

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

LEDNICKÝ DENIS

Maximalizace efektu rekuperačního brzdění.

Diplomová práce



Praha, 2014



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta dopravní
d ě k a n**

Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K617 Ústav logistiky a managementu dopravy

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Denis Lednický

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – ME – Management a ekonomika dopravy a telekomunikací

Název tématu (česky): **Maximalizace efektu rekuperačního brzdění**

Název tématu (anglicky): Maximization of Regenerative Braking Effectivity

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- technické a technologické podmínky rekuperačního brzdění na železniční síti v ČR,
- provozně technologické možnosti a zájmy provozovatele železniční dopravy a správce železniční dopravní cesty, jejich kvalifikace a kvantifikace,
- technické možnosti a komerční zájmy distribučních energetických společností,
- doporučení pro vytvoření podmínek k maximálnímu využití brzdové energie,
- návrh technických a legislativních opatření.

- Rozsah grafických prací: podle charakteru tématu diplomové práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Duchoň, B.: Ekonomika dopravy. ČVUT 1999.
Opava, J.: Analysis of Traction Energy Consumption. Mezinárodní konference IEEP, Zlatibor 2008.
Příslušné legislativní dokumenty platné v ČR a v zahraničí

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Jaroslav Opava, CSc.**
Ing. Edvard Březina, CSc.

Datum zadání diplomové práce: **29. června 2012**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **5. května 2014**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia


doc. Ing. Ladislav Bina, CSc.
vedoucí
Ústavu logistiky a managementu dopravy




prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.


Denis Lednický
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 17. prosince 2013

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně, a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorských zákonů).

V Praze dne 4.5.2014

.....
podpis

Abstrakt

Autor: Lednický Denis

Název diplomové práce: Maximalizace efektu rekuperačního brzdění.

Škola: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní

Rok vydání: Praha 2014

Počet stran:

Tato diplomová práce navazuje na předchozí bakalářskou práci z roku 2010 viz [1], která se zabývala rekuperačním spádovým brzděním. Rozšiřuje analýzu o možnost využití rekuperačního brzdění zastavovacího na elektrizovaných tratích v ČR. Analyzuje elektrizované tratě z hlediska rychlostí, polohy zastávek a sklonových poměrů. Stanovuje celkové množství a složky rekuperované energie vybraných osobních zastávkových vlaků při zastavení. Navrhuje legislativní a technická řešení směřující k dalšímu snížení energetických spotřeb v důsledku rekuperačního brzdění.

Klíčová slova:

TSI, ČD, Cargo, CEZ, SŽDC, rekuperace, brzdění, trakční, trať, sklon, energie

Abstract

Autor: Lednický Denis

Title of diploma work: Maximalization of Recuperativ Braking Effectivity.

School: Czech technical university in Prague, Faculty of transportation science

Year publication: Prague 2014

Pages:

This diploma work builds on previous bachelor work from 2010 viz [1] that was about regenerative braking on slope. Extends the analyses on use of regenerative braking, when stopping on electrified railways in Czech republic. Analyses electrified railways in term of velocity, position of stations and slant rates. Establishes total offered amount of energy and its parts of selected trains and units. Suggests legislative and technical solutions designed to further reduce of energy consumption due to regenerative braking.

Keywords:

TSI, ČD, Cargo, CEZ, SŽDC, regenerative, braking, tractive, track, slant, energy

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval za vedení a podporu při zpracování této diplomové práce především svému vedoucímu diplomové práce, doc. Ing. Jaroslavu Opavovi, CSc., pracovníkům z ČD Cargo a.s., ČD a.s., SŽDC s.o. a z E.ON Česká republika, s.r.o, za informace potřebné k vypracování. Na závěr nesmím opomenout poděkovat své manželce, rodičům a blízkým, kteří mi byli oporou po celou dobu mého studia.

Obsah

1. Úvod	12
2. Fyzikálně-technická podstata generování energie rekuperace brzděním	13
3. Matematický aparát pro stanovení energetického přínosu rekuperace	17
3.1 Brzdění spádové.....	17
3.2 Brzdění zpomalovací a zastavovací.....	18
3.3 Efektivita rekuperačního brzdění.....	19
4. Stanovení možných energetických úspor	21
4.1 Energetický potenciál sklonů elektrizovaných tratí ČR.....	21
4.2 Stanovení energie rekuperačního brzdění zastavovacího na elektrizovaných tratích ČR.....	23
5. Provozně technologické možnosti a zájmy provozovatele železniční dopravy a správce železniční dopravní cesty	32
5.1 České dráhy, a.s.....	32
5.2 ČD Cargo, a.s.....	35
5.3 SŽDC, s.o.....	35
6. Technické možnosti a komerční zájmy distribučních energetických společností	37
6.1 SŽDC, s.o.....	37
6.2 ČEZ, a.s.....	37
6.3 E.ON Česká republika, s.r.o.....	37
7. Doporučení pro vytvoření podmínek k maximálnímu využití brzdové energie	38
7.1 Návrh legislativních opatření	38
7.2 Návrh provozně-technologických opatření	39
8. Shrnutí	40
9. Závěr	44
10. Tabulky traťových mezistaničních úseků na elektrizovaných tratích ČR a energetická bilance z rekuperačního brzdění při zastavení	45
11. Seznam použité literatury a jiných zdrojů	70
12. Seznam tabulek	71
13. Seznam obrázků	73
14. Seznam příloh	73

Seznam použitých zkratk:

čl.	článek
např.	například
příp.	případně
tzn	to znamená
viz	lze vidět
atd	a tak dále
m	metr
km	kilometr
km/h	kilometry za hodinu
1	bezrozměrná veličina
t	tuny
W	watt
kW	kilowatt
Sb.	sbírka zákonů
č.	číslo
ČSN	Česká technická norma
EN	Evropská norma
ČD	České dráhy
ČR	Česká republika
SŽDC	Správa železniční a dopravní cesty
KJŘ	Knižní jízdní řád
TTP	Tabulky traťových poměrů
TNS	Trakční napájecí soustava

1. Úvod

Téma této práce navazuje na autorovu bakalářskou práci [1], kde se řešily možnosti snížení energetické náročnosti na elektrizovaných tratích ČD. Podrobně v ní bylo zpracováno zejména využití energie jedoucího vlaku brzděného na spádu, což se hlavně týká nákladní železniční dopravy.

V této práci se především zaměříme na využití zastavovacího rekuperačního brzdění v osobní dopravě.

Pro vypracování této práce byla sestavena níže uvedená metodika:

- Byla rozebrána fyzikálně-technická podstata generování energie rekuperačním brzděním, problematika s tím spojená a následně možnosti řešení na tratích ČD.
- Byl proveden výběr vlaků a jednotek a sběr dat pro stanovení rychlostí, zastávek a sklonů na elektrizovaných tratích ČD.
- Na základě výše uvedených dat byl zpracován výpočetní program pro stanovení množství využitelné elektrické energie vybraných jednotek a vlaků, které je možno při rekuperačním zastavovacím brzdění opět využít.
- Byly posouzeny legislativní podmínky pro využití rekuperačního brzdění v ČR.
- Za účelem zjištění zájmů a provozně-technologických možností byli kontaktováni provozovatelé železniční dopravy (ČD, CŽ Cargo), správce železniční dopravní cesty (SŽDC) a dodavatelé a distributoři elektrické energie (SŽDC, ČEZ, E.ON).
- Na základě výše uvedených kroků byla navržena legislativní a provozně-technologická opatření.

Po výše uvedeném vyhodnocení a posouzení vznikly podklady, které mohou posloužit pro maximalizaci efektu rekuperačního brzdění na elektrizovaných tratích v ČR.

2. Fyzikálně-technická podstata rekuperačního brzdění.

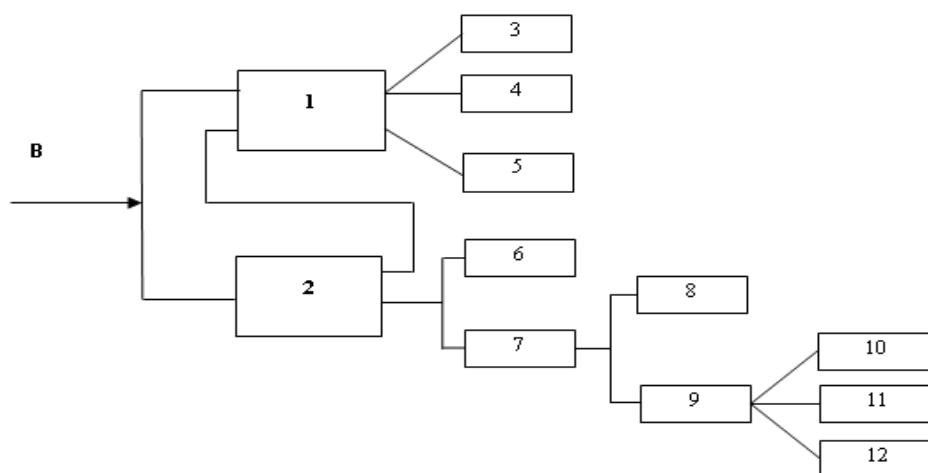
Jízdní cyklus v pozemní dopravě je spojen s fází brzdění a to na spádu, při spomalení nebo zastavení. To je spojeno s energetickou ztrátou, která představuje zmařenou energii (potenciální nebo kinetickou), kterou vozidlo nabylo při předchozí jízdě. Využití této zmařené energie přispěje velmi významně k energetickým úsporám v dopravě.

Z hlediska technologie jízdy lze rekuperační brzdění rozdělit následovně:

- rekuperační brzdění spádové slouží k udržení konstantní rychlosti vozidla na urychlujícím spádu, který je současně dostatečný k překonání vozidloвого odporu. V daném případě rekuperační využijeme část potenciální energie vozidla.
- rekuperační brzdění zpomalovací nebo zastavovací se používá za účelem snížení rychlosti vozidla nebo jeho zastavení. V tomto případě se jedná o využití kinetické energie vozidla.

Výhodou použití rekuperačního brzdění je úspora elektrické energie, neboť se energie spotřebovaná na uvedení vozidla do pohybu částečně získává zpět.

V železniční dopravě jsou elektrodynamicky brzděny pouze hnané nápravy spojené s trakčním elektromotorem (lokomotiva, trakční vozy). Takto jsou brzděny i mnohé termo motorové lokomotivy s elektrodynamickým přenosem výkonu, ve většině případů energie se však nevrácí do sítě, ale je mařena v odpornících na lokomotivě (varianta 1-5 v níže uvedeném schématu na obr. 1).



Zdroj: [2]

Obr. 1 Obecné možnosti využití brzdové energie

Vysvětlivky k obrázku 1:

- B** větší část brzdové energie, kterou je třeba absorbovat
- 1** zmaření přeměnou v neužitečné teplo
- 2** přeměna v elektrickou energii
- 3** brzda frikční
- 4** brzda hydrodynamická
- 5** elektrický odporník
- 6** konzum v trakční síti
- 7** konzum uvnitř vozidla
- 8** přímý konzum agregátů palubní sítě
- 9** akumulární konzum
- 10** elektrochemické články sekundární
- 11** gyroelektrický systém
- 12** ultrakapacitorový akumulátor

Avšak je škoda energii vzniklou v elektrodynamické brzdě nevyužít. Existují dvě možnosti, buď získanou energii uložit nebo okamžitě zpracovat jinde (varianta 2 na obr.1).

Z provozního hlediska se jeví jako nejjednodušší energii uložit do akumulátorů a pak, v případě zvýšeného odběru energie, ji přednostně použít. Avšak toto řešení vyžaduje akumulátorové baterie, které výrazně zvyšují hmotnost vozidla a mají omezenou kapacitu a životnost. (varianta 2-7-9 na obr. 1)

V současné době přichází v úvahu tyto základní typy akumulárních systémů použitelných pro akumulaci rekuperované brzdové energie na trakčním vozidle [2] :

- **Olověný akumulátor** je typický poměrně nízkým počtem pracovních cyklů – řádově 2×10^3 během životnosti při relativně vysoké měrné energetické kapacitě 20-60 Wh/kg. Měrný výkon je pak v rozmezí 0.4-0.8 kW/kg.
- **Li-Ion akumulátor** má energetickou kapacitu 140-200 Wh/kg, měrný výkon pak 0.3-1.5 kW/kg.
- **Gyroelektrický vysokootáčkový systém - setrvačnick** akumuluje mechanickou energii při vysokém počtu pracovních cyklů 10^5 , energetická měrná kapacita 4-50 Wh/kg a poskytuje měrný výkon 6-25 kW/kg.

- **Ultrakapacitor – Supercapacitor** nabízí 10^5 pracovních cyklů a energetickou kapacitu 5-12 Wh/kg. Měrný výkon je 1-6 kW/kg.
- **Elektromagnetický supravodivý systém** je zatím ve vývojovém stadiu a nelze se o jeho použitelnosti předčasně vyjadřovat, přestože se uvádí energetická kapacita až 60 Wh/kg a životnost 10^6 pracovních cyklů. Systém vyžaduje složité a náročné příslušenství a jeho realizovatelnost v podmínkách trakčního vozidla spolu s pořizovací cenou a údržbovou náročností budou patrně rozhodujícími faktory volby.

Z výše uvedených akumulacních systémů se v dnešní době pokusně instalují supercapacitory a setrvačníky. (např. USA, GB...) a to jak na lokomotivy a vlaky, tak stacionárně na trati.

Ze simulací optimalizace využití brzdové energie pomocí akumulace energie na vozidle (trati) [3] za použití supercapacitoru [4] bylo dosaženo:

- snížení nerovnoměrnosti spotřeby energie v systému
- stabilizace trakčního napětí
- navyšení okamžitého množství dostupné energie v systému

Nicméně setrvačnick má složité převodové ústrojí a s tím spojené vyšší nároky na údržbu. Další nepříjemností je moment setrvačnosti, který brání změně směru jízdy.

Supercapacitory zase pro efektivní práci potřebují sofistikovanou drahou elektroniku a měrná kapacita i měrný výkon nejsou nijak na výši.

Volba bude záležet zejména na příslušných cenových relacích – na pořizovací ceně a ceně údržby.

Dalším řešením je energii vrátit zpět do trakční sítě prostřednictvím trolejového vedení případně prostřednictvím napájecí kolejnice (varianta 2-6 na obr.1). To vyžaduje, aby byl v daném napájecím obvodu přítomen jiný dopravní prostředek, který tuto energii spotřebuje, nebo aby byla trakční síť schopna energii akumulovat pomocí akumulčního zdroje.

Pro tratě napájené *DC 3kV* je již možná rekuperace brzdové energie do trakční napájecí sítě, a to na základě informace o velikosti napětí v TNS. Pokles napětí informuje strojvedoucího o existenci spotřebitele a umožní použití rekuperačního brzdění. (bod 1 na obr.2)

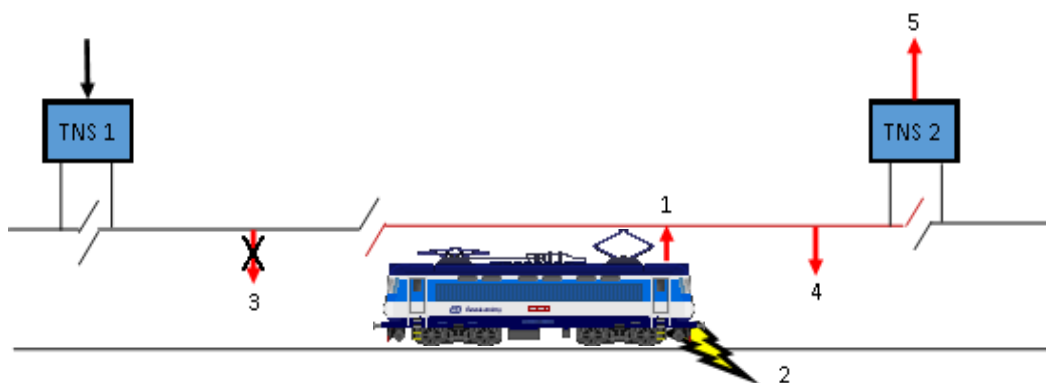
Ještě donedávna pro většinu tratí napájených *AC 25kV 50Hz* pro spotřebu na trati nebylo možné rekuperaci brzdové energie realizovat. Na rozdíl od stejnosměrných systémů není velikost napětí v síti indikátorem existence spotřebitele. Toto bylo vyřešeno předáváním informací na vozidla o povolení (zákazu) rekuperovat, což je dáno velikostí primárního proudu trakční transformovny, který nesmí krátkodobě přesáhnout 29 kV, aby nedošlo k sepnutí ochrany. (bod 1 na obr.2)

Zde je také třeba řešit zvýšení odolnosti kolejových obvodů zabezpečovacích zařízení vůči rušivým proudům při rekuperaci. (bod 2 na obr.2)

Další problém vzniká při průjezdu neutrálním úsekem. Přebytečná elektrická energie vzniklá rekuperačním brzděním se musí zmařit v odporu, ale hlavně neutrální úseky rozdělují trať a tím snižují možnost využití rekuperované energie jinými vlaky na jiných napájecích úsecích. (bod 3 a 4 na obr.2)

Za určitých okolností se rekuperovaná brzdová energie může vrátit do elektrické rozvodné sítě. U stejnosměrných drah (*DC 3 kV*) prostřednictvím polovodičových invertorových měničů. Používá se to, ale pouze v případě, že je to ekonomicky výhodné. (bod 5 na obr.2)

V případě tratí se střídavou trakční soustavou (*AC 25 kV 50 Hz*) se to řeší odstraněním blokace směru toku elektrické energie vyřazením zpětných wattových relé. (bod 5 na obr.2)



Zdroj: [autor]

Obr. 2 Směry toků a spotřeb elektrické energie při rekuperaci.

3. Matematický aparát pro stanovení energetického přínosu rekuperace

Níže popsané vzorce jsem použil z literatury [2].

3.1 Brzdění spádové

Brzdění spádové slouží k eliminaci gravitační složky tíže vozidla s vozidlovým odporem r_v při jízdě na spádu o daném sklonu g na dráze L k zajištění konstantní jízdní rychlosti V .

Pro měrnou ztrátovou energii e_{tg} spádového brzdění vztáženou na obvod brzděných kol platí:

$$e_{tg} = 2,72 \cdot [r_v(V) + g] \quad [\text{Wh/btkm}] \quad (1)$$

$r_v(V)$...Vozidlový odpor při konstantní jízdní rychlosti V . [N/kN]

g ... Traťový sklon. [‰]

Celková energie spádového brzdění na obvodu brzděných kol trakčního vozidla nebo vlaku o hmotnosti M na traťovém sklonu g na dráze L pak je dána vztahem:

$$Z_{tg} = e_{tg} \cdot M \cdot L \cdot 10^{-3} \quad [\text{kWh}] \quad (2)$$

M ... Hmotnost trakčního vozidla nebo vlaku. [t]

L ... Vzdálenost na které probíhá brzdění. [km]

3.2 Brzdění zpomalovací a zastavovací

Brzdění zpomalovací a zastavovací slouží ke změně pohybového stavu vozidla, neboli ke snížení rychlosti či jeho zastavení.

Pro měrnou ztrátovou energii zastavovacího brzdění e_{tz} platí vztah:

$$e_{tz} = 1,072 \cdot 10^{-2} \cdot \xi \cdot (V_{b1}^2 - V_{b2}^2) \cdot K_b \quad [\text{Wh/t}] \quad (3)$$

ξ ... součinitel rotujících hmot. [1]

V_{b1} ... rychlost na počátku brzdění [Km/h]

V_{b2} ... rychlost na konci brzdění. Pro zastavovací brzdění platí $V_{b2} = 0$ [Km/h]

K_b ... součinitel zahrnující trakční práci vykonanou překonáváním odporů na brzděné nebo zábrzděné dráze, pro který platí:

$$K_b = 1 - \frac{(r_{vb} + g_b)}{102 \cdot \xi \cdot b} \quad [1] \quad (4)$$

r_{vb} ... střední vozidlový odpor při daném brzdění [N/kN]

g_b ... střední traťový sklon při daném brzdění [‰]

b ... střední zpomalení při daném brzdění [m/s²]

Celková energie zastavovacího nebo zpomalovacího brzdění na obvodu brzděných kol trakčního vozidla nebo vlaku o hmotnosti M pak bude:

$$Z_{tz} = e_{tz} \cdot M \cdot 10^{-3} \quad [\text{kWh}] \quad (5)$$

M ... Hmotnost trakčního vozidla nebo vlaku. [t]

3.3 Efektivita rekuperačního brzdění

Množství využitelné elektrické energie E_R , které je možno při rekuperaci brzdové, spádové nebo zastavovací energie opět využít je dáno vztahem:

$$E_R = Z_b \cdot \lambda_R \quad [\text{kWh}] \quad \text{kde} \quad 0 \leq \lambda_R < 1$$

Z_b ... disponibilní ztrátová energie při daném brzdění [kWh] viz vztahy (2) a (5)

λ_R ... výsledný faktor efektivity daného rekuperačního brzdění. [1]

$$\lambda_R = \lambda_{R1} + \lambda_{R2} + \lambda_{R3}$$

$$\lambda_{R1} = \delta_1 \cdot \eta_r$$

$$\lambda_{R2} = \delta_2 \cdot \eta_r \cdot \eta_2$$

$$\lambda_{R3} = \delta_3 \cdot \eta_r \cdot \eta_3^2$$

$$\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = 1$$

λ_{R1} ... Faktor efektivity daného rekuperačního brzdění pro případ přímého konzumu uvnitř vozidla. [1]

λ_{R2} ... Faktor efektivity daného rekuperačního brzdění pro případ přímého konzumu v trakční síti. [1]

λ_{R3} ... Faktor efektivity daného rekuperačního brzdění pro případ akumulárního konzumu uvnitř vozidla. [1]

δ_1 ... Podíl z disponibilní energie, který je využitelný pro palubní konzum uvnitř vozidla. [1]

δ_2 ... Podíl z disponibilní energie, který je využitelný pro konzum v trakční síti [1]

δ_3 ... Podíl z disponibilní energie, který je využitelný pro konzum v akumulárním systému uvnitř vozidla. [1]

η_r ...Účinnost rekuperačního brzdění se zahrnutím ztrát v trakčních motorech a v jejich ozubených převodech. [1]

η_2 ...Účinnost přenosu rekuperované energie k dalším vozidlům v trakční síti[1]

η_3 ...Účinnost energetického akumulčního systému uvnitř vozidla zahrnující ztráty v příslušných měničích a vlastním akumulčním zařízením při nabíjení, resp. vybíjení. [1]

Na základě provedených studijních prací možno očekávat následující přibližné hodnoty faktorů efektivity:

$$\lambda_{R1} \approx 0,75 \div 0,80$$

$$\lambda_{R2} \approx 0,72 \div 0,77$$

$$\lambda_{R3} \approx 0,63 \div 0,68$$

Zmíněné hodnoty jsou ovšem platné pouze pro případy, kdy δ_1 a $\delta_2 = 1$. Tato podmínka je však vždy reálná pouze pro δ_3 , tj. pro akumulční konzum uvnitř vozidla.

4. Stanovení možných energetických úspor

4.1 Energetický potenciál sklonů elektrizovaných tratí ČR

Tuto část jsem převzal ze své bakalářské práce [1], která se problematikou rekuperačního brzdění na spádu zabývala.

Níže je seznam traťových úseků se stejnosměrnou a střídavou trakční soustavou a výsledným energetickým přínosem na spádu.

Tabulka A – Úseky tratí se stejnosměrnou trakční soustavou 3 kV.

