 14 Fotografie vlaku
- Obrázek č. 15 Počáteční stav elektroměru lokomotivy 189
- Obrázek č. 16 Konečný stav elektroměru lokomotivy 189
- Obrázek č. 17 Zpráva o brzdění vlaku
- Obrázek č. 18 Fotografie vlaku
- Obrázek č. 19 Počáteční stav průtokoměru tahače MAN TGX
- Obrázek č. 20 Konečný stav průtokoměru tahače MAN TGX
- Obrázek č. 21 Nákladový list
- Obrázek č. 22 Fotografie soupravy
- Obrázek č. 23 Počáteční stav průtokoměru tahače Renault Trucks – K
- Obrázek č. 24 Konečný stav průtokoměru tahače Renault Trucks – K
- Obrázek č. 25 Nákladový list
- Obrázek č. 26 Fotografie soupravy



Obrázek č.1

Zdroj: <https://www.energyglobe.cz/temata-a-novinky/uspory-v-domacnosti-10-tipu-jak-usetrit-bez-investic>



Obrázek č.2

Zdroj: <https://zdopravy.cz/alstom-predstavil-na-saske-strane-krusnych-hor-novou-jednotku-na-baterie-91145/>



Obrázek č. 3

Vlastní zdroj



Obrázek č .4
Vlastní zdroj

MEZINÁRODNÍ ZPRÁVA O BRZDĚNÍ A VLAKU										0 Číslo listu						
1 Číslo vlaku		2 Datum odjezdu		3 Východní stanice			4 Konečná stanice									
0		6. květen 2022		Křižanov			Kúty									
11 Poznámky																
20 Počet a čísla vozů s ověřenou RB Viz. výkaz vozidel "26" = 4 vozy																
					Činných hnacích vozidel				Souprava							
					Dopravovaných hnacích vozidel				Vozy celkem		Souprava celkem B+C	Vlak celkem A + D				
					A				B		C	D	E			
21 Počet vozidel		51		2		1		40		41		43				
22 Hmotnost (t)		51		164		75		2121		2196		2360				
23 Brzdící váha (t)		51		115		0		1803		1803		1918				
Počet vozidel s činnou brzdou																
G		P		R		R+MG		K		L		LL	D			
30		31		32		33		34		35		36		37		
51		1		40		0		0		0		0		0		
Vypnuté brzdy																
36																
51 2 x 3625 - 2, 33730 - 4																
52																
53																
54																
Dopravce		Stanice		Režim brzdění		Porfobná brzdící %		Stavební brzdící %		Chybové brzdící %		Podpis číselné		Číslo vedoucího hnacího vozidla		
F		G		H		J		25 - K		26 - K		L		M		N
51 IDS-CARGO		Křižanov		P		70		77%				H r o š		193 276		
52																
53																
54																
61 Úplná zkouška brzdy				Místo provedení				Těsnost soupravy		Vozmistr (podpis)						
Začátek (hod/min)		Konec (hod/min)		Křižanov				0,2 Bar/min.								
51		21 ⁰⁵														
52																
53																
54																
62 Číslo posledního vozu				63 Nejvyšší rychlost soupravy vozů				64 Délka vlaku (m / nápravy)								
51		31 56 596 1 620-7		100km/h				Činné H.V.		Dopra. vozidel		Celkem				
52								26 8		577 164		603 172				
53																
54																
65 Nebezpečné věci ve vlaku RID				66 Číslo vozů s RID				67. UN - Číslo		68. Identifikační čís. nebezp látky		69 Cas překr. hranice				
ANO <input type="checkbox"/>				Viz. výkaz vozů: 0 x												
NE <input checked="" type="checkbox"/>																

