



Příprava a realizace jízdních řádů linek městské hromadné dopravy

Dipl.-Ing. Steffen Dutsch





14 fakult v pěti odborech:

- ➔ matematika a přírodní vědy
- ➔ duchovní a sociální vědy
- ➔ inženýrské vědy
- ➔ stavba a prostředí
- ➔ medicína

Fakulta dopravních věd „Friedricha Lista“

35.961 studentů
3.244
+ 2.808 zaměstnanců

- ➔ 7 institutů
- ➔ 25 kateder

Struktura fakulty

→ Institut dopravního plánování a silničního provozu

→ Institut dopravní telematiky

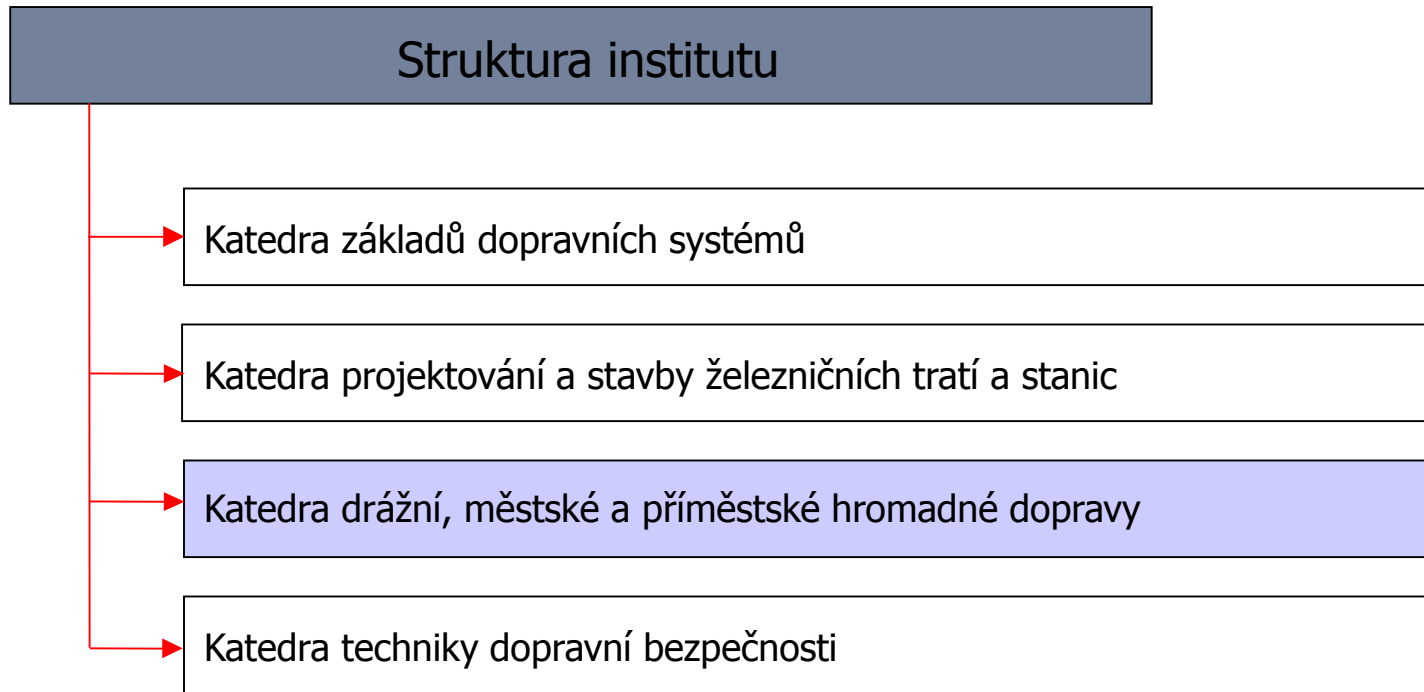
→ Institut letecké dopravy a logistiky

→ Institut drážních vozidel a drážní techniky

→ Institut ekonomiky a dopravy

→ Institut automobilové techniky Drážďany

→ Institut drážních systémů a hromadné dopravy



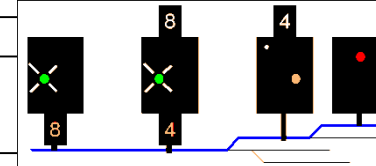
Struktura katedry

Provoz vleček a průmyslových drah

Provoz dráhy a drážní dopravy

Provoz městské a příměstské hromadné dopravy

Laboratoř železničního provozu



Vybrané vědecké témata odborné skupiny

- 1 Vypracování zpráv oboru „Městská a příměstská hromadná doprava“ Vědeckého informačního systému Spolkového ministerstva pro dopravu a digitální infrastrukturu
- 2 Preference konkrétních spojů a zajištění návazností v projektu Spojení sever – jih Drážďan
- 3 Vědecký doprovod výpočtu cestovních dob a dob oběhu tramvajové a autobusové sítě v Magdeburgu

