

**5**

Petr Cenek – Jaroslav Janáček – Ludmila Jánošíková  
**NÁVRH DOPRAVNÝCH OKRSKOV PRI MODELOVANÍ  
DOPRAVNÉHO PROCESU V ÚZEMÍ  
LOCATION OF TRANSPORTATION DISTRICTS  
AT MODELING OF TRANSPORTATION PROCESSES  
IN A REGION**

---

**10**

Pavel Surovec  
**VEREJNÁ OSOBNÁ DOPRAVA V REGIÓNOCH  
PUBLIC PASSENGER TRANSPORT SERVICE IN  
REGIONS**

---

**18**

Peter Faith  
**MODEL INTEGROVANÉHO SYSTÉMU PREPRAVY  
OSÔB V RIEŠENOM ÚZEMÍ  
A MODEL OF INTEGRATED PASSENGER  
TRANSPORT SYSTEM IN A SPECIFIC REGION**

---

**24**

Tatiana Čorejová  
**POŠTY A TELEKOMUNIKÁCIE V RIEŠENOM ÚZEMÍ  
TERRITORY POSTS AND TELECOMMUNICATIONS  
UNDER INVESTIGATION**

---

**33**

Miroslav Hrnčiar  
**KVALITA A JEJ MERANIE V SLUŽBÁCH DOPRAVY,  
PÔŠT A TELEKOMUNIKACÍ  
QUALITY AND ITS MEASUREMENT IN TRANSPORTA-  
TION, INFO-COMMUNICATION AND POSTAL  
SERVICES**

---

**45**

Tomáš Hollarek – Imrich Molnár – Jozef Paľo  
**MODELOVANIE PREPRAVNÉHO A DOPRAVNÉHO  
PROCESU ÚZEMNOSPRAVNEHO CELKU – KRAJA  
THE MODELING OF TRANSPORTATION AND  
TRANSPORT PROCESSES OF A TERRITORY  
ADMINISTRATION REGION**

---

**61**

Peter Kačala  
**MOŽNOSTI KOMBINOVANEJ DOPRAVY  
V ŽILINSKOM KRAJI  
COMBINED TRANSPORT FEASIBILITIES  
IN THE ŽILINA REGION**

---

**66**

Jaroslav Janáček – Ludmila Jánošíková  
**VYŠŠIE ÚZEMNÉ CELKY A DOPRAVNÁ  
DOSTUPNOSŤ ICH SÍDELNÝCH MIEST  
HIGHER TERRITORIAL UNITS AND  
TRANSPORTATION ACCESSIBILITY  
OF THEIR CENTERS**

---

**73**

Ján Čelko – Daniela Ďurčanská – Jozef Komačka  
– Eva Holeščáková  
**HODNOTENIE VYBRANEJ ČASTI CESTNEJ SIETE  
ŽILINSKÉHO KRAJA  
THE EVALUATION OF A SELECTED PART  
OF THE ROAD NETWORK IN ŽILINA REGION**

---

**83**

Karol Vasílko – Anna Macurová  
**GEOMETRICKÉ ZÁKONITOSTI VYTVARANIA  
OBROBENÉHO POVRCHU  
GEOMETRIC RELATIONS OF THE FORMATION  
OF A CUT SURFACE**

---

**88**

Marek Kopyński – Andrzej Surowiecki  
**VYBRANÉ PROBLÉMY MECHANIKY  
SPEVNENÝCH ZEMÍN  
SELECTED PROBLEMS OF REINFORCED  
SOIL MECHANICS**

---

**93**

L. Grabowski – S. Kobiela – Z. Zamiar – M. Jagiello  
**INŠTALÁCIA BUNIEK NA MERANIE TLAKU ZEMINY  
V STAVEBNÝCH KONŠTRUKCIÁCH  
INSTALLATION OF SOIL PRESSURE CELLS IN CIVIL  
ENGINEERING STRUCTURES**

---

**103**

Katarína Šlopková  
**TRVANLIVOSŤ POLYMÉRBETÓNOV  
DURABILITY OF POLYMER CONCRETES**

---



**Vážení čitatelia,**

časopis *Komunikácie* – vedecké listy Žilinskej univerzity ponúka príležitosť publikovať vedeckovýskumné poznatky. Toto dvojčíslo *Komunikácií* je venované doprave, poštovým a telekomunikačným službám a uvedené články prezentujú najmä výsledky vedeckovýskumného projektu C519/2 „Model komunikačnej obsluhy územnosprávneho celku – kraja“. Projekt bol riešený na všetkých fakultách Žilinskej univerzity v spolupráci s Výskumným ústavom dopravným v Žiline v rokoch 1998 – 2000.

Čítaním článkov sa môžete dozvedieť viac o problémoch modelovania dopravného procesu, dopravnej dostupnosti sídelných miest, kombinovanej dopravy v Žilinskom kraji, integrovaného systému hromadnej osobnej dopravy, poštových a telekomunikačných služieb, verejnej osobnej dopravy, hodnotenia kvality dopravných, poštových a telekomunikačných služieb a hodnotenia cestnej siete. Je tu tiež problematika stavebných konštrukcií pre dopravu (meranie tlaku zeminy, mechanika spevnených zemín, polymérbetóny).