	Traťový úsek	Číslo tratě	Vzdálenost [km]	Energ.přínos ve směru nominálním [Wh/t]	Energ.přínos v opačném směru [Wh/t]
1	Praha Radotín – Závodí Beroun	171	25,5	0	16,8
2	Praha Bubeneč – Ústí n. L. hl.n. jih	091,090	94,5	32	14,7
3	Praha Vysočany –Lysá nad Labem	231	29	129,8	84,2
4	Praha Běchovice – Poříčany	011	25,5	44,8	0
5	Poříčany – Nymburk	060	13	6,5	0
6	Velký Osek – Hradec Králové	020	53,5	0	9,1
7	Kolín – Kutná Hora	230	10	0	2,7
8	Ústí n. L. západ – Oldřichov u Duch.	130	23	0	100
9	Ústí n. L. západ – Bílina	131	27	0	51,6
10	Oldřichov u Duch. – Most	134,135	20,5	95,2	91,9
11	Most – Žatec	123	30	31	0
12	Žatec – Březno u Chomutova	124	13	0	83,9
13	Oldřichov u Duch. – Bílina	130	11	49	0
14	Most – Kadaň Průneřova	130,140	37	15,6	145,7
15	Praha Hostivař – Benešov u Prahy	221	43,5	187,1	287,1
16	Kolín – Pardubice hl.n.	010	38,5	0	3,3
17	Pardubice hl.n. – Choceň	010	33,5	0	43
18	Velký Osek – Hr. Králové	020	53,5	0	9,1
19	Hr. Králové – Choceň	020	40	0	13,1
20	Choceň – Ústí nad Orlicí	010	14	0	1,2
21	Ústí nad Orlicí – Lichkov	024	34,5	0	217,3
22	Ústí nad Orlicí – Česká Třebová	010	11	0	47,8
23	Česká Třebová – Svitavy	260	16,5	0	57,1
24	Česká Třebová – Zábřeh na Moravě	270	40	83,2	26,9
25	Zábřeh na Moravě – Šumperk	291	12	0	5,4
26	Olomouc – Nezamyslice	301	40,5	0	9,1
27	Přerov – Nezamyslice	300	28	107,1	0
28	Přerov – Hranice na Moravě	270	28,5	0	2,6
29	Hranice na Moravě – Střelná	280	66,5	17,4	241,7
30	Ostrava Svinov – Opava východ	321	28	0	2,6
31	Český Těšín – Mosty u Jablunkova	320	31	0	278,5
32	Lysá nad Labem – Ústí n.L. Střekov	072	93,5	22,2	0

Tabulka B – Úseky tratí se střídavou trakční soustavou 25 kV, 50 Hz.

	Traťový úsek	Číslo tratě	Vzdálenost [km]	Energ.přínos ve směru nominálním [Wh/t]	Energ.přínos v opačném směru [Wh/t]
1	Nové Hrady – České Budějovice	199	37	148,2	58,3
2	Lipno – Rybník	195	22	182,6	252
3	České Budějovice – Horní Dvořiště	196	56	0	127,3
4	Vých. Nemanice - Chotýčany	220	12	0	159,8
5	Chotýčany – Veselí Nad Lužnicí	220	21	69,6	0
6	Veselí nad Lužnicí – Děbolín	225	22	0	102
7	Děbolín – Jindřichův Hradec	225	4,5	0	63,7
8	Jindřichův Hradec – Jihlavka	225	29	0	257,4
9	Jihlavka – Havlíčkův Brod	225	63	186,8	0
10	Havlíčkův Brod - Žďár nad Sázavou	250	31	0	199
11	Žďár nad Sázavou – Brno hl.n.	250	87,5	487,5	65,7
12	Brno hl.n. – Břeclav	250	59,5	2,7	0
13	Brno hl.n. – Svitavy	260	73	0	150,6
14	Brno hl.n. – Holubice	300	28	0	6,5
15	Brno hl.n. – Holubice	340	22	12,4	42,4
16	Holubice – Nezamyslice	300	34,5	2,7	11,5
17	Havlíčkův Brod - Nová Ves u Leštiny	230	30	0	44
18	Nová Ves u Leštiny – Kutná Hora	230	33	260,4	0
19	Vých. Nemanice – Ražice	190	44	0	2,7
20	Ražice – Pačejov	190	42,5	0	119,6
21	Pačejov – Plzeň	190	51,5	148,1	0
22	Plzeň – Klatovy	183	45,5	9,8	49,7
23	Plzeň - Pařízek	170	36	20,1	116,5
24	Pařízek – Beroun	170	34,5	273,5	0
25	Plzeň - Lázně Kynžvart	170	76,5	16,8	188,9
26	Lázně Kynžvart – Cheb	170	23	192,9	0
27	Cheb – Vojtanov	148,147	16	0	62
28	Cheb – Jalovice	140	52,5	84,3	33,5
29	Jalovice – Hájek	140	5	0	49
30	Hájek – Kadaň Průněřova	140	38	89,2	115
31	Veselí n.Luž. – Střeziměř	220	48	0	231,3
32	Střeziměř – Benešov	220	28	325,1	0
33	Břeclav – Nedakonice	330	46,5	0	9,8

Na základě sestavených mezistaničních sklonových poměrů elektrizovaných tratí a programu na výpočet měrné elektrické energie produkované při spádovém rekuperačním brzdění lze stanovit výslednou energetickou úsporu. K tomuto účelu stačí vědět hrubý dopravní tok na konkrétním traťovém úseku. Na základě těchto zjištění lze pak rozhodnout o úseku, na který přednostně nasadit vlaky schopné rekuperace brzděním a případně investovat do napájecí a rozvodné sítě.

4.2 Stanovení energie rekuperačního brzdění zastavovacího na elektrizovaných tratích ČR

Významný podíl z celkové rekuperované energie bude mít energie ze zpomalení a hlavně ze zastavení, kterou se bude nadále zabývat tato práce. Nejvíce se to projeví u těžkých nákladních vlaků a hlavně pak u příměstské železniční osobní dopravy.

Vzhledem k dostupnosti informací o osobních dopravních linkách a jejich pravidelném a plynulém provozu se dále budem zabývat jen osobní železniční dopravou na elektrizovaných tratích ČD.

Budem uvažovat dva typy elektrických jednotek, a to City Elefant 471 na tratích s DC trakční napájecí soustavou a elektrickou jednotku 560 na tratích s AC trakcí.

Dále pak lokomotivu řady 163 na tratích s DC trakční soustavou a lokomotivu řady 240 na tratích s AC trakční napájecí soustavou.

Dále pak vícesystémovou lokomotivu řady 363.

Všechny lokomotivy budou zapřaženy čtyřmi čtyřnápravovými vagóny typu R. Jelikož se jedná o osobní zastávkové vlaky, byli zvoleny osobní vozy řady Bdmtee.

Parametry hnacích vozidel, osobního vagónu a jednotek viz tabulka 3.

Pro stanovení energie ze zastavení byly sestaveny tabulky elektrizovaných tratí v programu Microsoft Excel a provedeny výpočty viz dále.

Tratě, stanice a zastávky byly zvoleny dle KJŘ - knižního jízdního řádu [5] a map tratí ČD. [6] viz tabulka 1.

Parametry, potřebné pro popis tratí jsou z TTP - tabulek traťových poměrů. [7] Jedná se o sklonové poměry ve stanicích a zastávkách a maximální povolené rychlosti před zastavením na elektrizovaných tratích ČD.

Sestavený seznam tratí a traťových úseků viz tabulka 1 na následující stránce.

Tabulka 1 Seznam analyzovaných elektrizovaných tratí a traťových úseků.

Č. tratě dle KJŘ	Trakční napájecí soustava	Traťový úsek	Trať dle TTP	Počet zastavení		Délka tratě [km]
				↓	↑	
k10	DC 3kV	Česká Třebová – Kolín	501A	29	29	102
k11	DC 3kV	Kolín – Praha hl.n.	501A/525A	18	18	57
k20-	DC 3kV	Choceň – Velký Osek	505A	25	25	96
k24	DC 3kV	Lichkov – Ústí nad Orlicí	512A	12	12	35
K31-	DC 3kV	Pardubice hl.n.-Jaroměř	505C	12	12	39
K60-	DC 3kV	Nymburk hl.n.-Poříčany	502B	5	5	16
K72-	DC 3kV	Lysá n.L. - Ústí n.L.západ	503A	20	20	96
K73-	DC 3kV	Ústí Střekov–Děčín hl.n.	503B	10	10	29
K90	DC 3kV	Vraňany – Děčín hl.n.	527A	30	30	89
K91	DC 3kV	Praha Bubeneč – Vraňany	526A/527A	14	14	40
K98	DC 3kV	Děčín hl.n. – St.hranice DB	544A	6	6	11
K123-	DC 3kV	Žatec západ – Most	531D/529A	10	10	34
K130-	DC 3kV	Ústí n/L. hl.n. – Chomutov	504A	18	18	66
K131-	DC 3kV	Ústí n/L. hl.n. – Bílina	504A/504C	15	15	30
K134-	DC 3kV	Oldřichov u Duchcova – Louka u Litvínova	535B	4	4	13
K135-	DC 3kV	Most – Louka u Litvínova	504E/535B	4	4	12
K140	DC 3kV	Chomutov – Kadaň Pruneřov	533-	2	2	13
K140	AC25kV 50Hz	Kadaň Pruneřov – Cheb	533-	22	22	98
K147/148	AC25kV 50Hz	Cheb – Vojtanov	543A/543B	4	4	15
k170(1)-	DC 3kV	Beroun – 37,850	521B	0	1	3
k170(1)-	AC25kV 50Hz	37,850 – Plzeň hl.n.	713A	18	17	67
K170(2)	AC25kV 50Hz	Plzeň hl.n. - Cheb	713B	27	27	106
K171	DC 3kV	Praha hl.n. - Beroun	525B/521B	12	12	43
K183-	AC25kV 50Hz	Plzeň hl.n. - Klatovy	711A	15	15	48
K190-	AC25kV 50Hz	Č.Budějovice – Plzeň hl.n.	709B	38	38	136
K195-	AC25kV 50Hz	Rybník – Lipno n/Vlt.	706B	8	8	22
K196	AC25kV 50Hz	H.Dvořiště – Č.Budějovice	706A	14	14	57
K199-	AC25kV 50Hz	Č.Velenice – Č. Budějovice	705A	11	11	50
K202	DC 1,5kV	Tábor - Bechyně	702C	12	12	24
K220(1)-	AC25kV 50Hz	Č.Budějovice – 71,150	704-	15	16	56
K220(2)	AC25kV 50Hz	71,150 – Tábor - 84,660	704-	4	4	14
K220(3)-	AC25kV 50Hz	84,660 – 130,894	704-	10	10	46
K220(3)-	DC 3kV	130,894 – Benešov u Prahy	704-	1	0	4
K221(1)-	DC 3kV	Benešov u Prahy – 149,597	519A	2	3	15

K221(2)	DC 3kV	149,597 – Praha H. Měcholupy – 175,400	519A	9	9	26
K221(3)-	DC 3kV	175,400 – Praha hl.n.	519A/525D	4	3	10
K225-	AC25kV 50Hz	Veselí n/L.-Havl. Brod	701A	32	32	118
K230-	AC25kV 50Hz	Havlíčkův Brod – Kutná Hora hl.n.	324-	16	16	63
K230-	DC 3kV	Kutná Hora hl.n. - Kolín	502A	2	2	11
K231-	DC 3kV	Kolín – Praha Masarykovo n.	502A/524A/525B/526D	19	19	83
K232-	DC 3kV	Lysá nad Labem - Milovice	524B	1	1	6
K248	AC 15kV 16 2/3Hz	Šatov - Znojmo	322A	3	3	11
K250-	AC25kV 50Hz	Lanžhot-Havlíčkův Brod	320A/234-	47	47	201
K260	AC25kV 50Hz	Brno hl.n. – Březová nad Svitavou	326A	18	18	57
K260	DC 3kV	Březová nad Svitavou – Česká Třebová	501B	8	8	34
K270	DC 3kV	Bohumín – Česká Třebová	305B/309A	37	37	200
K280-	DC 3kV	Střelná – Hranice na Moravě	308-	19	19	67
K291	DC 3kV	Zábřeh na Moravě - Šumperk	311B/311A	4	4	13
K300-	DC 3kV	Přerov – Nezamyslice	305G	6	6	27
K300-	AC25kV 50Hz	Nezamyslice – Brno hl. n.	315A	13	13	61
K301-	DC 3kV	Olomouc hl.n. - Nezamyslice	309B	13	13	39
K320-	DC 3kV	Mosty u Jabl. - Bohumín	301A	17	17	59
K321-	DC 3kV	Č. Těšín – Opava východ	301D / 301E / 301F	19	19	70
K330	DC 3kV	Přerov - Nedakonice	305F	13	13	48
K330	AC25kV 50Hz	Nedakonice - Břeclav	316A	10	10	52

Σ
55
35
18
1
1

	Σ	Σ	Σ
AC / DC	758	758	2838
DC 3kV	420	420	1536
AC25kV 50Hz	322	322	1267
DC 1,5kV	12	12	24
AC 15kV 16 2/3Hz	3	3	11

Vysvětlivky k tabulce 1 :

↓pohyb vlaků ve směru nominálním

↑pohyb vlaků v opačném směru

Σ součet řádků nebo hodnot ve sloupci nad sumou

- 1) Pro výpočet měrné ztrátové energie zastavovacího brzdění e_{tz} se použil vztah:

$$e_{tz} = 1,072 \cdot 10^{-2} \cdot \xi \cdot (V_{b1}^2 - V_{b2}^2) \cdot K_b \quad [\text{Wh/t}] \quad (3)$$

ξ ... součinitel rotujících hmot. [1] lokomotiva+vagony zvoleno = 1,06
jednotka = 1,15

Tabulka 2 Hodnoty součinitele rotujících hmot jsou z předpisu ČSD V7

Skupiny vozidel	Vozidla	Součinitel rotujících hmot
Vlak	Obvyklé vlaky osobní nebo nákladní	1,06
	Elektrické motorové jednotky a motorové jednotky s el.přenosem výkonu	1,15 – 1,20
Lokomotivy	Parní	1,08 – 1,10
	Motorové	1,15 – 1,30
	Elektrické	1,20 – 1,30
Vozy	Osobní	1,04 – 1,06

Zdroj: [8]

V_{b1} ... rychlost na počátku brzdění (po výběhu) [Km/h] byla stanovena na 70%,80%,90% od traťové rychlosti před zastávkou, která byla stanovena z knižního jízdního řádu [5] a tabulek traťových poměrů. [6]

V_{b2} ... rychlost na konci brzdění elektrodynamickou brzdou.

Rychlost na konci brzdění elektrodynamickou brzdou stanovena na 20 km/h vzhledem k poklesu účinnosti elektrodynamické brzdy, kdy se dobrzdění provádí mechanickou brzdou (od ~ 10 - 20 km/h)

K_b ...součinitel zahrnující trakční práci vykonanou překonáváním odporů na brzděné nebo zábrzděné dráze, pro který platí:

$$K_b = 1 - \frac{(r_{vb} + g_b)}{102 \cdot \xi \cdot b} \quad [1] \quad (4)$$

g_b ... střední traťový sklon při daném brzdění [‰] - stanoveno z tabulek traťových poměrů [6], viz příloha – CD, file EITrateCD.xlsl (Excel)

b ... střední zpomalení při daném brzdění [m/s^2] - zvoleno = 0,5 m/s^2

ξ ... součinitel rotujících hmot. [1] lokomotiva+vagony zvoleno = 1,06
jednotka = 1,15

r_{vb} ... střední měrný vozidlový odpor při zastavovacím brzdění [N/kN]

$$\text{kde } r_{vb} = \frac{\int r_v dV}{dV} = A + 1/2 \cdot B \cdot \Delta V + 1/3 \cdot C \cdot \Delta V^2 \quad [N/kN] \quad (6)$$

ΔV ... rozdíl rychlostí na začátku a konci zpomalení.

r_v ... měrný vozidlový odpor

Pro stanovení měrných vozidlových odporů r_v byla sestavena následující tabulka:

Tabulka 3 Hodnoty koeficientů součinitelů vozidlových odporů

Popis	Typ	Trakce	A	B	C	M (tun)	Výkon AC/DC (kW)
Jednotka – 3 vozy	471	DC	1.63	0,01	0,000302	155,4	2000
Lokomotiva	163	DC	3,52	0,002	0,00067	84,5	3480
Lokomotiva	230/240	AC	1,4	0	0,00056	85	3080
Lokomotiva	363	AC/DC	3,52	0,002	0,00067	87	3060/3480
Jednotka – 5 vozů	560	AC	2,2	0,015	0,00038	247	1680
Čtyřnápravové osobní vozy typu X a Y	R		1,35	0,008	0,00033	Bdmtee 32	

Zdroj: autor dle [8], [9], [11].

$$\text{Měrný vozidlový odpor} \quad r_v = A + B \cdot V + C \cdot V^2 \quad [\text{N/kN}] \quad (7)$$

kde **A**, **B** a **C** jsou koeficienty vozidlového odporu a charakterizují odpor v ložiskách, odpor valení a odpor vzduchu.

Měření parametrů vozidlových odporů se v dnešní době nevede nebo není veřejně dostupné. Nicméně se mi podařilo od provozovatele (ČD Cargo) neoficiálně získat údaje pro lokomotivu řady 363 a tyto údaje byly použity také na řadu 163, která z ní vychází. Údaje k jednotce 460, které byly použity pro její následovnici 560 jsou z literatury [9]. Další hodnoty ze stejného zdroje jsou k lokomotivě řady 230, které byly také použity na 240. Údaje k jednotce 471 byly odvozeny teoretickým výpočtem. Hodnoty pro čtyřnápravové osobní vozy typu R jsou obsaženy v literatuře [8] a [9].

Měrný vozidlový odpor pro lokomotivu + vlak se pak spočítá jako:

$$r_{\text{vlak+vag}} = \frac{r_{\text{vlak}} \cdot M_{\text{vlak}} + n \cdot r_{\text{vag}} \cdot M_{\text{vag}}}{M_{\text{vlak}} + n \cdot M_{\text{vag}}} \quad [\text{N/kN}] \quad (8)$$

kde r_{vlak} a M_{vlak} je měrný vozidlový odpor lokomotivy a její hmotnost r_{vag} a M_{vag} je měrný vozidlový odpor vagónu a jeho hmotnost a n je počet vagónů.

Obsazenost jednotek a vlaků byla zvolena 50%.

Následně hmotnost takto zatížené jednotky se vypočítá jako hmotnost prázdné jednotky (tun) plus $\frac{1}{2}$ * míst k sezení krát 0,08 (t). Parametry jednotek viz odkaz [10].

Jednotka 471 má celkem 310 míst k sezení,

Jednotka 560 má celkem 336 míst k sezení.

Hmotnost pro osobní vůz řady Bdmtee (typu R) se pak spočítá jako součet hmotnosti prázdného vagónu a $\frac{1}{2}$ * počet míst k sezení krát 0,08 (t). viz tab.2

Osobní vůz řady Bdmtee pro osobní vlak má 96 míst k sezení. [11]

- 2) Po zohlednění účinnosti rekuperačního brzdění dostaneme e_{Rz} , což je měrné množství využitelné elektrické energie při zastavovacím brzdění, které je možno dodat do trakční sítě, hnacího vozidla a tažených vozů:

$$e_{Rz} = e_{tz} \cdot \eta_{rg} \quad [\text{Wh/t}] \quad (9)$$

η_{rg} je střední hodnota celkové účinnosti rekuperačního brzdění vztažená mezi hnací kola a sběrač trakčního vozidla.

$$\eta_{rg} = \frac{\eta_r}{2 - \eta_r} = 0,8002 \quad [1] \quad (10)$$

kde η_r je účinnost přeměny energie z obvodu hnacích kol na sběrač.

$$\eta_r = \eta_{př} \cdot \eta_{el} \cdot \eta_{RJ} = 0,889. \quad (11)$$

$\eta_{př}$... účinnost převodů = 0,975

η_{el} ... účinnost elektromotoru = 0,93

η_{RJ} ... účinnost řídicí jednotky regulačního měniče = 0,98

Konkrétní hodnoty středních účinností pro mnou vybrané jednotky a vlaky se nepodařilo získat, proto byly pro tyto účinnosti použity hodnoty z literatury [2] jako jednotné hodnoty pro všechna vozidla.

Obecně hodnota účinnosti je závislá na tažné síle a jízdní rychlosti.

- 3) Celková rekuperovaná energie zastavovacího brzdění, kterou je možno dodat do trakční sítě a trakčního vozidla nebo vlaku o hmotnosti **M** pak bude:

$$Z_{tz} = e_{Rz} \cdot M \cdot 10^{-3} \quad [\text{kWh}] \quad (12)$$

M ... Hmotnost jednotky nebo vlaku [t], je dána dle vybraných vzorových vlaků, viz Tab. 3 a připočtené hmotnosti nákladu, stanovení této hmotnosti je popsáno k vzorci (8).

- 4) Celková rekuperovaná energie zastavovacího brzdění, zmenšená o spotřebu na vozidle na elektrospotřebiče a pomocná zařízení a na vytápění přípojných vozidel, a připravená pro spotřebu v trakční síti bude:

$$Z_{tzc} = Z_{tz} - E_{sv} \quad [\text{kWh}] \quad (13)$$

E_{sv} ... energie spotřebovaná na vozidle (jednotka/vlak)

Podklady pro výpočet spotřeby energie vlaku viz literatura [7].

$$E_{sv} = E_{top} + E_{pz} \quad [\text{kWh}] \quad (14)$$

E_{pz} ... spotřeba energie pomocných zařízení hnacího vozidla

$$E_{pz} = \kappa \cdot P_{nom} \cdot t_b \quad [\text{kWh}] \quad (15)$$

kde **κ** je poměrná spotřeba pomocných pohonů,

u lokomotiv a jednotek pro stejnosměrné soustavy = **0,02**

u lokomotiv a jednotek střídavé a dvouprúdové trakce = **0,025**

P_{nom} ... nominální výkon lokomotivy nebo jednotky viz Tabulka 3 [kW]

t_b ... doba, po kterou se brzdí rekuperační brzdou [hod]

E_{top} ... spotřeba energie pro vytápění a klimatizaci vlaku

$$E_{top} = e_{top} \cdot M_d \cdot t_{top} \quad [kWh] \quad (16)$$

$t_{top} = t_b$... pro naše potřeby doba vytápění odpovídá době,
po kterou se rekuperuje brzdová energie [hod]

$$t_b = \Delta V / (b \cdot 12960) \quad [hod] \quad (17)$$

b ... střední zpomalení při daném brzdění [m/s^2] – zvoleno = $0,5 m/s^2$

M_d ... pohotovostní hmotnost vytápěných vozidel (jednotka / osobní vagóny
osobního vlaku Bdmtee) [t] viz tabulka 3.

e_{top} ... je měrná spotřeba elektrické energie na vytápění zastávkových vlaků

$$e_{top} = 0,85 \cdot (0,8 - 0,2 \cdot \rho/20) \quad [kW/t] \quad (18)$$

ρ ... střední vnější teplota ovzduší [$^{\circ}C$]

Stanoví se jako střední hodnota průměrných teplot v jednotlivých měsících
viz Tabulky 4.

$$\rho = 5,022 \text{ }^{\circ}C$$

Tabulka 4 Průměrné teploty ovzduší v jednotlivých měsících

Měsíc	Průměrná teplota ovzduší [$^{\circ}C$]	Měsíc	Průměrná teplota ovzduší [$^{\circ}C$]
leden	- 2,8	září	+11,2
únor	+ 1,0	říjen	+ 7,3
březen	+ 3,6	listopad	+ 4,2
duben	+ 7,2	prosinec	+ 0,1
květen	+13,4		

Zdroj [8]

Výsledky se počítají a jsou obsaženy v tabulkách v programu Microsoft Excel
viz příloha – CD, ElTrateCD.xlsx a Vysledky.xlsx.

Shrnutí výsledků je v kapitole 8.

Díličí výsledky výpočtů jsou v tabulkách v kapitole 10.

5. Provozně technologické možnosti a zájmy provozovatele železniční dopravy a správce železniční dopravní cesty

Největšími provozovateli na železniční dopravní cestě v ČR jsou v současnosti ČD a.s. a ČD Cargo a.s., které jsem kontaktoval a níže popsal jejich možnosti a zájmy.

Dále jsem jednal s SŽDC s.o. jejichž neoficiální stanovisko je také uvedeno.

5.1 České dráhy, a.s

ČD jako provozovatel železniční osobní dopravy vidí v možnosti vrácení rekuperované brzdové energie snížení provozních nákladů, které by přispělo ke konkurenceschopnosti železniční osobní dopravy.

Dle neoficiálního vyjádření ČD v současnosti nejednají o výkupu rekuperované energie tam, kde již rekuperace je možná, protože o to dodavatelé elektrické energie nemají zájem. Taktéž SŽDC nechce nic měnit na dosavadním způsobu měření spotřeby a tarifkace provozovatelů dopravy.

Toto se musí řešit legislativně. (např. podobně jako výkup solární a větrné energie.)

Nicméně již dnes, rekuperace brzdové energie do trakční napájecí soustavy, šetří odporníky instalované na vlacích a jednotkách.

