

# STANOVENÍ PŘESTUPNÍ DOBY

Petr Kolomazník, Jaromír Široký<sup>1</sup>

---

*Anotace: Přestupní doba je rozdělena na tři dílčí fáze: výstup – chůze k druhému vlaku – nástup. Jednotlivé fáze jsou zde doplněny matematickým vyjádřením. Velký význam pro určení přestupní doby má prostřední fáze – chůze k druhému vlaku. Důležitou roli zde hraje vzdálenost pro přestup cestujících.*

*Klíčová slova: přestupní doba, fáze přestupu, chůze k vlaku, nástup, výstup*

*Summary: Interchange is divided into three phases: a get-off – a walk to the other train – a get-on. Separate phases are completed here of mathematical formulations. Great meaning for determination changing time has middle phase – walking to the second train. Important role here is played the distance for crossing of passengers.*

*Key words: interchange, walk, phase, input, output*

## 1. ÚVOD

Pro stanovení přestupní doby je velice důležité vycházet z analýzy dílčích částí přestupní doby. Tato problematika již byla popsána autory v příspěvku, který byl otištěný v předcházejícím čísle časopisu 5/2007 ze dne 11.3.2007. Vzhledem k tomu, že přestupní doba byla rozdělena na tři základní části (doba výstupu, doba chůze k druhému vlaku a doba nástupu), budou se autoři zabývat jednotlivými částmi a stanovením potřebných časů.

## 2. DOBA VÝSTUPU

Celkový čas výstupu závisí v první řadě na počtu vystupujících cestujících a jednotkovém čase výstupu. Ale také samozřejmě závisí na dalších faktorech. Především na počtu dveří (myšleno dveří jednoduchých, dvoukřídlých dveře) v celé soupravě, ale také na rozmístění cestujících ve vlaku, a tím na vyžití jednotlivých dveří. Dále je nutno zahrnout dobu nutnou pro otevření dveří. Tato může být závislá na konstrukci a způsobu ovládní dveří (rozdíl bude například mezi dveřmi otvíranými klikou a následně silou nebo dveřmi elektrickými ovládanými pouze tlačítkem).

---

<sup>1</sup> Ing. Petr Kolomazník, Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Katedra technologie a řízení dopravy, Studentská 95, 532 10 Pardubice, tel.: +420 466 036 460, fax: +420 46 6036 303,  
E-mail: [petr.kolomaznik@student.upce.cz](mailto:petr.kolomaznik@student.upce.cz)

Ing. Jaromír Široký, Ph.D., Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Katedra technologie a řízení dopravy, Studentská 95, 532 10 Pardubice, tel.: +420 466 036 199, fax: +420 46 6036 303,  
E-mail: [jaromir.siroky@upce.cz](mailto:jaromir.siroky@upce.cz)

Celkový čas výstupu všech cestujících vystupujících z dané soupravy u daného nástupiště se dá vyjádřit tímto vzorcem:

$$T_v = t_o + t_v + \frac{t_v * (x_v - 1)}{k_v * n_d^1} \quad [s] \quad (1)$$

kde:

$T_v$  ... celkový čas výstupu – první fáze přestupu [s],

$t_o$  ... doba potřebná k otevření dveří [s],

$t_v$  ... jednotkový čas výstupu jednoho cestujícího [s],

$x_v$  ... počet všech vystupujících cestujících [-],

$k_v$  ... koeficient využití dveří při výstupu [-],

$n_d^1$  ... počet dveří prvního vlaku [-].

Problémem při výpočtu doby výstupu je stanovení jednotkového času výstupu  $t_v$  a dále určení koeficientu využití dveří  $k_v$ . Jednotkový čas závisí, mimo jiných faktorů, i na těžko měřitelných fyzických schopnostech cestujících a koeficient využití dveří na subjektivním chování cestujících. Pro jejich určení by bylo nutné provést pokusy měřením přímo v terénu.

Předpokladem pro použití výše uvedeného vzorce (1) je, že nástupiště, u kterého se bude vystupovat, bude mít v celé délce stejnou výšku nad temenem kolejnice a vozy v soupravě budou stejné, alespoň co do výšky podlahy.