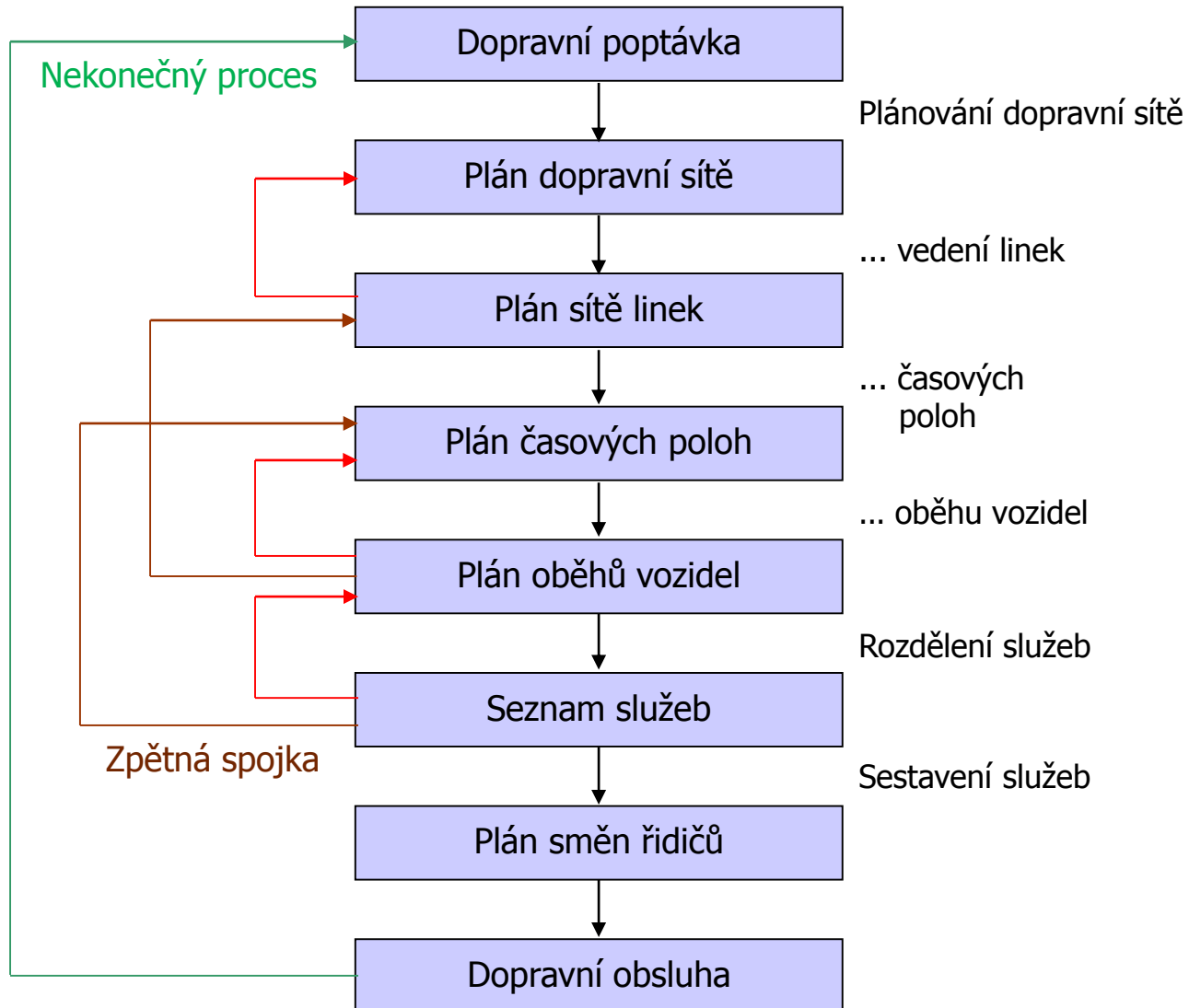


Příprava a realizace jízdních řádů linek městské hromadné dopravy

- 1. Úvod do plánování veřejné dopravy**
 - 1.1. Postup plánování dopravní obsluhy oblasti
 - 1.2. Definice a rozdělení jízdních řádů
- 2. Výpočet intervalu a četnosti dopravní obsluhy**
 - 2.1. Interval
 - 2.2. Četnost dopravní obsluhy
- 3. Výpočet cestovní doby**
 - 3.1. Jízdní doba
 - 3.2. Doba pobytu vozidla v zastávce
 - 3.3. Doba zdržení
 - 3.4. Výsledek
- 4. Počet potřebných vozidel na lince**
 - 4.1. Doba oběhu
 - 4.2. Minimální celková doba obratu
 - 4.3. Efektivnost jízdního řádu

Příprava a realizace jízdních řádů linek městské hromadné dopravy

- 1. Úvod do plánování veřejné dopravy**
 - 1.1. Postup plánování dopravní obsluhy oblasti
 - 1.2. Definice a rozdělení jízdních řádů
- 2. Výpočet intervalu a četnosti dopravní obsluhy**
 - 2.1. Interval
 - 2.2. Četnost dopravní obsluhy
- 3. Výpočet cestovní doby**
 - 3.1. Jízdní doba
 - 3.2. Doba pobytu vozidla v zastávce
 - 3.3. Doba zdržení
 - 3.4. Výsledek
- 4. Počet potřebných vozidel na lince**
 - 4.1. Doba oběhu
 - 4.2. Minimální celková doba obratu
 - 4.3. Efektivnost jízdního řádu



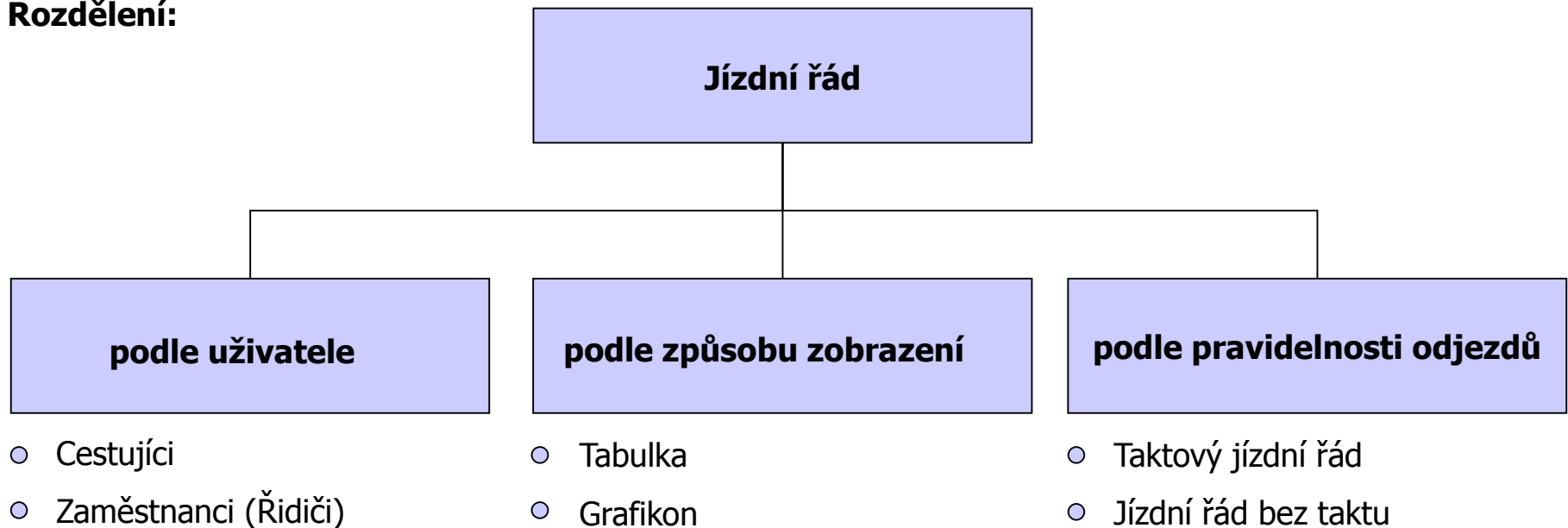
Definice:

Jízdní řád = konkrétní stanovení nasazení vozidel i personálu pro zajištění požadované dopravní obsluhy

Jízdní řád = Model ideálního průběhu provozu

Jízdní řád = Podklad pro řízení provozu

Rozdělení:

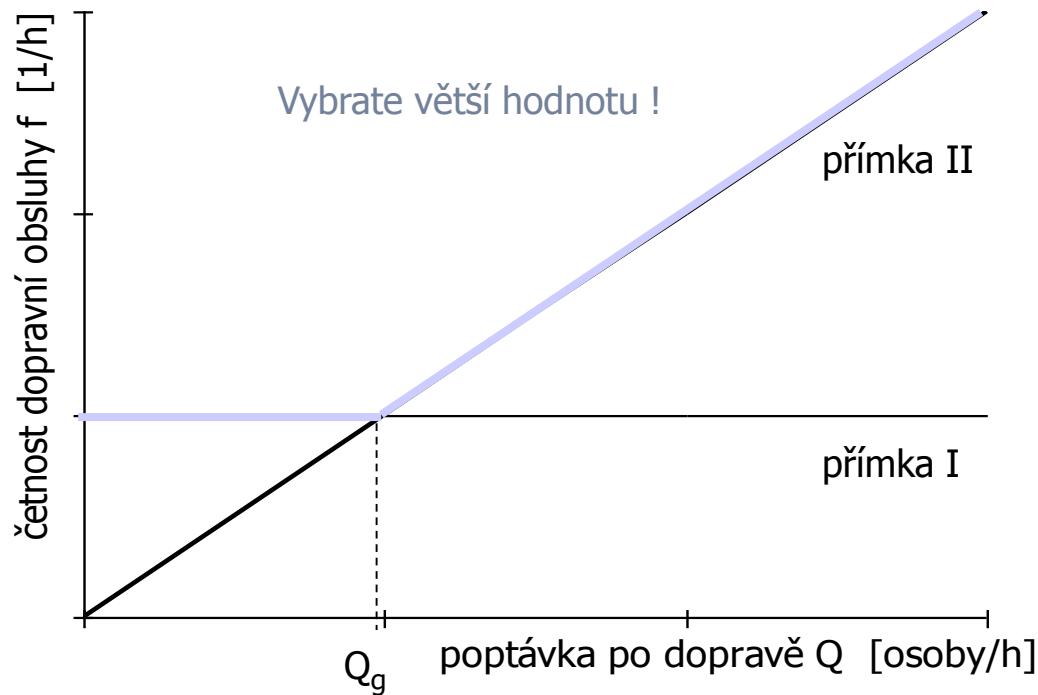


Příprava a realizace jízdnicích řádů linek městské hromadné dopravy

- 1. Úvod do plánování veřejné dopravy**
 - 1.1. Postup plánování dopravní obsluhy oblasti
 - 1.2. Definice a rozdělení jízdnicích řádů
- 2. Výpočet intervalů a četnosti dopravní obsluhy**
 - 2.1. Interval
 - 2.2. Četnost dopravní obsluhy
- 3. Výpočet cestovní doby**
 - 3.1. Jízdnicí doba
 - 3.2. Doba pobytu vozidla v zastávce
 - 3.3. Doba zdržení
 - 3.4. Výsledek
- 4. Počet potřebných vozidel na lince**
 - 4.1. Doba oběhu
 - 4.2. Minimální celková doba obratu
 - 4.3. Efektivnost jízdnicího řádu