Na další stránce je seznam hnacích jednotek a lokomotiv u ČD (listopad 2013) schopných rekuperace brzdové energie [12] :

Jednotky - jenom stejnosměrná soustava (DC):

471 - 83 vozových jednotek (příměstská doprava v okolí Prahy a - Ostravy)

440 - 6 vozových jednotek, cílový stav 12 jednotek (Ústecko, Pardubicko a Olomoucko)

Jednotky - obě soustavy (AC/DC):

640/ 650 – v současnosti jsou v provozu 3 vozové jednotky, cílový stav je 7 jednotek (Budějovicko, Jižní Morava)

680 – 7 jednotek (rameno Františkovy lázně - Plzeň - Praha - Olomouc – Bohumín)

Lokomotivy - obě soustavy (AC/DC):

380 – vyrobeno 20 lokomotiv, ve zkušebním provozu 14 lokomotiv (ramena Praha - Č. Třebová - Brno - Břeclav, Praha - Olomouc - Bohumín a Bohumín - Břeclav)

1216.2 ÖBB – 15 lokomotiv upraveno pro provoz na síti SŽDC (rameno Praha - Č. Třebová - Brno - Břeclav)

1216.2 PKP IC – 10 lokomotiv upraveno pro provoz na síti SŽDC (rameno Praha - Olomouc - Bohumín a od příštího GVD i Bohumín - Břeclav)

U ČD se měření získané rekuperované brzdové energie v současné době provádí na dvou vozových jednotkách řady 471, a to na trati DKV Olomouc – PJ Bohumín 471.025 (Rek/Odb 18,3 %) , DKV Praha 471.036 (Rek/Odb 20,6 %) a 680.007 (Rek/Odb 9,4 %). [12]

Níže, na obr.3, je naskenovaný graf s údaji naměřenými na vlacích rakouských drah ÖBB na trati Břeclav – Praha hl.n..

REKUPERACE: měření na EHV typu TAURUS

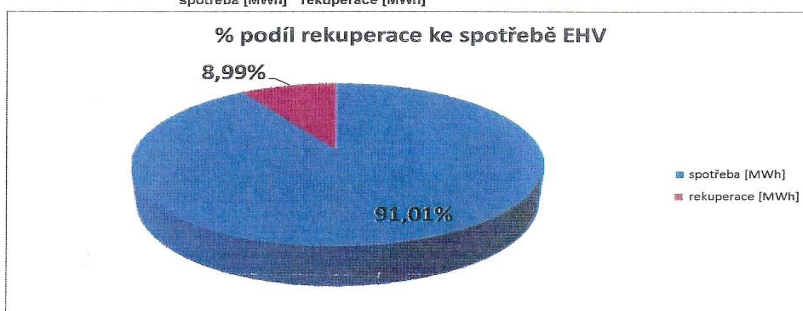
Vlak EC 278 Břeclav - Praha hl. n.
Vlak EC 279 Praha hl.n. - Břeclav

typ EHV
TAURUS - 1216

datum	Vlak	spotřeba [MWh]	rekuperece [MWh]	% podíl
2.4.2013	EC 278	4,17	0,382	9,16%
2.4.2013	EC 279	3,92	0,309	7,88%
3.4.2013	EC 278	3,82	0,287	7,51%
3.4.2013	EC 279	3,25	0,366	11,26%
4.4.2013	EC 278	3,77	0,408	10,82%
4.4.2013	EC 279	3,6	0,445	12,36%
5.4.2013	EC 278	3,68	0,25	6,78%
5.4.2013	EC 279	3,09	0,228	7,38%
6.4.2013	EC 278	3,34	0,089	2,66%
6.4.2013	EC 279	2,94	0,103	3,50%
7.4.2013	EC 278	3,88	0,473	12,19%
7.4.2013	EC 279	2,9	0,335	11,55%
8.4.2013	EC 278	3,83	0,433	11,31%
8.4.2013	EC 279	3,61	0,369	10,22%

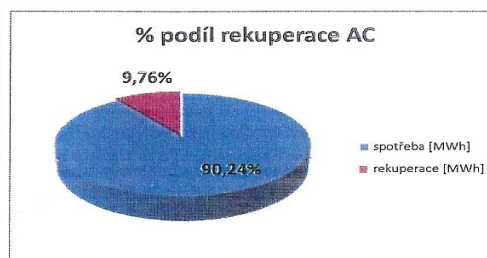
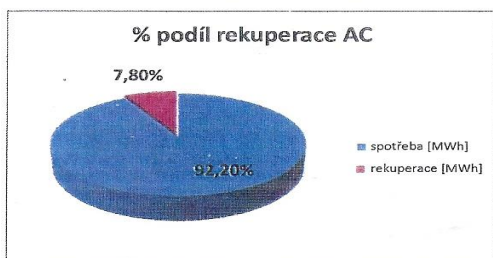
sumář za týden (7 dnů)

směr na Prahu	EC 278	26,5	2,322	8,76%
směr na Břeclav	EC 279	23,31	2,155	9,24%
CELKEM		49,81	4,477	8,99%
		91,01%	8,99%	
		spotřeba [MWh]	rekuperece [MWh]	



Rozdělení dle trakčních soustav

	AC (25 kv, 50 Hz)			DC (3 kv)			
	spotřeba [MWh]	rekuperece [MWh]	% podíl	spotřeba [MWh]	rekuperece [MWh]	% podíl	
2.4.2013	EC 278	1,90	0,141	7,42%	2,27	0,241	10,62%
2.4.2013	EC 279	1,11	0,151	13,60%	2,81	0,158	5,62%
3.4.2013	EC 278	1,80	0,048	2,67%	2,02	0,239	11,83%
3.4.2013	EC 279	0,99	0,159	16,06%	2,26	0,207	9,16%
4.4.2013	EC 278	1,82	0,146	8,02%	1,95	0,262	13,44%
4.4.2013	EC 279	1,16	0,199	17,15%	2,44	0,246	10,08%
5.4.2013	EC 278	1,70	0,05	2,94%	1,99	0,2	10,05%
5.4.2013	EC 279	1,01	0,107	10,59%	2,08	0,121	5,82%
6.4.2013	EC 278	1,77	0,021	1,19%	1,57	0,068	4,33%
6.4.2013	EC 279	0,94	0,045	4,79%	2,00	0,058	2,90%
7.4.2013	EC 278	1,75	0,061	3,49%	2,13	0,412	19,34%
7.4.2013	EC 279	0,82	0,119	14,51%	2,08	0,216	10,38%
8.4.2013	EC 278	1,77	0,131	7,40%	2,06	0,302	14,66%
8.4.2013	EC 279	1,10	0,154	14,00%	2,51	0,215	8,57%
CELKEM	19,64	1,532	7,80%	30,17	2,945	9,76%	
	92,20%	7,80%		90,24%	9,76%		
	spotřeba [MWh]	rekuperece [MWh]		spotřeba [MWh]	rekuperece [MWh]		



Zdroj: [12]

Obr. 3 Měření na vlacích EC typu Taurus rakouských dráh ÖBB.

5.2 ČD Cargo, a.s.

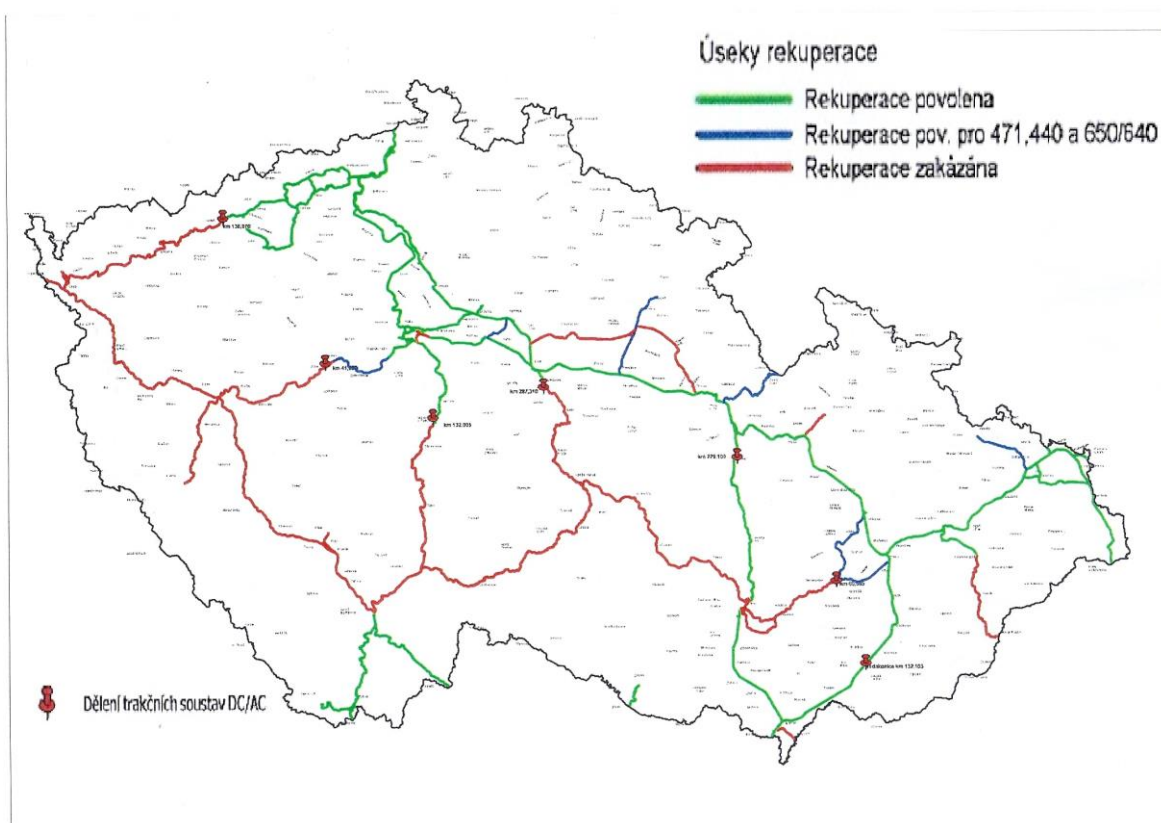
Stejně jako ČD i v ČD Cargo vidí v možnosti vracet rekuperovanou energii zvýšení konkurenceschopnosti železniční dopravy. Hlavně v možnosti zpoplatnění vrácené energie, což by přispělo ke snížení provozních nákladů.

5.3 SŽDC, s.o.

Dle neoficiálního vyjádření se SŽDC staví negativně k rekuperaci do trakční napájecí sítě s odůvodněním zanedbatelných úspor energie a velkých nákladů na vozidla a infrastrukturu.

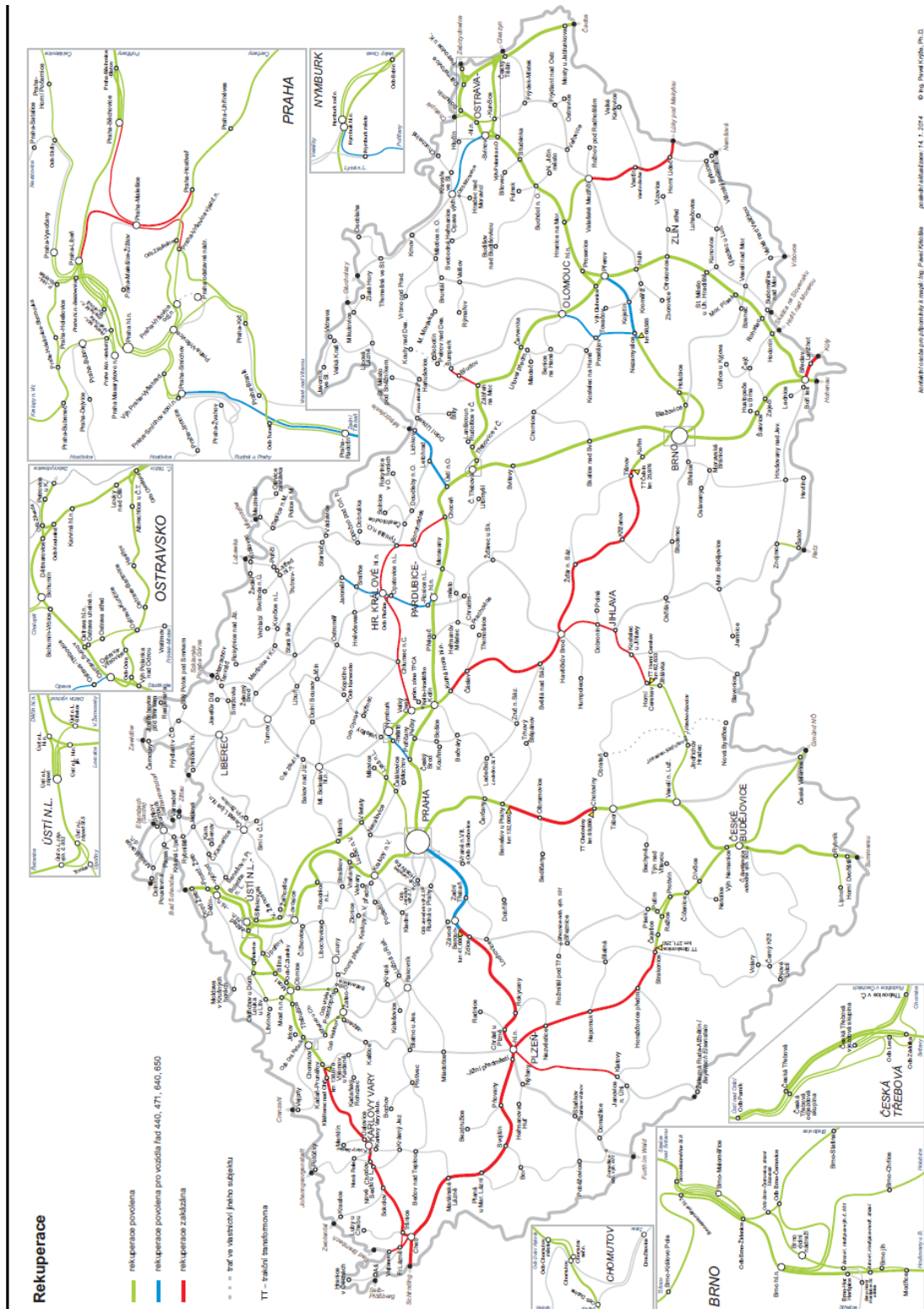
Dalším argumentem je problematika měření zpotřebované-vrácené energie a zohlednění nákladů na distribuci v TNS.

Nicméně z obr.4 a obr.5 je vidět rozšiřování úseků, kde je rekuperace brzdové energie do TNS povolena, na základě pokynů generálního ředitele SŽDC č.14/2008 a č.11/2009. [12]



Zdroj: [12]

Obr.4 Mapa zobrazující úseky, kde byla rekuperace povolena (2013)



Zdroj: [6]

Obr.5 Mapa zobrazující úseky, kde je dnes rekuperace povolena (2014)

6. Technické možnosti a komerční zájmy distribučních energetických společností

Co se týče technických možností, tak ty byly již probrány v kapitole 2.

Ohledně distribučních zájmů jsem se obrátil na největší dodavatele elektrické energie provozovatelům železniční dopravy viz níže.

6.1 SŽDC, s.o.

SŽDC byl donedávna jediným přímým dodavatelem elektrické energie provozovatelům železniční dopravy prostřednictvím TNS.

Nicméně většina provozovatelů shledala výši tarifů na elektrickou energii jako nevýhodnou, a sjednala nové smlouvy na dodávku elektrické energie přímo s ČEZem a E.ONem

6.2 ČEZ, a.s.

Dodavatelem elektrické energie pro část tratí je v současnosti ČEZ, s nímž se mi nepodařilo navázat kontakt.

6.3 E.ON Česká republika, s.r.o.

Dalším dodavatelem elektrické energie je E.ON, jehož vyjádření viz níže.

Na základě dohody s dodavatelem elektrické energie – E.ON a provozovatelem TNS - SŽDC, umožněn zpětný odběr elektrické energie minimálně přes trakční transformovny 110 kV Nemanice, Velešín a Břeclav.

Dle neoficiálního vyjádření E.ON jsou ve všech odběrných místech 110 kV a 22 kV umístěny šestikvadrantní elektroměry, tudíž není problém měřit obousměrné toky elektřiny.

Další oprava infrastruktury není nutná.

V současné době rekuperace elektrické energie jak do trakční napájecí soustavy, tak do vnější rozvodné sítě probíhá zadarmo.

Pokud by se jednalo o rekuperaci do sítě NN (50-1000V), je nutné nainstalovat šestikvadrantní elektroměr a technicky řešit, zda je rekuperace vůbec možná. Jednalo by se o připojení zdroje do distribuční soustavy, tj. nutné posouzení vlivu na velikost napětí.

7. Doporučení pro vytvoření podmínek k maximálnímu využití brzdové energie

V současné době, kdy je oddělena železniční infrastruktúra od železničního provozu, kdy prodej a výkup elektrické energie je předmětem obchodních vztahů mezi dodavatelem elektrické energie do trakčního vedení (ČEZ, E.ON i SŽDC), distributorem této energie (SŽDC) a provozovatelem železniční dopravy (ČD, ČD Cargo a další), správné nastavení legislativy a následně technických norem hraje klíčovou roli v efektivním využití energie z rekuperačního brzdění.

7.1 Návrh legislativních opatření

Legislativa byla podrobně probrána v autorově bakalářské práci. [1]

Po aktualizaci k dnešnímu dni se problematikou rekuperace na železničních tratích žádné zákony nezabývají, s výjimkou technické normy ČSN EN50388 Drážní zařízení – Napájení a drážní vozidla [13], ale i zde se neřeší problém vracení elektrické energie z trakčního vedení do všeobecné energetické sítě.

Pokud by se k tomu bodu mělo něco objevit, pak by to bylo v zákoně 406/2000 Sb. ze dne 25.října 2000 o hospodaření energií. [14]

- 1) je třeba definovat rekuperační brzdění a zavést podmínky, při kterých vznikne povinnost dodavatele tuto energii zpětně odebrat.
- 2) je třeba stanovit cenu za „vracenou“ energii provozovatelům železniční dopravy
- 3) do § 5 výše zmíněného zákona, který má název Národní program hospodárného nakládání s energií a využívání jejích obnovitelných a druhotných zdrojů zakomponovat problematiku brzdové rekuperaci.
- 4) Vláda a příslušná ministerstva musí zahrnout rekuperační brzdění do SEK –Státní energetické koncepce a to se následně promítne do UEK - Územní energetické koncepce.
- 5) Je třeba, do technické normy ČSN EN 50388 Drážní zařízení – Napájení a drážní vozidla [13], zakomponovat pravidla a technické podmínky pro odběr rekuperované energie z trakční napájecí soustavy do vnější rozvodné sítě a následně její měření.

7.2 Návrh provozně - technologických opatření.

K dnešnímu dni se v ČR již rekuperuje do trakční napájecí soustavy na většině tratí napájených DC 3kV a zhruba na polovině tratí AC 25kV 50 Hz, viz obr.5.

Nicméně ne vždy je rekuperovaná energie využita, protože se na daném napájecím traťovém úseku nenajde odběratel (jiný vlak) a není možnost tuto energii nasměrovat do vnější rozvodné soustavy.

Níže je pět bodů provozně-technologických opatření, které pomohou maximalizovat využití energie rekuperačního brzdění:

- 1) Z provozního hlediska se dá maximalizovat efekt rekuperačního brzdění vhodným navržením jízdního řádu, zároveň to bude vyžadovat přesné dodržování jízdního řádu.
- 2) Za účelem zvýšení pravděpodobnosti spotřeby rekuperované energie na trati, lze uvažovat o možnosti úprav TNS a to propojením oddělených napájecích úseků.
- 3) Na traťových úsecích, kde se mohou objevit značné přebytky elektrické energie, které nelze spotřebovat v TNS, se vyplatí zajistit vrácení energie do vnější rozvodné sítě.
 - U tratí se střídavou trakční soustavou (AC) toto lze řešit okamžitě zrušením blokace směru toku elektrické energie vyřazením zpětných wattových relé.
 - U tratí se stejnosměrnou trakční soustavou (DC) je nutná instalace invertorových polovodičových měničů do příslušných trakčních napájecích stanic (je to otázka efektivity vložené investice).
- 4) V úsecích s vhodnými podmínkami lze uvažovat o instalaci akumulčních agregátů u trakčních napájecích stanic. (Supercapacitor, setrvačnick)
- 5) Další možností, tam kde to bude výhodné, je použití lokomotiv s akumulčními agregáty. (Supercapacitor)

8. Shrnutí

Cílem této práce byl rozbor problematiky rekuperačního brzdění na tratích ČD a následně návrh opatření pro vytvoření podmínek k maximálnímu využití brzdové energie.

Za tímto účelem byla zpracována fyzikálně-technická podstata rekuperačního brzdění, viz kapitola 2, a následně byly kontaktovány organizace podílející se na chodu ČD (SŽDC, ČD, ČD Cargo, ČEZ, E.ON), aby bylo možno posoudit současný stav v této oblasti, viz kapitoly 5 a 6.

K dnešnímu dni se v ČR již rekuperuje, do trakční napájecí soustavy, na většině tratí napájených DC 3kV a zhruba na polovině tratí AC 25kV 50 Hz, viz obr.5. Tam, kde to povoleno není, nebo je povoleno jen pro vybraná trakční vozidla (jednotky), je to z důvodu zastaralých zabezpečovacích zařízení a/nebo nevyhovujícího stavu trakčních napájecích stanic.

Co se týče rekuperace do vnější rozvodné soustavy, tak u stejnosměrné trakční soustavy lze rekuperovat jen do trakční napájecí sítě. U střídavé trakční soustavy je pokusně umožněn zpětný odběr rekuperované elektrické energie do vnější rozvodné sítě minimálně ve třech trakčních transformovnách - Nemanice, Velešín a Břeclav, viz kapitola 6.3. Nicméně větší uplatnění zpětného odběru elektrické energie z trakční soustavy do vnější rozvodné soustavy, na tratích se střídavou trakční napájecí soustavou, není možné z důvodů kolize zájmů dodavatelů elektrické energie (ČEZ, E.ON, SŽDC) a provozovatelů železniční dopravy (ČD, ČD Cargo a další) viz kapitoly 5 a 6. Také proto, tam kde je to možné, rekuperovaná energie je poskytována v současnosti zadarmo.

Dle mého názoru, hlavní důvod tohoto stavu je v chybějící legislativě. Ta by měla definovat „rekuperační brzdění“ na elektrizovaných tratích, a to tak, aby odběr rekuperované elektrické energie do vnější rozvodné soustavy, pro kterou není zajištěn odběr v trakčním úseku, byl závazný a aby za takto vzniklou energii byl provozovatel železniční dopravy patřičně finančně ohodnocen. Návrhy s tím souvisejících legislativních opatření viz kap. 7.1.

Z výše zjištěných podkladů bylo také stanoveno pět provozně-technologických opatření za účelem maximalizace využití energie rekuperačního brzdění viz kap. 7.2

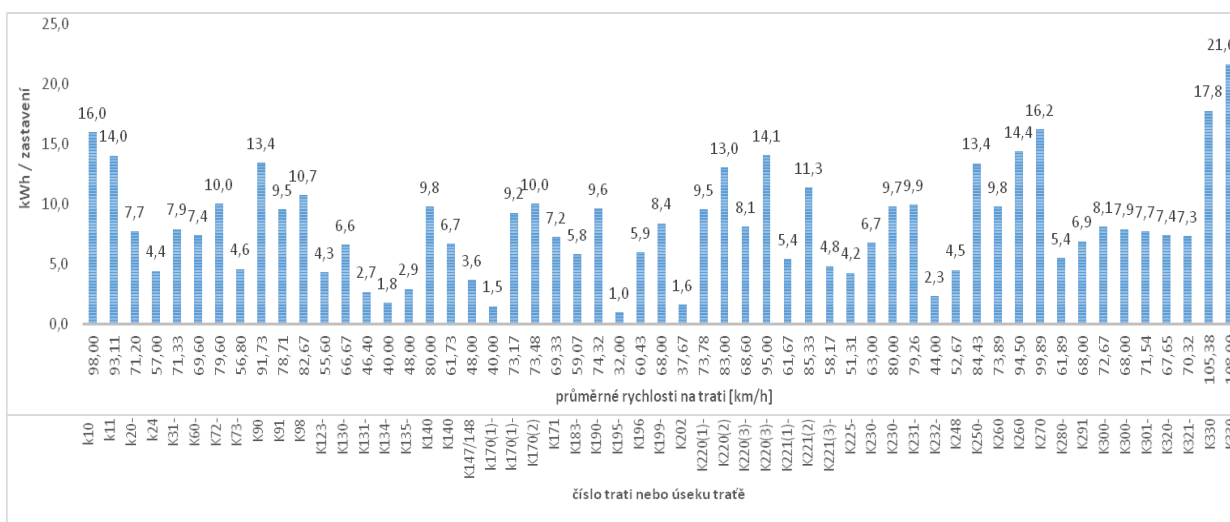
Následně byla provedena analýza elektrizovaných tratí ČD s cílem stanovit energetický potenciál uvolněný při zastavování vybraných osobních zastávkových

vlaků. Matematický aparát viz kapitola 3, postup viz kapitola 4.2., výsledky viz kapitola 10 a níže ve shrnutí.