Úspešná budúcnosť dopravy a telekomunikácií závisí od využívania rôznych druhov dopravy, poštových a telekomunikačných služieb. Efektívny systém je taký, ktorý je dostatočne flexibilný, rozpozná potreby užívateľa a primerane na ne reaguje. Jeho cieľom je poskytnúť spoločnosti a jej ekonomike optimálne služby. Veríme, že vedeckovýskumné poznatky o dopravných, poštových a telekomunikačných systémoch sa častejšie objavia na stránkach časopisu *Komunikácie*.

**Dear readers,**

The journal *Communications* – Scientific Letters of the University of Žilina is a platform for publishing outcomes of scientific and research activities.. This volume is devoted to transport, postal and telecommunications services and the papers deal mainly with the results of the project C519/2 “Model of Communication Services of a Regional Administration Unit – Region”. The project was solved at all faculties of the University of Žilina in co-operation with the Research Institute of Transport in Žilina within the years 1998-2000.

When reading the papers you can get to know more about problems of modelling of transportation processes, transportation accessibility of regional urban centres, combined transport in Žilina region, an integrated passenger transport system, postal and telecommunications services, public passenger transport services, quality assessment and its measurement in transportation, info-communication and postal services, evaluation of road networks. In this volume you can also come across problems of civil engineering structures in transport (soil pressure cells, reinforced soil mechanics, polymer concrete).

The successful future of transport and communications depends on the use of different modes of transport, postal and communication services. An effective system is such a system that is flexible enough to identify and respond adequately to users' needs. The aim of the transport and communications system is to provide optimal services for society and its economy. Let us hope that outcomes of scientific and research activities in transport, postal and telecommunications systems will be found on pages of the *Communications* more frequently.

Pavol Surovec

Petr Cenek – Jaroslav Janáček – Ľudmila Jánošíková \*

# NÁVRH DOPRAVNÝCH OKRSKOV PRI MODELOVANÍ DOPRAVNÉHO PROCESU V ÚZEMÍ

## LOCATION OF TRANSPORTATION DISTRICTS AT MODELING OF TRANSPORTATION PROCESSES IN A REGION

*V úlohách dopravného plánovania je často príliš veľký počet miest, v ktorých vznikajú dopravné požiadavky (obcí v regióne). Preto je potrebné celkový počet miest v dopravnej sieti redukovať na vopred určený počet dopravných okrskov. V článku popisujeme algoritmus na automatické vytvorenie dopravných okrskov. Problém vytvorenia dopravných okrskov sa dá formulovať pomocou matematického aparátu ako kapacitne neobmedzená lokačná úloha, ktorú dokážeme riešiť exaktným algoritmom. Navrhli sme niekoľko kritérií, podľa ktorých optimalizačný algoritmus vytvára okrsky. Výsledky výpočtov sme porovnali s návrhom experta pre dopravné plánovanie.*

### 1. Úvod

Pri modelovaní dopravného procesu v území sa riešené územie rozdeľuje na dopravné okrsky. Dopravný okrsek je z urbanistického, hospodárskeho a dopravného hľadiska homogénne územie, ktoré pozostáva z katastrálnych území jedného alebo viacerých sídelných útvarov [1]. Počet dopravných okrskov závisí od požadovanej presnosti modelu, urbanistickej štruktúry územia, štruktúry dopravných sietí v území a možnosti získania demografických údajov pre jednotlivé dopravné okrsky. S počtom okrskov rastie rozsah vzorky obyvateľstva, ktorú musíme zahrnúť do dopravnosociologického prieskumu. Výsledkom prieskumu je okrem iného matica záujmu, ktorá udáva, koľko ľudí cestuje medzi každými dvoma miestami siete, pričom za východisko a cieľ cesty považujeme ťažisko okrsku. Na druhej strane počet okrskov nemôže byť príliš malý, aby nedošlo k príliš veľkým odchýlkam zafarbenia dopravných sietí v modeli oproti reálnej situácii.

Významnou pomôckou pre odborníka, ktorý vytvára dopravné okrsky, môže byť počítačový program, ktorý ponúka automatické vytvorenie zvoleného počtu okrskov. Program využíva skutočnosť, že problém vytvorenia dopravných okrskov sa dá formulovať ako úloha umiestnenia stredísk obsluhy na dopravnej sieti [2].

