

Centrum kompetence drážních vozidel

Martin Janda

Energetický model vozidla - analýza tras

Výzkumná zpráva

Pracovní balíček:

WP8 – Elektrické části pohonů

Rok řešení:

2015



**FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI**

2015

Pracoviště: KEV/RICE
Výzkumná zpráva č.: 22190-045-2015

Energetický model vozidla - analýza tras

Druh úkolu: Vědecko - výzkumný
Řešitelé: Martin Janda
Vedoucí úkolu: Pavel Drábek
Počet stran: 21
Datum vydání: prosinec 2015
Revize: 1

Projekt č. TE01020038 „Centrum kompetence drážních vozidel“
je řešen s finanční podporou TA ČR

Anotace

Cílem zprávy je analýza naměřených průběhů na vozidle H12 za účelem zhodnocení jejich možného využití pro návrh pokročilých metod řízení toků energií na vozidle (power managementu). Součástí je rozřídění naměřených průběhů, tvorba skriptů pro prostředí Matlab umožňujících dávkové zpracování naměřených tras, případně vývoj nástrojů pro zaznamenávání a vyhodnocování pohybu běžných vozidel bez vlastního GPS senzoru za účelem doplnění statistik o trasách.

Obsah

1	ÚVOD.....	3
2	UKLÁDÁNÍ DAT NA VOZIDLE H12.....	4
3	UKLÁDÁNÍ DAT NA BĚŽNÉM VOZIDLE	5
4	ZPRACOVÁNÍ GPS DAT.....	5
5	SROVNÁNÍ TRAS Z POHLEDU RYCHLOSTNÍCH PROFILŮ.....	7
6	SROVNÁNÍ TRAS Z POHLEDU VÝKONOVÝCH PROFILŮ.....	8
7	SROVNÁNÍ TRAS Z POHLEDU DÉLKY ZASTÁVEK.....	9
8	ZÁVĚRY	10
9	PŘÍLOHA.....	11

1 Úvod

Pro vývoj pokročilých metod řízení toku energií na vozidle (power management) je vhodné znát profily tras projížděných vozidlem, které slouží k trénování a ověřování funkce power managementu. Naměřená data byla v minulosti získána z vozidla Škoda H12. Tato data podrobně zaznamenávají stav vozidla na trase, protože se však jedná o jediné vozidlo, je jejich množství omezené. Na obr. 1 jsou vyznačeny všechny dostupné průjezdy.

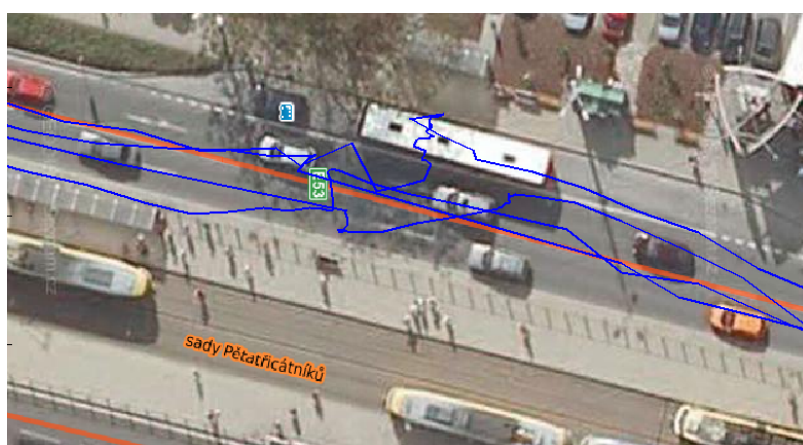


obr. 1 Trasy projeté vozidlem Škoda H12

Linky, na kterých bylo vozidlo nasazeno, se nachází převážně mimo centrum. Ke většině linek je k dispozici několik průjezdů. Je obtížné zhodnotit, do jaké míry jsou zaznamenaná data reprezentativní např. s ohledem na výskyt kolon ve špičkách. Proto byla naměřená data doplněna měřeními na vybrané lince projeté standardně nasazovaným vozidlem za účelem zhodnocení vlivu okamžiku průjezdu na rychlostní profil a další ukazatele. Byla vybrána linka 41 v úseku mezi zastávkami Zoologická zahrada a Centrální autobusové nádraží, protože se

nachází převážně v otevřeném prostoru, což usnadňuje příjem GPS, a je dotčena kolonami na vjezdu do centra města.

Cílem bylo zaznamenávat jízdu standardně nasazeného vozidla pomocí běžného "chytrého" telefonu s GPS a odpovídající aplikací, aby v případě potřeby měření většího počtu průjezdů bylo možno na měření nasadit co nejvíce lidí. Nutné proto bylo vybrat vhodnou aplikaci pro ukládání dat, formát ukládání dat a sestavit skripty pro import těchto dat do Matlabu a jejich analýzu. Data získaná z GPS jsou zatížena šumem, viz obr. 2, proto bylo nutné sestavit skripty pro jejich filtraci, sesazení jednotlivých průjezdů, výpočet ujeté vzdálenosti a další pomocné skripty, např. vykreslování do mapy.



obr. 2 Surová GPS data ze čtyř průjezdů vozidla zastávkou

Data získaná z jízdy běžného autobusu byla použita pro posouzení maximálních změn rychlostních profilů během dne a jejich podobnost se standardními jízdními cykly SORT pro posouzení oprávněnosti užití cyklů SORT při návrhu power managementu vozidla.

Data získaná z hybridního autobusu byla analyzována zejména z pohledu energetických nároků vozidla, tedy charakter odebíraného výkonu v závislosti na lince. Speciálně pro možnost posouzení vhodnosti užití algoritmů start-stop byla dále zkoumána četnost zastávek a jejich délka v závislosti na lince a denní době.

2 Ukládání dat na vozidle H12

Z potřebných údajů jsou v palubním PC ukládány tyto veličiny: čas od začátku záznamu, rychlost, ujetá vzdálenost, odebíraný výkon, zeměpisná šířka a výška. Vzorkovací frekvence dat je 10Hz, data jsou ukládána v textové podobě ve formátu CSV. Soubor je opatřen

označením data a času pořízení, ukládání nového souboru iniciuje řidič vozidla manuálně, proto většina souborů obsahuje několik průjezdů trasou a stání na konečných zastávkách.