Obrázek č. 5

Vlastní zdroj



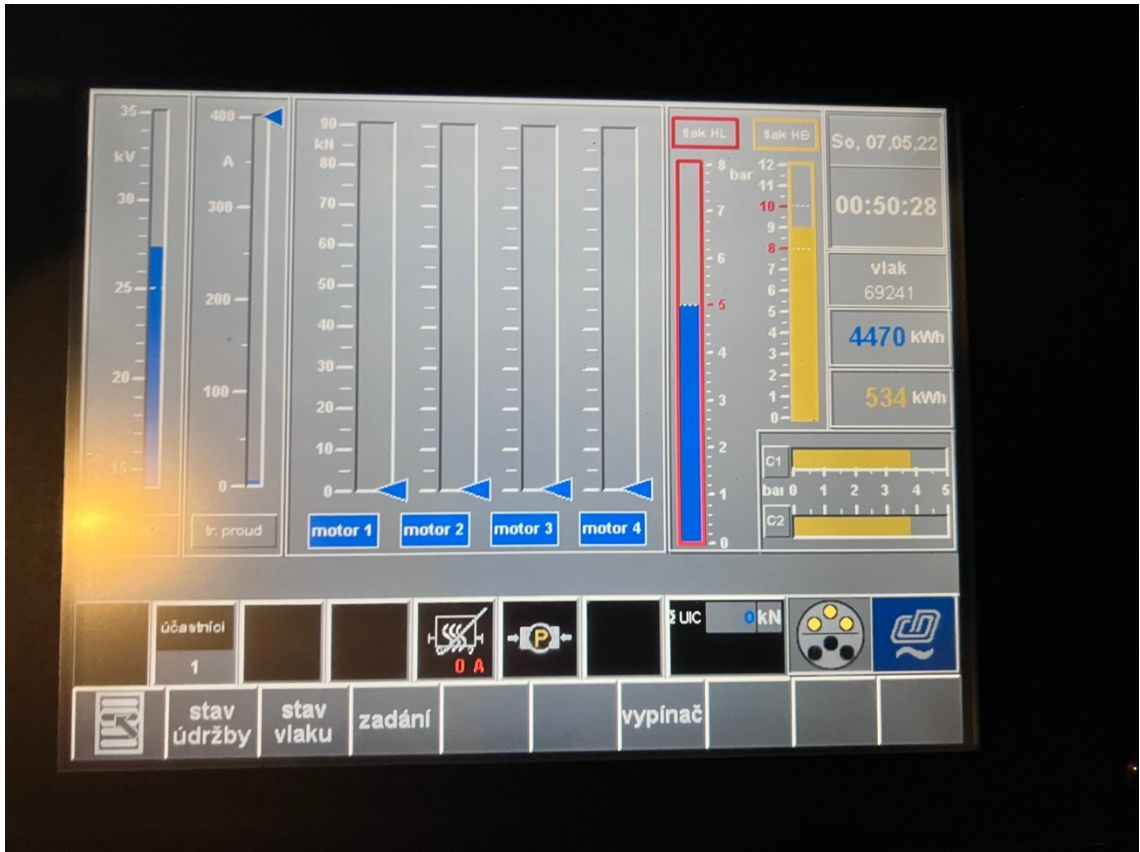
Obrázek č. 6

Vlastní zdroj



Obrázek č. 7

Vlastní zdroj



Obrázek č. 8

Vlastní zdroj

PKPCARGO International		MEZINÁRODNÍ ZPRÁVA O BRZDĚNÍ A VLAKU				0 List č.			
1 Číslo vlaku 69 244/48251 44281		2 Datum odjezdu 6.5.2022		3 Výchozí stanice KOLÍN		4 Konečná stanice HALKALI			
11 Poznámky JTB-6.5.2022 KOLÍN 19 ⁰⁰ TRCHAL ET ROSTI 20 52									
40 Číslo vozů s vyzkoušenou ruční brzdou		činných hnacích vozidel	dopravovaných hnacích vozidel	Souprava vozů		vlak celkem A+D			
2016-0 2552-0 2018-4 4044-6									
		A	B	C		D			
21 Počet vozidel		51	1	18		18			
		52	1	18		18			
		53							
		54							
23 Dopravní hmotnost (t)		51	92	1116		1188			
		52	84	1116		1203			
		53							
		54							
24 Brzdící váha (t)		51	48	1110		1158			
		52	100	1110		1210			
		53							
		54							
V činnosti počet vozů s brzdou				39 Číslo vozů s vypnutou brzdou					
D	K	L	LL	G	P	R			
30	31.1	31.2	31.3	32	33	34			
51	8		10		18				
52									
53									
54									
Dopravce		Stanice		Režim brzdění	Potřebná brzdící %	Skutečná brzdící %	Podpisy a číselné příjmení		Číslo vedoucího HV
F		G		H	J	25-K	L		M
51 PRPEI		KOLÍN		P	94	94	TRCHAL		KOVÁR
52 PRPEI		KOLÍN		P	70	100	TRCHAL		Vlák-VOLTI
53									
54									
61 Zkouška brzdy: Datum a čas ukončení				Místo provedení		Těsnost		Účinkování brzd ověření (podpis a číselné příjmení)	
6.5.2022 18:15 hodin				KOLÍN		02		TRCHAL	
63. Nejvyšší rychlost soupravy vozů		64. Délka vlaku (včetně HV) v metrech / nápravách		65. Příprava nebezpečných věcí RID		66. Číslo vozů s RID		67. UN číslo	
51 100 m ^h		553/112		<input type="checkbox"/> ano <input checked="" type="checkbox"/> ne					
52 100 m ^h		553/112							
53									
54									