$$t_z = \frac{60}{f}$$

f	[1/h]	četnost dopravní obsluhy (počet spojů za hodinu)
t_z	[min]	interval
60	[min/h]	



$$f = \frac{Q}{P * \gamma_{\max}}$$

$$f = \frac{60}{t_{z,\max}}$$

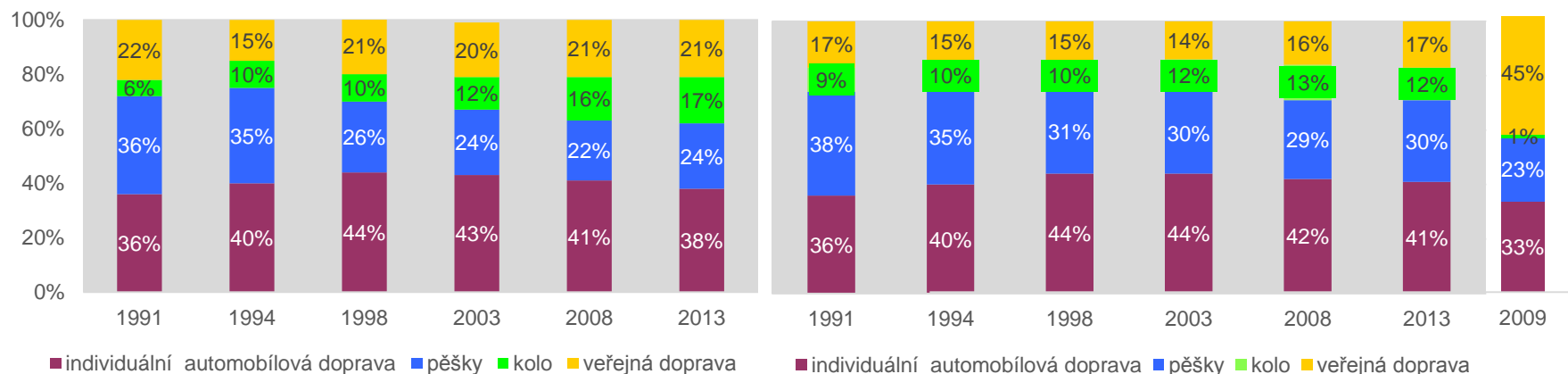
f	[1/h]	četnost dopravní obsluhy (počet spojů za hodinu)
P	[místa]	počet nabízených míst
Q	[osoby/h]	intenzita poptávky po dopravě
t _{z,max}	[min]	maximální přípustný interval
γ _{max}	[osoby/míst]	maximální využití míst (maximální obsaditelnost)

Vybrané výsledky systému reprezentativních průzkumů dopravního chování pondělí až pátek:

modal split v Drážďanech

modal split ve městech průzkumu SrV

Praha



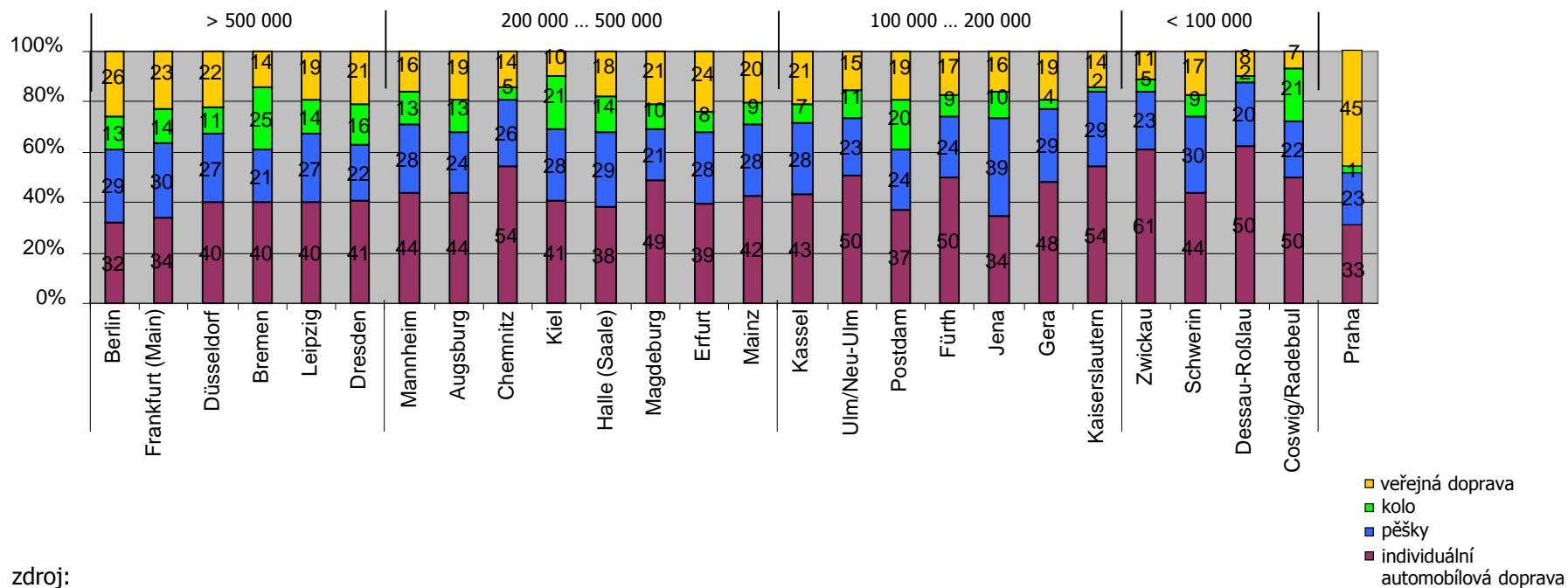
zdroj:
Landeshauptstadt Dresden
<http://statistik-dresden.de>

zdroj:
Technische Universität Dresden
http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/vkw/ivs/srv/2013

zdroj:
Technická správa komunikací hlavního města Prahy – Úsek dopravního inženýrství:
The yearbook of transportation Praha 2009.-
Praha: 2010

Vybrané výsledky systému reprezentativních průzkumů dopravního chování:

modal split ve městech průzkumu SrV



zdroj:

Landeshauptstadt Dresden, DVB AG, VVO GmbH:

Mobilität in Dresden und Umland, Ergebnisse der Verkehrserhebung SrV 2008.-

Dresden: Sandstein, 2010

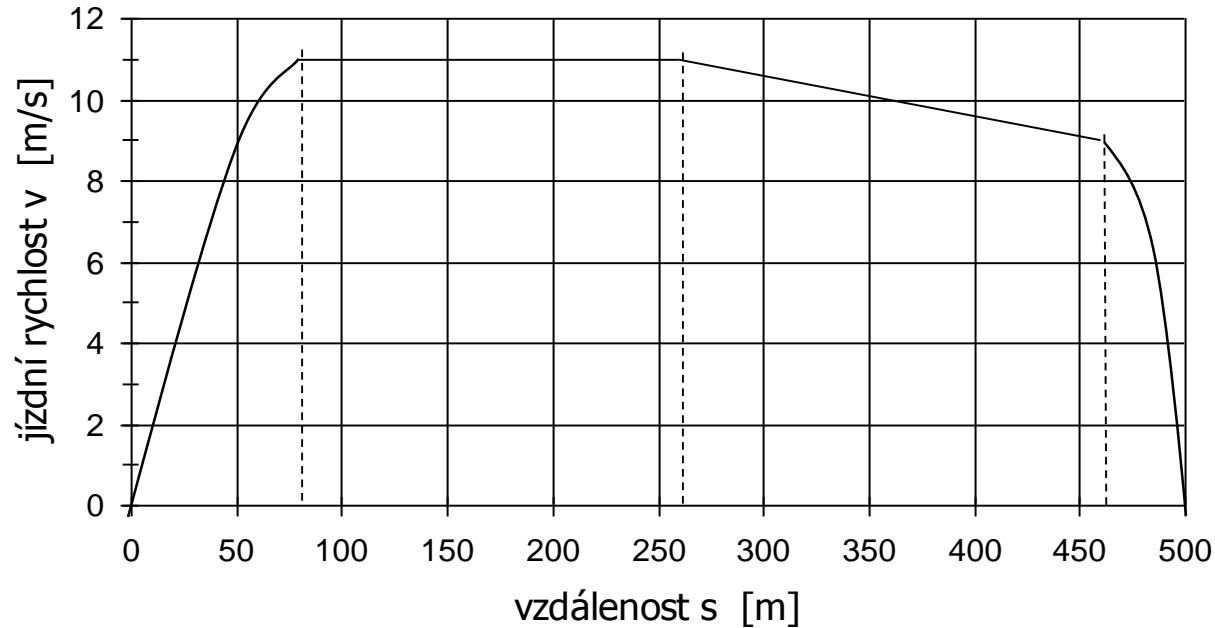
Příprava a realizace jízdnicích řádů linek městské hromadné dopravy