### 3. DOBA TRVÁNÍ CHŮZE K DRUHÉMU VLAKU

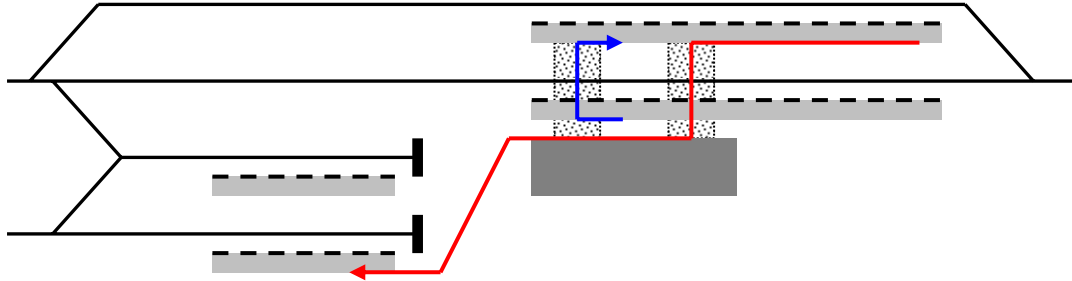
Jak již bylo v předcházejícím příspěvku uvedeno, vzdálenost, kterou musí cestující při přechodu mezi přípojnými vlaky urazit, závisí na mnoha faktorech. Z uvedených schémat a na nich vyznačených tras přestupu vyplývá, že každá trasa se skládá ze tří dílčích úseků:

- chůze po prvním nástupišti (myšleno nástupiště kde stojí první vlak),
- přechod mezi nástupišti,
- chůze po druhém nástupišti (myšleno nástupiště, kde stojí druhý vlak).

Dále je myšleno prvním nástupištěm, to u kterého stojí první vlak (z něj cestující vystupují) a druhým nástupištěm, to u kterého stojí druhý vlak (do něj cestující přestupují). V použitých vzorcích jsou nástupiště rozlišena horním indexem 1, respektive 2.

Při půdorysném znázornění situace lze říci, že se jedná o dva úseky vodorovné a mezi nimi jeden spojující úsek svislý (příčný). Výjimkou je situace s „odsunutými“ nástupišti (viz Obrázek 1), kde je část úseku spojujícího znázorněna diagonálně. Jde jen o schématické

znázornění nejkratší cesty (která může ve skutečnosti mít úplně jiný tvar, třeba i vodorovný) a vzhledem k tomu, že je součástí úseku přechodu mezi nástupišti bude její délka (myšleno skutečná délka ať má jakýkoliv tvar) zahrnuta také do svislého úseku.



Obrázek 1: Stanice s úrovnovým příchodem na nástupiště s „odsunutými“ kusými kolejemi

Zdroj: autoři

Nejprve je potřeba určit délky těchto dílčích úseků. Pro zjednodušení bude do prvního a třetího dílčího úseku započítána pouze chůze po nástupištích u kterých stojí přípojné vlaky (vodorovný směr). Všechny ostatní pohyby budou započítány do prostředního dílčího úseku – přechod mezi nástupišti. Dále lze vzhledem k poměru šířky a délky nástupišť jejich šířku při výpočtech zanedbat. Jak již bylo uvedeno, je potřeba určit maximálně dosažitelné vzdálenosti, které v nejnepříznivější situaci musí cestující urazit.

Při splnění dvou následujících zjednodušujících předpokladů:

1) vzdálenosti (zprava a zleva) od konců nástupišť k nejbližším přechodům nebo vstupům do podchodů/nadchodů (nebo alespoň vzdálenost z jedné strany) jsou větší než vzdálenosti mezi dvěma nejbližšími sousedními přechody nebo vstupy do podchodů,

2) vlaky zastavují tak, že zhruba střed soupravy je v místě středu nástupiště, nebo (v případě krátkých souprav) v blízkosti přechodů či vstupu do podchodu, se délka prvního dílčího úseku vypočte podle vzorce:

$$L_1 = \max\{l_p^1; l_i^1\} \quad [\text{m}] \quad (2)$$

kde:

$L_1$  ... délka prvního dílčího úseku – chůze po prvním nástupišti [m],

$l_p^1$  ... vzdálenost od pravého konce 1. nástupiště k nejbližšímu pře/podchodu [m],

$l_i^1$  ... vzdálenost od levého konce 1. nástupiště k nejbližšímu pře/podchodu. [m].

Tento předpis pro výpočet  $L_1$  (viz vzorec 2) by bylo možné použít jen v případě, že by délka soupravy byla shodná s délkou nástupiště. V naprosté většině případů je ovšem

souprava kratší než nástupiště, a proto je potřeba rozdíl mezi délkou nástupiště a soupravy odečíst od takto stanovené vzdálenosti. O to, o co je souprava kratší než nástupiště, se totiž vzdálenost, kterou je potřeba překonat zkracuje, a protože vzdálenost se zkracuje na obou koncích nástupiště, je použita průměrná hodnota, polovina rozdílu délek.

Pro upřesnění je na tomto místě potřeba podotknout, že dále bude pod pojmem „souprava“ rozuměna ta část vlaku, která slouží pro přepravu cestujících. Tedy pro vlak tvořený lokomotivou a vozy to je pouze délka těchto vozů, pro případ ucelených jednotek je to naopak délka celého vlaku, obdobně u vlaků tvořených motorovým vozem a jeho přípojnými vozy je to též délka celého vlaku.