Za tímto účelem bylo vybráno a analyzováno 55 elektrizovaných tratí a traťových úseků, s ohledem na stanice a zastávky, sklonové poměry a rychlosti, na základě knižního jízdního řádu [5], map tratí ČD [6] a tabulek traťových poměrů [7]. Jedná se o 35 tratí a traťových úseků na trakční napájecí soustavě DC 3 kV, 18 na AC 25kV, 50Hz a po jedné trati napájené DC 1,5kV a AC 15kV, 16 2/3Hz. Celková délka analyzovaných elektrizovaných tratí je 2838 km s počtem zastavení v jednom směru 757 (stejně v opačném), viz kapitola 4.2, tabulka 1 (celková délka elektrizovaných tratí v ČR je 3208 km, dle SŽDC k 1.3.2012) [6].

Dále byl proveden výběr zastávkových osobních vlaků a následné teoretické výpočty množství rekuperované energie ze zastavení na zpracovaných elektrizovaných tratích a traťových úsecích. Následně bylo provedeno rozdělení rekuperované energie na využitelnou rekuperovanou energii, která se nabízí to TNS a rekuperovanou energii, která se spotřebuje osobními vlaky na vytápění osobních vozů a pomocná zařízení trakčního vozidla. Postup výpočtů viz kap. 4.2., výsledky pro vybrané vlaky a analyzované tratě viz kap.10.

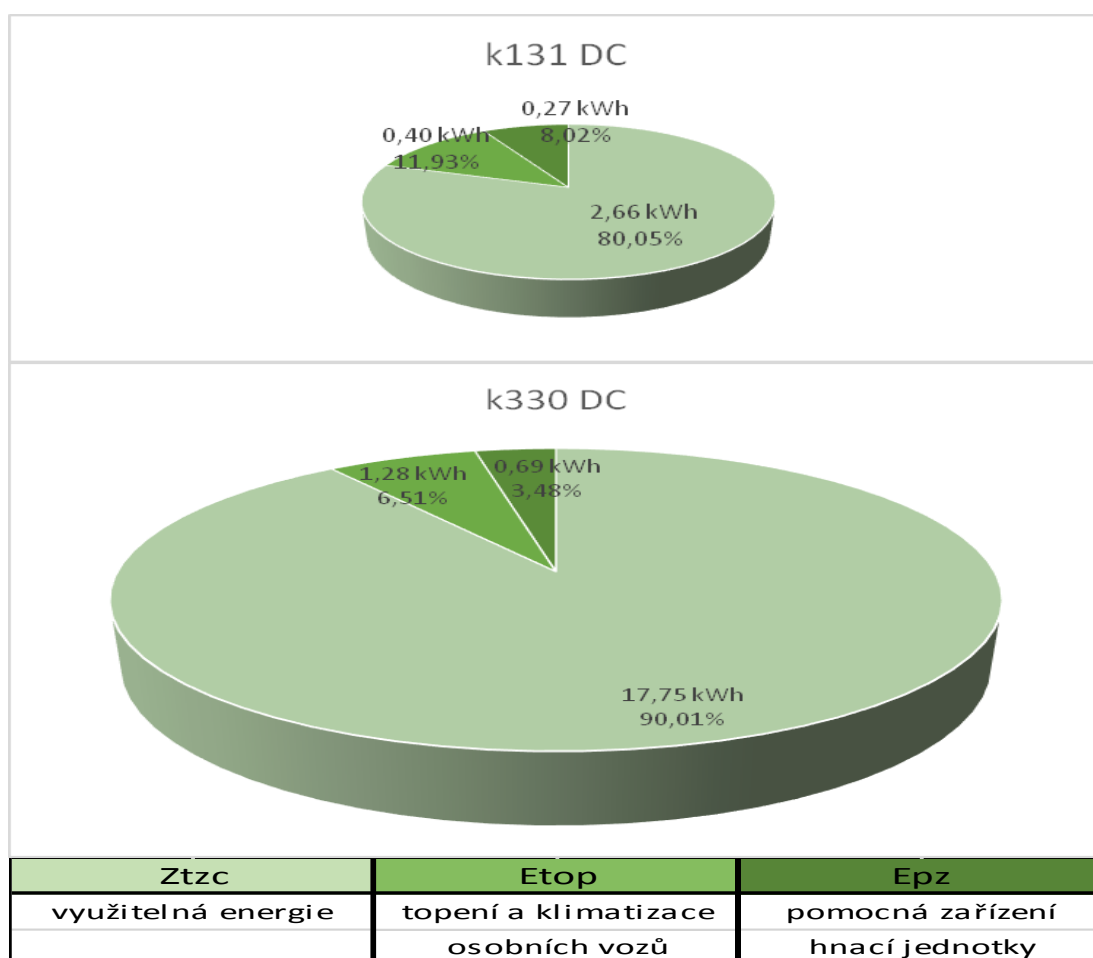
Z dosažených výsledků se dá stanovit množství využitelné energie (nabízené do TNS) na jedno zastavení pro konkrétní trať nebo úseky tratí, viz obr.6, a podle toho provést výběr vhodných tratí, z hlediska energetického potenciálu ze zastavení, a provést na nich příslušná provozně-technologická opatření, viz kapitola 7.2.



Zdroj: autor

Obr.6 Střední rekuperovaná energie v kWh na jedno zastavení a odpovídající střední rychlost po výběhu, v obou směrech, dle tratí a traťových úseků. (V po výběhu = 80% V traťová před zastavením.)

Pro porovnání byly vybrány z obr.6 tratě k131 DC a k330 DC viz níže.

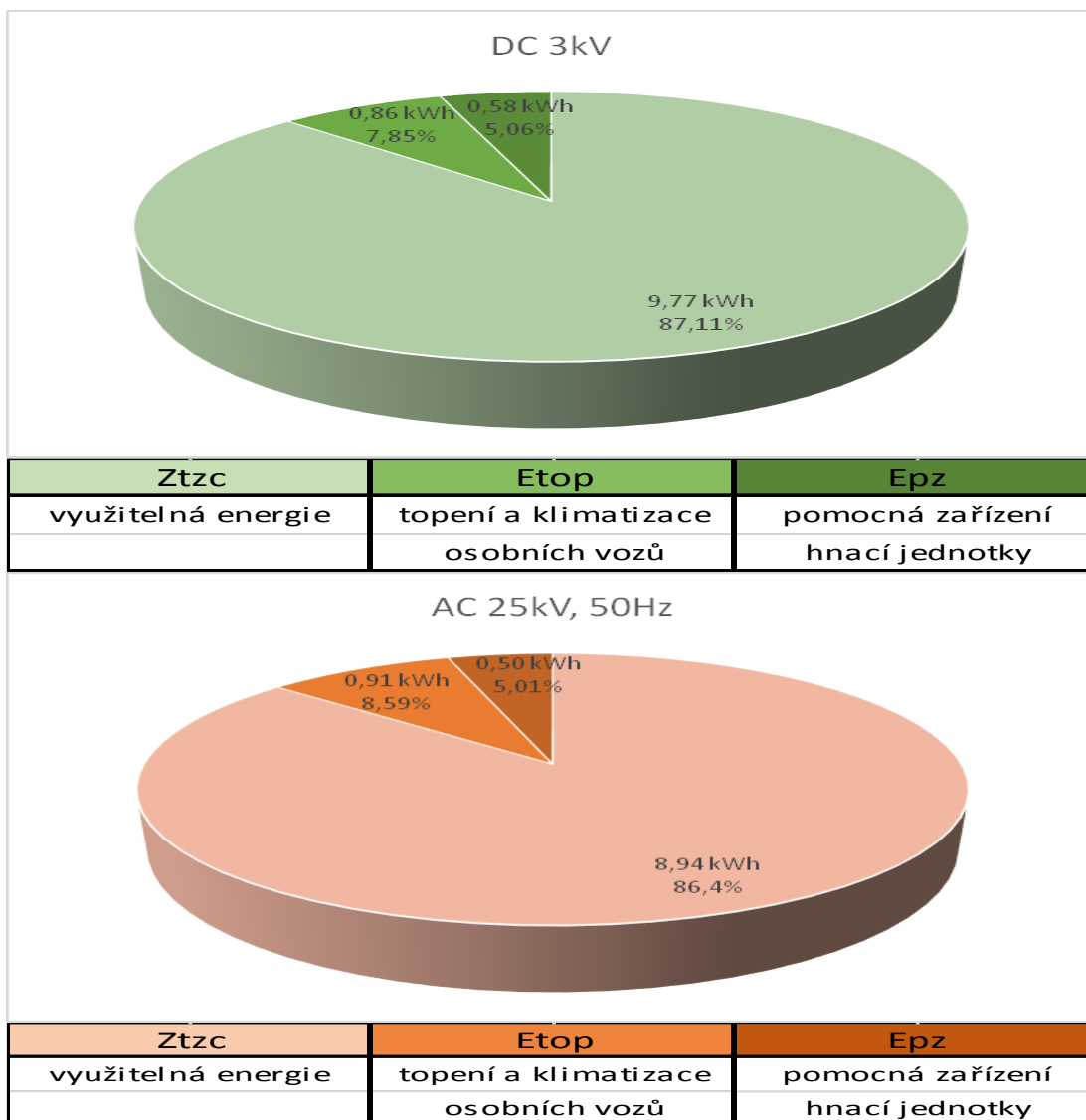


Zdroj: autor

Obr.7 Rozdělení střední rekuperované energie v obou směrech na jedno zastavení v kWh a %, na využitelnou a spotřebovanou, pro tratě k131 DC a k330 DC. (V po výběhu = 80% V traťová před zastavením.)

Na obr.7 je vidět zákonitý růst využitelné rekuperované energie a podílu této energie se stoupající rychlostí. (Průměrná rychlost po výběhu před zastavovacím brzděním činí na trati k131 DC 46,4 km/h a k330 DC 105,38 km/h.)

Nakonec, obr.8 demonstruje střední rekuperované energie na jedno zastavení v kWh a % pro všechny zkoumané tratě DC 3kV a AC 25kV 50Hz.



Zdroj: autor

Obr.8 Rozdělení střední rekuperované energie v obou směrech na jedno zastavení v **kWh** a %, na využitelnou a spotřebovanou, pro tratě napájené DC 3kV a AC 25kV 50.
(**V** po výběhu = 80% **V** traťová před zastavením.)

Celkové hodnoty rekuperované energie na jednotlivých tratích a pro jednotlivé vlaky a jejich rozdělení jsou obsaženy v tabulkách viz kapitola 10.

9. Závěr

Na závěr lze říci, že terénní konfigurace České republiky poskytuje vhodné podmínky pro využití spádové energie jedoucího vlaku a to zejména v nákladní dopravě [1], kapitola 4.1.

V osobní dopravě to bude zejména využití rekuperované energie při zastavení. Výpočty viz kapitola 4.2, výsledky viz kapitola 10 a shrnutí viz kapitola 8.

Širší využití rekuperované energie, vzhledem k rozdílným zájmům zúčastněných subjektů, však vyžaduje novelizaci odpovídající legislativy viz kapitola 7.1.

Hlavní přínos této práce spočívá v tom, že na základě sestavených rychlostních, staničních a sklonových poměrů elektrizovaných tratí ČD a programu na výpočet množství elektrické energie produkované rekuperačním brzděním při zastavení, lze stanovit celkovou energetickou úsporu a také její složky – spotřeba vlaku (spotřeba na pomocná zařízení hnacího vozidla, topení a klimatizace osobních vozů) a využitelnou energetickou úsporu (nabízenou do TNS) vybraných osobních zastávkových vlaků.

Taktéž je možno nakonfigurovat jakýkoliv jiný osobní vlak (soupravu), vybrat trať, zastávky a rychlosti, a následně stanovit množství rekuperované energie ze zastavení a určit její složky na spotřebu vlaku a využitelnou úsporu.

Na základě těchto zjištění lze pak rozhodnout o úseku, na který přednostně nasadit trakční vozidla schopná rekuperace brzdové energie a případně investovat do napájecí a rozvodné sítě.

10. Tabulky traťových mezistaničních úseků na elektrizovaných tratích ČR a energetická bilance z rekuperačního brzdění při zastavení

Výsledky obsažené v Tabulkách C a D jsou obsaženy v tabulkách v programu Microsoft Excel viz příloha - CD, Vysledky.xlsx.

Poznámka k Tabulkám C1, C2 a C3:

Jedná se o srovnávací tabulky jednotlivých vlaků a jednotek.

Obsahují celkové množství nabízené elektrické energie do TNS, rekuperované zastavovacím brzděním Z_{tzc} , pro všechny zkoumané vlaky, pro konkrétní trať, a to pro tři rozdílné rychlosti po výběhu. (70, 80 a 90% V_{max} - rychlost před výběhem dle TTP)

Tabulka C1 ... 70% V_{max} - rychlost před výběhem dle TTP

Tabulka C2 ... 80% V_{max} - rychlost před výběhem dle TTP

Tabulka C3 ... 90% V_{max} - rychlost před výběhem dle TTP

Poznámka k Tabulkám D1, až D9:

Tabulky obsahují seznam traťových úseků a množství nabízené elektrické energie do TNS rekuperované zastavovacím brzděním - Z_{tzc} a složky spotřeby vlaku na topení - E_{top} a pomocná zařízení vlaků - E_{pz} , pro všechny zkoumané vlaky, pro tři rozdílné rychlosti po výběhu (70, 80 a 90% V_{max} - rychlost před výběhem dle TTP)

Tabulka D1 ... lokomotivy řady 163 DC / 240 AC ... 70% V_{max}

Tabulka D2 ... lokomotiva řady 363 AC / DC ... 70% V_{max}

Tabulka D3 ... jednotky řady 471 DC / 560 AC ... 70% V_{max}

Tabulka D4 ... lokomotivy řady 163 DC / 240 AC ... 80% V_{max}

Tabulka D5 ... lokomotiva řady 363 AC / DC ... 80% V_{max}

Tabulka D6 ... jednotky řady 471 DC / 560 AC ... 80% V_{max}

Tabulka D7 ... lokomotivy řady 163 DC / 240 AC ... 90% V_{max}

Tabulka D8 ... lokomotiva řady 363 AC / DC ... 90% V_{max}

Tabulka D9 ... jednotky řady 471 DC / 560 AC ... 90% V_{max}

Tabulka C1 – Seznam traťových úseků a celkové množství využitelné rekuperované energie zastavovacím brzděním vybraných osobních vlaků a jednotek na sběrači.

Rychlost po výběhu = 70% Vmax					lokomotivy		lokomotiva		jednotky	
Elektrodynamicky se brzdí do 20 km/h					163 DC / 240 AC		363 AC/DC		471 DC /560 AC	
Č. tratě dle KJŘ	Traťový úsek	Počet zastavení		Délka tratě [km]	Z _{tzc} ↓ [kWh]	Z _{tzc} ↑ [kWh]	Z _{tzc} ↓ [kWh]	Z _{tzc} ↑ [kWh]	Z _{tzc} ↓ [kWh]	Z _{tzc} ↑ [kWh]
		↓	↑							
k10	Česká Třebová – Kolín	29	29	102	384,7	352,8	384,1	367,8	304,2	293,0
k11	Kolín – Praha hl.n.	18	18	57	197,9	203,2	197,3	211,0	156,4	167,3
k20-	Choceň – Velký Osek	25	25	96	159,6	146,6	158,8	145,6	125,2	115,4
k24	Lichkov – Ústí nad Orlicí	12	12	35	44,2	37,3	43,8	38,3	34,3	30,5
K31-	Pardubice hl.n.-Jaroměř	12	12	39	80,0	70,6	79,5	70,2	62,8	55,6
K60-	Nymburk hl.n.-Poříčany	5	5	16	31,0	27,7	30,8	27,5	24,3	21,7
K72-	Lysá n.L. - Ústí n.L.západ	20	20	96	154,3	164,8	153,6	164,1	121,5	129,9
K73-	Ústí Střekov–Děčín hl.n.	10	10	29	30,7	40,4	30,3	40,0	23,9	31,6
K90	Vraňany – Děčín hl.n.	30	30	89	317,2	321,5	316,3	333,3	250,6	264,1
K91	Praha Bubeneč – Vraňany	14	14	40	108,2	102,7	107,7	106,1	85,2	83,9
K98	Děčín hl.n. – St.hranice DB	6	6	11	51,4	50,4	51,2	52,1	40,5	41,2
K123-	Žatec západ – Most	10	10	34	33,4	33,1	33,1	32,7	26,1	25,9
K130-	Ústí n/L. hl.n. – Chomutov	18	18	66	90,9	96,7	90,1	96,1	71,4	75,7
K131-	Ústí n/L. hl.n. – Bílina	15	15	30	30,7	29,8	30,3	29,4	23,9	23,1
K134-	Oldřichov u Duchcova – Louka u Litvínova	4	4	13	4,8	5,5	4,7	5,4	3,7	4,2
K135-	Most – Louka u Litvínova	4	4	12	8,7	8,9	8,6	8,7	6,8	6,9
K140	Chomutov – Kadaň Pruneřov	2	2	13	15,9	15,4	15,8	15,3	12,4	12,1
K140	Kadaň Pruneřov – Cheb	22	22	98	100,3	100,9	99,4	100,1	120,8	121,1
K147/K148	Cheb – Vojtanov	4	4	15	9,7	9,6	9,6	9,5	11,7	11,6
k170(1)-	Beroun – 37,850	0	1	3	0,0	1,1	0,0	1,0	0,0	0,8
k170(1)-	37,850 – Plzeň hl.n.	18	17	67	115,5	108,1	114,6	107,2	138,9	130,4
K170(2)	Plzeň hl.n. - Cheb	27	27	106	184,6	190,6	182,9	189,7	222,7	229,6
K171	Praha hl.n. - Beroun	12	12	43	68,5	69,2	68,0	68,7	53,7	54,3
K183-	Plzeň hl.n. - Klatovy	15	15	48	58,5	59,3	58,1	58,8	70,6	71,3
K190-	Č.Budějovice – Plzeň hl.n.	38	38	136	244,8	261,8	242,6	259,6	295,1	314,8
K195-	Rybník – Lipno n/Vlt.	8	8	22	4,9	3,9	4,9	3,9	6,0	4,8
K196	H.Dvořiště – Č.Budějovice	14	14	57	60,4	52,7	59,9	52,2	72,4	63,9
K199-	Č.Velenice – Č. Budějovice	11	11	50	63,0	64,0	62,6	63,5	75,8	77,0
K202	Tábor - Bechyně	12	12	24	14,9	12,8	14,7	12,6	11,5	9,9
K220(1)-	Č.Budějovice – 71,150	15	16	56	97,8	106,3	97,0	105,3	117,7	128,0
K220(2)	71,150 – Tábor - 84,660	4	4	14	33,9	38,9	33,6	38,8	40,9	46,8
K220(3)-	84,660 – 130,894	10	10	46	54,8	56,4	54,4	55,9	65,9	68,0
K220(3)-	130,894 – Benešov u Prahy	1	0	4	15,1	0,0	15,1	0,0	12,0	0,0
K221(1)-	Benešov u Prahy – 149,597	2	3	15	6,8	14,4	6,8	14,2	5,4	11,3
K221(2)	149,597 – Praha H. Měcholupy – 175,400	9	9	26	85,0	76,7	84,7	79,3	67,0	62,8
K221(3)-	175,400 – Praha hl.n.	4	3	10	15,3	11,0	15,2	10,9	11,9	8,7

K225-	Veselí n/L.-Havl. Brod	32	32	118	88,0	93,3	87,2	92,6	106,3	112,1
K230-	Havlíčkův Brod – Kutná Hora hl.n.	16	16	63	78,6	68,8	78,0	68,1	94,3	83,1
K230-	Kutná Hora hl.n. - Kolín	2	2	11	16,2	15,0	16,1	14,9	12,7	11,9
K231-	Kolín – Praha Masarykovo n.	19	19	83	161,7	139,0	161,1	138,4	127,5	109,4
K232-	Lysá nad Labem - Milovice	1	1	6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3
K248	Šatov - Znojmo	3	3	11	8,0	10,1	7,9	10,1	9,6	12,2
K250-	Lanžhot-Havlíčkův Brod	47	47	201	432,6	448,2	428,6	444,2	520,4	537,9
K260	Brno hl.n. – Březová nad Svitavou	18	18	57	122,3	121,4	121,2	120,8	147,4	146,3
K260	Březová nad Svitavou – Česká Třebová	8	8	34	93,7	89,6	93,5	92,9	74,0	73,5
K270	Bohumín – Česká Třebová	37	37	200	462,1	491,6	461,0	510,5	366,4	404,1
K280-	Střelná – Hranice na Moravě	19	19	67	82,4	80,1	81,7	79,3	64,3	62,7
K291	Zábřeh na Moravě - Šumperk	4	4	13	20,9	22,2	20,7	22,8	16,6	17,9
K300-	Přerov – Nezamyslice	6	6	27	41,0	36,3	40,7	36,1	32,2	28,5
K300-	Nezamyslice – Brno hl. n.	13	13	61	67,9	74,9	67,4	74,3	81,8	90,1
K301-	Olomouc hl.n. - Nezamyslice	13	13	39	78,8	79,9	78,3	79,5	62,0	62,6
K320-	Mosty u Jabl. - Bohumín	17	17	59	110,2	88,3	109,7	87,7	86,6	69,5
K321-	Č. Těšín – Opava východ	19	19	70	109,6	110,8	108,9	110,1	86,0	87,1
K330	Přerov - Nedakonice	13	13	48	189,7	178,8	189,4	185,9	150,4	147,4
K330	Nedakonice - Břeclav	10	10	52	147,2	158,5	145,7	158,0	177,0	191,4
Σ		Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
55	Všechny tratě	757	757	2838	5289,8	5253,5	5258,6	5302,8	4989,8	5046,3
35	DC 3kV	420	420	1536	3302,3	3213,1	3288,4	3277,5	2603,1	2595,9
18	AC25kV, 50Hz	322	322	1267	1964,7	2017,5	1947,6	2002,7	2365,6	2428,2
1	DC 1,5kV	12	12	24	14,9	12,8	14,7	12,6	11,5	9,9
1	AC 15kV, 16 2/3Hz	3	3	11	8,0	10,1	7,9	10,1	9,6	12,2

Vysvětlivky k tabulce:

V_{max} rychlost před výběhem dle TTP

Z_{tzc} celková rekuperovaná energie zastavovacího brzdění, zmenšená o spotřebu ve vlaku, a nabízená pro spotřebu v trakční síti

↓pohyb vlaků ve směru nominálním

↑pohyb vlaků v opačném směru

Σ součet řádků nebo hodnot ve sloupci nad sumou

Tabulka C2 – Seznam traťových úseků a celkové množství využitelné rekuperované energie zastavovacím brzděním vybraných osobních vlaků a jednotek na sběrači.