- 1. Úvod do plánování veřejné dopravy**
 - 1.1. Postup plánování dopravní obsluhy oblasti
 - 1.2. Definice a rozdělení jízdnicích řádů
- 2. Výpočet intervalu a četnosti dopravní obsluhy**
 - 2.1. Interval
 - 2.2. Četnost dopravní obsluhy
- 3. Výpočet cestovní doby**
 - 3.1. Jízdnicí doba
 - 3.2. Doba pobytu vozidla
 - 3.3. Doba zdržení
 - 3.4. Výsledek
- 4. Počet potřebných vozidel na lince**
 - 4.1. Doba oběhu
 - 4.2. Minimální celková doba obratu
 - 4.3. Efektivnost jízdnicího řádu

Součet:

$$t_{\text{bef}} = \sum t_f + \sum t_h + \sum t_B$$

t_{bef}	[s]	cestovní doba
t_B	[s]	doba zdržení
t_f	[s]	jízdní doba
t_h	[s]	doba pobytu vozidla v zastávce



první fáze
rozjezd

druhá fáze
konstantní jízda

třetí fáze
dojezd

čtvrtá fáze
zastavení

zdroj:
Wende, Dietrich: Fahrdynamik.-
Berlin: transpress, 1983

Přesná rovnice:

$$t_f = \frac{v_{\ddot{o}}}{a_a} + \frac{s_{bf}}{v_{\ddot{o}}} + \frac{v_{\ddot{o}} - v_{be}}{a_c} + \frac{v_{be}}{a_b}$$

a_a	[m/s ²]	průměrné zrychlení
a_b	[m/s ²]	průměrné zpomalení ve čtvrté fázi
a_c	[m/s ²]	průměrné zpomalení ve třetí fázi
s_{bf}	[m]	vzdálenost jízdy s konstantní rychlostí
t_f	[s]	jízdní doba
v_{be}	[m/s]	rychlost na začátku brzdění vozidla
$v_{\ddot{o}}$	[m/s]	rychlost vozidla

Přibližná rovnice:

$$t_f \approx \frac{v_{\ddot{o}}}{2 * a_a} + \frac{s_{ges}}{v_{\ddot{o}}} + \frac{v_{\ddot{o}}}{2 * a_b}$$

s_{ges} [m] celková vzdálenost

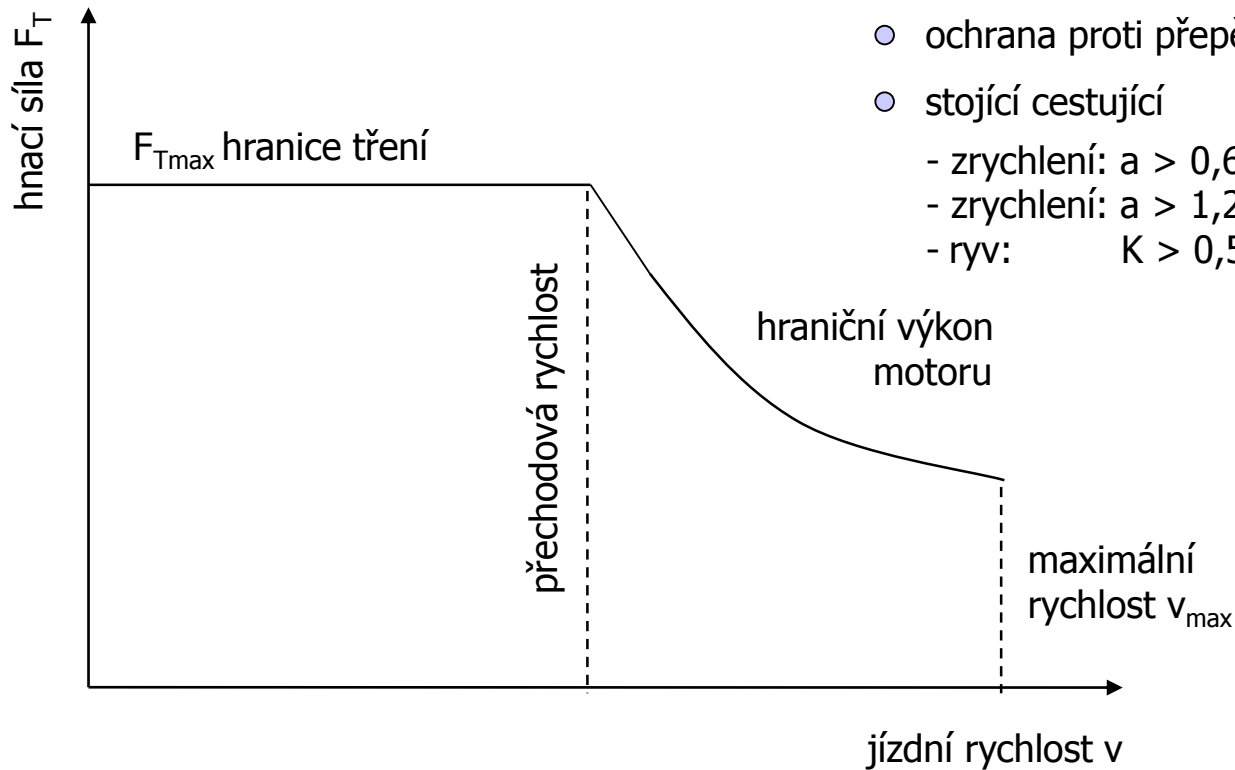
Připočtená konstanta na rozjezd t_{az}

Připočtená konstanta na zastavení t_{bz}

do v_e [km/h] \ ze v_a [km/h]	0	10	15	20	25	30	35	40	45	50
0	0	1	2	3	3	4	4	6	7	8
10	2	0	1	1	2	3	3	4	6	7
15	2	1	0	1	1	2	3	4	5	6
20	3	2	1	0	1	1	2	3	4	6
25	4	2	2	1	0	1	1	3	4	5
30	5	3	2	2	1	0	1	2	3	4
35	5	4	3	2	2	1	0	1	3	4
40	6	5	4	3	2	1	1	0	1	3
45	7	5	5	4	3	2	2	1	0	1
50	8	6	5	5	4	3	2	2	1	0

Připočtené konstanty na rozjezd a zastavení [s]

- průměrné zrychlení $a_a = 1,1$ ($0,65$) m/s^2
- průměrné zpomalení $a_b = 0,9$ m/s^2