3 Ukládání dat na běžném vozidle

Pro doplnění statistik byla rozvinuta možnost ukládat data o jízdě běžně nasazovaného vozidla pomocí standardního "chytrého" telefonu. Ze zkoušených aplikací se nejlépe osvědčila aplikace Mapfactor Navigator [1]. Pro ukládání byl zvolen formát NMEA, data jsou ukládána se vzorkovací frekvencí 1Hz, zaznamenávané údaje a struktura dat jsou popsány v [2].

Konkrétně byla pro doplnění dat zvolena linka 41 v úseku Zoologická zahrada - Centrální autobusové nádraží z těchto důvodů:

- ve směru do centra je v dopolední špičce dotčena dopravními zácpami
- většina trasy je v otevřeném prostoru bez vysokých budov v těsné blízkosti trasy, což usnadňuje příjem GPS
- na trase je pouze jedna ostrá pravoúhlá zatáčka, což usnadňuje filtrování naměřených dat

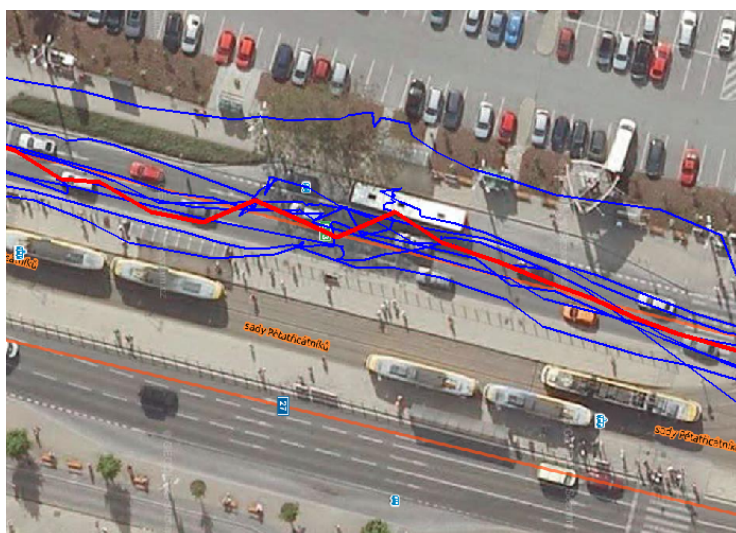
4 Zpracování GPS dat

Vzdálenost mezi dvěma GPS body je počítána aproximací povrchu elipsoidu kružnicí[3]. Vzhledem k malému rozsahu oblasti, po které se vozidla MHD pohybují, by pro přesnost bylo dostatečné aproximovat povrch Země rovinou, tato aproximace však nepřináší výrazné snížení HW náročnosti použitých algoritmů.

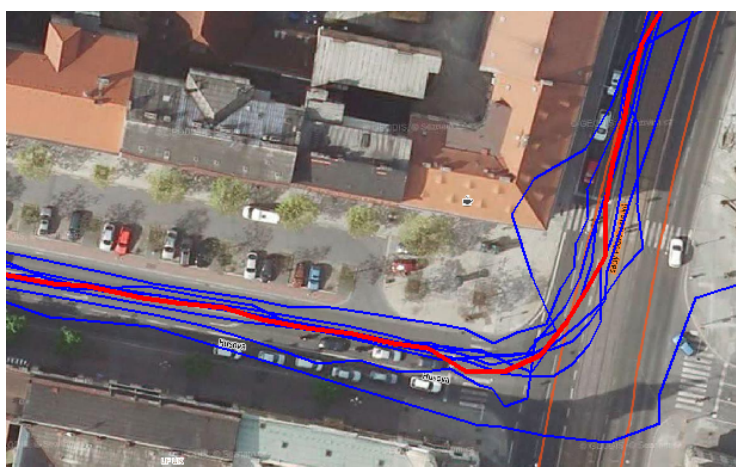
Pro srovnání časových průběhů z jednotlivých průjezdů touž trasou je nutné data sesadit podle polohy. Data z GPS jsou však zatížena šumem, který znemožňuje jednoduché sesazení dat, viz obr. 2. Problémem je zejména putování údaje o poloze při stání vozidla, proto údaj o celkové ujeté vzdálenosti získaný součtem jednotlivých úseků mezi GPS body není přesný a není možné průjezdy sesadit podle ujeté vzdálenosti ze zvoleného společného bodu všech průjezdů.

Pro možnost sesazení jednotlivých průjezdů proto byla data filtrována a průměrována, cílem je získat jednu trajektorii pohybu vozidla, na kterou budou jednotlivé průjezdy promítány. Z vyzkoušených filtračních algoritmů se nejlépe osvědčilo použít jako následující bod získané

vyfiltrované trajektorie průměr z bodů v okolí předchozího bodu vyfiltrované trajektorie. Pokud není počet bodů pro průměrování dostatečný, je doplněn o další nejbližší body až do požadovaného počtu. Již použité body nejsou používány pro výpočet v následujících krocích. Samotné průměrování bodů v definovaném okolí je problematické při vyšších rychlostech a tedy velkých vzdálenostech mezi jednotlivými body. Naopak samotné průměrování definovaného počtu nejbližších bodů neodstraňuje problém v zastávkách, kde je na malé ploše velké množství naměřených bodů. Dosažené výsledky jsou na obr. 3 a obr. 4, průměrovány byly body v okolí 10m, minimálně však 5 bodů.



obr. 3 Modře jednotlivé průjezdy zastávkou Sady pětatřicátníků, červeně vyfiltrovaná trajektorie