Obrázek č. 9

Vlastní zdroj



Obrázek č. 10

Vlastní zdroj



Obrázek č. 11

Vlastní zdroj



Obrázek č. 12

Vlastní zdroj

PKPCARGO International		MEZINÁRODNÍ ZPRÁVA O BRZDĚNÍ A VLAKU		0 List č.			
1 Číslo vlaku 69 241	2 Datum odjezdu 9.5.2022	3 Vychází stanice VŠETATY	4 Konečná stanice BŘECLAV				
11 Poznámky							
40 Číslo vozů s vyzkoušenou ruční brzdou 33 84 4841 028-6 33 84 4841 062-5	činných hnacích vozidel	dopravných hnacích vozidel	Souprava vozů	souprava celkem B+C	vlak celkem A+D		
	A	B	C	D	E		
21 Počet vozidel	51	2	14	14	16		
	52						
	53						
	54						
23 Dopravní hmotnost (t)	51	144	344	344	491		
	52						
	53						
	54						
24 Brzdící váha (t)	51	100	348	348	448		
	52						
	53						
	54						
V činnosti počet vozů s brzdou			39 Číslo vozů s vypnutou brzdou				
D	K	L	LL	G	P	R	
30	31.1	31.2	31.3	32	33	34	
51					14		
52							
53							
54							
Dopravce	Stanice	Režim brzdění	Potřebná brzdící %	Skutečná brzdící %	Podpis a čitelné příjmení		Číslo vedoucího HV
F	G	H	J	25 - K	zaměstnanec, který vyplňuje-doplňuje Zprávu o brzdění	Strojvedoucího	N
51	PKP-CI	VŠETATY	70	91	BAZTA	Sivajir LL	33 84 4841-5
52							
53							
54							
61 Zkouška brzdy: Datum a čas ukončení		VŠB	Místo provedení		Těsnota	Účinkování brzd ověření (podpis a čitelné příjmení)	
9 / 5 / 2022 14 hodin		70 minut	VŠETATY		0,015	BAZTA	
63 Nejvyšší rychlost soupravy vozů	64 Délka vlaku (včetně HV) v metrech / nápravách	65 Přeprava nebezpečných věcí RID		66 Číslo vozů s RID	67 UN číslo	68 Označení nebezpečí dle RID	
51	100 km/h	384/64	<input checked="" type="checkbox"/> ano <input type="checkbox"/> ne	DLE VÝKAZU VOZIDEL	30	1915	
52							
53							
54							