Po úpravě vzorec pro délku prvního dílčího úseku vypadá takto:

$$L_1 = \left| \left( \max \{ l_p^1; l_l^1 \} - \frac{l_{nást}^1 - l_{sv}^1}{2} \right) + \frac{l_{voz}^1}{2} \right| \quad [m] \quad (3)$$

kde:

$L_1$  ... délka prvního dílčího úseku – chůze po prvním nástupišti [m],

$l_p^1$  ... vzdálenost od pravého konce 1. nástupiště k nejbližšímu pře/podchodu [m],

$l_l^1$  ... vzdálenost od levého konce 1. nástupiště k nejbližšímu pře/podchodu. [m],

$l_{nást}^1$  ... délka prvního nástupiště [m],

$l_{sv}^1$  ... délka soupravy prvního vlaku [m],

$l_{voz}^1$  ... délka jednoho vozu v soupravě prvního vlaku [m].

V případě, že délka soupravy je kratší než vzdálenost mezi krajními přechody nebo vstupy do podchodu, rozdíl vychází záporný. Proto je nutno brát absolutní hodnotu tohoto rozdílu, lze to interpretovat, tak že cestující jdou k přechodům/podchodům „z druhé strany“. Tato situace nastane v případě, že se jedná o krátký vlak a na nástupiště ústí více přechodů nebo vstupů do podchodů a vlak vlastně zastaví mezi nimi.

Kvůli eliminaci nesouladu ve vzájemné pozici dveří a přechodů/podchodů je k výrazu ještě přičtena polovina délky vozu. Nelze totiž předpokládat, že cestující vystoupí z vlaku přímo u vstupu do podchodu, nejkratší vzdálenost, kterou bude muset urazit od dveří k nejbližšímu podchodu/přechodu je právě polovina délky vozu.

Ovšem ani po této úpravě ještě není vzorec (3) zcela v pořádku. Může nastat situace, že  $L_1$  vyjde velmi krátká vzdálenost nebo dokonce nula, a to v případě, kdy délka soupravy je téměř nebo úplně stejná jako vzdálenost mezi krajními přechody či vstupy do podchodu.

Nulová vzdálenost samozřejmě neodpovídá skutečnosti. Vzhledem k výše vysloveným předpokladům 1) a 2), lze usoudit, že vlak bude stát mezi přechody/podchody a vzdálenost, kterou budou muset cestující urazit bude malá.

Proto je potřeba stanovit minimální vzdálenost, kterou budou muset ujit cestující v každém případě. Ta vychází právě z předpokladu, že vlak stojí v prostoru, kde na nástupiště ústí vstupy do podchodů nebo přechody. Minimální vzdálenost vychází z délky mezi krajními vstupy do podchodů nebo přechody rozdělené podle počtu těchto vstupů/přechodů. Protože si cestující může vybrat ten bližší, je tato vzdálenost brána pouze poloviční.

Vzorec pro výpočet minimální vzdálenosti, kterou musí cestující vždy urazit je:

$$L_{\min} = \frac{l_{nást}^1 - (l_p^1 + l_l^1)}{2 * (i - 1)} + l_{voz}^1 \quad [m] \quad (4)$$

kde:

$L_{\min}$  ... minimální vzdálenost, kterou musí cestující ujit v rámci 1. dílčího úseku [m],

$l_p^1$  ... vzdálenost od pravého konce 1. nástupiště k nejbližšímu pře/podchodu [m],

$l_l^1$  ... vzdálenost od levého konce 1. nástupiště k nejbližšímu pře/podchodu. [m],

$l_{nást}^1$  ... délka prvního nástupiště [m],

$i$  ... počet vstupů do podchodů nebo počet přechodů ústících na nástupiště [-],

$l_{voz}^1$  ... délka jednoho vozu v soupravě prvního vlaku [m].

Vzdálenost, kterou budou muset cestující ujit v rámci prvního dílčího úseku, bude ta větší hodnota ze dvou, které vyjdou podle vzorců (3) a (4).

Konečná podoba výrazu určujícího **délku prvního dílčího úseku** tedy je:

$$L_1 = \max \left\{ L_{\min}; \left( \left( \max \{ l_p^1; l_l^1 \} \right) - \frac{l_{nást}^1 - l_{sv}^1}{2} + \frac{l_{voz}^1}{2} \right) \right\} \quad [m] \quad (5)$$

kde:

$L_1$  ... délka prvního dílčího úseku – chůze po prvním nástupišti [m],

$L_{\min}$  ... minimální vzdálenost, kterou musí cestující ujit v rámci 1. dílčího úseku [m],

$l_p^1$  ... vzdálenost od pravého konce 1. nástupiště k nejbližšímu pře/podchodu [m],

$l_l^1$  ... vzdálenost od levého konce 1. nástupiště k nejbližšímu pře/podchodu. [m],

$l_{nást}^1$  ... délka prvního nástupiště [m],

$l_{sv}^1$  ... délka soupravy prvního vlaku [m],

$l_{voz}^1$  ... délka jednoho vozu v soupravě prvního vlaku [m].