Rychlost po výběhu = 80% Vmax					lokomotivy		lokomotiva		jednotky	
Elektrodynamicky se brzdí do 20 km/h					163 DC / 240 AC		363 AC/DC		471 DC /560 AC	
Č. tratě dle KJŘ	Traťový úsek	Počet zastavení		Délka tratě [km]	Z _{tzc} ↓ [kWh]	Z _{tzc} ↑ [kWh]	Z _{tzc} ↓ [kWh]	Z _{tzc} ↑ [kWh]	Z _{tzc} ↓ [kWh]	Z _{tzc} ↑ [kWh]
		↓	↑							
k10	Česká Třebová – Kolín	29	29	102	511,5	466,8	511,4	489,2	405,9	390,8
k11	Kolín – Praha hl.n.	18	18	57	264,2	270,2	263,9	281,7	209,5	223,8
k20-	Choceň – Velký Osek	25	25	96	216,6	199,2	215,8	198,3	170,3	157,2
k24	Lichkov – Ústí nad Orlicí	12	12	35	61,3	51,8	60,9	53,4	47,8	42,5
K31-	Pardubice hl.n.-Jaroměř	12	12	39	108,3	95,9	107,9	95,5	85,3	75,7
K60-	Nymburk hl.n.-Poříčany	5	5	16	42,1	37,7	41,9	37,5	33,1	29,7
K72-	Lysá n.L. - Ústí n.L.západ	20	20	96	208,1	221,8	207,5	221,2	164,3	175,4
K73-	Ústí Sřtekov–Děčín hl.n.	10	10	29	42,8	55,7	42,4	55,3	33,5	43,7
K90	Vraňany – Děčín hl.n.	30	30	89	424,1	428,2	423,4	445,8	336,1	353,9
K91	Praha Bubeneč – Vraňany	14	14	40	145,9	138,3	145,4	143,3	115,2	113,5
K98	Děčín hl.n. – St.hranice DB	6	6	11	69,2	67,6	69,0	70,2	54,7	55,6
K123-	Žatec západ – Most	10	10	34	46,5	45,9	46,1	45,6	36,4	36,0
K130-	Ústí n/L. hl.n. – Chomutov	18	18	66	124,1	132,0	123,4	131,4	97,9	103,6
K131-	Ústí n/L. hl.n. – Bílina	15	15	30	43,9	42,7	43,4	42,2	34,3	33,3
K134-	Oldřichov u Duchcova – Louka u Litvínova	4	4	13	7,2	8,2	7,0	8,1	5,6	6,3
K135-	Most – Louka u Litvínova	4	4	12	12,4	12,6	12,3	12,5	9,7	9,8
K140	Chomutov – Kadaň Pruneřov	2	2	13	21,4	20,8	21,3	20,7	16,8	16,4
K140	Kadaň Pruneřov – Cheb	22	22	98	137,7	138,8	136,6	137,7	165,9	166,4
K147/K148	Cheb – Vojtanov	4	4	15	13,7	13,6	13,5	13,5	16,5	16,4
k170(1)-	Beroun – 37,850	0	1	3	0,0	1,6	0,0	1,6	0,0	1,2
k170(1)-	37,850 – Plzeň hl.n.	18	17	67	156,9	146,9	155,6	145,5	188,7	177,0
K170(2)	Plzeň hl.n. - Cheb	27	27	106	250,0	258,0	247,5	256,9	301,3	310,8
K171	Praha hl.n. - Beroun	12	12	43	93,2	94,2	92,7	93,7	73,3	74,1
K183-	Plzeň hl.n. - Klatovy	15	15	48	81,0	82,0	80,3	81,4	97,6	98,6
K190-	Č.Budějovice – Plzeň hl.n.	38	38	136	332,3	354,9	329,3	351,8	400,3	426,5
K195-	Rybník – Lipno n/Vlt.	8	8	22	8,0	6,7	7,9	6,6	9,7	8,2
K196	H.Dvořiště – Č.Budějovice	14	14	57	83,3	72,7	82,7	72,2	99,9	88,3
K199-	Č.Velenice – Č. Budějovice	11	11	50	85,9	87,3	85,2	86,6	103,1	104,8
K202	Tábor - Bechyně	12	12	24	22,2	19,4	21,9	19,1	17,3	15,0
K220(1)-	Č.Budějovice – 71,150	15	16	56	132,8	144,1	131,6	142,9	159,6	173,5
K220(2)	71,150 – Tábor - 84,660	4	4	14	45,6	52,2	45,1	52,0	55,0	62,7
K220(3)-	84,660 – 130,894	10	10	46	74,9	76,9	74,3	76,2	90,0	92,6
K220(3)-	130,894 – Benešov u Prahy	1	0	4	15,1	0,0	15,1	0,0	12,0	0,0
K221(1)-	Benešov u Prahy – 149,597	2	3	15	9,4	19,7	9,4	19,6	7,4	15,5
K221(2)	149,597 – Praha H. Měcholupy – 175,400	9	9	26	114,1	102,8	113,8	106,7	90,2	84,6
K221(3)-	175,400 – Praha hl.n.	4	3	10	21,2	15,2	21,0	15,0	16,5	12,0

K225-	Veselí n/L.-Havl. Brod	32	32	118	123,7	131,0	122,6	130,1	149,3	157,5
K230-	Havlíčkův Brod – Kutná Hora hl.n.	16	16	63	107,8	94,6	106,9	93,7	129,3	114,2
K230-	Kutná Hora hl.n. - Kolín	2	2	11	21,7	20,2	21,7	20,1	17,2	16,0
K231-	Kolín – Praha Masarykovo n.	19	19	83	217,5	187,7	216,9	187,1	171,9	148,2
K232-	Lysá nad Labem - Milovice	1	1	6	2,5	2,5	2,4	2,4	1,9	1,9
K248	Šatov - Znojmo	3	3	11	11,1	14,1	11,0	14,0	13,4	17,0
K250-	Lanžhot-Havlíčkův Brod	47	47	201	580,9	601,5	575,2	595,9	698,3	721,4
K260	Brno hl.n. – Březová nad Svitavou	18	18	57	165,6	164,4	164,1	163,7	199,6	198,2
K260	Březová nad Svitavou – Česká Třebová	8	8	34	125,1	119,2	125,0	124,1	99,1	98,4
K270	Bohumín – Česká Třebová	37	37	200	615,2	651,4	614,6	679,6	489,5	539,1
K280-	Střelná – Hranice na Moravě	19	19	67	113,4	110,2	112,7	109,4	88,8	86,6
K291	Zábřeh na Moravě - Šumperk	4	4	13	28,5	30,1	28,3	31,0	22,6	24,4
K300-	Přerov – Nezamyslice	6	6	27	55,5	49,2	55,2	49,1	43,8	38,8
K300-	Nezamyslice – Brno hl. n.	13	13	61	92,9	102,1	92,1	101,2	111,7	122,7
K301-	Olomouc hl.n. - Nezamyslice	13	13	39	107,1	108,6	106,5	108,1	84,5	85,3
K320-	Mosty u Jabl. - Bohumín	17	17	59	149,2	120,2	148,7	119,6	117,6	94,9
K321-	Č. Těšín – Opava východ	19	19	70	149,1	150,7	148,4	150,0	117,4	118,8
K330	Přerov - Nedakonice	13	13	48	252,0	236,7	251,9	247,3	200,4	196,5
K330	Nedakonice - Břeclav	10	10	52	195,7	210,0	193,6	209,7	235,1	254,0
	Σ		Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
55	Všechny tratě	757	757	2838	7141,1	7086,9	7104,6	7166,8	6752,1	6829,8
35	DC 3kV	420	420	1536	4439,3	4315,8	4427,4	4416,3	3510,5	3503,9
18	AC25kV, 50Hz	322	322	1267	2668,5	2737,6	2644,2	2717,5	3210,9	3293,9
1	DC 1,5kV	12	12	24	22,2	19,4	21,9	19,1	17,3	15,0
1	AC 15kV, 16 2/3Hz	3	3	11	11,1	14,1	11,0	14,0	13,4	17,0

Vysvětlivky k tabulce:

V_{max} rychlost před výběhem dle TTP

Z_{tzc} celková rekuperovaná energie zastavovacího brzdění, zmenšená o spotřebu ve vlaku, a nabízená pro spotřebu v trakční síti

↓pohyb vlaků ve směru nominálním

↑pohyb vlaků v opačném směru

Σ součet řádků nebo hodnot ve sloupci nad sumou

Tabulka C3 – Seznam traťových úseků a celkové množství využitelné rekuperované energie zastavovacím brzděním vybraných osobních vlaků a jednotek na sběrači.

Rychlost po výběhu = 90% Vmax					lokomotivy		lokomotiva		jednotky	
Elektrodynamicky se brzdí do 20 km/h					163 DC / 240 AC		363 AC/DC		471 DC /560 AC	
Č. tratě dle KJŘ	Traťový úsek	Počet zastavení		Délka tratě [km]	Z _{tzc} ↓ [kWh]	Z _{tzc} ↑ [kWh]	Z _{tzc} ↓ [kWh]	Z _{tzc} ↑ [kWh]	Z _{tzc} ↓ [kWh]	Z _{tzc} ↑ [kWh]
		↓	↑							
k10	Česká Třebová – Kolín	29	29	102	654,0	593,2	654,4	625,5	520,8	501,1
k11	Kolín – Praha hl.n.	18	18	57	339,0	345,0	339,0	361,4	269,8	287,9
k20-	Choceň – Velký Osek	25	25	96	281,4	259,2	280,7	258,3	221,9	205,1
k24	Lichkov – Ústí nad Orlicí	12	12	35	80,9	68,5	80,5	70,7	63,2	56,4
K31-	Pardubice hl.n.-Jaroměř	12	12	39	140,6	124,7	140,3	124,3	111,0	98,7
K60-	Nymburk hl.n.-Poříčany	5	5	16	54,7	49,1	54,5	48,9	43,2	38,8
K72-	Lysá n.L. - Ústí n.L.západ	20	20	96	269,0	286,4	268,6	286,0	213,0	227,1
K73-	Ústí Střekov–Děčín hl.n.	10	10	29	56,7	73,2	56,3	72,8	44,5	57,6
K90	Vraňany – Děčín hl.n.	30	30	89	544,7	547,8	544,4	572,9	433,1	455,8
K91	Praha Bubeneč – Vraňany	14	14	40	188,7	178,5	188,4	185,6	149,4	147,2
K98	Děčín hl.n. – St.hranice DB	6	6	11	89,2	87,0	89,1	90,6	70,7	71,9
K123-	Žatec západ – Most	10	10	34	61,5	60,7	61,1	60,3	48,2	47,8
K130-	Ústí n/L. hl.n. – Chomutov	18	18	66	162,0	172,3	161,3	171,7	128,1	135,5
K131-	Ústí n/L. hl.n. – Bílina	15	15	30	59,2	57,6	58,6	57,1	46,3	45,0
K134-	Oldřichov u Duchcova – Louka u Litvínova	4	4	13	9,9	11,3	9,7	11,2	7,7	8,8
K135-	Most – Louka u Litvínova	4	4	12	16,7	17,0	16,6	16,8	13,1	13,2
K140	Chomutov – Kadaň Pruneřov	2	2	13	27,7	26,9	27,6	26,9	21,9	21,3
K140	Kadaň Pruneřov – Cheb	22	22	98	180,6	182,0	179,0	180,6	217,4	218,2
K147/K148	Cheb – Vojtanov	4	4	15	18,2	18,1	18,0	18,0	21,9	21,9
k170(1)-	Beroun – 37,850	0	1	3	0,0	2,2	0,0	2,2	0,0	1,7
k170(1)-	37,850 – Plzeň hl.n.	18	17	67	204,1	191,0	202,3	189,2	245,2	230,1
K170(2)	Plzeň hl.n. - Cheb	27	27	106	324,3	334,4	321,0	333,3	390,7	403,1
K171	Praha hl.n. - Beroun	12	12	43	121,3	122,6	120,9	122,2	95,8	96,8
K183-	Plzeň hl.n. - Klatovy	15	15	48	106,7	108,1	105,8	107,2	128,4	129,9
K190-	Č.Budějovice – Plzeň hl.n.	38	38	136	432,1	460,9	428,0	456,8	520,1	553,5
K195-	Rybník – Lipno n/Vlt.	8	8	22	11,5	9,9	11,4	9,8	14,0	12,1
K196	H.Dvořiště – Č.Budějovice	14	14	57	109,6	95,7	108,8	95,1	131,3	116,2
K199-	Č.Velenice – Č. Budějovice	11	11	50	112,0	113,8	111,0	112,8	134,4	136,5
K202	Tábor - Bechyně	12	12	24	30,7	27,0	30,3	26,6	23,9	21,0
K220(1)-	Č.Budějovice – 71,150	15	16	56	172,6	187,3	171,0	185,5	207,4	225,2
K220(2)	71,150 – Tábor - 84,660	4	4	14	58,8	67,1	58,2	67,0	70,8	80,8
K220(3)-	84,660 – 130,894	10	10	46	97,9	100,2	97,1	99,3	117,5	120,7
K220(3)-	130,894 – Benešov u Prahy	1	0	4	15,1	0,0	15,1	0,0	12,0	0,0
K221(1)-	Benešov u Prahy – 149,597	2	3	15	12,4	25,8	12,3	25,7	9,8	20,4
K221(2)	149,597 – Praha H. Měcholupy – 175,400	9	9	26	146,9	132,3	146,8	137,8	116,5	109,4
K221(3)-	175,400 – Praha hl.n.	4	3	10	27,9	20,0	27,8	19,8	21,8	15,9

K225-	Veselí n/L.-Havl. Brod	32	32	118	164,7	174,4	163,3	173,1	198,8	209,5
K230-	Havlíčkův Brod – Kutná Hora hl.n.	16	16	63	141,1	124,1	140,0	122,9	169,3	149,8
K230-	Kutná Hora hl.n. - Kolín	2	2	11	28,1	26,1	28,0	26,0	22,3	20,8
K231-	Kolín – Praha Masarykovo n.	19	19	83	280,6	242,9	280,3	242,4	222,5	192,3
K232-	Lysá nad Labem - Milovice	1	1	6	3,4	3,4	3,3	3,3	2,6	2,6
K248	Šatov - Znojmo	3	3	11	14,8	18,6	14,7	18,5	17,8	22,5
K250-	Lanžhot-Havlíčkův Brod	47	47	201	748,8	775,1	741,0	767,3	899,7	929,0
K260	Brno hl.n. – Březová nad Svitavou	18	18	57	215,0	213,3	212,9	212,5	258,9	257,3
K260	Březová nad Svitavou – Česká Třebová	8	8	34	160,6	152,4	160,5	159,4	127,5	126,7
K270	Bohumín – Česká Třebová	37	37	200	787,5	829,6	787,5	869,9	628,9	691,8
K280-	Střelná – Hranice na Moravě	19	19	67	148,9	144,7	148,2	143,9	116,9	114,0
K291	Zábřeh na Moravě - Šumperk	4	4	13	37,0	39,1	36,9	40,5	29,5	31,8
K300-	Přerov – Nezamyslice	6	6	27	71,9	64,0	71,8	63,9	56,9	50,5
K300-	Nezamyslice – Brno hl. n.	13	13	61	121,3	133,1	120,3	131,9	145,9	159,9
K301-	Olomouc hl.n. - Nezamyslice	13	13	39	139,2	141,2	138,8	140,8	110,2	111,3
K320-	Mosty u Jabl. - Bohumín	17	17	59	193,4	156,4	193,0	155,9	152,9	123,9
K321-	Č. Těšín – Opava východ	19	19	70	194,1	196,2	193,5	195,5	153,2	155,0
K330	Přerov - Nedakonice	13	13	48	321,9	301,2	322,1	316,3	257,0	252,0
K330	Nedakonice - Břeclav	10	10	52	250,3	267,7	247,3	267,7	300,6	324,5
	Σ		Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
55	Všechny tratě	757	757	2838	9241,5	9160,3	9199,4	9281,5	8756,3	8857,8
35	DC 3kV	420	420	1536	5726,4	5558,2	5718,0	5706,2	4542,3	4536,1
18	AC25kV, 50Hz	322	322	1267	3469,7	3556,5	3436,4	3530,1	4172,3	4278,3
1	DC 1,5kV	12	12	24	30,7	27,0	30,3	26,6	23,9	21,0
1	AC 15kV, 16 2/3Hz	3	3	11	14,8	18,6	14,7	18,5	17,8	22,5

Vysvětlivky k tabulce:

V_{max} rychlost před výběhem dle TTP

Z_{tzc} celková rekuperovaná energie zastavovacího brzdění, zmenšená o spotřebu ve vlaku, a nabízená pro spotřebu v trakční síti

↓pohyb vlaků ve směru nominálním

↑pohyb vlaků v opačném směru

Σsoučet řádků nebo hodnot ve sloupci nad sumou

Tabulka D1 – Seznam traťových úseků a množství využitelné rekuperované energie zastavovacím brzděním v TNS a množství využití rekuperované energie na topení osobních vozů a pomocná zařízení lokomotiv řady 163 DC / 240 AC.

Rychlost po výběhu = 70% V_{max}					lokomotivy					
Elektrodynamicky se brzdí do 20 km/h					163 DC / 240 AC					
Č. tratě dle KJŘ	Traťový úsek	Počet zastavení		Délka tratě [km]	Z_{tzc}	Z_{tzc}	E_{top}	E_{top}	E_{pz}	E_{pz}
		↓	↑		↓ [kWh]	↑ [kWh]	↓ [kWh]	↑ [kWh]	↓ [kWh]	↑ [kWh]
k10	Česká Třebová – Kolín	29	29	102	384,7	352,8	27,3	27,2	20,5	20,5
k11	Kolín – Praha hl.n.	18	18	57	197,9	203,2	15,4	16,2	11,6	12,2
k20-	Choceň – Velký Osek	25	25	96	159,6	146,6	15,2	15,0	11,4	11,3
k24	Lichkov – Ústí nad Orlicí	12	12	35	44,2	37,3	5,0	5,2	3,8	3,9
K31-	Pardubice hl.n.-Jaroměř	12	12	39	80,0	70,6	7,6	7,0	5,7	5,2
K60-	Nymburk hl.n.-Poříčany	5	5	16	31,0	27,7	3,1	2,8	2,3	2,1
K72-	Lysá n.L. - Ústí n.L.západ	20	20	96	154,3	164,8	13,7	14,6	10,3	11,0
K73-	Ústí Střekov–Děčín hl.n.	10	10	29	30,7	40,4	3,8	4,6	2,9	3,5
K90	Vraňany – Děčín hl.n.	30	30	89	317,2	321,5	25,2	26,2	18,9	19,7
K91	Praha Bubeneč – Vraňany	14	14	40	108,2	102,7	9,9	9,7	7,4	7,3
K98	Děčín hl.n. – St.hranice DB	6	6	11	51,4	50,4	4,5	4,5	3,4	3,4
K123-	Žatec západ – Most	10	10	34	33,4	33,1	4,0	4,1	3,0	3,1
K130-	Ústí n/L. hl.n. – Chomutov	18	18	66	90,9	96,7	10,0	9,8	7,5	7,3
K131-	Ústí n/L. hl.n. – Bílina	15	15	30	30,7	29,8	4,5	4,3	3,4	3,2
K134-	Oldřichov u Duchcova – Louka u Litvínova	4	4	13	4,8	5,5	0,9	0,9	0,6	0,6
K135-	Most – Louka u Litvínova	4	4	12	8,7	8,9	1,3	1,3	0,9	0,9
K140	Chomutov – Kadaň Pruneřov	2	2	13	15,9	15,4	1,4	1,4	1,1	1,1
K140	Kadaň Pruneřov – Cheb	22	22	98	100,3	100,9	11,1	10,9	9,2	9,0
K147/148	Cheb – Vojtanov	4	4	15	9,7	9,6	1,3	1,3	1,0	1,0
k170(1)-	Beroun – 37,850	0	1	3	0,0	1,1	0,0	0,2	0,0	0,2
k170(1)-	37,850 – Plzeň hl.n.	18	17	67	115,5	108,1	11,1	10,9	9,2	9,1
K170(2)	Plzeň hl.n. - Cheb	27	27	106	184,6	190,6	17,9	17,2	14,9	14,3
K171	Praha hl.n. - Beroun	12	12	43	68,5	69,2	6,9	7,0	5,2	5,3
K183-	Plzeň hl.n. - Klatovy	15	15	48	58,5	59,3	6,9	6,7	5,7	5,6
K190-	Č.Budějovice – Plzeň hl.n.	38	38	136	244,8	261,8	24,2	24,8	20,1	20,6
K195-	Rybník – Lipno n/Vlt.	8	8	22	4,9	3,9	0,9	0,9	0,8	0,8
K196	H.Dvořiště – Č.Budějovice	14	14	57	60,4	52,7	6,5	6,7	5,4	5,5
K199-	Č.Velenice – Č. Budějovice	11	11	50	63,0	64,0	6,4	6,3	5,4	5,2
K202	Tábor - Bechyně	12	12	24	14,9	12,8	2,4	2,1	1,8	1,6
K220(1)-	Č.Budějovice – 71,150	15	16	56	97,8	106,3	9,4	10,3	7,8	8,6
K220(2)	71,150 – Tábor - 84,660	4	4	14	33,9	38,9	3,0	3,0	2,5	2,5
K220(3)-	84,660 – 130,894	10	10	46	54,8	56,4	5,6	5,8	4,7	4,9
K220(3)-	130,894 – Benešov u Prahy	1	0	4	15,1	0,0	1,1	0,0	0,8	0,0
K221(1)-	Benešov u Prahy – 149,597	2	3	15	6,8	14,4	0,9	1,6	0,7	1,2
K221(2)	149,597 – Praha H. Měcholupy – 175,400	9	9	26	85,0	76,7	7,2	6,9	5,4	5,2
K221(3)-	175,400 – Praha hl.n.	4	3	10	15,3	11,0	1,6	1,4	1,2	1,1

K225-	Veselí n/L.-Havl. Brod	32	32	118	88,0	93,3	11,8	11,6	9,8	9,7
K230-	Havlíčkův Brod – Kutná Hora hl.n.	16	16	63	78,6	68,8	8,1	7,9	6,8	6,6
K230-	Kutná Hora hl.n. - Kolín	2	2	11	16,2	15,0	1,4	1,4	1,1	1,1
K231-	Kolín – Praha Masarykovo n.	19	19	83	161,7	139,0	14,1	12,7	10,6	9,6
K232-	Lysá nad Labem - Milovice	1	1	6	1,7	1,7	0,3	0,3	0,2	0,2
K248	Šatov - Znojmo	3	3	11	8,0	10,1	1,0	1,2	0,8	1,0
K250-	Lanžhot-Havlíčkův Brod	47	47	201	432,6	448,2	36,4	36,3	30,2	30,2
K260	Brno hl.n. – Březová nad Svitavou	18	18	57	122,3	121,4	11,8	11,2	9,8	9,3
K260	Březová nad Svitavou – Česká Třebová	8	8	34	93,7	89,6	7,2	7,1	5,4	5,3
K270	Bohumín – Česká Třebová	37	37	200	462,1	491,6	35,0	36,3	26,3	27,3
K280-	Střelná – Hranice na Moravě	19	19	67	82,4	80,1	9,2	9,4	6,9	7,0
K291	Zábřeh na Moravě - Šumperk	4	4	13	20,9	22,2	2,4	2,2	1,8	1,6
K300-	Přerov – Nezamyslice	6	6	27	41,0	36,3	4,0	3,5	3,0	2,6
K300-	Nezamyslice – Brno hl. n.	13	13	61	67,9	74,9	7,0	7,7	5,9	6,4
K301-	Olomouc hl.n. - Nezamyslice	13	13	39	78,8	79,9	8,1	7,7	6,1	5,8
K320-	Mosty u Jabl. - Bohumín	17	17	59	110,2	88,3	10,1	9,0	7,6	6,8
K321-	Č. Těšín – Opava východ	19	19	70	109,6	110,8	11,1	11,4	8,4	8,6
K330	Přerov - Nedakonice	13	13	48	189,7	178,8	13,6	13,2	10,3	9,9
K330	Nedakonice - Břeclav	10	10	52	147,2	158,5	10,5	10,8	8,7	9,0
Σ		Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
55	Všechny tratě	757	757	2838	5289,8	5253,5	480,3	480,0	376,1	375,9
35	DC 3kV	420	420	1536	3302,3	3213,1	286,9	286,4	215,6	215,2
18	AC25kV, 50Hz	322	322	1267	1964,7	2017,5	190,0	190,3	157,9	158,2
1	DC 1,5kV	12	12	24	14,9	12,8	2,4	2,1	1,8	1,6
1	AC 15kV, 16 2/3Hz	3	3	11	8,0	10,1	1,0	1,2	0,8	1,0

Vysvětlivky k tabulce:

V_{max} rychlost před výběhem dle TTP

Z_{tzc} celková rekuperovaná energie zastavovacího brzdění, zmenšená o spotřebu ve vlaku, a nabízená pro spotřebu v trakční síti

E_{top} spotřeba energie pro vytápění a klimatizaci osobních vozů

E_{pz} spotřeba energie pomocných zařízení hnacího vozidla

↓pohyb vlaků ve směru nominálním

↑pohyb vlaků v opačném směru

Σ součet řádků nebo hodnot ve sloupci nad sumou

Tabulka D2 – Seznam traťových úseků a množství využitelné rekuperované energie zastavovacím brzděním v TNS a množství využití rekuperované energie na topení osobních vozů a pomocná zařízení lokomotivy řady 363 AC/DC.