- hranice tření
 - hraniční výkon motoru
 - ochrana proti přepětí
 - stojící cestující
- zrychlení: $a > 0,6 \text{ m/s}^2$: cestující musí reagovat
 - zrychlení: $a > 1,2 \text{ m/s}^2$: cestující se musí držet
 - ryv: $K > 0,5 \text{ m/s}^3$: cestující se musí držet

zdroj:
 Wende, Dietrich: Fahrdynamik.-
 Berlin: transpress, 1983

Příklad

Přibližná rovnice:

$$t_f \approx \frac{v_{\ddot{o}}}{2 * a_a} + \frac{s_{ges}}{v_{\ddot{o}}} + \frac{v_{\ddot{o}}}{2 * a_b}$$

	a_a	[m/s ²]	průměrné zrychlení
	a_b	[m/s ²]	průměrné zpomalení ve čtvrté fázi
450 m	s_{ges}	[m]	celková vzdálenost
	t_f	[s]	jízdní doba
13,9 m/s	$v_{\ddot{o}}$	[m/s]	rychlost vozidla

Připočtená konstanta
na zastavení $t_{bz} = 8 \text{ s}$

Připočtená konstanta
na rozjezd $t_{az} = 8 \text{ s}$

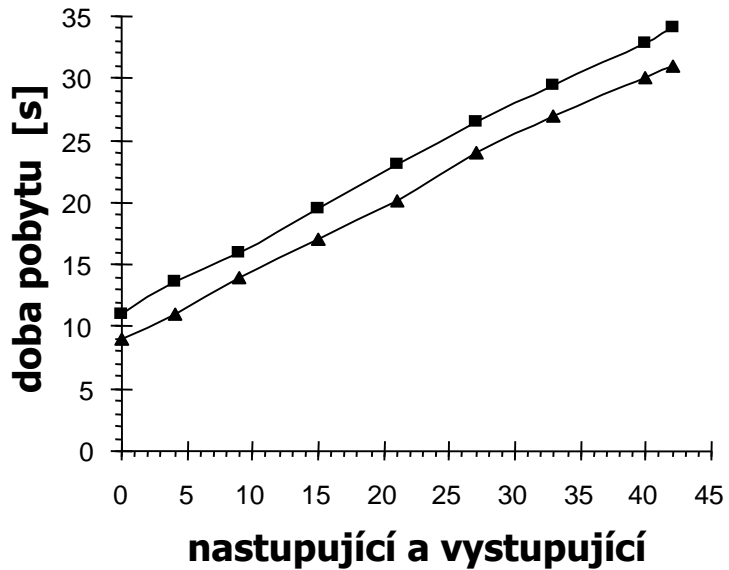
$$t_f \approx 8 \text{ s} + \frac{450 \text{ m}}{13,9 \frac{\text{m}}{\text{s}}} + 8 \text{ s} = 48,4 \text{ s}$$

$$t_h = t_{FW} + t_{Ab}$$

$$= \alpha * \psi * \frac{P}{S} * t_F + t_{Ab}$$

S = 1,0 ... 1,5 ... 2,0 proudy na jednu dveře (65...100...150 cm)
 t_{Ab} = 5 ... 8 ... 16 s
 t_F = 1,0 ... 2,0 s
 α = 0 ... 0,4 ... 2,0 osob/míst
 ψ = 1,1 ... 1,7 ... 4,0

P	[míst]	počet míst ve vozidle MHD
S	[-]	počet proudů cestujících ve dveřích vozidla MHD
t_{Ab}	[s]	technická doba vozidla v zastávce
t_F	[s/osob]	střední časový odstup mezi po sobě nastupujícími a vystupujícími cestujícími
t_{FW}	[s]	doba na výměnu cestujících
t_h	[s]	doba pobytu vozidla v zastávce
α	[osob/míst]	podíl výměny cestujících v zastávce k počtu míst
ψ	[-]	vyrovnávací koeficient k zohlednění nerovnoměrného rozdělení cestujících

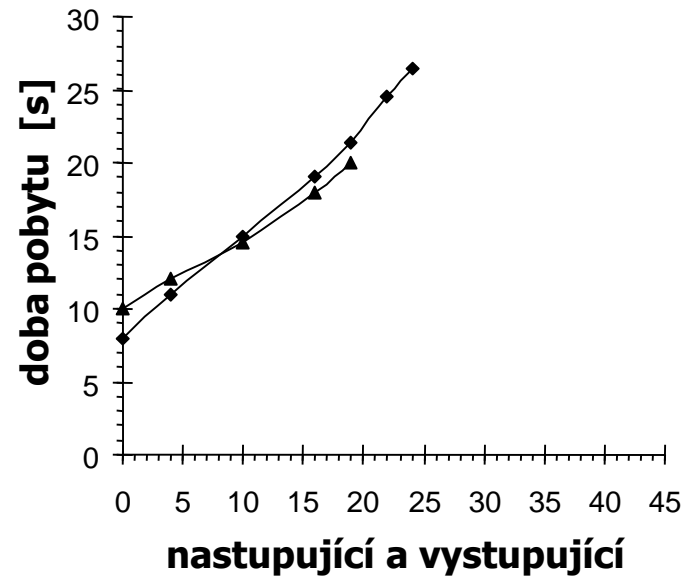


▲ kloubový autobus Ikarus 280 (Dresden)

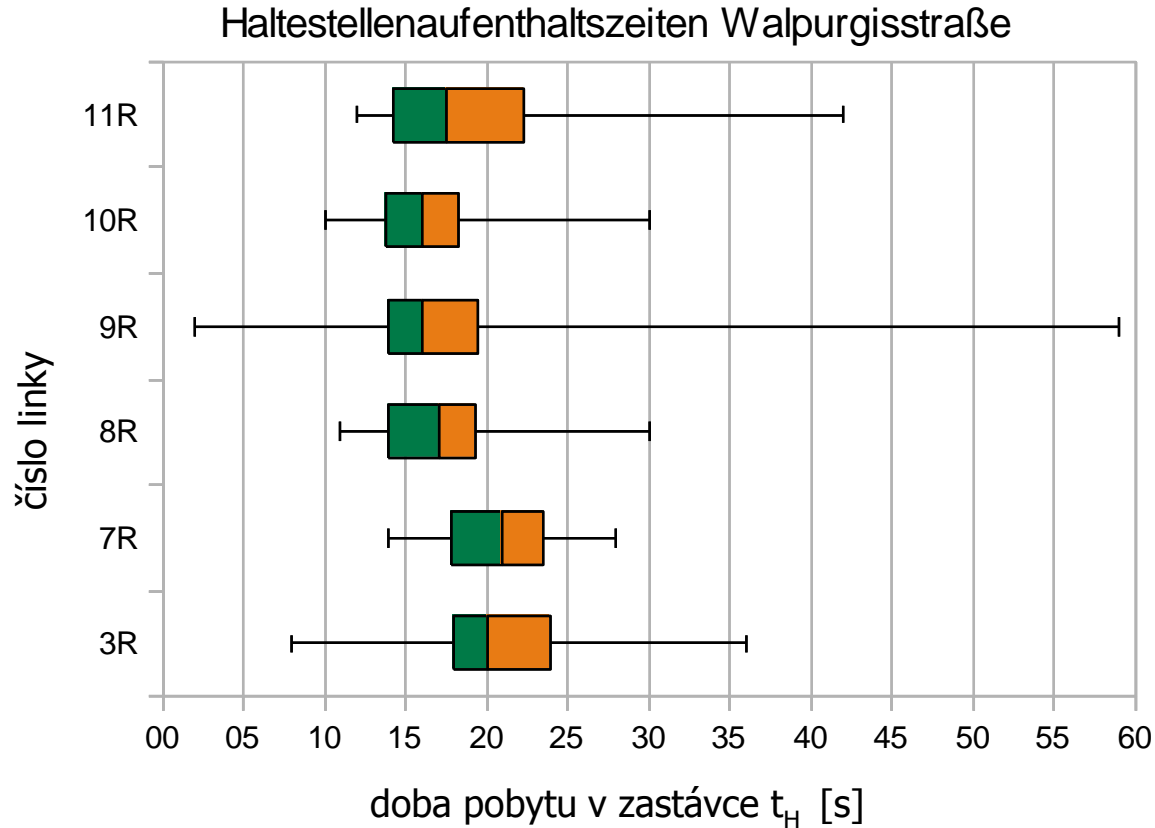
■ nízkopodlažní kloubový autobus MAN NG 272, MB O 405 GN