Délka druhého dílčího úseku – přechod mezi nástupišti – se vypočte podle následujícího výrazu:

$$L_2 = s_p + l_{ujp} + l_{ost} \quad [m] \quad (6)$$

kde:

$L_2$  ... délka druhého dílčího úseku – přechod mezi nástupišti [m],

$s_p$  ... šířka přechodu nebo podchodu [m],

$l_{ujp}$  ... délka ušlá po přechodu nebo v podchodu [m],

$l_{ost}$  ... délka ostatních úseků, které je nutné překonat při chůzi mezi nástupišti [m].

Do ostatních úseků patří zejména chůze k takzvaným odsunutým nástupištím, kusým kolejím nebo A nástupištím (například lovosické nástupiště v České Lípě, šumperské v Zábřehu na Moravě nebo nástupiště 1A v Pardubicích). Dále k ostatním vzdálenostem překonávaným při chůzi na druhé nástupiště patří úsek mezi jednotlivými částmi stanice, například při jejím ostrovním uspořádání, chůze z jedné strany staniční budovy na druhou (například Stará Paka, Všetaty, Ústí nad Orlicí nebo Hulín). Dále sem je potřeba zahrnout vzdálenost mezi koncem úrovnového přechodu a vstupu do podchodu v poloperonizovaných stanicích (například Přelouč nebo Staré Město u Uherského Hradiště).

Jinými slovy, délka ostatních úseků představuje všechny další vzdálenosti, které cestující musí překonat při chůzi na druhé nástupiště, kromě chůze po vlastních nástupištích u kterých stojí přípojné vlaky, prvním a druhém. Tato veličina může samozřejmě nabývat i nulové hodnoty.

Šířka podchodu nebo přechodu je zahrnuta z toho důvodu, že lze předpokládat, že cestující se těžko bude držet pouze při jeho okraji, ale půjde zhruba středem. Zejména v případě, že ušlá vzdálenost v podchodu nebo na přechodu by byla krátká a podchod/přechod široký, tak by zanedbání jeho šířky způsobovalo větší nepřesnosti. Zde lze namítnout, že cestující může jít kratší úhlopříčnou trasou, ale vzhledem k většímu množství pohybujících se dalších osob je možnost nejkratší cesty dost omezena, proto vzdálenost není počítána přesněji, ale pouze pomocí prostého součtu délky a šířky.

Do tohoto druhého dílčího úseku též patří případná chůze po schodech, když se jedná o mimoúrovňový příchod na nástupiště, která v předešlém vzorci (6) není zahrnuta. Doba

chůze po schodech bude zahrnuta až do celkového výpočtu doby druhé fáze přestupu – chůze k druhému vlaku. Důvodem je, že čas potřebný k překonání schodů je závislý na jejich počtu a ne na vzdálenosti.

Při stanovení vztahu pro poslední – třetí – dílčí úsek trasy chůze k druhému vlaku – chůze po druhém nástupišti – lze opět vyjít z výše daného předpokladu 2): že vlaky zastavují v blízkosti podchodů nebo přechodů. V případě, že na nástupiště vede více přístupových cest, tak maximální vzdálenost, kterou bude muset cestující urazit, bude vzdálenost mezi nejvzdálenějšími přechody nebo vstupy do podchodu. Například, když krátká souprava bude stát pouze u jednoho z přechodů/podchodů a cestující přijde na nástupiště tím nejvzdálenějším od té soupravy. Ještě je nutno zmínit předpoklad, že cestující budou nastupovat do vlaku co nejbližší místu, kde přijdou na nástupiště a nepůjdou až na opačný konec soupravy. Dále je opět použita poloviční délka jednoho vozu soupravy pro eliminaci vzájemného nesouhlasného postavení dveří a přechodu/podchodu.

Vzorec pro výpočet třetího dílčího úseku – chůze po druhém nástupišti vypadá takto:

$$L_3 = l_{nást}^2 - (l_p^2 + l_l^2) + \frac{l_{voz}^2}{2} \quad [m] \quad (7)$$

kde:

$L_3$  ... délka třetího dílčího úseku – chůze po druhém nástupišti [m],

$l_p^2$  ... vzdálenost od pravého konce 2. nástupiště k nejbližšímu pře/podchodu [m],

$l_l^2$  ... vzdálenost od levého konce 2. nástupiště k nejbližšímu pře/podchodu. [m],

$l_{nást}^2$  ... délka druhého nástupiště [m],

$l_{voz}^2$  ... délka jednoho vozu v soupravě druhého vlaku [m].

Po stanovení všech dílčích vzdáleností, které musí cestující při přestupu překonat, lze již sestavit vzorec pro dobu trvání druhé fáze přestupu – chůze na druhé nástupiště. Tvar tohoto výrazu je poměrně jednoduchý. Je tvořen podílem součtu všech dílčích vzdáleností (viz vzorce (5), (6) a (7) a rychlosti chůze, plus je přičtena doba potřebná pro překonání případných schodů.