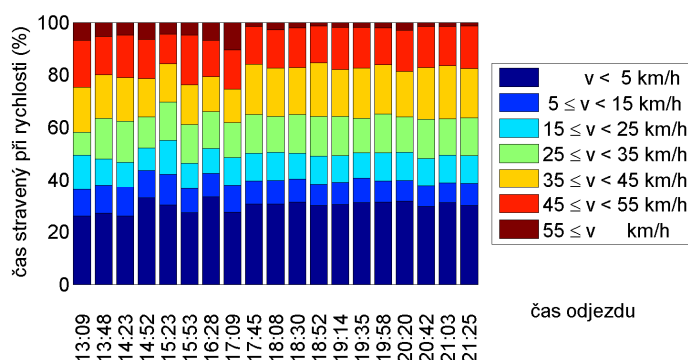


obr. 4 Modře jednotlivé průjezdy křižovatkou Sady pětatřicátníků, Husova, červeně vyfiltrovaná trajektorie

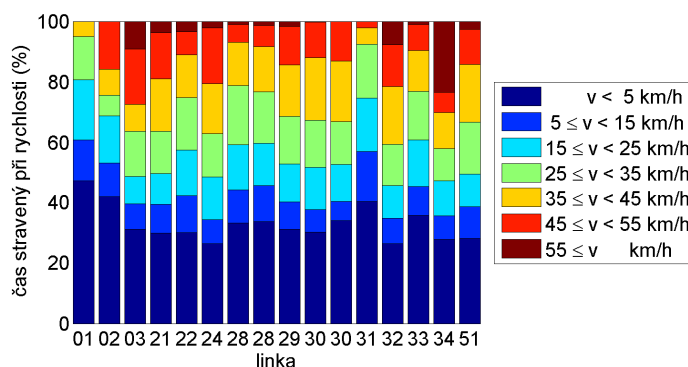
5 Srovnání tras z pohledu rychlostních profilů

Analýza tras podle rychlosti má význam zejména pro srovnání s trasami naměřenými na běžném vozidle. Při znalosti nadmořské výšky, která je v signálu GPS k dispozici, a znalosti jízdního odporu vozidla a jeho hmotnosti by bylo možné odhadnout i výkon spotřebováváný vozidlem.

Na obr. 5 jsou zobrazeny průjezdy linky číslo 21. Linka mimo zastavěnou oblast, proto na ní nejsou výrazné změny během dne (průjezdy byly zaznamenány během několika dní, z nichž všechny byly pracovní, setříděné jsou pouze podle času začátku záznamu). Linka 21 byla jako reprezentativní vybrána z důvodu největšího počtu průjezdů. Srovnání průjezdů zbylých linek je v příloze na obr. 11 až obr. 19. Na obr. 6 Jsou srovnány linky mezi sebou, na pozicích linek 01-03 jsou standardní testovací cykly SORT1 až SORT3. Data pro jednotlivé linky byla získána průměrem ze všech průjezdů. Linka 30 je uvedena dvakrát, protože se jedná o různé směry. U ostatních linek je za jeden průjezd považována cesta tam a zpět, protože jsou výrazně kratší než linka 30. Velké rozdíly mezi průjezdy na lince 29 na obr. 13 jsou způsobeny tím, že druhá jízda je včetně následné cesty do vozovny.



obr. 5 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 21



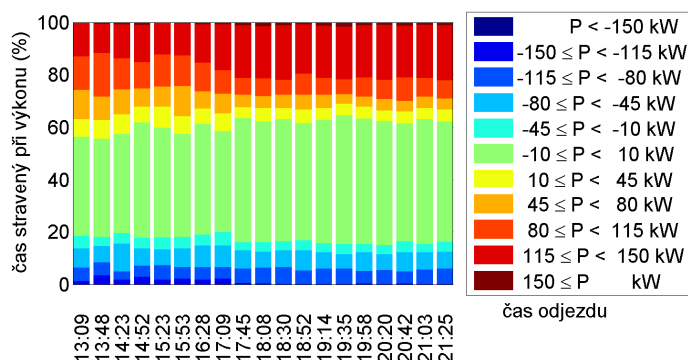
obr. 6 Srovnání rychlostí na jednotlivých linkách, na pozici linek 01 až 03 jsou zobrazeny standardní cykly SORT1 až 3

6 Srovnání tras z pohledu výkonových profilů

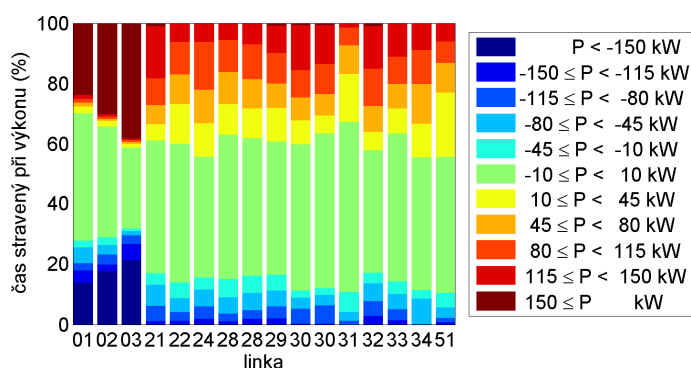
Srovnání podle odebíraného výkonu je základním ukazatelem pro dimenzování zdrojů na vozidle. V budoucnu bude doplněna i analýza výměny energie se zásobníky jako vodítko pro dimenzování zejména superkapacitorů a požadovaný stav nabití baterie v power managementu.

Na obr. 7 jsou zobrazeny rozdíly ve spotřebě během denní doby, srovnání pro další linky jsou v příloze na obr. 20 až obr. 29. Na obr. 8 Jsou srovnány linky mezi sebou, na pozicích linek 01-03 jsou standardní testovací cykly SORT1 až SORT3. Data pro jednotlivé linky byla získána průměrem ze všech průjezdů. Linka 30 je uvedena dvakrát, protože se jedná o různé směry. U ostatních linek je za jeden průjezd považována cesta tam a zpět.