▲ kloubový autobus Ikarus 280 (Leipzig)

◆ nízkopodlažní standardní autobus MAN NL 202 (Leipzig)



zdroj: Lindner, Hartmut.-
 Einfluss von Bauart und Ausrüstung ausgewählter Kraftomnibusse auf die Haltestellenaufenthaltszeiten im Stadtverkehr.-
 Technische Universität Dresden, Professur für Produktionstechnik des Stadt- und Regionalverkehrs, 1994, Großer Beleg



zdroj: Seyfarth, Jan.-
 Untersuchung möglicher Zugfolgefälle auf der Nord-Süd-Verbindung in
 Dresden aus verkehrlicher und betrieblicher Sicht.-
 Technische Universität Dresden, Professur für Bahnverkehr,
 öffentlicher Stadt- und Regionalverkehr, 2009, Studienarbeit

Příklad

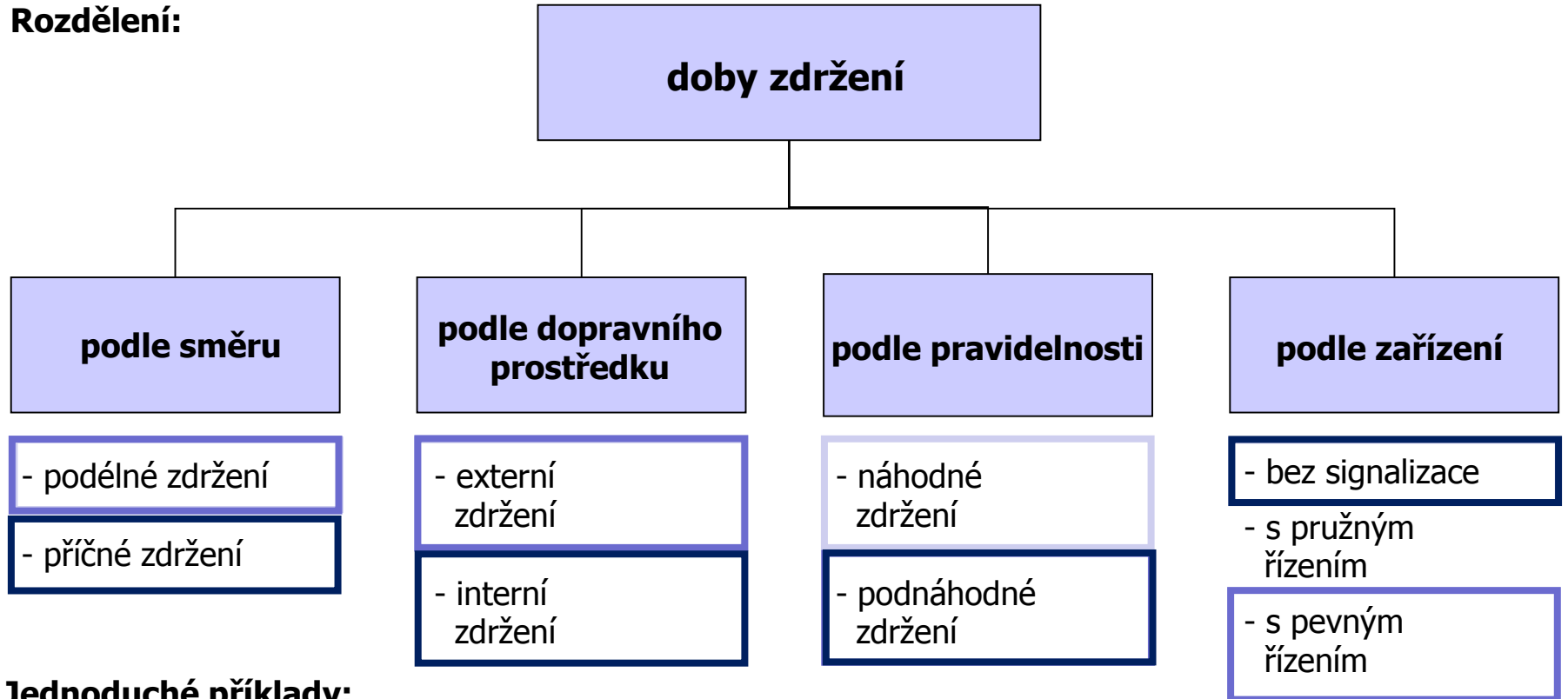
Rovnice:

$$t_h = \alpha * \psi * \frac{P}{S} * t_F + t_{Ab}$$

132	P	[míst]	počet míst ve vozidle MHD
4,5	S	[-]	počet proudů cestujících ve dveřích vozidla MHD
7	t_{Ab}	[s]	technická doba vozidla v zastávce
1,5	t_F	[s/osob]	střední časový odstup mezi po sobě nastupujícími a vystupujícími cestujícími
	t_h	[s]	doba pobytu vozidla v zastávce
0,1	α	[osob/míst]	podíl výměny cestujících v zastávce k počtu míst
1,2	ψ	[-]	vyrovnávací koeficient k zohlednění nerovnoměrného rozdělení cestujících

$$t_h = 0,1 * 1,2 * \frac{132}{4,5} * 1,5 + 7 = 12,3 \text{ s}$$

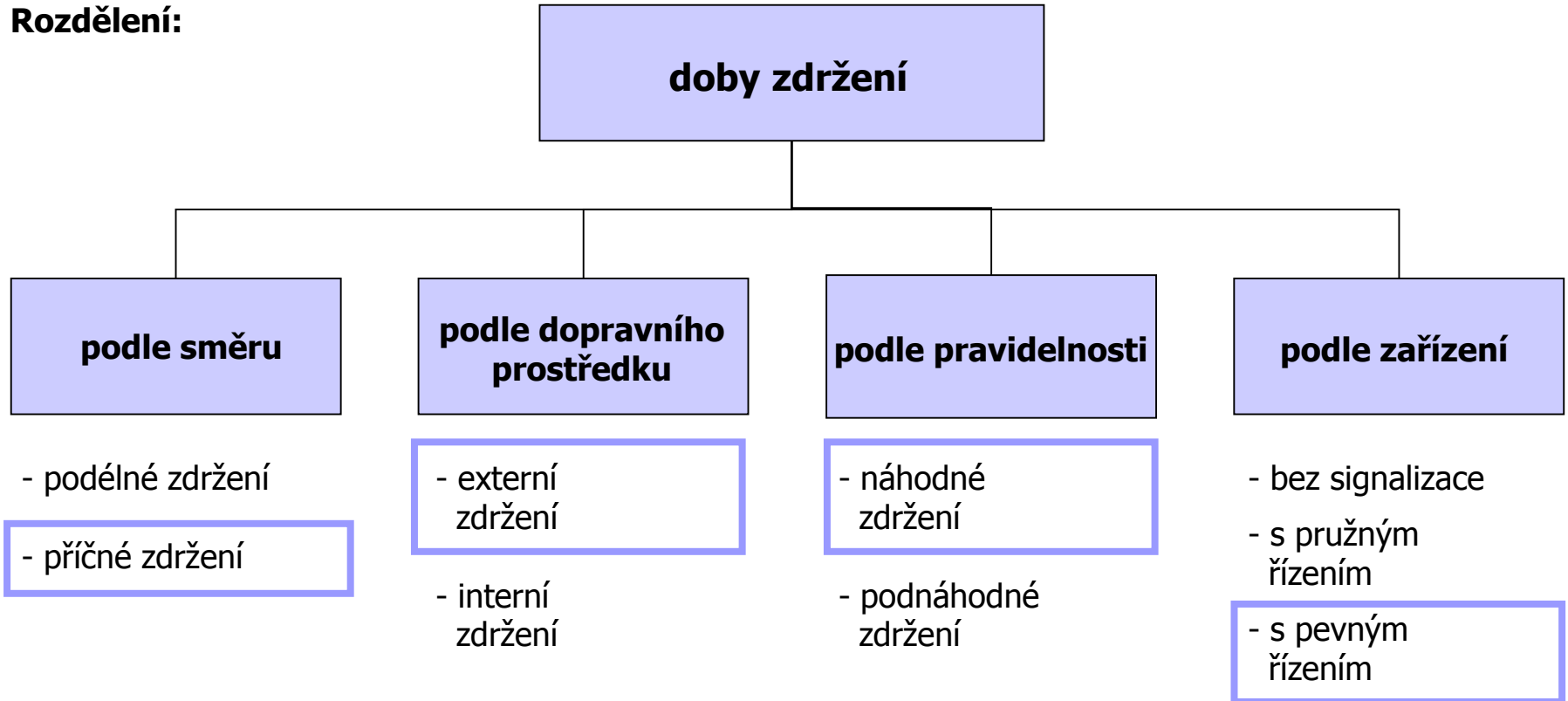
Rozdělení:



Jednoduché příklady:

- Řidič auta zastavuje před tramvají a chce vydávat pizzu.
- Na křižovatce s pevným řízením signalizace stojí před tramvají pořád auta, které chtějí odbočovat nalevo.
- Podle interní přednosti v jízdě odjezdi po přípoji mezi dvěma autobusy pořád autobus na příčné silnici Nejdříve.