Doba potřebná pro překonání schodů závisí na jejich počtu a jednotkovém čase pro překonání právě jednoho schodu, dále také závisí na směru chůze po schodech (nahoru/dolu). Jednotkový čas bude nutno určit měřením přímo v terénu.

Tvar vzorce pro výpočet doby chůze na druhé nástupiště při přestupu mezi přípojnými vlaky – druhé fáze přestupu – tedy je:

$$T_{ch} = \frac{L_1 + L_2 + L_3}{\bar{v}_{ch}} + n_{sch}^h * t_{sch}^h + n_{sch}^d * t_{sch}^d \quad [s] \quad (8)$$

kde:

$T_{ch}$  ... doba chůze na druhé nástupiště – druhá fáze přestupu [s],

$L_1$  ... první dílčí úsek – chůze po prvním nástupišti [m],

$L_2$  ... druhý dílčí úsek – chůze na druhé nástupiště [m],

$L_3$  ... třetí dílčí úsek – chůze po druhém nástupišti [m],

$\bar{v}_{ch}$  ... průměrná rychlost chůze cestujících při přestupu [ $m \cdot s^{-1}$ ],

$n_{sch}^h$  ... počet schodů překonávaných směrem nahoru [-],

$t_{sch}^h$  ... jednotkový čas pro překonání jednoho schodu ve směru nahoru [s],

$n_{sch}^d$  ... počet schodů překonávaných směrem dolů [-],

$t_{sch}^d$  ... jednotkový čas pro překonání jednoho schodu ve směru dolů [s].

V případě, kdy se bude jednat o stanici s úrovnovým přístupem na nástupiště, a tudíž se na trase přestupu nebudou vyskytovat žádné schody, tak se u vzorce (8) hodnoty  $n_{sch}^h$  a  $n_{sch}^d$  eliminují.

Výše sestavený vzorec (8) je univerzální a lze jej použít téměř ve všech případech bez ohledu na stavební uspořádání konkrétní stanice. Jedinou výjimkou je situace, kdy se přestup realizuje u jednoho ostrovního nástupiště, způsobem hrana – hrana, to znamená, že cestující pouze přejde na protější stranu nástupiště k přípojnému vlaku.

Při přestupu hrana – hrana, lze trasu přestupu těžko rozdělit, do výše uvedených třech dílčích úseků. Druhý úsek – přechod mezi nástupišti –v tomto případě trasa vůbec nezahrnuje a rozdělit vzdálenost, kterou musí cestující v tomto případě překonat, mezi dva zbylé dílčí úseky (chůze po prvním a chůze po druhém nástupišti) též nelze, protože přestup se realizuje pouze v rámci jednoho nástupiště.

Pro přestup hrana – hrana u jednoho ostrovního nástupiště tedy vzorec pro výpočet doby druhé fáze přestupu – chůze k druhému vlaku – vypadá následovně:



$$T_{ch}^{ostrov} = \frac{\left( \left| \frac{l_{sv}^1 - l_{sv}^2}{2} \right| + s_{nást} + \frac{l_{voz}^2}{2} \right)}{\bar{v}_{ch}} \quad [s] \quad (9)$$

kde:

$T_{ch}^{ostrov}$  ... doba chůze k 2. vlaku při přestupu u jednoho ostrovního nástupiště [s],

$l_{sv}^1$  ... délka soupravy prvního vlaku [m],

$l_{sv}^2$  ... délka soupravy druhého vlaku [m],

$s_{nást}$  ... šířka nástupiště [m],

$l_{voz}^2$  ... délka jednoho vozu druhého vlaku [m],

$\bar{v}_{ch}$  ... průměrná rychlost chůze cestujícího [m.s<sup>-1</sup>].

Tento vzorec (9) má stejnou skladbu jako univerzální vzorec (8) pro  $T_{ch}$ , tedy podíl ušlé vzdálenosti (výraz v závorce) a průměrné rychlosti, s tím rozdílem, že se zde samozřejmě neobjevují členy týkající se schodů. Výraz pro ušlou vzdálenost vychází z toho, že při stejném postavení obou vlaků vůči středu nástupiště, bude maximální vzdálenost, kterou bude muset cestující urazit, rovna právě polovině rozdílu délek souprav přípojných vlaků. Rozdíl je v absolutní hodnotě, aby v případě delší soupravy druhého vlaku, nevycházely záporné hodnoty. Polovina délky vozu je opět z důvodu odstranění prostorového nesouladu mezi vzájemnou pozicí dveří obou vlaků.