Rychlost po výběhu = 70% V_{max}					lokomotivy					
Elektrodynamicky se brzdí do 20 km/h					363 AC / DC					
Č. tratě dle KJŘ	Traťový úsek	Počet zastavení		Délka tratě [km]	Z_{tzc}	Z_{tzc}	E_{top}	E_{top}	E_{pz}	E_{pz}
		↓	↑		↓ [kWh]	↑ [kWh]	↓ [kWh]	↑ [kWh]	↓ [kWh]	↑ [kWh]
k10	Česká Třebová – Kolín	29	29	102	384,1	367,8	27,3	27,2	25,6	25,6
k11	Kolín – Praha hl.n.	18	18	57	197,3	211,0	15,4	16,2	14,5	15,2
k20-	Choceň – Velký Osek	25	25	96	158,8	145,6	15,2	15,0	14,3	14,1
k24	Lichkov – Ústí nad Orlicí	12	12	35	43,8	38,3	5,0	5,2	4,7	4,9
K31-	Pardubice hl.n.-Jaroměř	12	12	39	79,5	70,2	7,6	7,0	7,1	6,6
K60-	Nymburk hl.n.-Poříčany	5	5	16	30,8	27,5	3,1	2,8	2,9	2,6
K72-	Lysá n.L. - Ústí n.L.západ	20	20	96	153,6	164,1	13,7	14,6	12,9	13,8
K73-	Ústí Střekov–Děčín hl.n.	10	10	29	30,3	40,0	3,8	4,6	1,7	2,0
K90	Vraňany – Děčín hl.n.	30	30	89	316,3	333,3	25,2	26,2	23,7	24,7
K91	Praha Bubeneč – Vraňany	14	14	40	107,7	106,1	9,9	9,7	9,3	9,1
K98	Děčín hl.n. – St.hranice DB	6	6	11	51,2	52,1	4,5	4,5	4,2	4,3
K123-	Žatec západ – Most	10	10	34	33,1	32,7	4,0	4,1	3,8	3,9
K130-	Ústí n/L. hl.n. – Chomutov	18	18	66	90,1	96,1	10,0	9,8	9,4	9,2
K131-	Ústí n/L. hl.n. – Bílina	15	15	30	30,3	29,4	4,5	4,3	4,2	4,1
K134-	Oldřichov u Duchcova – Louka u Litvínova	4	4	13	4,7	5,4	0,9	0,9	0,8	0,8
K135-	Most – Louka u Litvínova	4	4	12	8,6	8,7	1,3	1,3	1,2	1,2
K140	Chomutov – Kadaň Pruneřov	2	2	13	15,8	15,3	1,7	1,7	0,6	0,6
K140	Kadaň Pruneřov – Cheb	22	22	98	99,4	100,1	11,1	10,9	9,2	9,0
K147/148	Cheb – Vojtanov	4	4	15	9,6	9,5	1,3	1,3	1,0	1,0
k170(1)-	Beroun – 37,850	0	1	3	0,0	1,0	0,0	0,2	0,0	0,2
k170(1)-	37,850 – Plzeň hl.n.	18	17	67	114,6	107,2	11,1	10,9	9,2	9,0
K170(2)	Plzeň hl.n. - Cheb	27	27	106	182,9	189,7	17,9	17,2	14,8	14,2
K171	Praha hl.n. - Beroun	12	12	43	68,0	68,7	6,9	7,0	6,5	6,6
K183-	Plzeň hl.n. - Klatovy	15	15	48	58,1	58,8	6,9	6,7	5,7	5,5
K190-	Č.Budějovice – Plzeň hl.n.	38	38	136	242,6	259,6	24,2	24,8	20,0	20,4
K195-	Rybník – Lipno n/Vlt.	8	8	22	4,9	3,9	0,9	0,9	0,8	0,8
K196	H.Dvořiště – Č.Budějovice	14	14	57	59,9	52,2	6,5	6,7	5,4	5,5
K199-	Č.Velenice – Č. Budějovice	11	11	50	62,6	63,5	6,4	6,3	5,3	5,2
K202	Tábor - Bechyně	12	12	24	14,7	12,6	2,4	2,1	2,2	1,9
K220(1)-	Č.Budějovice – 71,150	15	16	56	97,0	105,3	9,4	10,3	7,8	8,5
K220(2)	71,150 – Tábor - 84,660	4	4	14	33,6	38,8	3,0	3,0	2,5	2,5
K220(3)-	84,660 – 130,894	10	10	46	54,4	55,9	5,6	5,8	4,6	4,8
K220(3)-	130,894 – Benešov u Prahy	1	0	4	15,1	0,0	1,1	0,0	1,0	0,0
K221(1)-	Benešov u Prahy – 149,597	2	3	15	6,8	14,2	0,9	1,6	0,8	1,5
K221(2)	149,597 – Praha H. Měcholupy – 175,400	9	9	26	84,7	79,3	7,2	6,9	6,7	6,5
K221(3)-	175,400 – Praha hl.n.	4	3	10	15,2	10,9	1,6	1,4	1,5	1,4

K225-	Veselí n/L.-Havl. Brod	32	32	118	87,2	92,6	11,8	11,6	9,8	9,6
K230-	Havlíčkův Brod – Kutná Hora hl.n.	16	16	63	78,0	68,1	8,1	7,9	6,7	6,6
K230-	Kutná Hora hl.n. - Kolín	2	2	11	16,1	14,9	1,4	1,4	1,3	1,3
K231-	Kolín – Praha Masarykovo n.	19	19	83	161,1	138,4	14,1	12,7	13,2	12,0
K232-	Lysá nad Labem - Milovice	1	1	6	1,7	1,7	0,3	0,3	0,2	0,2
K248	Šatov - Znojmo	3	3	11	7,9	10,1	1,0	1,2	0,8	1,0
K250-	Lanžhot-Havlíčkův Brod	47	47	201	428,6	444,2	36,4	36,3	30,0	30,0
K260	Brno hl.n. – Březová nad Svitavou	18	18	57	121,2	120,8	11,8	11,2	9,8	9,2
K260	Březová nad Svitavou – Česká Třebová	8	8	34	93,5	92,9	7,2	7,1	6,8	6,7
K270	Bohumín – Česká Třebová	37	37	200	461,0	510,5	35,0	36,3	32,9	34,1
K280-	Střelná – Hranice na Moravě	19	19	67	81,7	79,3	9,2	9,4	8,6	8,8
K291	Zábřeh na Moravě - Šumperk	4	4	13	20,7	22,8	2,4	2,2	2,2	2,0
K300-	Přerov – Nezamyslice	6	6	27	40,7	36,1	4,0	3,5	3,7	3,3
K300-	Nezamyslice – Brno hl. n.	13	13	61	67,4	74,3	7,0	7,7	5,8	6,4
K301-	Olomouc hl.n. - Nezamyslice	13	13	39	78,3	79,5	8,1	7,7	7,6	7,3
K320-	Mosty u Jabl. - Bohumín	17	17	59	109,7	87,7	10,1	9,0	9,4	8,5
K321-	Č. Těšín – Opava východ	19	19	70	108,9	110,1	11,1	11,4	10,5	10,7
K330	Přerov - Nedakonice	13	13	48	189,4	185,9	13,6	13,2	12,8	12,4
K330	Nedakonice - Břeclav	10	10	52	145,7	158,0	10,5	10,8	8,7	8,9
Σ		Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
55	Všechny tratě	757	757	2838	5258,6	5302,8	480,5	480,2	426,7	426,0
35	DC 3kV	420	420	1536	3288,4	3277,5	287,1	286,6	266,8	265,9
18	AC25kV, 50Hz	322	322	1267	1947,6	2002,7	190,0	190,3	156,9	157,1
1	DC 1,5kV	12	12	24	14,7	12,6	2,4	2,1	2,2	1,9
1	AC 15kV, 16 2/3Hz	3	3	11	7,9	10,1	1,0	1,2	0,8	1,0

Vysvětlivky k tabulce:

V_{max} rychlost před výběhem dle TTP

Z_{tzc} celková rekuperovaná energie zastavovacího brzdění, zmenšená o spotřebu ve vlaku, a nabízená pro spotřebu v trakční síti

E_{top} spotřeba energie pro vytápění a klimatizaci osobních vozů

E_{pz} spotřeba energie pomocných zařízení hnacího vozidla

↓pohyb vlaků ve směru nominálním

↑pohyb vlaků v opačném směru

Σ součet řádků nebo hodnot ve sloupci nad sumou

Tabulka D3 – Seznam traťových úseků a množství využitelné rekuperované energie zastavovacím brzděním v TNS a množství využití energie na topení a pomocná zařízení jednotek řady 471 DC / 560 AC.

Rychlost po výběhu = 70% V_{max}					lokomotivy					
Elektrodynamicky se brzdí do 20 km/h					471 DC / 560 AC					
Č. tratě dle KJŘ	Traťový úsek	Počet zastavení		Délka tratě [km]	Z_{tzc}	Z_{tzc}	E_{top}	E_{top}	E_{pz}	E_{pz}
		↓	↑		↓ [kWh]	↑ [kWh]	↓ [kWh]	↑ [kWh]	↓ [kWh]	↑ [kWh]
k10	Česká Třebová – Kolín	29	29	102	304,2	293,0	31,6	31,5	11,8	11,8
k11	Kolín – Praha hl.n.	18	18	57	156,4	167,3	17,9	18,8	6,7	7,0
k20-	Choceň – Velký Osek	25	25	96	125,2	115,4	17,6	17,4	6,6	6,5
k24	Lichkov – Ústí nad Orlicí	12	12	35	34,3	30,5	5,8	6,0	2,2	2,3
K31-	Pardubice hl.n.-Jaroměř	12	12	39	62,8	55,6	8,8	8,1	3,3	3,0
K60-	Nymburk hl.n.-Poříčany	5	5	16	24,3	21,7	3,6	3,2	1,3	1,2
K72-	Lysá n.L. - Ústí n.L.západ	20	20	96	121,5	129,9	15,9	17,0	5,9	6,3
K73-	Ústí Střekov–Děčín hl.n.	10	10	29	23,9	31,6	4,5	5,4	1,7	2,0
K90	Vraňany – Děčín hl.n.	30	30	89	250,6	264,1	29,2	30,4	10,9	11,3
K91	Praha Bubeneč – Vraňany	14	14	40	85,2	83,9	11,4	11,2	4,3	4,2
K98	Děčín hl.n. – St.hranice DB	6	6	11	40,5	41,2	5,2	5,3	1,9	2,0
K123-	Žatec západ – Most	10	10	34	26,1	25,9	4,7	4,8	1,7	1,8
K130-	Ústí n/L. hl.n. – Chomutov	18	18	66	71,4	75,7	11,5	11,3	4,3	4,2
K131-	Ústí n/L. hl.n. – Bílina	15	15	30	23,9	23,1	5,2	5,0	2,0	1,9
K134-	Oldřichov u Duchcova – Louka u Litvínova	4	4	13	3,7	4,2	1,0	1,0	0,4	0,4
K135-	Most – Louka u Litvínova	4	4	12	6,8	6,9	1,5	1,5	0,5	0,5
K140	Chomutov – Kadaň Pruneřov	2	2	13	12,4	12,1	1,7	1,7	0,6	0,6
K140	Kadaň Pruneřov – Cheb	22	22	98	120,8	121,1	20,0	19,5	5,0	4,9
K147/148	Cheb – Vojtanov	4	4	15	11,7	11,6	2,3	2,3	0,6	0,6
k170(1)-	Beroun – 37,850	0	1	3	0,0	0,8	0,0	0,2	0,0	0,1
k170(1)-	37,850 – Plzeň hl.n.	18	17	67	138,9	130,4	20,0	19,6	5,0	4,9
K170(2)	Plzeň hl.n. - Cheb	27	27	106	222,7	229,6	32,1	30,9	8,1	7,8
K171	Praha hl.n. - Beroun	12	12	43	53,7	54,3	8,0	8,1	3,0	3,0
K183-	Plzeň hl.n. - Klatovy	15	15	48	70,6	71,3	12,3	12,1	3,1	3,0
K190-	Č.Budějovice – Plzeň hl.n.	38	38	136	295,1	314,8	43,4	44,4	11,0	11,2
K195-	Rybník – Lipno n/Vlt.	8	8	22	6,0	4,8	1,6	1,6	0,4	0,4
K196	H.Dvořiště – Č.Budějovice	14	14	57	72,4	63,9	11,7	11,9	2,9	3,0
K199-	Č.Velenice – Č. Budějovice	11	11	50	75,8	77,0	11,6	11,2	2,9	2,8
K202	Tábor - Bechyně	12	12	24	11,5	9,9	2,7	2,4	1,0	0,9
K220(1)-	Č.Budějovice – 71,150	15	16	56	117,7	128,0	16,9	18,6	4,3	4,7
K220(2)	71,150 – Tábor - 84,660	4	4	14	40,9	46,8	5,4	5,4	1,4	1,4
K220(3)-	84,660 – 130,894	10	10	46	65,9	68,0	10,0	10,5	2,5	2,7
K220(3)-	130,894 – Benešov u Prahy	1	0	4	12,0	0,0	1,2	0,0	0,5	0,0
K221(1)-	Benešov u Prahy – 149,597	2	3	15	5,4	11,3	1,0	1,8	0,4	0,7
K221(2)	149,597 – Praha H. Měcholupy – 175,400	9	9	26	67,0	62,8	8,3	8,0	3,1	3,0
K221(3)-	175,400 – Praha hl.n.	4	3	10	11,9	8,7	1,9	1,7	0,7	0,6

K225-	Veselí n/L.-Havl. Brod	32	32	118	106,3	112,1	21,2	20,9	5,4	5,3
K230-	Havlíčkův Brod – Kutná Hora hl.n.	16	16	63	94,3	83,1	14,6	14,2	3,7	3,6
K230-	Kutná Hora hl.n. - Kolín	2	2	11	12,7	11,9	1,7	1,7	0,6	0,6
K231-	Kolín – Praha Masarykovo n.	19	19	83	127,5	109,4	16,3	14,7	6,1	5,5
K232-	Lysá nad Labem - Milovice	1	1	6	1,3	1,3	0,3	0,3	0,1	0,1
K248	Šatov - Znojmo	3	3	11	9,6	12,2	1,0	1,2	0,8	1,0
K250-	Lanžhot-Havlíčkův Brod	47	47	201	520,4	537,9	65,3	65,2	16,5	16,5
K260	Brno hl.n. – Březová nad Svitavou	18	18	57	147,4	146,3	21,2	20,0	5,4	5,1
K260	Březová nad Svitavou – Česká Třebová	8	8	34	74,0	73,5	8,4	8,2	3,1	3,1
K270	Bohumín – Česká Třebová	37	37	200	366,4	404,1	40,5	42,0	15,1	15,7
K280-	Střelná – Hranice na Moravě	19	19	67	64,3	62,7	10,6	10,9	4,0	4,0
K291	Zábřeh na Moravě - Šumperk	4	4	13	16,6	17,9	2,7	2,5	1,0	0,9
K300-	Přerov – Nezamyslice	6	6	27	32,2	28,5	4,6	4,0	1,7	1,5
K300-	Nezamyslice – Brno hl. n.	13	13	61	81,8	90,1	12,6	13,9	3,2	3,5
K301-	Olomouc hl.n. - Nezamyslice	13	13	39	62,0	62,6	9,4	9,0	3,5	3,3
K320-	Mosty u Jabl. - Bohumín	17	17	59	86,6	69,5	11,6	10,4	4,3	3,9
K321-	Č. Těšín – Opava východ	19	19	70	86,0	87,1	12,9	13,2	4,8	4,9
K330	Přerov - Nedakonice	13	13	48	150,4	147,4	15,8	15,3	5,9	5,7
K330	Nedakonice - Břeclav	10	10	52	177,0	191,4	18,8	19,4	4,8	4,9
Σ		Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
55	Všechny tratě	757	757	2838	4989,8	5046,3	677,0	676,9	211,9	211,9
35	DC 3kV	420	420	1536	2603,1	2595,9	332,2	331,6	123,9	123,7
18	AC25kV, 50Hz	322	322	1267	2365,6	2428,2	341,1	341,6	86,1	86,3
1	DC 1,5kV	12	12	24	11,5	9,9	2,7	2,4	1,0	0,9
1	AC 15kV, 16 2/3Hz	3	3	11	9,6	12,2	1,0	1,2	0,8	1,0

Vysvětlivky k tabulce:

V_{max} rychlost před výběhem dle TTP

Z_{tzc} celková rekuperovaná energie zastavovacího brzdění, zmenšená o spotřebu ve vlaku, a nabízená pro spotřebu v trakční síti

E_{top} spotřeba energie pro vytápění a klimatizaci osobních vozů

E_{pz} spotřeba energie pomocných zařízení hnacího vozidla

↓pohyb vlaků ve směru nominálním

↑pohyb vlaků v opačném směru

Σ součet řádků nebo hodnot ve sloupci nad sumou

Tabulka D4 – Seznam traťových úseků a množství využitelné rekuperované energie zastavovacím brzděním v TNS a množství využití rekuperované energie na topení osobních vozů a pomocná zařízení lokomotiv řady 163 DC / 240 AC.

Rychlost po výběhu = 80% V_{max}					lokomotivy 163 DC / 240 AC					
Elektrodynamicky se brzdí do 20 km/h										
Č. tratě dle KJŘ	Traťový úsek	Počet zastavení		Délka tratě [km]	Z_{tzc} ↓	Z_{tzc} ↑	E_{top} ↓	E_{top} ↑	E_{pz} ↓	E_{pz} ↑
		↓	↑		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
k10	Česká Třebová – Kolín	29	29	102	511,5	466,8	32,4	32,3	24,3	24,3
k11	Kolín – Praha hl.n.	18	18	57	264,2	270,2	18,4	19,3	13,8	14,5
k20-	Choceň – Velký Osek	25	25	96	216,6	199,2	18,4	18,2	13,8	13,7
k24	Lichkov – Ústí nad Orlicí	12	12	35	61,3	51,8	6,2	6,5	4,7	4,9
K31-	Pardubice hl.n.-Jaroměř	12	12	39	108,3	95,9	9,1	8,5	6,9	6,4
K60-	Nymburk hl.n.-Poříčany	5	5	16	42,1	37,7	3,7	3,4	2,8	2,5
K72-	Lysá n.L. - Ústí n.L.západ	20	20	96	208,1	221,8	16,5	17,6	12,4	13,2
K73-	Ústí Střekov–Děčín hl.n.	10	10	29	42,8	55,7	4,8	5,7	3,6	4,3
K90	Vraňany – Děčín hl.n.	30	30	89	424,1	428,2	30,0	31,2	22,6	23,5
K91	Praha Bubeneč – Vraňany	14	14	40	145,9	138,3	11,8	11,7	8,9	8,8
K98	Děčín hl.n. – St.hranice DB	6	6	11	69,2	67,6	5,4	5,4	4,0	4,1
K123-	Žatec západ – Most	10	10	34	46,5	45,9	5,0	5,1	3,8	3,9
K130-	Ústí n/L. hl.n. – Chomutov	18	18	66	124,1	132,0	12,1	11,9	9,1	8,9
K131-	Ústí n/L. hl.n. – Bílina	15	15	30	43,9	42,7	5,8	5,5	4,3	4,2
K134-	Oldřichov u Duchcova – Louka u Litvínova	4	4	13	7,2	8,2	1,1	1,1	0,9	0,9
K135-	Most – Louka u Litvínova	4	4	12	12,4	12,6	1,6	1,6	1,2	1,2
K140	Chomutov – Kadaň Pruneřov	2	2	13	21,4	20,8	1,7	1,7	1,3	1,3
K140	Kadaň Pruneřov – Cheb	22	22	98	137,7	138,8	13,6	13,3	11,3	11,1
K147/148	Cheb – Vojtanov	4	4	15	13,7	13,6	1,6	1,6	1,3	1,3
k170(1)-	Beroun – 37,850	0	1	3	0,0	1,6	0,0	0,3	0,0	0,2
k170(1)-	37,850 – Plzeň hl.n.	18	17	67	156,9	146,9	13,4	13,2	11,2	10,9
K170(2)	Plzeň hl.n. - Cheb	27	27	106	250,0	258,0	21,6	20,8	17,9	17,3
K171	Praha hl.n. - Beroun	12	12	43	93,2	94,2	8,4	8,5	6,3	6,4
K183-	Plzeň hl.n. - Klatovy	15	15	48	81,0	82,0	8,5	8,3	7,0	6,9
K190-	Č.Budějovice – Plzeň hl.n.	38	38	136	332,3	354,9	29,2	29,9	24,2	24,8
K195-	Rybník – Lipno n/Vlt.	8	8	22	8,0	6,7	1,4	1,4	1,1	1,1
K196	H.Dvořiště – Č.Budějovice	14	14	57	83,3	72,7	8,0	8,2	6,7	6,8
K199-	Č.Velenice – Č. Budějovice	11	11	50	85,9	87,3	7,8	7,6	6,5	6,3
K202	Tábor - Bechyně	12	12	24	22,2	19,4	3,2	2,9	2,4	2,1
K220(1)-	Č.Budějovice – 71,150	15	16	56	132,8	144,1	11,4	12,5	9,5	10,4
K220(2)	71,150 – Tábor - 84,660	4	4	14	45,6	52,2	3,6	3,6	3,0	3,0
K220(3)-	84,660 – 130,894	10	10	46	74,9	76,9	6,8	7,1	5,7	5,9
K220(3)-	130,894 – Benešov u Prahy	1	0	4	15,1	0,0	1,1	0,0	0,8	0,0
K221(1)-	Benešov u Prahy – 149,597	2	3	15	9,4	19,7	1,1	1,9	0,8	1,5
K221(2)	149,597 – Praha H. Měcholupy – 175,400	9	9	26	114,1	102,8	8,6	8,2	6,4	6,2
K221(3)-	175,400 – Praha hl.n.	4	3	10	21,2	15,2	2,0	1,8	1,5	1,3

K225-	Veselí n/L.-Havl. Brod	32	32	118	123,7	131,0	14,8	14,6	12,3	12,1
K230-	Havlíčkův Brod – Kutná Hora hl.n.	16	16	63	107,8	94,6	10,0	9,7	8,3	8,1
K230-	Kutná Hora hl.n. - Kolín	2	2	11	21,7	20,2	1,7	1,7	1,3	1,3
K231-	Kolín – Praha Masarykovo n.	19	19	83	217,5	187,7	16,9	15,3	12,7	11,5
K232-	Lysá nad Labem - Milovice	1	1	6	2,5	2,5	0,3	0,3	0,3	0,3
K248	Šatov - Znojmo	3	3	11	11,1	14,1	1,3	1,5	1,0	1,3
K250-	Lanžhot-Havlíčkův Brod	47	47	201	580,9	601,5	43,5	43,4	36,1	36,1
K260	Brno hl.n. – Březová nad Svitavou	18	18	57	165,6	164,4	14,2	13,5	11,8	11,2
K260	Březová nad Svitavou – Česká Třebová	8	8	34	125,1	119,2	8,6	8,5	6,4	6,4
K270	Bohumín – Česká Třebová	37	37	200	615,2	651,4	41,5	43,0	31,2	32,3
K280-	Střelná – Hranice na Moravě	19	19	67	113,4	110,2	11,3	11,5	8,5	8,6
K291	Zábřeh na Moravě - Šumperk	4	4	13	28,5	30,1	2,9	2,6	2,1	2,0
K300-	Přerov – Nezamyslice	6	6	27	55,5	49,2	4,8	4,2	3,6	3,2
K300-	Nezamyslice – Brno hl. n.	13	13	61	92,9	102,1	8,6	9,4	7,1	7,8
K301-	Olomouc hl.n. - Nezamyslice	13	13	39	107,1	108,6	9,8	9,4	7,3	7,0
K320-	Mosty u Jabl. - Bohumín	17	17	59	149,2	120,2	12,2	11,0	9,2	8,2
K321-	Č. Těšín – Opava východ	19	19	70	149,1	150,7	13,5	13,8	10,1	10,4
K330	Přerov - Nedakonice	13	13	48	252,0	236,7	16,1	15,6	12,1	11,7
K330	Nedakonice - Břeclav	10	10	52	195,7	210,0	12,4	12,8	10,3	10,6
Σ		Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
55	Všechny tratě	757	757	2838	7141,1	7086,9	579,6	579,5	453,9	453,9
35	DC 3kV	420	420	1536	4439,3	4315,8	344,9	344,5	259,1	258,8
18	AC25kV, 50Hz	322	322	1267	2668,5	2737,6	230,2	230,6	191,4	191,7
1	DC 1,5kV	12	12	24	22,2	19,4	3,2	2,9	2,4	2,1
1	AC 15kV, 16 2/3Hz	3	3	11	11,1	14,1	1,3	1,5	1,0	1,3

Vysvětlivky k tabulce:

V_{max} rychlost před výběhem dle TTP

Z_{tzc} celková rekuperovaná energie zastavovacího brzdění, zmenšená o spotřebu ve vlaku, a nabízená pro spotřebu v trakční síti

E_{top} spotřeba energie pro vytápění a klimatizaci osobních vozů

E_{pz} spotřeba energie pomocných zařízení hnacího vozidla

↓pohyb vlaků ve směru nominálním

↑pohyb vlaků v opačném směru

Σ součet řádků nebo hodnot ve sloupci nad sumou

Tabulka D5 – Seznam traťových úseků a množství využitelné rekuperované energie zastavovacím brzděním v TNS a množství využití rekuperované energie na topení osobních vozů a pomocná zařízení lokomotivy řady 363 AC / DC.