Rozdělení:



Matematický příklad:

- o doba zdržení před křižovatkou s pevným řízením signalizace za předpokladu příjezdu vozidla MHD bez vlivu individuální automobilové dopravy (IAD)

$$\bar{t}_{\text{BLSA}} = \frac{t_s}{t_p} * \left(\frac{t_s}{2} + t_{\text{az}} \right) + \bar{n}_{\text{SZ}} * t_p$$

- \bar{n}_{SZ} [-] průměrný počet kongescí hromadného dopravního prostředku
- t_{az} [s] konstanta na rozjezd
- \bar{t}_{BLSA} [s] průměrná doba zdržení před křižovatkou s pevným řízením signalizace a příjezdem bez vlivu IAD
- t_p [s] doba periody
- t_s [s] doba trvání červené a oranžové

Příklad

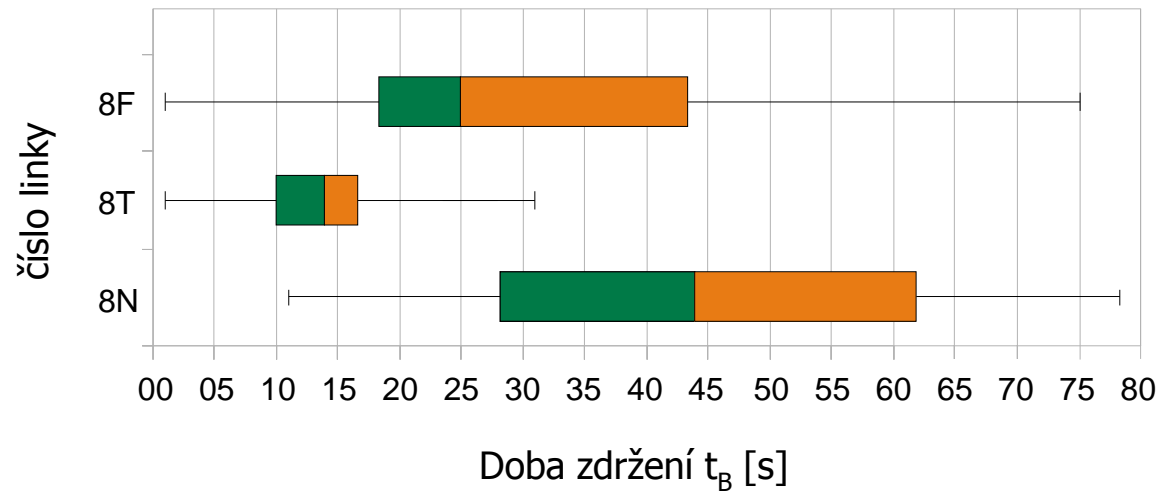
Přibližná rovnice:

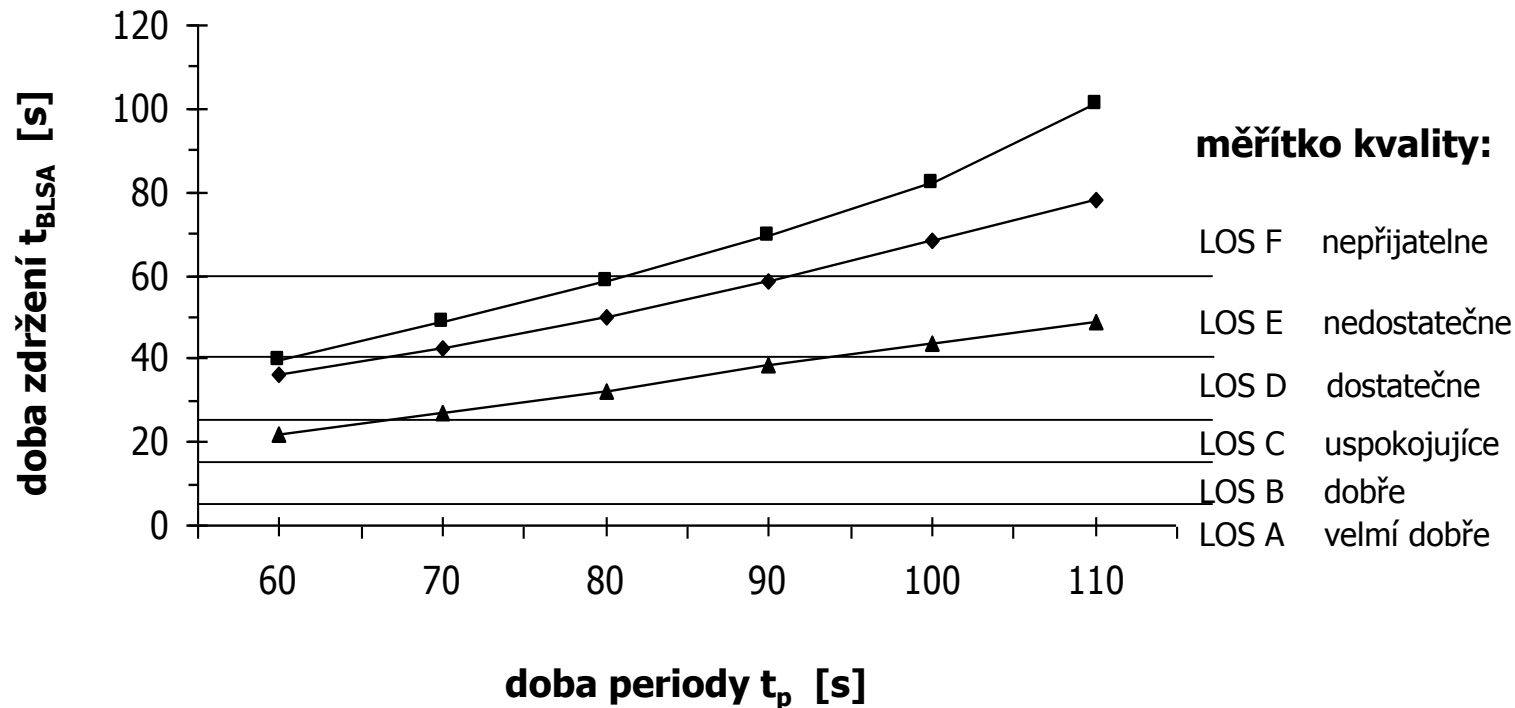
$$\bar{t}_{\text{BLSA}} = \frac{t_s}{t_p} * \left(\frac{t_s}{2} + t_{\text{az}} \right)$$

8 s	t_{az}	[s]	konstanta na rozjezd
	\bar{t}_{BLSA}	[s]	průměrná doba zdržení před křižovatkou s pevným řízením signalizace a příjezdem bez vlivu IAD
90 s	t_p	[s]	doba periody
80 s	t_s	[s]	doba trvání červené a oranžové

$$\bar{t}_{\text{BLSA}} = \frac{80 \text{ s}}{90 \text{ s}} * \left(\frac{80 \text{ s}}{2} + 8 \text{ s} \right) = 42,7 \text{ s}$$

Příklad z praxe Nürnberger Platz





zdroj:
 Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, KV 6:
 Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS).
 Ausgabe 2001. FGSV Verlag Köln 2001

Co musíme dělat?