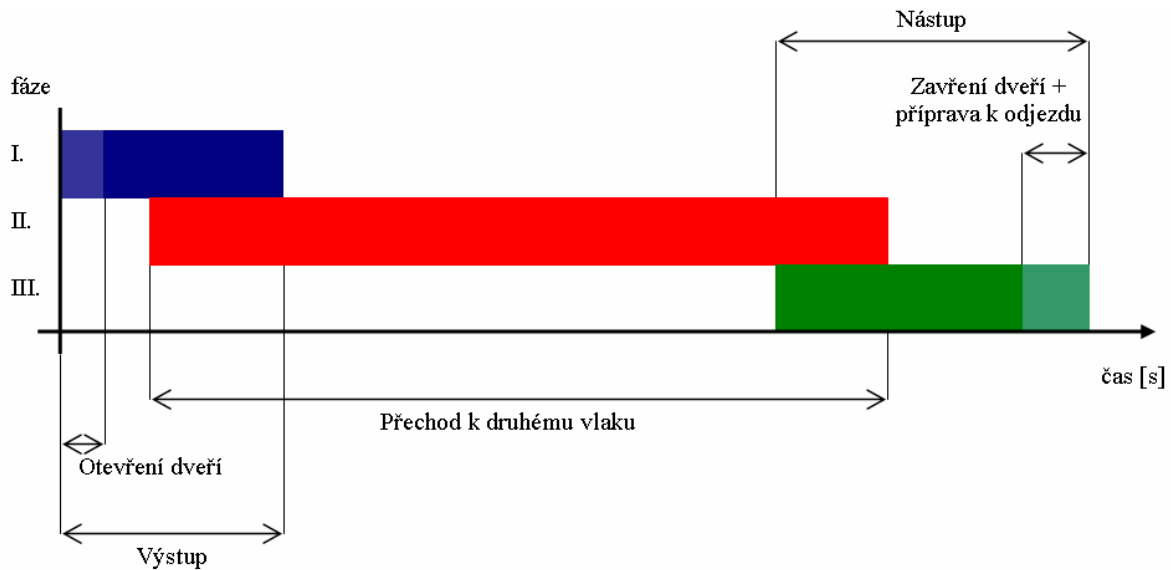
#### 4. DOBA TRVÁNÍ NÁSTUPU

Poslední – třetí – fází celého procesu přestupu je nástup do druhého vlaku. Obdobně jako na výstup se dá i na nástup pohlížet dvěma pohledy: jako na jednotkový čas nástupu jednoho cestujícího nebo celkový čas potřebný pro nástup všech cestujících.

Čas potřebný pro nástup jednoho cestujícího je závislý hlavně na převýšení mezi plochou nástupiště a podlahou vozidla, které je nutno překonat. Vliv na dobu nástupu má též fyzická zdatnost každého nastupujícího a další faktory, obdobně jako tomu je u výstupu. Jednotkový čas nástupu je tedy také náhodná veličina a hodnoty, kterých nabývá je nutno určit průzkumem v praxi.

Celková doba nástupu je závislá na jednotkovém čase a na počtu nastupujících cestujících, zde míněno pouze ty, kteří přestupují z prvního vlaku. Dále celkový čas závisí, obdobně jako při výstupu, na počtu dveří, respektive na počtu dveří využitých k nástupu. Zde lze předpokládat, že využití dveří bude obecně nižší než při výstupu, protože cestující,

na kterého je při přestupu tak trochu spěcháno, nepůjde ke dveřím až na konci soupravy. Dalším faktorem, který již neovlivňuje přímo dobu nástupu, ale to, jaká její část bude započtena do celkové doby přestupu, je časová návaznost jednotlivých fází přestupu. Problém tkví v tom, že je potřeba určit délku pouze té části doby nástupu, která přesahuje druhou fázi přestupu – chůzi k druhému vlaku (viz Obrázek 2). Tu její část, kdy již cestující pouze nastupují, všichni jsou již u druhého vlaku, jinými slovy, tu část, kdy třetí fáze běží pouze samostatně.



Obrázek 2: Časová návaznost jednotlivých fází přestupu

Zdroj: autoři

Jak již bylo uvedeno, druhá fáze přestupu je tvořena dobou potřebnou pro přechod mezi vlaky pouze posledním cestujícím a končí okamžikem, kdy tento cestující dojde k druhému vlaku, čímž tam jsou již všichni přestupující a začíná běžet poslední fáze přestupu – nástup do druhého vlaku. Toto lze tvrdit vzhledem k tomu, že všichni cestující se pohybují stejnou průměrnou rychlostí a musí urazit stejnou vzdálenost.

S ohledem na výše uvedená fakta lze předpokládat, že třetí fázi bude tvořit pouze nástup jednoho – posledního – cestujícího. Ostatní cestující stihnou nastoupit již v rámci druhé fáze přestupu, protože jsou u druhého vlaku dříve než začíná fáze třetí.

Problém nastane v situaci, kdy nebudou cestující moci nastupovat tak plynule, jak budou přicházet k druhému vlaku, budou-li se u dveří tvořit fronty. Pak bude mít doba nástupu delší trvání, a to od okamžiku, kdy přijde poslední cestující k druhému vlaku, až po okamžik, kdy nastoupí všichni cestující do vlaku. Tato situace může nastat například v případě, kdy bude větší počet cestujících nastupovat do soupravy s malým počtem dveří.