Podle srovnání linek dle rychlostí na obr. 6 se zdá, že SORT cykly pokrývají celé spektrum linek, tj. ke každé lince lze vybrat podobný SORT cyklus. Naopak při výkonovém srovnání neodpovídají SORT žádné lince. To je dáno Definicí SORT cyklů, že při měření se vozidlo rozjíždí na plný výkon. V reálném provozu jsou rozjezdy volnější, popř. delší, takže již není k dispozici energie superkondenzátorové baterie.



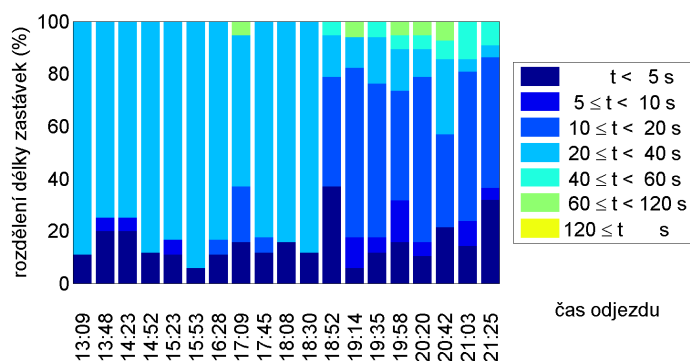
obr. 7 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 21



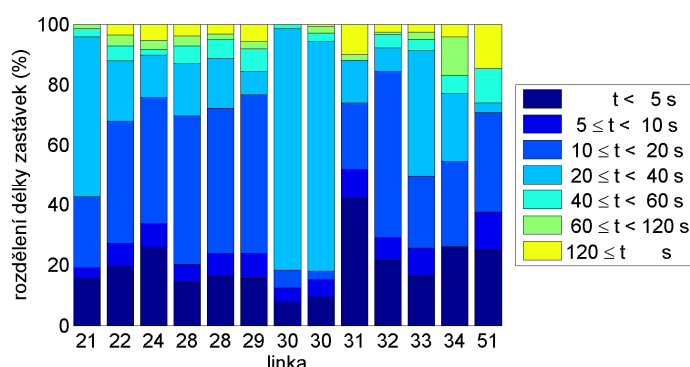
obr. 8 Srovnání odebíraného výkonu na jednotlivých linkách, na pozici linek 01 až 03 jsou zobrazeny standardní cykly SORT1 až 3

7 Srovnání tras z pohledu délky zastávek

Kvantifikace zastávek má význam zejména pro režim start-stop, tedy vypínání spalovacího motoru při stání, obecně při malé spotřebě vozidla. Proto bude v budoucnu analýza doplněna i o rozdělení linek podle časů s malým odběrem. Interpretace dat je ztížena dlouhými pobyty vozidla na konečných (řádově desítky minut). Z analýzy jsou vypuštěny pobyty delší než 5 minut, ačkoli ve skutečnosti vozidlo na konečné stálo a energii spotřebovávalo. Zbývající dlouhé pobyty pochází většinou z konečných, kdy po vystoupení cestujících vozidlo nějakou dobu čeká a pak popojede do smyčky, popř. je vozidlo přistaveno na první zastávce s předstihem. Minimálně se vyskytuje "čekání na jízdní řád", kdy vozidlo během trasy přijede do zastávky předčasně a čeká na pravidelný odjezd. Na obr. 9 jsou srovnány délky zastávek při jednotlivých průjezdech na lince 21, dobře patrné je zkrácení pobytů v zastávkách ve večerních hodinách, kdy poklesne obsazenost vozidla. Na obr. 10 jsou srovnány rozložení délky zastávek mezi jednotlivými linkami, výrazné jsou dlouhé zastávky na lince 30 v obou směrech, které je způsobeno největším vytížením linky. Srovnání průjezdů po ostatních trasách je na obr. 30 až obr. 39 v příloze.



obr. 9 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 21



obr. 10 Srovnání zastávek na jednotlivých linkách

8 Závěry

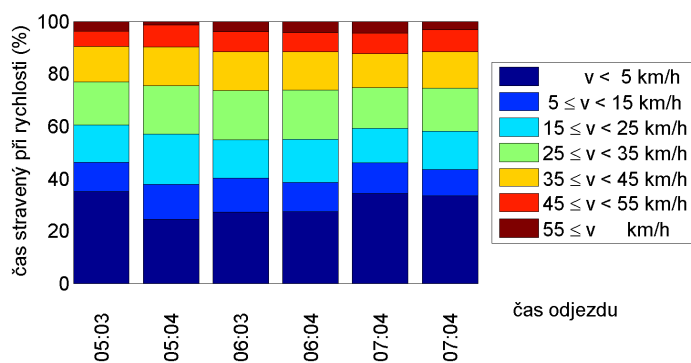
Vývoj průjezdů jednotlivými trasami během dne odpovídá očekávání, tj. ve špičce se vozidla pohybují nižšími rychlostmi, avšak bez výrazného dopadu na energetickou náročnost, což je dáno častými rozjezdy. Dále ve večerních hodinách jsou kratší pobyty v zastávkách.

SORT cykly pokrývají měřené linky z pohledu rozložení rychlostí, ne však co se týče spektra odebíraného výkonu. To může být dáno především charakterem provozu a výškovým profilem linek, což jsou ovšem parametry vázané na místo.

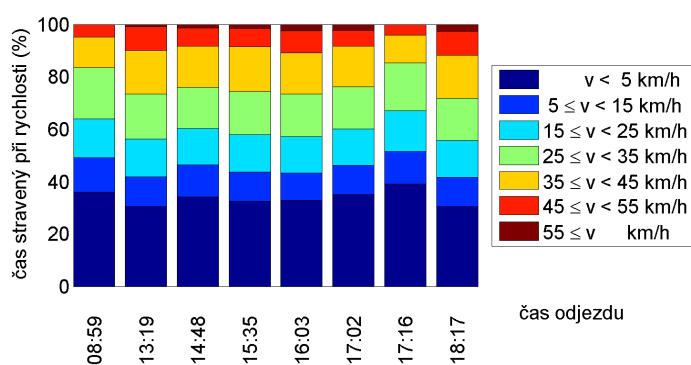
Pro další zkoumání byly stanoveny tyto body:

- analyzovat rekuperovatelnou energii
- rozdělit úseky s minimálním odběrem energie pro odhad maximálního možného přínosu systému start-stop
- Doplnit naměřené průběhy z vozidla H12 o více průběhů běžně nasazovaných vozidel, ideálně včetně odhadu energetických nároků vozidla

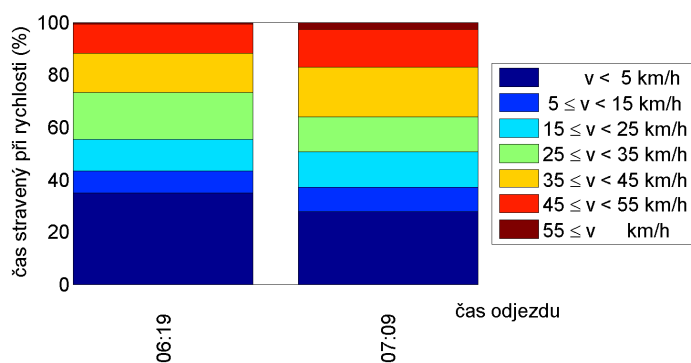
9 Příloha



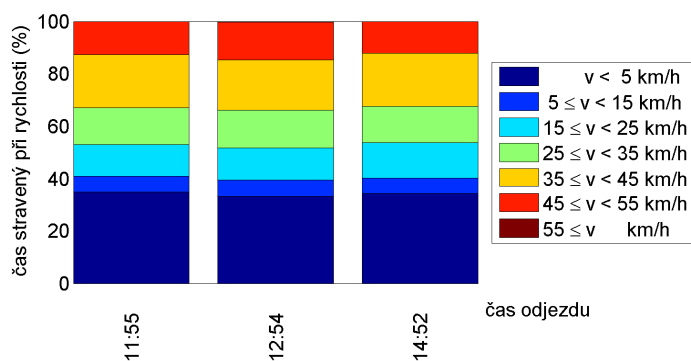
obr. 11 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 24



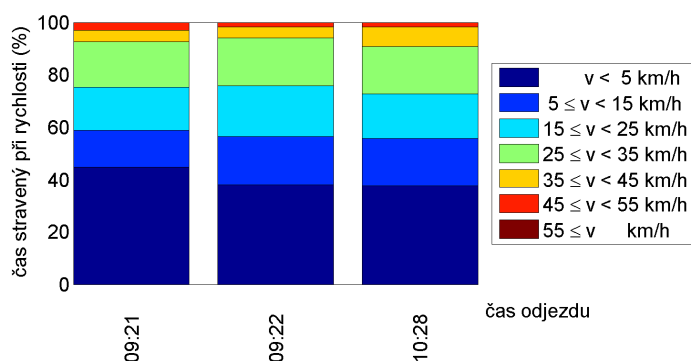
obr. 12 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 28



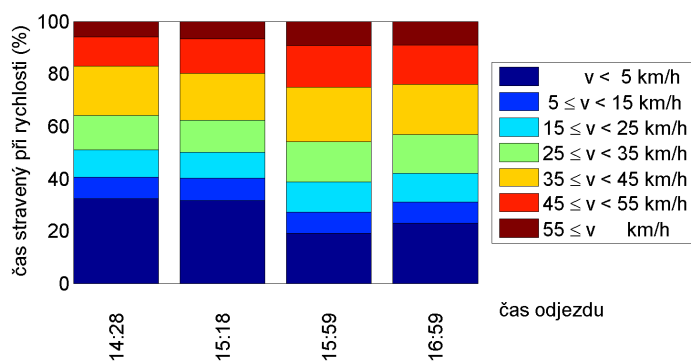
obr. 13 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 29



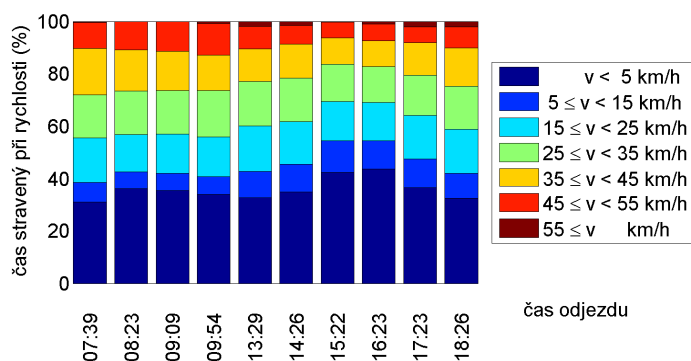
obr. 14 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 30



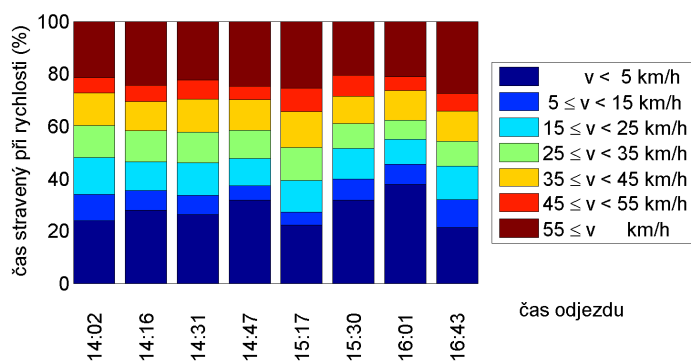
obr. 15 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 31



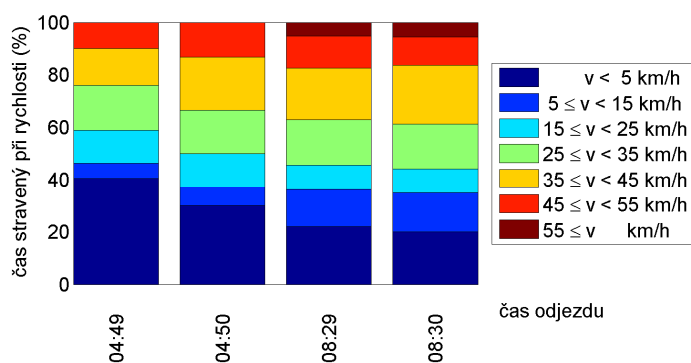
obr. 16 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 32