Rychlost po výběhu = 80% V_{max}					lokomotivy					
Elektrodynamicky se brzdí do 20 km/h					363 AC / DC					
Č. tratě dle KJŘ	Traťový úsek	Počet zastavení		Délka tratě [km]	Z_{tzc}	Z_{tzc}	E_{top}	E_{top}	E_{pz}	E_{pz}
		↓	↑		↓ [kWh]	↑ [kWh]	↓ [kWh]	↑ [kWh]	↓ [kWh]	↑ [kWh]
k10	Česká Třebová – Kolín	29	29	102	511,4	489,2	32,4	32,3	30,4	30,3
k11	Kolín – Praha hl.n.	18	18	57	263,9	281,7	18,4	19,3	17,2	18,1
k20-	Choceň – Velký Osek	25	25	96	215,8	198,3	18,4	18,2	17,3	17,1
k24	Lichkov – Ústí nad Orlicí	12	12	35	60,9	53,4	6,2	6,5	5,9	6,1
K31-	Pardubice hl.n.-Jaroměř	12	12	39	107,9	95,5	9,1	8,5	8,6	7,9
K60-	Nymburk hl.n.-Poříčany	5	5	16	41,9	37,5	3,7	3,4	3,5	3,2
K72-	Lysá n.L. - Ústí n.L.západ	20	20	96	207,5	221,2	16,5	17,6	15,5	16,5
K73-	Ústí Střekov–Děčín hl.n.	10	10	29	42,4	55,3	4,8	5,7	2,1	2,5
K90	Vraňany – Děčín hl.n.	30	30	89	423,4	445,8	30,0	31,2	28,2	29,3
K91	Praha Bubeneč – Vraňany	14	14	40	145,4	143,3	11,8	11,7	11,1	11,0
K98	Děčín hl.n. – St.hranice DB	6	6	11	69,0	70,2	5,4	5,4	5,0	5,1
K123-	Žatec západ – Most	10	10	34	46,1	45,6	5,0	5,1	4,7	4,8
K130-	Ústí n/L. hl.n. – Chomutov	18	18	66	123,4	131,4	12,1	11,9	11,4	11,2
K131-	Ústí n/L. hl.n. – Bílina	15	15	30	43,4	42,2	5,8	5,5	5,4	5,2
K134-	Oldřichov u Duchcova – Louka u Litvínova	4	4	13	7,0	8,1	1,1	1,1	1,1	1,1
K135-	Most – Louka u Litvínova	4	4	12	12,3	12,5	1,6	1,6	1,5	1,5
K140	Chomutov – Kadaň Pruneřov	2	2	13	21,3	20,7	2,0	2,0	0,7	0,7
K140	Kadaň Pruneřov – Cheb	22	22	98	136,6	137,7	13,6	13,3	11,2	11,0
K147/148	Cheb – Vojtanov	4	4	15	13,5	13,5	1,6	1,6	1,3	1,3
k170(1)-	Beroun – 37,850	0	1	3	0,0	1,6	0,0	0,3	0,0	0,3
k170(1)-	37,850 – Plzeň hl.n.	18	17	67	155,6	145,5	13,4	13,2	11,1	10,9
K170(2)	Plzeň hl.n. - Cheb	27	27	106	247,5	256,9	21,6	20,8	17,8	17,1
K171	Praha hl.n. - Beroun	12	12	43	92,7	93,7	8,4	8,5	7,9	8,0
K183-	Plzeň hl.n. - Klatovy	15	15	48	80,3	81,4	8,5	8,3	7,0	6,8
K190-	Č.Budějovice – Plzeň hl.n.	38	38	136	329,3	351,8	29,2	29,9	24,1	24,7
K195-	Rybník – Lipno n/Vlt.	8	8	22	7,9	6,6	1,4	1,4	1,1	1,1
K196	H.Dvořiště – Č.Budějovice	14	14	57	82,7	72,2	8,0	8,2	6,6	6,8
K199-	Č.Velenice – Č. Budějovice	11	11	50	85,2	86,6	7,8	7,6	6,4	6,3
K202	Tábor - Bechyně	12	12	24	21,9	19,1	3,2	2,9	3,0	2,7
K220(1)-	Č.Budějovice – 71,150	15	16	56	131,6	142,9	11,4	12,5	9,4	10,3
K220(2)	71,150 – Tábor - 84,660	4	4	14	45,1	52,0	3,6	3,6	3,0	3,0
K220(3)-	84,660 – 130,894	10	10	46	74,3	76,2	6,8	7,1	5,6	5,9
K220(3)-	130,894 – Benešov u Prahy	1	0	4	15,1	0,0	1,1	0,0	1,0	0,0
K221(1)-	Benešov u Prahy – 149,597	2	3	15	9,4	19,6	1,1	1,9	1,0	1,8
K221(2)	149,597 – Praha H. Měcholupy – 175,400	9	9	26	113,8	106,7	8,6	8,2	8,1	7,7
K221(3)-	175,400 – Praha hl.n.	4	3	10	21,0	15,0	2,0	1,8	1,9	1,7

K225-	Veselí n/L.-Havl. Brod	32	32	118	122,6	130,1	14,8	14,6	12,2	12,0
K230-	Havlíčkův Brod – Kutná Hora hl.n.	16	16	63	106,9	93,7	10,0	9,7	8,2	8,0
K230-	Kutná Hora hl.n. - Kolín	2	2	11	21,7	20,1	1,7	1,7	1,6	1,6
K231-	Kolín – Praha Masarykovo n.	19	19	83	216,9	187,1	16,9	15,3	15,8	14,4
K232-	Lysá nad Labem - Milovice	1	1	6	2,4	2,4	0,3	0,3	0,3	0,3
K248	Šatov - Znojmo	3	3	11	11,0	14,0	1,3	1,5	1,0	1,3
K250-	Lanžhot-Havlíčkův Brod	47	47	201	575,2	595,9	43,5	43,4	35,9	35,8
K260	Brno hl.n. – Březová nad Svitavou	18	18	57	164,1	163,7	14,2	13,5	11,8	11,1
K260	Březová nad Svitavou – Česká Třebová	8	8	34	125,0	124,1	8,6	8,5	8,1	7,9
K270	Bohumín – Česká Třebová	37	37	200	614,6	679,6	41,5	43,0	39,0	40,4
K280-	Střelná – Hranice na Moravě	19	19	67	112,7	109,4	11,3	11,5	10,6	10,8
K291	Zábřeh na Moravě - Šumperk	4	4	13	28,3	31,0	2,9	2,6	2,7	2,5
K300-	Přerov – Nezamyslice	6	6	27	55,2	49,1	4,8	4,2	4,5	4,0
K300-	Nezamyslice – Brno hl. n.	13	13	61	92,1	101,2	8,6	9,4	7,1	7,7
K301-	Olomouc hl.n. - Nezamyslice	13	13	39	106,5	108,1	9,8	9,4	9,2	8,8
K320-	Mosty u Jabl. - Bohumín	17	17	59	148,7	119,6	12,2	11,0	11,4	10,3
K321-	Č. Těšín – Opava východ	19	19	70	148,4	150,0	13,5	13,8	12,7	13,0
K330	Přerov - Nedakonice	13	13	48	251,9	247,3	16,1	15,6	15,1	14,7
K330	Nedakonice - Břeclav	10	10	52	193,6	209,7	12,4	12,8	10,2	10,5
Σ		Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
55	Všechny tratě	757	757	2838	7104,6	7166,8	579,8	579,8	514,7	514,1
35	DC 3kV	420	420	1536	4427,4	4416,3	345,1	344,8	320,6	319,7
18	AC25kV, 50Hz	322	322	1267	2644,2	2717,5	230,2	230,6	190,1	190,4
1	DC 1,5kV	12	12	24	21,9	19,1	3,2	2,9	3,0	2,7
1	AC 15kV, 16 2/3Hz	3	3	11	11,0	14,0	1,3	1,5	1,0	1,3

Vysvětlivky k tabulce:

V_{max} rychlost před výběhem dle TTP

Z_{tzc} celková rekuperovaná energie zastavovacího brzdění, zmenšená o spotřebu ve vlaku, a nabízená pro spotřebu v trakční síti

E_{top} spotřeba energie pro vytápění a klimatizaci osobních vozů

E_{pz} spotřeba energie pomocných zařízení hnacího vozidla

↓pohyb vlaků ve směru nominálním

↑pohyb vlaků v opačném směru

Σ součet řádků nebo hodnot ve sloupci nad sumou

Tabulka D6 – Seznam traťových úseků a množství využitelné rekuperované energie zastavovacím brzděním v TNS a množství využití energie na topení a pomocná zařízení jednotek řady 471 DC / 560 AC.

Rychlost po výběhu = 80% V_{max}					lokomotivy					
Elektrodynamicky se brzdí do 20 km/h					471 DC / 560 AC					
Č. tratě dle KJŘ	Traťový úsek	Počet zastavení		Délka tratě [km]	Z_{tzc}	Z_{tzc}	E_{top}	E_{top}	E_{pz}	E_{pz}
		↓	↑		↓ [kWh]	↑ [kWh]	↓ [kWh]	↑ [kWh]	↓ [kWh]	↑ [kWh]
k10	Česká Třebová – Kolín	29	29	102	405,9	390,8	37,5	37,4	14,0	14,0
k11	Kolín – Praha hl.n.	18	18	57	209,5	223,8	21,3	22,3	7,9	8,3
k20-	Choceň – Velký Osek	25	25	96	170,3	157,2	21,3	21,1	8,0	7,9
k24	Lichkov – Ústí nad Orlicí	12	12	35	47,8	42,5	7,2	7,5	2,7	2,8
K31-	Pardubice hl.n.-Jaroměř	12	12	39	85,3	75,7	10,6	9,8	4,0	3,7
K60-	Nymburk hl.n.-Poříčany	5	5	16	33,1	29,7	4,3	3,9	1,6	1,5
K72-	Lysá n.L. - Ústí n.L.západ	20	20	96	164,3	175,4	19,1	20,3	7,1	7,6
K73-	Ústí Střekov–Děčín hl.n.	10	10	29	33,5	43,7	5,6	6,6	2,1	2,5
K90	Vraňany – Děčín hl.n.	30	30	89	336,1	353,9	34,8	36,2	13,0	13,5
K91	Praha Bubeneč – Vraňany	14	14	40	115,2	113,5	13,7	13,5	5,1	5,0
K98	Děčín hl.n. – St.hranice DB	6	6	11	54,7	55,6	6,2	6,3	2,3	2,3
K123-	Žatec západ – Most	10	10	34	36,4	36,0	5,8	6,0	2,2	2,2
K130-	Ústí n/L. hl.n. – Chomutov	18	18	66	97,9	103,6	14,0	13,8	5,2	5,1
K131-	Ústí n/L. hl.n. – Bílina	15	15	30	34,3	33,3	6,7	6,4	2,5	2,4
K134-	Oldřichov u Duchcova – Louka u Litvínova	4	4	13	5,6	6,3	1,3	1,3	0,5	0,5
K135-	Most – Louka u Litvínova	4	4	12	9,7	9,8	1,9	1,9	0,7	0,7
K140	Chomutov – Kadaň Pruneřov	2	2	13	16,8	16,4	2,0	2,0	0,7	0,7
K140	Kadaň Pruneřov – Cheb	22	22	98	165,9	166,4	24,4	23,9	6,2	6,0
K147/148	Cheb – Vojtanov	4	4	15	16,5	16,4	2,9	2,9	0,7	0,7
k170(1)-	Beroun – 37,850	0	1	3	0,0	1,2	0,0	0,3	0,0	0,1
k170(1)-	37,850 – Plzeň hl.n.	18	17	67	188,7	177,0	24,1	23,6	6,1	6,0
K170(2)	Plzeň hl.n. - Cheb	27	27	106	301,3	310,8	38,7	37,3	9,8	9,4
K171	Praha hl.n. - Beroun	12	12	43	73,3	74,1	9,7	9,9	3,6	3,7
K183-	Plzeň hl.n. - Klatovy	15	15	48	97,6	98,6	15,2	14,9	3,8	3,8
K190-	Č.Budějovice – Plzeň hl.n.	38	38	136	400,3	426,5	52,4	53,6	13,2	13,5
K195-	Rybník – Lipno n/Vlt.	8	8	22	9,7	8,2	2,5	2,5	0,6	0,6
K196	H.Dvořiště – Č.Budějovice	14	14	57	99,9	88,3	14,4	14,7	3,6	3,7
K199-	Č.Velenice – Č. Budějovice	11	11	50	103,1	104,8	14,0	13,7	3,5	3,4
K202	Tábor - Bechyně	12	12	24	17,3	15,0	3,7	3,3	1,4	1,2
K220(1)-	Č.Budějovice – 71,150	15	16	56	159,6	173,5	20,4	22,4	5,2	5,7
K220(2)	71,150 – Tábor - 84,660	4	4	14	55,0	62,7	6,5	6,5	1,6	1,6
K220(3)-	84,660 – 130,894	10	10	46	90,0	92,6	12,2	12,7	3,1	3,2
K220(3)-	130,894 – Benešov u Prahy	1	0	4	12,0	0,0	1,2	0,0	0,5	0,0
K221(1)-	Benešov u Prahy – 149,597	2	3	15	7,4	15,5	1,3	2,3	0,5	0,8
K221(2)	149,597 – Praha H. Měcholupy – 175,400	9	9	26	90,2	84,6	9,9	9,5	3,7	3,6
K221(3)-	175,400 – Praha hl.n.	4	3	10	16,5	12,0	2,3	2,1	0,9	0,8

K225-	Veselí n/L.-Havl. Brod	32	32	118	149,3	157,5	26,6	26,2	6,7	6,6
K230-	Havlíčkův Brod – Kutná Hora hl.n.	16	16	63	129,3	114,2	17,9	17,5	4,5	4,4
K230-	Kutná Hora hl.n. - Kolín	2	2	11	17,2	16,0	2,0	2,0	0,7	0,7
K231-	Kolín – Praha Masarykovo n.	19	19	83	171,9	148,2	19,5	17,7	7,3	6,6
K232-	Lysá nad Labem - Milovice	1	1	6	1,9	1,9	0,4	0,4	0,1	0,1
K248	Šatov - Znojmo	3	3	11	13,4	17,0	1,3	1,5	1,0	1,3
K250-	Lanžhot-Havlíčkův Brod	47	47	201	698,3	721,4	78,0	77,9	19,7	19,7
K260	Brno hl.n. – Březová nad Svitavou	18	18	57	199,6	198,2	25,6	24,2	6,5	6,1
K260	Březová nad Svitavou – Česká Třebová	8	8	34	99,1	98,4	9,9	9,8	3,7	3,7
K270	Bohumín – Česká Třebová	37	37	200	489,5	539,1	48,1	49,8	17,9	18,6
K280-	Střelná – Hranice na Moravě	19	19	67	88,8	86,6	13,0	13,3	4,9	5,0
K291	Zábřeh na Moravě - Šumperk	4	4	13	22,6	24,4	3,3	3,0	1,2	1,1
K300-	Přerov – Nezamyslice	6	6	27	43,8	38,8	5,6	4,9	2,1	1,8
K300-	Nezamyslice – Brno hl. n.	13	13	61	111,7	122,7	15,4	16,8	3,9	4,3
K301-	Olomouc hl.n. - Nezamyslice	13	13	39	84,5	85,3	11,3	10,9	4,2	4,0
K320-	Mosty u Jabl. - Bohumín	17	17	59	117,6	94,9	14,1	12,7	5,3	4,7
K321-	Č. Těšín – Opava východ	19	19	70	117,4	118,8	15,6	16,0	5,8	6,0
K330	Přerov - Nedakonice	13	13	48	200,4	196,5	18,7	18,1	7,0	6,7
K330	Nedakonice - Břeclav	10	10	52	235,1	254,0	22,3	22,9	5,6	5,8
Σ		Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
55	Všechny tratě	757	757	2838	6752,1	6829,8	817,5	817,7	255,7	255,8
35	DC 3kV	420	420	1536	3510,5	3503,9	399,3	398,8	148,9	148,7
18	AC25kV, 50Hz	322	322	1267	3210,9	3293,9	413,3	414,0	104,4	104,6
1	DC 1,5kV	12	12	24	17,3	15,0	3,7	3,3	1,4	1,2
1	AC 15kV, 16 2/3Hz	3	3	11	13,4	17,0	1,3	1,5	1,0	1,3

Vysvětlivky k tabulce:

V_{max} rychlost před výběhem dle TTP

Z_{tzc} celková rekuperovaná energie zastavovacího brzdění, zmenšená o spotřebu ve vlaku, a nabízená pro spotřebu v trakční síti

E_{top} spotřeba energie pro vytápění a klimatizaci osobních vozů

E_{pz} spotřeba energie pomocných zařízení hnacího vozidla

↓pohyb vlaků ve směru nominálním

↑pohyb vlaků v opačném směru

Σ součet řádků nebo hodnot ve sloupci nad sumou

Tabulka D7 – Seznam traťových úseků a množství využitelné rekuperované energie zastavovacím brzděním v TNS a množství využití rekuperované energie na topení osobních vozů a pomocná zařízení lokomotiv řady 163 DC / 240 AC.

Rychlost po výběhu = 90% V_{max}					lokomotivy 163 DC / 240 AC					
Elektrodynamicky se brzdí do 20 km/h										
Č. tratě dle KJŘ	Traťový úsek	Počet zastavení		Délka tratě [km]	Z_{tzc} ↓	Z_{tzc} ↑	E_{top} ↓	E_{top} ↑	E_{pz} ↓	E_{pz} ↑
		↓	↑		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
k10	Česká Třebová – Kolín	29	29	102	654,0	593,2	37,4	37,4	28,1	28,1
k11	Kolín – Praha hl.n.	18	18	57	339,0	345,0	21,3	22,3	16,0	16,8
k20-	Choceň – Velký Osek	25	25	96	281,4	259,2	21,6	21,4	16,2	16,0
k24	Lichkov – Ústí nad Orlicí	12	12	35	80,9	68,5	7,4	7,7	5,6	5,8
K31-	Pardubice hl.n.-Jaroměř	12	12	39	140,6	124,7	10,7	10,0	8,1	7,5
K60-	Nymburk hl.n.-Poříčany	5	5	16	54,7	49,1	4,4	4,0	3,3	3,0
K72-	Lysá n.L. - Ústí n.L.západ	20	20	96	269,0	286,4	19,3	20,5	14,5	15,4
K73-	Ústí Střekov–Děčín hl.n.	10	10	29	56,7	73,2	5,8	6,8	4,3	5,1
K90	Vraňany – Děčín hl.n.	30	30	89	544,7	547,8	34,8	36,2	26,2	27,2
K91	Praha Bubeneč – Vraňany	14	14	40	188,7	178,5	13,8	13,6	10,4	10,2
K98	Děčín hl.n. – St.hranice DB	6	6	11	89,2	87,0	6,3	6,3	4,7	4,8
K123-	Žatec západ – Most	10	10	34	61,5	60,7	6,0	6,1	4,5	4,6
K130-	Ústí n/L. hl.n. – Chomutov	18	18	66	162,0	172,3	14,3	14,0	10,7	10,5
K131-	Ústí n/L. hl.n. – Bílina	15	15	30	59,2	57,6	7,0	6,8	5,3	5,1
K134-	Oldřichov u Duchcova – Louka u Litvínova	4	4	13	9,9	11,3	1,4	1,4	1,1	1,1
K135-	Most – Louka u Litvínova	4	4	12	16,7	17,0	1,9	1,9	1,5	1,5
K140	Chomutov – Kadaň Pruneřov	2	2	13	27,7	26,9	2,0	2,0	1,5	1,5
K140	Kadaň Pruneřov – Cheb	22	22	98	180,6	182,0	16,1	15,8	13,4	13,1
K147/148	Cheb – Vojtanov	4	4	15	18,2	18,1	1,9	1,9	1,6	1,6
k170(1)-	Beroun – 37,850	0	1	3	0,0	2,2	0,0	0,4	0,0	0,3
k170(1)-	37,850 – Plzeň hl.n.	18	17	67	204,1	191,0	15,8	15,4	13,1	12,8
K170(2)	Plzeň hl.n. - Cheb	27	27	106	324,3	334,4	25,2	24,3	21,0	20,2
K171	Praha hl.n. - Beroun	12	12	43	121,3	122,6	9,9	10,0	7,4	7,5
K183-	Plzeň hl.n. - Klatovy	15	15	48	106,7	108,1	10,1	9,9	8,4	8,2
K190-	Č.Budějovice – Plzeň hl.n.	38	38	136	432,1	460,9	34,2	34,9	28,4	29,0
K195-	Rybník – Lipno n/Vlt.	8	8	22	11,5	9,9	1,8	1,8	1,5	1,5
K196	H.Dvořiště – Č.Budějovice	14	14	57	109,6	95,7	9,5	9,7	7,9	8,1
K199-	Č.Velenice – Č. Budějovice	11	11	50	112,0	113,8	9,1	8,9	7,6	7,4
K202	Tábor - Bechyně	12	12	24	30,7	27,0	4,0	3,6	3,0	2,7
K220(1)-	Č.Budějovice – 71,150	15	16	56	172,6	187,3	13,3	14,6	11,1	12,1
K220(2)	71,150 – Tábor - 84,660	4	4	14	58,8	67,1	4,2	4,2	3,5	3,5
K220(3)-	84,660 – 130,894	10	10	46	97,9	100,2	8,0	8,3	6,7	6,9
K220(3)-	130,894 – Benešov u Prahy	1	0	4	15,1	0,0	1,1	0,0	0,8	0,0
K221(1)-	Benešov u Prahy – 149,597	2	3	15	12,4	25,8	1,3	2,3	1,0	1,7
K221(2)	149,597 – Praha H. Měcholupy – 175,400	9	9	26	146,9	132,3	10,0	9,6	7,5	7,2
K221(3)-	175,400 – Praha hl.n.	4	3	10	27,9	20,0	2,4	2,1	1,8	1,6

K225-	Veselí n/L.-Havl. Brod	32	32	118	164,7	174,4	17,8	17,5	14,8	14,6
K230-	Havlíčkův Brod – Kutná Hora hl.n.	16	16	63	141,1	124,1	11,8	11,5	9,8	9,6
K230-	Kutná Hora hl.n. - Kolín	2	2	11	28,1	26,1	2,0	2,0	1,5	1,5
K231-	Kolín – Praha Masarykovo n.	19	19	83	280,6	242,9	19,7	17,9	14,8	13,5
K232-	Lysá nad Labem - Milovice	1	1	6	3,4	3,4	0,4	0,4	0,3	0,3
K248	Šatov - Znojmo	3	3	11	14,8	18,6	1,5	1,8	1,3	1,5
K250-	Lanžhot-Havlíčkův Brod	47	47	201	748,8	775,1	50,5	50,5	42,0	42,0
K260	Brno hl.n. – Březová nad Svitavou	18	18	57	215,0	213,3	16,7	15,8	13,8	13,2
K260	Březová nad Svitavou – Česká Třebová	8	8	34	160,6	152,4	9,9	9,8	7,5	7,4
K270	Bohumín – Česká Třebová	37	37	200	787,5	829,6	48,0	49,7	36,1	37,3
K280-	Střelná – Hranice na Moravě	19	19	67	148,9	144,7	13,4	13,6	10,0	10,2
K291	Zábřeh na Moravě - Šumperk	4	4	13	37,0	39,1	3,4	3,1	2,5	2,3
K300-	Přerov – Nezamyslice	6	6	27	71,9	64,0	5,6	5,0	4,2	3,7
K300-	Nezamyslice – Brno hl. n.	13	13	61	121,3	133,1	10,1	11,0	8,4	9,2
K301-	Olomouc hl.n. - Nezamyslice	13	13	39	139,2	141,2	11,5	11,0	8,6	8,3
K320-	Mosty u Jabl. - Bohumín	17	17	59	193,4	156,4	14,3	13,0	10,8	9,7
K321-	Č. Těšín – Opava východ	19	19	70	194,1	196,2	15,9	16,2	11,9	12,2
K330	Přerov - Nedakonice	13	13	48	321,9	301,2	18,6	18,0	14,0	13,5
K330	Nedakonice - Břeclav	10	10	52	250,3	267,7	14,3	14,7	11,9	12,2
Σ		Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
55	Všechny tratě	757	757	2838	9241,5	9160,3	678,8	679,0	531,7	531,9
35	DC 3kV	420	420	1536	5726,4	5558,2	402,8	402,6	302,6	302,4
18	AC25kV, 50Hz	322	322	1267	3469,7	3556,5	270,4	271,0	224,8	225,2
1	DC 1,5kV	12	12	24	30,7	27,0	4,0	3,6	3,0	2,7
1	AC 15kV, 16 2/3Hz	3	3	11	14,8	18,6	1,5	1,8	1,3	1,5

Vysvětlivky k tabulce:

V_{max} rychlost před výběhem dle TTP

Z_{tzc} celková rekuperovaná energie zastavovacího brzdění, zmenšená o spotřebu ve vlaku, a nabízená pro spotřebu v trakční síti

E_{top} spotřeba energie pro vytápění a klimatizaci osobních vozů

E_{pz} spotřeba energie pomocných zařízení hnacího vozidla

↓pohyb vlaků ve směru nominálním

↑pohyb vlaků v opačném směru

Σ součet řádků nebo hodnot ve sloupci nad sumou

Tabulka D8 – Seznam traťových úseků a množství využitelné rekuperované energie zastavovacím brzděním v TNS a množství využití rekuperované energie na topení osobních vozů a pomocná zařízení lokomotivy řady 363 AC / DC.