S přihlédnutím k výše uvedenému bude vzorec pro výpočet doby potřebné k nástupu vypadat takto:

$$T_n = t_n + \frac{r * x_p * t_n}{k_n * n_d^2} \quad [s] \quad (10)$$

kde:

$T_n$  ... doba potřebná k nástupu do druhého vlaku – třetí fáze přestupu [s],

$t_n$  ... jednotkový čas nástupu jednoho cestujícího [s],

$r$  ... koeficient plynulosti nástupu [-],

$x_p$  ... počet přestupujících cestujících [-],

$k_n$  ... koeficient využití dveří při nástupu [-],

$n_d^2$  ... počet dveří druhého vlaku [-].

Koeficient plynulosti nástupu  $r$  určuje podíl cestujících, kteří nestihnou nastoupit před příchodem posledního přestupujícího k druhému vlaku. Udává jak se prodlouží nástup oproti situaci, kdy cestující nastupují naprosto plynule bez vzniku front. Může mít hodnotu i nula, pak je nástup plynulý a doba třetí fáze je rovna pouze jednotkovému času nástupu jednoho cestujícího – toho posledního. Koeficient využití dveří při nástupu  $k_n$  bude značně nižší než obdobný koeficient použitý při výstupu  $k_v$ . Důvodem je to, že cestující při nástupu do druhého vlaku využívají dveře v co nejmenší vzdálenosti od místa vstupu na nástupiště, a proto bude pro nástup využito méně dveří.

Ovšem takto sestavený vzorec (10) pro dobu nástupu ještě není zcela kompletní, ještě je potřeba do doby nástupu zahrnout doplňkové časy. Těmi jsou doba potřebná na zavření dveří, ta závisí hlavně na způsobu ovládání dveří (například jestli je centrální). A dále doba potřebná na přípravu vlaku k odjezdu, ta zahrnuje dání potřebných návěstí jak vlakovou četou, tak výpravčím.

Po doplnění bude vzorec pro výpočet doby třetí fáze – nástupu – vypadat takto:

$$T_n = t_n + \frac{r * x_p * t_n}{k_n * n_d^2} + t_z + t_{po} \quad [s] \quad (11)$$

kde:

$T_n$  ... doba potřebná k nástupu do druhého vlaku – třetí fáze přestupu [s],

$t_n$  ... jednotkový čas nástupu jednoho cestujícího [s],

$r$  ... koeficient plynulosti nástupu [-],

- $x_p$  ... počet přestupujících cestujících [-],  
 $k_n$  ... koeficient využití dveří při nástupu [-],  
 $n_d^2$  ... počet dveří druhého vlaku [-],  
 $t_z$  ... čas potřebný k zavření dveří [s],  
 $t_{po}$  ... čas potřebný na přípravu vlaku k odjezdu a jeho výpravu [s].

Problémem při vyjádření času potřebného pro nástup je stanovení jednotkového času nástupu a koeficientů plynulosti nástupu a využití dveří. Jednotkový čas  $t_n$ , kromě jiných faktorů, závisí také na neměřitelných fyzických schopnostech cestujících a koeficient využití dveří  $k_n$  na subjektivním chování cestujících. Koeficient plynulosti nástupu  $r$  pak závisí na předchozích veličinách a také na výstupu cestujících z prvního vlaku, například na počtu dveří, z kterých se vystupuje, oproti počtu dveří, kterými se nastupuje. Dále také závisí na tom, zda současně do stejného vlaku nastupují cestující i z jiných přípojných vlaků. Pro přesné určení hodnot těchto veličin je potřebné provést průzkumy v provozu.

## 5. STANOVENÍ CELKOVÉ PŘESTUPNÍ DOBY

Po určení dob trvání všech třech dílčích fází procesu přestupu lze sestavit konečný vzorec pro stanovení celkového času potřebného pro přestup mezi dvěma přípojnými vlaky – přestupní dobu.

Vzorec pro výpočet celé přestupní doby má takovýto tvar:

$$T_p = T_v + T_{ch} + T_n \quad [s] \quad (12)$$

kde:

$T_p$  ... celková doba potřebná na přestup – přestupní doba [s],

$T_v$  ... doba potřebná k výstupu z prvního vlaku – první fáze přestupu [s],

$T_{ch}$  ... doba chůze na druhé nástupiště – druhá fáze přestupu [s],

$T_n$  ... doba potřebná k nástupu do druhého vlaku – třetí fáze přestupu [s].