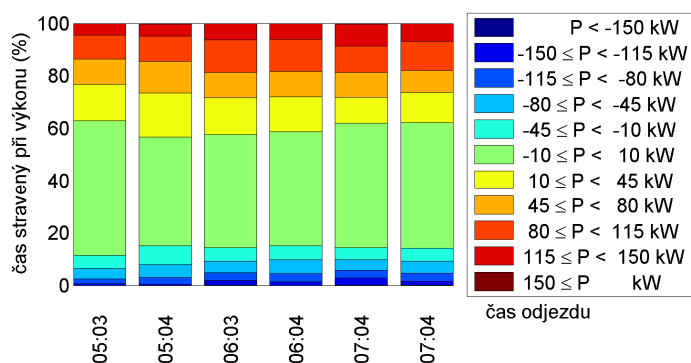
obr. 17 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 33



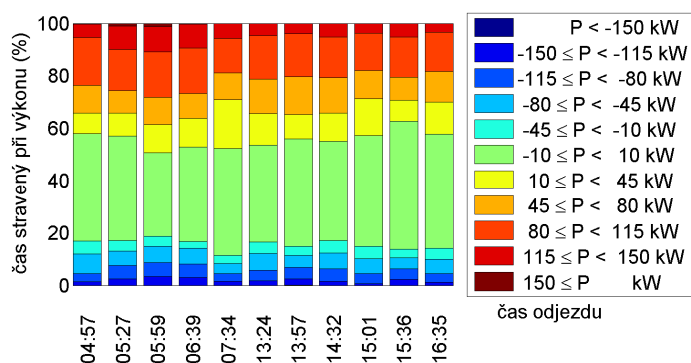
obr. 18 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 34



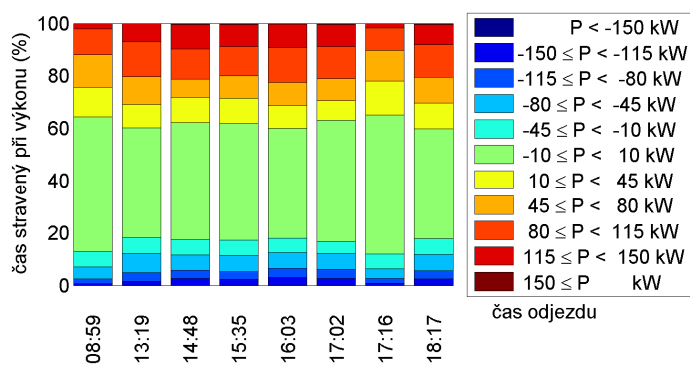
obr. 19 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 51



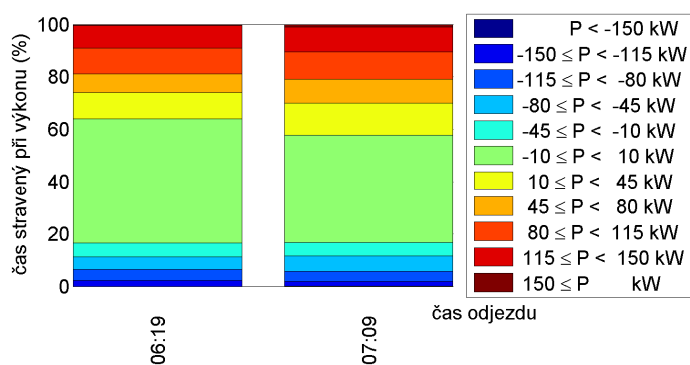
obr. 20 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 22



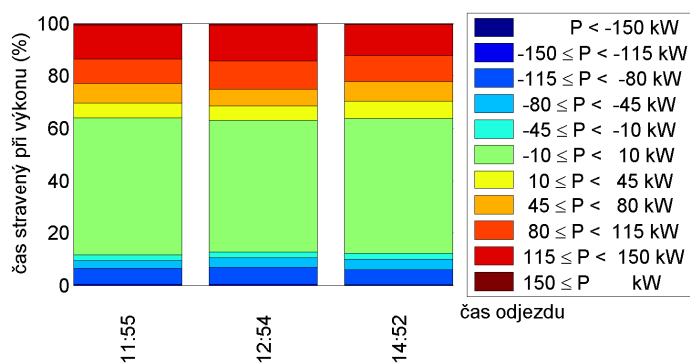
obr. 21 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 24



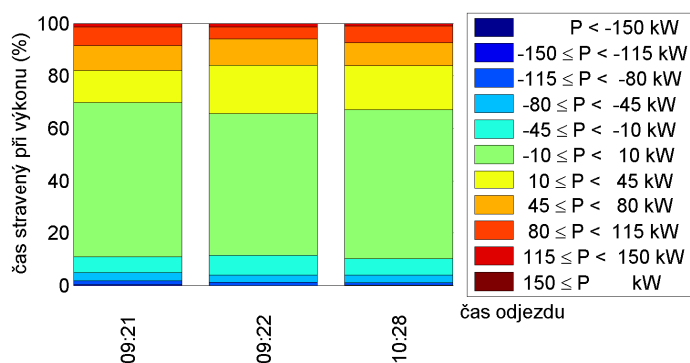
obr. 22 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 28



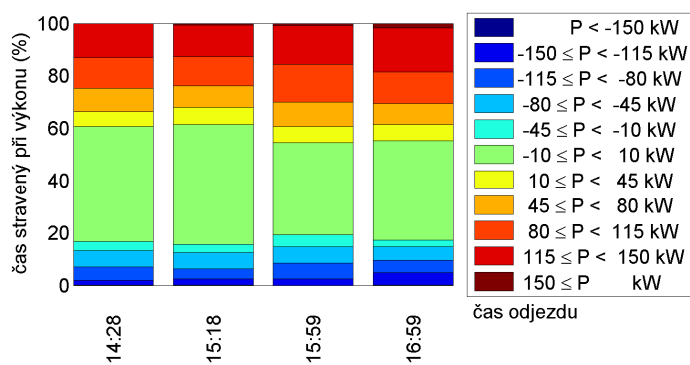
obr. 23 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 29