- zrušení signalizace
- organizace příjezdu vozidla MHD bez vlivu individuální automobilové dopravy (IAD)
- organizace preferenci MHD
- dlouhá doba trvání zelené
- malá doba periody
- několik dob trvání zelené za periodu pro MHD

Příklad

Součet:

$$t_{\text{bef}} = \sum t_f + \sum t_h + \sum t_B$$

	t_{bef}	[s]	cestovní doba
42,7 s	t_B	[s]	doba zdržení
48,4 s	t_f	[s]	jízdní doba
12,3 s	t_h	[s]	doba pobytu vozidla v zastávce

bez doby zdržení: $t_{\text{bef}} = 48,4 \text{ s} + 12,3 \text{ s} = 60,7 \text{ s}$

s dobou zdržení: $t_{\text{bef}} = 48,4 \text{ s} + 12,3 \text{ s} + 42,7 \text{ s} = 103,4 \text{ s}$

Příprava a realizace jízdnicích řádů linek městské hromadné dopravy

- 1. Úvod do plánování veřejné dopravy**
 - 1.1. Postup plánování dopravní obsluhy oblasti
 - 1.2. Definice a rozdělení jízdnicích řádů
- 2. Výpočet intervalu a četnosti dopravní obsluhy**
 - 2.1. Interval
 - 2.2. Četnost dopravní obsluhy
- 3. Výpočet cestovní doby**
 - 3.1. Jízdnicí doba
 - 3.2. Doba pobytu vozidla **v zastávce**
 - 3.3. Doba zdržení
 - 3.4. Výsledek
- 4. Počet potřebných vozidel na lince**
 - 4.1. Doba oběhu
 - 4.2. Minimální celková doba obratu
 - 4.3. Efektivnost jízdnicího řádu

$$N_z = \frac{t_u}{t_T}$$

N_z	[-]	počet potřebných vozidel na lince
t_T	[min]	interval
t_u	[min]	celková doba oběhu

$$t_u = t_{\text{bef},u} + t_{w,u}$$

$t_{\text{bef},u}$	[min]	cestovní doba tam a zpět
t_u	[min]	celková doba oběhu
$t_{w,u}$	[min]	celková doba obratu

$$t_{w, u, \min} = \sum t_{\text{quali}} + \sum t_{\text{techno}} + \sum t_{\text{human}}$$

t_{quali}	[min]	rezerva pro dodržení kvality
t_{techno}	[min]	technologický čas (pro nutné provozní činnosti)
t_{human}	[min]	čas pro personál

$$t_{w, u, \min} = \frac{t_{\text{bef, u}}}{6}$$

$t_{w, u, \min}$	[min]	minimální celková doba obratu
------------------	-------	-------------------------------

$$t_{w, u, \min} = 0,14 * t_{\text{bef, u}} + 2 \text{ min}$$

zdroj:

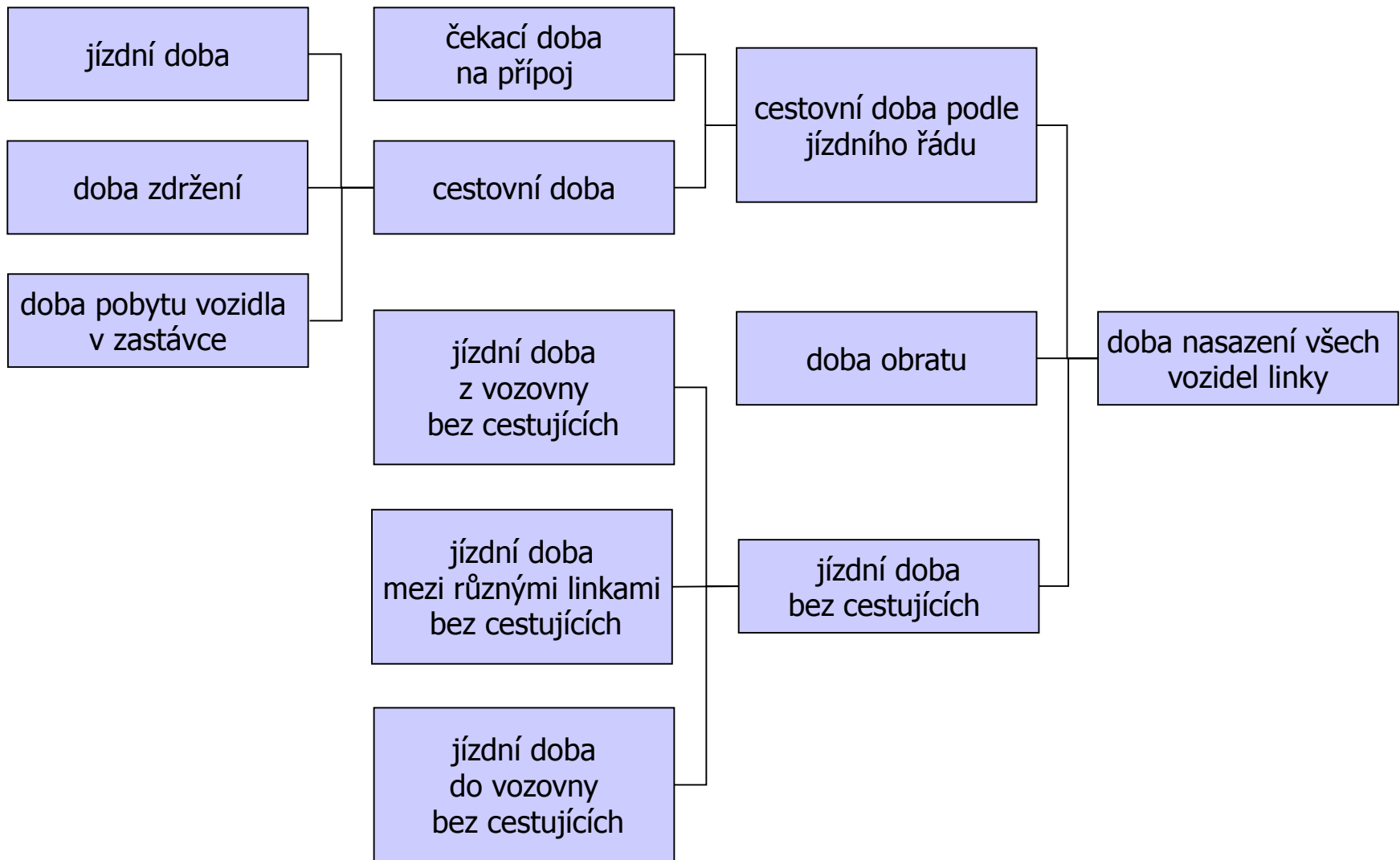
Zistel, Meinhard.-

Zeitgemäße Bemessungsvorschrift für die Wendezeit straßengebundener öffentlicher Stadtverkehrsmittel in Deutschland.-2007.-

Dresden, Technische Universität, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, Institut für Bahnsysteme und Öffentlichen Verkehr, Diplomarbeit

$$\eta_v = \frac{\sum t_{\text{bef}}}{\sum t_E}$$

$\sum t_{\text{bef}}$	[min]	součet cestovních dob podle jízdního řádu	
$\sum t_E$	[min]	součet nasazení dob všech vozidel linky	
η_v	[-]	efektivnost jízdního řádu	0,70 ... 0,80 ... 0,90



Děkuji za pozornost

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Dipl.-Ing. Steffen Dutsch
Technische Universität Dresden
Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“
Institut für Bahnsysteme und Öffentlichen Verkehr
Professur für Bahnverkehr, öffentlicher Stadt- und
Regionalverkehr

Telefon: (0351) 463 36528
Telefax: (0351) 463 36529
E-Mail : Steffen.Dutsch@tu-dresden.de
Internet: www.tu-dresden.de/vkivb/p-srv/p_srv.htm