Po dosazení ze vzorců (8) a (11) do vzorce (12) vznikne rozepsaný tvar vzorce pro výpočet přestupní doby:

$$\begin{aligned}
 T_p = t_o + t_v + \frac{t_v * (x_v - 1)}{k_v * n_d^1} + \frac{L_1 + L_2 + L_3}{\bar{v}_{ch}} + n_{sch}^h * t_{sch}^h + n_{sch}^d * t_{sch}^d + \\
 + t_n + \frac{r * x_p * t_n}{k_n * n_d^2} + t_z + t_{po}
 \end{aligned} \quad [s] \quad (13)$$

kde:

- $T_p$  ... celková doba potřebná na přestup – přestupní doba [s],  
 $t_o$  ... doba potřebná k otevření dveří [s],  
 $t_v$  ... jednotkový čas výstupu jednoho cestujícího [s],  
 $x_v$  ... počet všech vystupujících cestujících [-],  
 $k_v$  ... koeficient využití dveří při výstupu [-],  
 $n_d^1$  ... počet dveří prvního vlaku [-],  
 $L_1$  ... první dílčí úsek – chůze po prvním nástupišti [m],  
 $L_2$  ... druhý dílčí úsek – chůze na druhé nástupiště [m],  
 $L_3$  ... třetí dílčí úsek – chůze po druhém nástupišti [m],  
 $\bar{v}_{ch}$  ... průměrná rychlost chůze cestujících při přestupu [ $m \cdot s^{-1}$ ],  
 $n_{sch}^h$  ... počet schodů překonávaných směrem nahoru [-],  
 $t_{sch}^h$  ... jednotkový čas pro překonání jednoho schodu ve směru nahoru [s],  
 $n_{sch}^d$  ... počet schodů překonávaných směrem dolů [-],  
 $t_{sch}^d$  ... jednotkový čas pro překonání jednoho schodu ve směru dolů [s],  
 $t_n$  ... jednotkový čas nástupu jednoho cestujícího [s],  
 $r$  ... koeficient plynulosti nástupu [-],  
 $x_p$  ... počet přestupujících cestujících [-],  
 $k_n$  ... koeficient využití dveří při nástupu [-],  
 $n_d^2$  ... počet dveří druhého vlaku [-],  
 $t_z$  ... čas potřebný k zavření dveří [s],  
 $t_{po}$  ... čas potřebný na přípravu vlaku k odjezdu [s].

Vzorec (12), respektive (13) neplatí pro případ přestupu mezi vlaky stojícími u jednoho ostrovního nástupiště, systém přestupu hrana – hrana. V tomto případě se přestupní doba vypočítá podle upraveného vzorce:

$$T_p^{ostrov} = T_v + T_{ch}^{ostrov} + T_n \quad [s] \quad (14)$$

kde:

- $T_p^{ostrov}$  ... celková přestupní doba při přestupu u jednoho ostrovního nástupiště [s],  
 $T_v$  ... doba potřebná k výstupu z prvního vlaku – první fáze přestupu [s],  
 $T_{ch}^{ostrov}$  ... doba chůze k 2. vlaku při přestupu u jednoho ostrovního nástupiště [s],

$T_n$  ... doba potřebná k nástupu do druhého vlaku – třetí fáze přestupu [s].

V tomto případě se do vzorce (14) dosazují výrazy ze vzorců, (9) a (11).

## 6. ZÁVĚR

Celý proces přestupu se dá rozdělit do třech fází: výstup z prvního vlaku, chůze k druhému vlaku a nástup do něj, obdobně tak i výpočet celkové doby přestupu je součtem třech dílčích výrazů (viz vzorec 12). Pro specifický případ přestupu, jedná se o systém hrana – hrana, je stanoven odlišný vztah (14). Rozdílnost spočívá v jiném výpočtu vzdálenosti, kterou je nutno při přestupu urazit, čímž je odlišný i výraz pro výpočet doby trvání prostřední fáze přestupu.

## 7. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] *Čekací doby a opatření při zpoždění vlaků osobní dopravy, druhá změna*. Praha: České dráhy, a.s., 2005. CD – ROM.
- [2] Hertel, G. *Wartezeiten als wesentliche Qualitätsparameter der Beförderungsleistungen*, sborník Taktfahrplan und Kapazität, Utrecht, 1995, s. 52-64, ISSN 0948-8154.
- [3] Kolomazník, P. *Přestupní doby mezi vlaky osobní dopravy u Českých drah*, Diplomová práce. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2006, 81 s.
- [4] Široký, J. *Vazba mezi systematickými jízdními řády dálkových a příměstských vlaků*. Disertační práce. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2002, 83 s.
- [5] Široký, J., Kolomazník, P. *Dílčí časové prvky přestupní doby*, Perner's Contacts, Elektronický odborný časopis o technologii, technice a logistice v dopravě, č. 1, ročník II, Pardubice, 2007, str. 121-126, ISSN 1801-674X.

*Příspěvek vznikl za podpory Institucionálního výzkumu „Teorie dopravních systémů“ (MSM 0021627505) Univerzity Pardubice.*

Recenzent: doc. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.  
Univerzita Pardubice