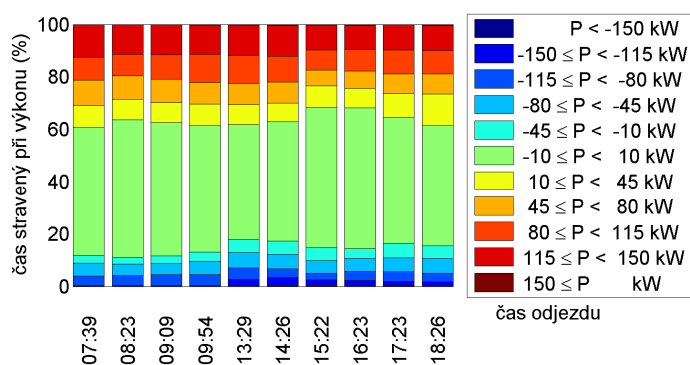
obr. 24 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 30



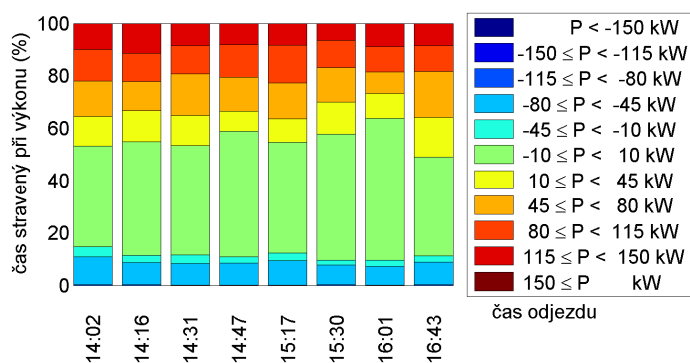
obr. 25 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 31



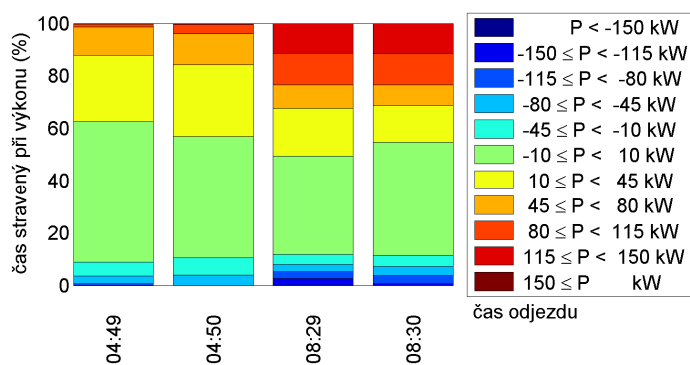
obr. 26 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 32



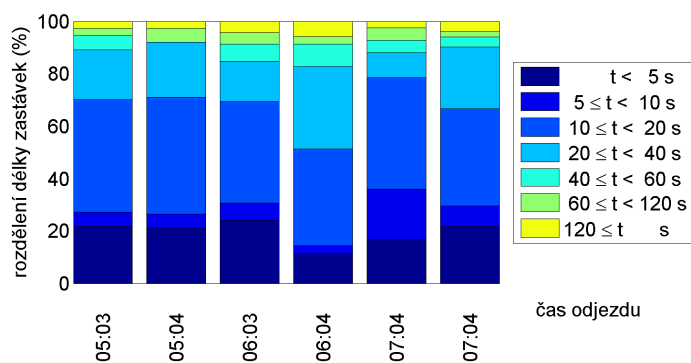
obr. 27 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 33



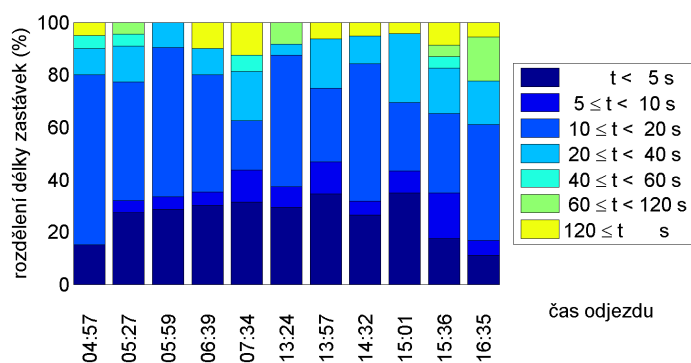
obr. 28 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 34



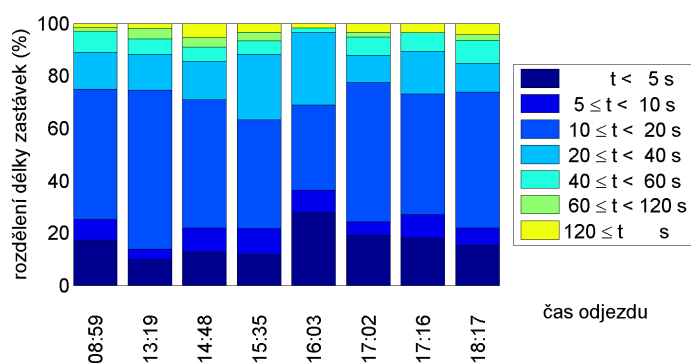
obr. 29 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 51



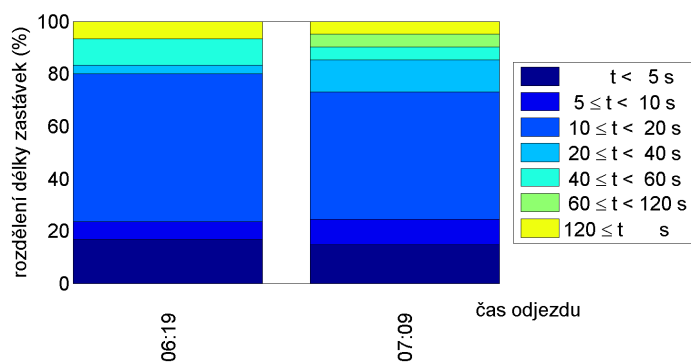
obr. 30 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 22