301 635

Obrázek č. 13

Vlastní zdroj



Obrázek č. 14

Vlastní zdroj



Obrázek č. 15

Vlastní zdroj



Obrázek č. 16

Vlastní zdroj

RABBIT RAIL		MEZINÁRODNÍ ZPRÁVA O BRZDĚNÍ A VLAKU Internationaler Brems- und Zugbildungszettel				10 Číslo listu 1	
11 Číslo vlaku 53421		12 Datum odjezdu 08. 05. 2022		13 Východí stanice Havlíčkův Brod		14 Konečná stanice Moasca	
20 Poznámky							
30 Číslo vozů s ověřenou RB 33 52 53-66 332-2 33 52 53-68 853-5 33 53 53-20 229-4							
		Činných hnacích vozidel		Souprava		Vlak celkem A + D	
		Dopravovaných hnacích vozidel		Vozy celkem		Souprava celkem B + C	
		A		B		C	
		D		E		F	
31 Počet vozidel		01 1		38		39	
		02 1		32		39	
		03					
		04					
		05					
32 Hmotnost [t]		01 87		1756		1843	
		02 87		1727		2087	
		03					
		04					
		05					
33 Brzdící váha [t]		01 79		1684		1763	
		02 79		1632		1717	
		03					
		04					
		05					
40 Počet vozidel s brzdou v činnosti							
Pocet zajišťovacích brzd v soupravě							
K (kappa)							
Vypnuté brzdy - čísla vozů							
G		P		R		R+Mg	
K		L		LL		D	
40.1		40.2		40.3		40.4	
40.5		40.6		40.7		40.8	
40.9		40.10		40.11			
01 1		35		9		32	
02 34		4		6		7	
03							
04							
05							
50 Dopravce							
Stanice							
Režim brzdění							
Potřebná brzdící %							
Skutečná brzdící %							
Chybějící brzdící %							
Podpis							
ZOB sestavil							
Strojvedoucí							
Číslo vedoucího hnacího vozidla							
50.1		50.2		50.3		50.4	
50.5		50.6		50.7		50.8	
50.9		50.10		50.11			
01 Rabbit Rail		Havlíčkův Brod		D		75%	
02 EPC		KOTR		D		91%	
03							
04							
05							
60 Úplná zkouška brzdy							
Místo provedení: Horní Cerekev							
Těsnost: 0,2bar/2min							
Vozmistr (podpis):							
Datum: 08.05.2022							
Začátek: 0:00							
Konec: 1:00							
70 Číslo posledního vozidla							
Nejvyšší rychlost soupravy dopravovaných vozidel [km/hod]							
Délka soupravy dopravovaných vozidel [m/nápravy]							
Délka činných hnacích vozidel [m/nápravy]							
Délka vlaku [m/nápravy]							
70.1		70.2		70.3		70.4	
70.5		70.6		70.7		70.8	
01 33 53 53-20 229-4		100		543 / 152		19 / 4	
02 33 53 53-20 229-4		100		560 / 156		19 / 4	
03							
04							
05							
80 Nebezpečné věci ve vlaku (RID)							
Ano <input type="checkbox"/> - čísla vozů viz Výkaz vozidel							
Ne <input checked="" type="checkbox"/>							
81 Mimofádné zásilky ve vlaku							
Ano <input type="checkbox"/> - čísla vozů viz Výkaz vozidel							
Ne <input checked="" type="checkbox"/>							

Obrázek č. 17

Vlastní zdroj



Obrázek č. 18

Vlastní zdroj



Obrázek č. 19

Vlastní zdroj



Obrázek č. 20

Vlastní zdroj

Transportní list / Průvodka

Modletice suchá
Modletice 67 / 251 01 Ricany u Prahy

Teplotní režim: Suchá centrála (Nechlazené)

Informace

5 VLASTNÍCH PALET

Trasa č.: 2200073275
Den trasy: 27.04.2022 Den: Streda
Vozidlo RZ: B133 59522
Řidič: T02 4687 / Muller Lukáš 683901
Start trasy: 26.04. 10:00 Konec trasy: 22:28
Plánované KM: 664
Stopa/rampa: 214 / 215 / 218 / 219 / 220

Cílový sklad: **Modletice suchá
Modletice 67 / 251 01 Ricany u Prahy**

Časy a kilometry trasy jsou jen plánované a orientační!