Rychlost po výběhu = 90% V_{max}					lokomotivy					
Elektrodynamicky se brzdí do 20 km/h					363 AC / DC					
Č. tratě dle KJŘ	Traťový úsek	Počet zastavení		Délka tratě [km]	Z_{tzc}	Z_{tzc}	E_{top}	E_{top}	E_{pz}	E_{pz}
		↓	↑		↓ [kWh]	↑ [kWh]	↓ [kWh]	↑ [kWh]	↓ [kWh]	↑ [kWh]
k10	Česká Třebová – Kolín	29	29	102	654,4	625,5	37,4	37,4	35,2	35,1
k11	Kolín – Praha hl.n.	18	18	57	339,0	361,4	21,3	22,3	20,0	21,0
k20-	Choceň – Velký Osek	25	25	96	280,7	258,3	21,6	21,4	20,3	20,1
k24	Lichkov – Ústí nad Orlicí	12	12	35	80,5	70,7	7,4	7,7	7,0	7,2
K31-	Pardubice hl.n.-Jaroměř	12	12	39	140,3	124,3	10,7	10,0	10,1	9,3
K60-	Nymburk hl.n.-Poříčany	5	5	16	54,5	48,9	4,4	4,0	4,1	3,7
K72-	Lysá n.L. - Ústí n.L.západ	20	20	96	268,6	286,0	19,3	20,5	18,1	19,2
K73-	Ústí Střekov–Děčín hl.n.	10	10	29	56,3	72,8	5,8	6,8	2,5	2,9
K90	Vraňany – Děčín hl.n.	30	30	89	544,4	572,9	34,8	36,2	32,7	34,0
K91	Praha Bubeneč – Vraňany	14	14	40	188,4	185,6	13,8	13,6	13,0	12,8
K98	Děčín hl.n. – St.hranice DB	6	6	11	89,1	90,6	6,3	6,3	5,9	5,9
K123-	Žatec západ – Most	10	10	34	61,1	60,3	6,0	6,1	5,7	5,8
K130-	Ústí n/L. hl.n. – Chomutov	18	18	66	161,3	171,7	14,3	14,0	13,4	13,2
K131-	Ústí n/L. hl.n. – Bílina	15	15	30	58,6	57,1	7,0	6,8	6,6	6,4
K134-	Oldřichov u Duchcova – Louka u Litvínova	4	4	13	9,7	11,2	1,4	1,4	1,3	1,3
K135-	Most – Louka u Litvínova	4	4	12	16,6	16,8	1,9	1,9	1,8	1,8
K140	Chomutov – Kadaň Pruneřov	2	2	13	27,6	26,9	2,3	2,3	0,9	0,9
K140	Kadaň Pruneřov – Cheb	22	22	98	179,0	180,6	16,1	15,8	13,3	13,0
K147/148	Cheb – Vojtanov	4	4	15	18,0	18,0	1,9	1,9	1,6	1,6
k170(1)-	Beroun – 37,850	0	1	3	0,0	2,2	0,0	0,4	0,0	0,3
k170(1)-	37,850 – Plzeň hl.n.	18	17	67	202,3	189,2	15,8	15,4	13,0	12,7
K170(2)	Plzeň hl.n. - Cheb	27	27	106	321,0	333,3	25,2	24,3	20,8	20,1
K171	Praha hl.n. - Beroun	12	12	43	120,9	122,2	9,9	10,0	9,3	9,4
K183-	Plzeň hl.n. - Klatovy	15	15	48	105,8	107,2	10,1	9,9	8,3	8,1
K190-	Č.Budějovice – Plzeň hl.n.	38	38	136	428,0	456,8	34,2	34,9	28,2	28,9
K195-	Rybník – Lipno n/Vlt.	8	8	22	11,4	9,8	1,8	1,8	1,5	1,5
K196	H.Dvořiště – Č.Budějovice	14	14	57	108,8	95,1	9,5	9,7	7,9	8,0
K199-	Č.Velenice – Č. Budějovice	11	11	50	111,0	112,8	9,1	8,9	7,5	7,4
K202	Tábor - Bechyně	12	12	24	30,3	26,6	4,0	3,6	3,8	3,4
K220(1)-	Č.Budějovice – 71,150	15	16	56	171,0	185,5	13,3	14,6	11,0	12,1
K220(2)	71,150 – Tábor - 84,660	4	4	14	58,2	67,0	4,2	4,2	3,5	3,5
K220(3)-	84,660 – 130,894	10	10	46	97,1	99,3	8,0	8,3	6,6	6,9
K220(3)-	130,894 – Benešov u Prahy	1	0	4	15,1	0,0	1,1	0,0	1,0	0,0
K221(1)-	Benešov u Prahy – 149,597	2	3	15	12,3	25,7	1,3	2,3	1,2	2,2
K221(2)	149,597 – Praha H. Měcholupy – 175,400	9	9	26	146,8	137,8	10,0	9,6	9,4	9,0
K221(3)-	175,400 – Praha hl.n.	4	3	10	27,8	19,8	2,4	2,1	2,2	2,0

K225-	Veselí n/L.-Havl. Brod	32	32	118	163,3	173,1	17,8	17,5	14,7	14,5
K230-	Havlíčkův Brod – Kutná Hora hl.n.	16	16	63	140,0	122,9	11,8	11,5	9,7	9,5
K230-	Kutná Hora hl.n. - Kolín	2	2	11	28,0	26,0	2,0	2,0	1,9	1,9
K231-	Kolín – Praha Masarykovo n.	19	19	83	280,3	242,4	19,7	17,9	18,5	16,8
K232-	Lysá nad Labem - Milovice	1	1	6	3,3	3,3	0,4	0,4	0,4	0,4
K248	Šatov - Znojmo	3	3	11	14,7	18,5	1,5	1,8	1,3	1,5
K250-	Lanžhot-Havlíčkův Brod	47	47	201	741,0	767,3	50,5	50,5	41,7	41,7
K260	Brno hl.n. – Březová nad Svitavou	18	18	57	212,9	212,5	16,7	15,8	13,8	13,1
K260	Březová nad Svitavou – Česká Třebová	8	8	34	160,5	159,4	9,9	9,8	9,3	9,2
K270	Bohumín – Česká Třebová	37	37	200	787,5	869,9	48,0	49,7	45,1	46,7
K280-	Střelná – Hranice na Moravě	19	19	67	148,2	143,9	13,4	13,6	12,5	12,8
K291	Zábřeh na Moravě - Šumperk	4	4	13	36,9	40,5	3,4	3,1	3,2	2,9
K300-	Přerov – Nezamyslice	6	6	27	71,8	63,9	5,6	5,0	5,3	4,7
K300-	Nezamyslice – Brno hl. n.	13	13	61	120,3	131,9	10,1	11,0	8,4	9,1
K301-	Olomouc hl.n. - Nezamyslice	13	13	39	138,8	140,8	11,5	11,0	10,8	10,3
K320-	Mosty u Jabl. - Bohumín	17	17	59	193,0	155,9	14,3	13,0	13,4	12,2
K321-	Č. Těšín – Opava východ	19	19	70	193,5	195,5	15,9	16,2	14,9	15,3
K330	Přerov - Nedakonice	13	13	48	322,1	316,3	18,6	18,0	17,5	16,9
K330	Nedakonice - Břeclav	10	10	52	247,3	267,7	14,3	14,7	11,8	12,1
Σ		Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
55	Všechny tratě	757	757	2838	9199,4	9281,5	679,1	679,3	602,7	602,3
35	DC 3kV	420	420	1536	5718,0	5706,2	403,1	402,9	374,4	373,6
18	AC25kV, 50Hz	322	322	1267	3436,4	3530,1	270,4	271,0	223,3	223,8
1	DC 1,5kV	12	12	24	30,3	26,6	4,0	3,6	3,8	3,4
1	AC 15kV, 16 2/3Hz	3	3	11	14,7	18,5	1,5	1,8	1,3	1,5

Vysvětlivky k tabulce:

V_{max} rychlost před výběhem dle TTP

Z_{tzc} celková rekuperovaná energie zastavovacího brzdění, zmenšená o spotřebu ve vlaku, a nabízená pro spotřebu v trakční síti

E_{top} spotřeba energie pro vytápění a klimatizaci osobních vozů

E_{pz} spotřeba energie pomocných zařízení hnacího vozidla

↓pohyb vlaků ve směru nominálním

↑pohyb vlaků v opačném směru

Σ součet řádků nebo hodnot ve sloupci nad sumou

Tabulka D9 – Seznam traťových úseků a množství využitelné rekuperované energie zastavovacím brzděním v TNS a množství využití energie na topení a pomocná zařízení jednotek řady 471 DC / 560 AC.

Rychlost po výběhu = 90% V_{max}					lokomotivy					
Elektrodynamicky se brzdí do 20 km/h					471 DC / 560 AC					
Č. tratě dle KJŘ	Traťový úsek	Počet zastavení		Délka tratě [km]	Z_{tzc}	Z_{tzc}	E_{top}	E_{top}	E_{pz}	E_{pz}
		↓	↑		↓ [kWh]	↑ [kWh]	↓ [kWh]	↑ [kWh]	↓ [kWh]	↑ [kWh]
k10	Česká Třebová – Kolín	29	29	102	520,8	501,1	43,4	43,3	16,2	16,1
k11	Kolín – Praha hl.n.	18	18	57	269,8	287,9	24,7	25,8	9,2	9,6
k20-	Choceň – Velký Osek	25	25	96	221,9	205,1	25,0	24,7	9,3	9,2
k24	Lichkov – Ústí nad Orlicí	12	12	35	63,2	56,4	8,6	8,9	3,2	3,3
K31-	Pardubice hl.n.-Jaroměř	12	12	39	111,0	98,7	12,4	11,5	4,6	4,3
K60-	Nymburk hl.n.-Poříčany	5	5	16	43,2	38,8	5,0	4,6	1,9	1,7
K72-	Lysá n.L. - Ústí n.L.západ	20	20	96	213,0	227,1	22,4	23,7	8,3	8,8
K73-	Ústí Střekov–Děčín hl.n.	10	10	29	44,5	57,6	6,7	7,9	2,5	2,9
K90	Vraňany – Děčín hl.n.	30	30	89	433,1	455,8	40,3	41,9	15,0	15,6
K91	Praha Bubeneč – Vraňany	14	14	40	149,4	147,2	16,0	15,8	6,0	5,9
K98	Děčín hl.n. – St.hranice DB	6	6	11	70,7	71,9	7,2	7,3	2,7	2,7
K123-	Žatec západ – Most	10	10	34	48,2	47,8	7,0	7,1	2,6	2,7
K130-	Ústí n/L. hl.n. – Chomutov	18	18	66	128,1	135,5	16,5	16,2	6,2	6,1
K131-	Ústí n/L. hl.n. – Bílina	15	15	30	46,3	45,0	8,1	7,8	3,0	2,9
K134-	Oldřichov u Duchcova – Louka u Litvínova	4	4	13	7,7	8,8	1,7	1,7	0,6	0,6
K135-	Most – Louka u Litvínova	4	4	12	13,1	13,2	2,3	2,3	0,8	0,8
K140	Chomutov – Kadaň Pruneřov	2	2	13	21,9	21,3	2,3	2,3	0,9	0,9
K140	Kadaň Pruneřov – Cheb	22	22	98	217,4	218,2	28,9	28,3	7,3	7,2
K147/148	Cheb – Vojtanov	4	4	15	21,9	21,9	3,5	3,5	0,9	0,9
k170(1)-	Beroun – 37,850	0	1	3	0,0	1,7	0,0	0,4	0,0	0,2
k170(1)-	37,850 – Plzeň hl.n.	18	17	67	245,2	230,1	28,3	27,7	7,1	7,0
K170(2)	Plzeň hl.n. - Cheb	27	27	106	390,7	403,1	45,3	43,7	11,4	11,0
K171	Praha hl.n. - Beroun	12	12	43	95,8	96,8	11,4	11,6	4,3	4,3
K183-	Plzeň hl.n. - Klatovy	15	15	48	128,4	129,9	18,1	17,7	4,6	4,5
K190-	Č.Budějovice – Plzeň hl.n.	38	38	136	520,1	553,5	61,3	62,7	15,5	15,8
K195-	Rybník – Lipno n/Vlt.	8	8	22	14,0	12,1	3,3	3,3	0,8	0,8
K196	H.Dvořiště – Č.Budějovice	14	14	57	131,3	116,2	17,1	17,4	4,3	4,4
K199-	Č.Velenice – Č. Budějovice	11	11	50	134,4	136,5	16,3	16,1	4,1	4,1
K202	Tábor - Bechyně	12	12	24	23,9	21,0	4,7	4,2	1,7	1,6
K220(1)-	Č.Budějovice – 71,150	15	16	56	207,4	225,2	23,9	26,2	6,0	6,6
K220(2)	71,150 – Tábor - 84,660	4	4	14	70,8	80,8	7,5	7,5	1,9	1,9
K220(3)-	84,660 – 130,894	10	10	46	117,5	120,7	14,4	15,0	3,6	3,8
K220(3)-	130,894 – Benešov u Prahy	1	0	4	12,0	0,0	1,2	0,0	0,5	0,0
K221(1)-	Benešov u Prahy – 149,597	2	3	15	9,8	20,4	1,5	2,7	0,6	1,0
K221(2)	149,597 – Praha H. Měcholupy – 175,400	9	9	26	116,5	109,4	11,5	11,1	4,3	4,1
K221(3)-	175,400 – Praha hl.n.	4	3	10	21,8	15,9	2,8	2,4	1,0	0,9

K225-	Veselí n/L.-Havl. Brod	32	32	118	198,8	209,5	32,0	31,5	8,1	8,0
K230-	Havlíčkův Brod – Kutná Hora hl.n.	16	16	63	169,3	149,8	21,1	20,7	5,3	5,2
K230-	Kutná Hora hl.n. - Kolín	2	2	11	22,3	20,8	2,3	2,3	0,9	0,9
K231-	Kolín – Praha Masarykovo n.	19	19	83	222,5	192,3	22,8	20,7	8,5	7,7
K232-	Lysá nad Labem - Milovice	1	1	6	2,6	2,6	0,5	0,5	0,2	0,2
K248	Šatov - Znojmo	3	3	11	17,8	22,5	1,5	1,8	1,3	1,5
K250-	Lanžhot-Havlíčkův Brod	47	47	201	899,7	929,0	90,7	90,7	22,9	22,9
K260	Brno hl.n. – Březová nad Svitavou	18	18	57	258,9	257,3	29,9	28,4	7,6	7,2
K260	Březová nad Svitavou – Česká Třebová	8	8	34	127,5	126,7	11,5	11,4	4,3	4,2
K270	Bohumín – Česká Třebová	37	37	200	628,9	691,8	55,6	57,5	20,7	21,5
K280-	Střelná – Hranice na Moravě	19	19	67	116,9	114,0	15,5	15,8	5,8	5,9
K291	Zábřeh na Moravě - Šumperk	4	4	13	29,5	31,8	3,9	3,6	1,5	1,3
K300-	Přerov – Nezamyslice	6	6	27	56,9	50,5	6,5	5,8	2,4	2,1
K300-	Nezamyslice – Brno hl. n.	13	13	61	145,9	159,9	18,2	19,8	4,6	5,0
K301-	Olomouc hl.n. - Nezamyslice	13	13	39	110,2	111,3	13,3	12,8	5,0	4,8
K320-	Mosty u Jabl. - Bohumín	17	17	59	152,9	123,9	16,6	15,0	6,2	5,6
K321-	Č. Těšín – Opava východ	19	19	70	153,2	155,0	18,4	18,8	6,8	7,0
K330	Přerov - Nedakonice	13	13	48	257,0	252,0	21,5	20,9	8,0	7,8
K330	Nedakonice - Břeclav	10	10	52	300,6	324,5	25,7	26,4	6,5	6,7
Σ		Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
55	Všechny tratě	757	757	2838	8756,3	8857,8	958,1	958,6	299,5	299,8
35	DC 3kV	420	420	1536	4542,3	4536,1	466,4	466,1	173,9	173,8
18	AC25kV, 50Hz	322	322	1267	4172,3	4278,3	485,5	486,4	122,6	122,8
1	DC 1,5kV	12	12	24	23,9	21,0	4,7	4,2	1,7	1,6
1	AC 15kV, 16 2/3Hz	3	3	11	17,8	22,5	1,5	1,8	1,3	1,5

Vysvětlivky k tabulce:

V_{max} rychlost před výběhem dle TTP

Z_{tzc} celková rekuperovaná energie zastavovacího brzdění, zmenšená o spotřebu ve vlaku, a nabízená pro spotřebu v trakční síti

E_{top} spotřeba energie pro vytápění a klimatizaci osobních vozů

E_{pz} spotřeba energie pomocných zařízení hnacího vozidla

↓pohyb vlaků ve směru nominálním

↑pohyb vlaků v opačném směru

Σ součet řádků nebo hodnot ve sloupci nad sumou

11. Seznam použité literatury a jiných zdrojů.

- [1] Lednický D.: Provozně-ekonomické a legislativní podmínky pro využití rekuperačního brzdění
Bakalářská práce, ČVUT FJFI, Praha 2010.
- [2] Opava, J.: Analysis of Traction energy consumption.
Mezinárodní konference IEEP, Zlatibor, červen 2008.
- [3] Gunselmann W.: Technologies for Increased Energy Efficiency in Railway Systems
SIEMENS, Germany, 2005
- [4] C. Farcas, D. Petreus, I. Ciocan and N. Palaghita:
Modeling and Simulation of Supercapacitors
SIITME2009 – 15th International Symposium for Design and Technology of
Electronics Packages, Hungary 2009
- [5] <http://portal.idos.cz> jízdní řády pravidelné osobní železniční dopravy
- [6] Stránky SŽDC - <http://provoz.szdc.cz/portal/ViewArticle.aspx?oid=594598>
- [7] TTP - Tabulky traťových poměrů
- [8] Trakční výpočty. Předpis ČSD V7. Praha NDS, 1980/82.
- [9] Ing. Jaromír Široký, Ph.D.: Mechanika v dopravě 1, 2004
- [10] Atlas lokomotiv <http://www.atlaslokomotiv.net>
- [11] Vagóny řady Bdmtee <http://www.vagony.cz/vozidla/bdmtee/bdmtee.html>
- [12] Podklady poskytnuté ČD a.s. a ČD Cargo a.s.
- [13] ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA ČSN EN 50388
- [14] Zákon č. 406/2000 Sb., Zákon o hospodaření s energií.

12. Seznam tabulek

- Tabulka A Úseky tratí se stejnosměrnou trakční soustavou 3 kV. [2]
- Tabulka B Úseky tratí se střídavou trakční soustavou 25 kV, 50 Hz. [2]
- Tabulka 1 Seznam analyzovaných elektrizovaných tratí a traťových úseků.
- Tabulka 2 Hodnoty součinitele rotujících hmot jsou z předpisu ČSD V7
- Tabulka 3 Hodnoty koeficientů součinitelů vozidlových odporů
- Tabulka 4 Průměrné teploty ovzduší v jednotlivých měsících
- Tabulka C1 Seznam traťových úseků a celkové množství využitelné rekuperované energie zastavovacím brzděním vybraných osobních vlaků a jednotek na sběrači. (**V** po výběhu =70% **V** traťová před zastavením.)
- Tabulka C2 Seznam traťových úseků a celkové množství využitelné rekuperované energie zastavovacím brzděním vybraných osobních vlaků a jednotek na sběrači. (**V** po výběhu = 80% **V** traťová před zastavením.)
- Tabulka C3 Seznam traťových úseků a celkové množství využitelné rekuperované energie zastavovacím brzděním vybraných osobních vlaků a jednotek na sběrači (**V** po výběhu = 90% **V** traťová před zastavením).
- Tabulka D1 Seznam traťových úseků a množství využitelné rekuperované energie zastavovacím brzděním v TNS a množství využití rekuperované energie na topení osobních vozů a pomocná zařízení lokomotiv řady 163 DC / 240 AC (**V** po výběhu = 70% **V** traťová před zastavením).
- Tabulka D2 Seznam traťových úseků a množství využitelné rekuperované energie zastavovacím brzděním v TNS a množství využití rekuperované energie na topení osobních vozů a pomocná zařízení lokomotivy řady 363 AC / DC (**V** po výběhu = 70% **V** traťová před zastavením).
- Tabulka D3 Seznam traťových úseků a množství využitelné rekuperované energie zastavovacím brzděním v TNS a množství využití rekuperované energie na topení osobních vozů a pomocná zařízení lokomotiv řady 471 DC / 560 AC (**V** po výběhu = 70% **V** traťová před zastavením).

- Tabulka D4 Seznam traťových úseků a množství využitelné rekuperované energie zastavovacím brzděním v TNS a množství využití rekuperované energie na topení osobních vozů a pomocná zařízení lokomotiv řady 163 DC / 240 AC (**V** po výběhu = 80% **V** traťová před zastavením).
- Tabulka D5 Seznam traťových úseků a množství využitelné rekuperované energie zastavovacím brzděním v TNS a množství využití rekuperované energie na topení osobních vozů a pomocná zařízení lokomotivy řady 363 AC / DC (**V** po výběhu = 80% **V** traťová před zastavením).
- Tabulka D6 Seznam traťových úseků a množství využitelné rekuperované energie zastavovacím brzděním v TNS a množství využití rekuperované energie na topení osobních vozů a pomocná zařízení lokomotiv řady 471 DC / 560 AC (**V** po výběhu = 80% **V** traťová před zastavením).
- Tabulka D7 Seznam traťových úseků a množství využitelné rekuperované energie zastavovacím brzděním v TNS a množství využití rekuperované energie na topení osobních vozů a pomocná zařízení lokomotiv řady 163 DC / 240 AC (**V** po výběhu = 90% **V** traťová před zastavením).
- Tabulka D8 Seznam traťových úseků a množství využitelné rekuperované energie zastavovacím brzděním v TNS a množství využití rekuperované energie na topení osobních vozů a pomocná zařízení lokomotivy řady 363 AC / DC (**V** po výběhu = 90% **V** traťová před zastavením).
- Tabulka D9 Seznam traťových úseků a množství využitelné rekuperované energie zastavovacím brzděním v TNS a množství využití rekuperované energie na topení osobních vozů a pomocná zařízení jednotek řady 471 DC / 560 AC (**V** po výběhu = 90% **V** traťová před zastavením).

13. Seznam obrázků

- Obr.1 Obecné možnosti využití brzdové energie [2]
- Obr.2 Směry toků a spotřeb elektrické energie při rekuperaci
- Obr.3 Měření na vlacích EC typu Taurus rakouských dráh ÖBB [12]
- Obr.4 Mapa zobrazující úseky, kde byla rekuperace povolena (2013) [12]
- Obr.5 Mapa zobrazující úseky, kde je dnes rekuperace povolena (2014) [6]
- Obr.6 Střední rekuperovaná energie v **kWh** na jedno zastavení a odpovídající střední rychlost po výběhu, v obou směrech, dle tratí a traťových úseků
- Obr.7 Rozdělení střední rekuperované energie v obou směrech na jedno zastavení v **kWh** a %, na využitelnou a spotřebovanou, pro tratě k131 DC a k330 DC.
- Obr.8 Rozdělení střední rekuperované energie v obou směrech na jedno zastavení v **kWh** a %, na využitelnou a spotřebovanou, pro tratě napájené DC 3kV a AC 25kV 50.

14. Seznam příloh

- CD se zpracovanými tabulkami traťových úseků na elektrizovaných tratích ČR – EITrateCD.xlsx a tabulkami s výsledky a grafy – Vysledky.xlsx. Vytvořeno v programu Microsoft Excel pro výpočet množství využitelné elektrické energie a množství energie na konzum uvnitř vozidla.