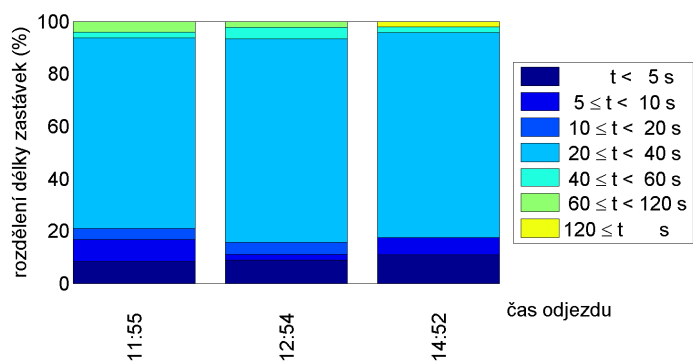
obr. 31 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 24



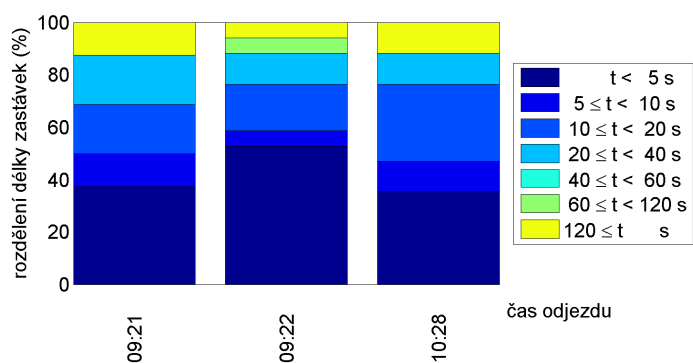
obr. 32 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 28



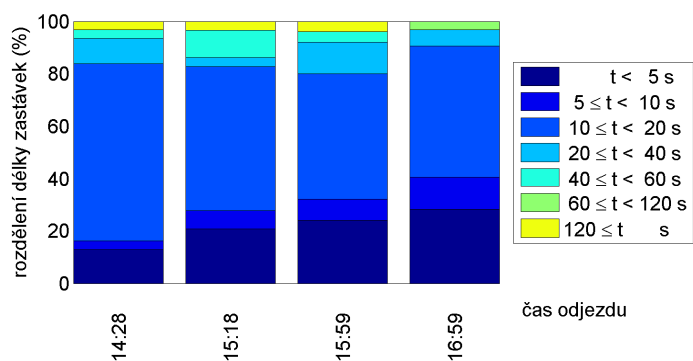
obr. 33 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 29



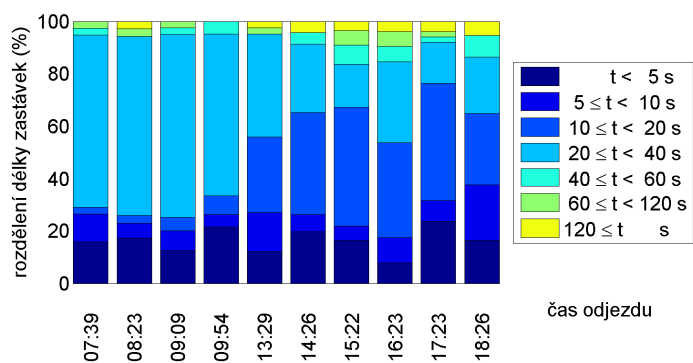
obr. 34 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 30



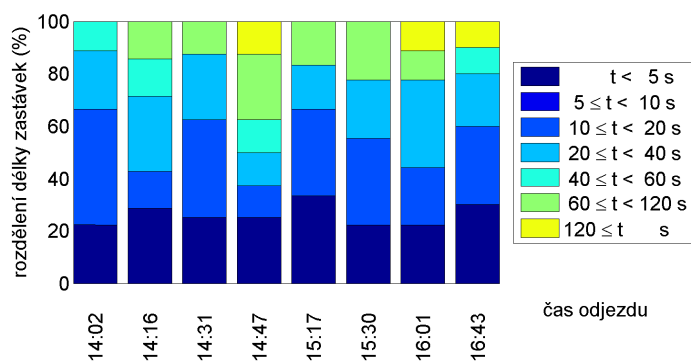
obr. 35 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 31



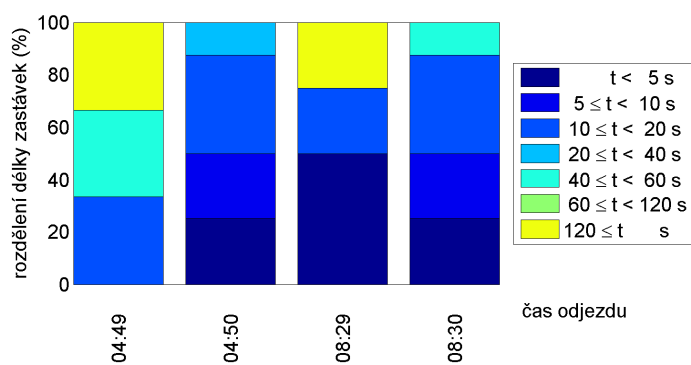
obr. 36 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 32



obr. 37 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 33



obr. 38 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 34



obr. 39 Srovnání jednotlivých průjezdů linkou 51

Literatura

- [1] Aplikace Mapfactor Navigator pro systém Android Dostupné z <http://navigatorfree.mapfactor.com/cs/>
- [2] Popis formátu NMEA Dostupné z <http://gpsworld.com/what-exactly-is-gps-nmea-data>
- [3] The haversine formula Dostupné z https://en.wikipedia.org/wiki/Haversine_formula

Historie revizí

Rev.	Kapitola	Popis změny	Datum Jméno/ Odd.
1	Všechny	Publikování dokumentu	12/2015 MJ / KEV