Filiálky	Naloženo								Obaly zpět	GTE	KG
	PA	RC	Žvýkačky	Ifco	E2	Gitter	Chep				
8200620	5		1							5,0	2.142
8200603	13									13,0	7.062
8200649	2									2,0	911
8200643	6									6,0	3.509
8200640	6									6,0	2.963
Celkem	32		1							32,0	16.587

Fil. číslo	Fil. jméno	Teplota	Přijezd	Odjezd	Plomba tam	Plomba zpět	Podpis filiálky
8200620	620 - Mikulov						
8200603	603 - Břeclav						
8200649	649 - Bojkovice						
8200643	643 - Otrokovice, Toma						
8200640	640 - Zlín, Centro						

Fil. číslo	Fil. jméno	Komentář a poznámky
8200620	620 - Mikulov	
8200603	603 - Břeclav	
8200649	649 - Bojkovice	
8200643	643 - Otrokovice, Toma	
8200640	640 - Zlín, Centro	

ZÁKLADNÍ ÚDAJE
KONTROLA VÝKONNOSTI
VÝKONNOSTI

BILLA, s.r.o.
Centrální sklad - Modletice
EXPEDICE / PŘÍJEM
Kontrola: _____ Spek: _____

Řidič potvrzuje podpisem správnost údajů a převzetí odpovědnosti

Trasa č.: 2200073275 Den trasy: 27.04.2022 Seite 1 / 2 Created: 26.04.2022 10:03:42

Obrázek č. 21

Vlastní zdroj



Obrázek č. 22

Vlastní zdroj



Obrázek č. 23

Vlastní zdroj



Obrázek č. 24

Vlastní zdroj

Odkud	Kam	Druh nákladu, příprav-ního obalu a počet jednotek	Naloženo				Počet nakládačů				Vyloženo				Počet vykladačů				Potvrzení odesílatele	Doba jízdy	Doba ostatních zřízení	Použití přípojného vozidla	Ujeté km		Výkon v tkm
			způsob naložení	celkem	z toho pří-vozidla	doprave	preprave	doba nakládky	čas odjezdu	Potvrzení odesílatele	čas příjezdu	způsob vyložení *)	celkem	z toho pří-vozidla	doprave	preprave	dobu vykládky	celkem					s nakladem	celkem	
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Březno	Březolán	4-8	N 23	10	ROSA	15	16				5:30	4:6				10			10:5		5:9	5:9	5:9		
Celkem			X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				5:9	5:9		

Motorové vozidlo	úhnmern (sl. 41+42)		jízda		prostoje (sl. 43 až 47)		Členění prostojů				Ujeté km		výkon v tkm
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	celkem	z toho s nakla-dem	
79													
80				X	X	X	X	X	X		50	51	
81				X	X	X	X	X		49	50	51	

Poznámka	5.5.2022
Řidič (jméno, údaj, podpis)	<i>[Podpis]</i>
Garážník (jméno, datum, podpis)	<i>[Podpis]</i>
Dispečer (jméno, datum, podpis)	

*) Symboly: RU -- ručně s urovňáním, RS -- ručně s nahozením/ shozením, NA -- násypník, JE -- jeřáb, HR -- hydraulická ruka, ME -- jiný mechanismus

Obrázek č. 25

Vlastní zdroj



Obrázek č. 26

Vlastní zdroj

Autor	Matěj Daněček
Název DP	Energetická a ekologická náročnost silniční a železniční dopravy
Studijní obor	LRDP
Rok obhajoby DP	2022
Počet stran	110
Počet příloh	26
Vedoucí DP	Prof. Ing. Václav Cempírek, Ph. D., DBA
Anotace	Diplomová práce srovnává silniční a nákladní dopravu z hlediska energetické náročnosti i ekologické zátěže a na základě podrobné analýzy navrhne hnací vozidlo, které bude energeticky i ekologicky nejvýhodnější. Úvodní část se zaměří na teoretickou deskripci problematiky a na výběr jednotlivých vozidel, které budou předmětem analýzy. Následující část práce bude zjišťovat skutečnou energetickou a ekologickou náročnost vybraných vozidel. V závěru diplomové práce budou získaná data vyhodnocena provozně a ekonomicky a na jejich základě bude navrženo nejvýhodnější vozidlo.
Klíčová slova	Energetická náročnost, ekologie, nákladní doprava, emise, železnice
Místo uložení	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
Signatura	