*Transportation planning should frequently work with too many places, where transportation demands arise (dwelling places in a region). That is why it is necessary to reduce the total number of such places in a transportation network on a given number of transportation districts. An algorithm for automatic location of transportation districts is described in the paper. The location of transportation districts can be defined using mathematical model of the uncapacitated location problem, which can be solved using an exact algorithm. Several criteria are proposed according to which an optimal location of transportation districts is calculated. The results of calculations were compared with the hand-made solution of an expert.*

### 1. Introduction

Transportation planning divides a region into transportation districts. Every transportation district should represent a partial area of the region, which is homogenous from an urban, economic and transportation point of view and should comprise cadastral area of usually one or several dwelling places [1]. The number of transportation districts depends on a demanded precision of a model, on an urban structure of the region, transportation network structures and on available sources of demographic data for transportation districts. The more transportation districts will be created, the more detailed demographic data must be available and the more data is to be collected by transportation and sociological surveys. A result of those surveys should provide among others an O-D (origin-destination) matrix. The matrix says how many people travel every day between two places in a network, where every travel is supposed to origin and to end at the center of gravity of a transportation district. On the other hand, the number of districts cannot be too small, so that the workload of a transportation network in a model will not differ from the real traffic.

A computer program, which offers an automatic creation of a given number of transportation districts, can be a significant help for a planner who should design the districts. The program is based on the fact that the problem of transportation districts creation can be defined as a problem of location of service centers in a network [2].

\* Prof. Ing. Petr Cenek, Csc., Prof. RNDr. Jaroslav Janáček, CSc., Ing. Ľudmila Jánošíková, CSc.  
University of Žilina, Faculty of Management Science and Informatics, Department of Transport Networks  
E-mail: petr@frdsa.fri.utc.sk, jardo@frdsa.fri.utc.sk, janošik@frdsa.fri.utc.sk

## 2. Matematický model

Označme symbolom  $n$  počet obcí na sieti. Zo štatistických údajov je známy počet obyvateľov  $b_j$  každej obce. Z údajov o cestnej sieti vypočítame maticu  $\{d_{ij}\}$  vzdialenosti každých dvoch obcí. Treba vytvoriť  $p \in \langle p_{min}, p_{max} \rangle$  okrskov (pozostávajúcich z jednej alebo viacerých obcí) a pre každý okrsek  $S_k$ ,  $k = 1, \dots, p$  určiť jednu zastupujúcu obec (ťažisko)  $i_k$  tak, aby sa sieť zložená zo zastupujúcich obcí  $i_k$ ,  $k = 1, \dots, p$  s agregovanými počtami obyva-

teľov  $a_{i_k} = \sum_{j \in S_k} b_j$  čo najmenej líšila od pôvodnej siete. Predpokla-

dajme, že sa minimalizovanú odlišnosť  $F$  siete zastupujúcich obcí a pôvodnej siete podarí vyjadriť ako súčet nejakých ohodnotení  $F_k$  jednotlivých okrskov. Nech navyše možno ohodnotenie  $F_k$  uvažovaného okrsku  $S_k$  vyjadriť ako súčet nejakých nezáporných ohodnotení  $c_{i_k j}$  vyjadrujúcich „mieru odlišnosti siete“, ktorú spôsobí zahrnutie obce  $j$  do okrsku  $S_k$  so zastupujúcou obcou  $i_k$ . Tým predpokladáme, že odlišnosť  $F$  sietí možno vyjadriť vzťahom

$$F = \sum_{k=1}^p F_k = \sum_{k=1}^p \sum_{j \in S_k} c_{i_k j}.$$

Zavedieme bivalentné premenné  $y_i \in \{0, 1\}$  vyjadrujúce, či obec  $i$  (ne)bude zastupujúcou obcou nejakého okrsku a premenné  $x_{ij} \in \{0, 1\}$  vyjadrujúce, či obec  $j$  (ne)bude priradená zastupujúcej obci  $i$ . Potom môžeme úlohu vytvorenia okrskov vyjadriť pomocou modelu:

$$\begin{aligned} \text{minimize} \quad & \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \\ \text{subject to} \quad & \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \text{for } j = 1, \dots, n \\ & x_{ij} \leq y_i \quad \text{for } i = 1, \dots, n, \quad j = 1, \dots, n \\ & \sum_{i=1}^n y_i \leq p_{max} \\ & \sum_{i=1}^n y_i \leq p_{min} \\ & x_{ij}, y_i \in \{0, 1\} \quad \text{for } i = 1, \dots, n, \quad j = 1, \dots, n \end{aligned} \quad \begin{aligned} (1) \\ (2) \\ (3) \\ (4) \\ (5) \\ (6) \end{aligned}$$

Túto úlohu prevedieme pomocou Lagrangeovej relaxácie na kapacitne neobmedzenú lokačnú úlohu, ktorú dokážeme riešiť exaktným algoritmom *BBdual* [3, 4] založeným na metóde vetiev a hraníc.

Mieru odlišnosti siete sme vyjadrili pomocou siedmich modelov. Najjednoduchší model vyjadroval „posun“ požiadavky, tzn. minimalizovali sme vzdialenosti zrušených obcí ku zastupujúcim obciam, do ktorých sa presunú požiadavky na prepravu. Prijateľné riešenie dalo kritérium váženej vzdialenosti, kde vzdialenosť bola vynásobená počtom požiadaviek (počtom obyvateľov obce). V tomto prípade je  $c_{ij}$  z modelu (1) – (6) definované vzťahom  $c_{ij} = b_j d_{ij}$ .

## 2. Mathematical model

Let  $n$  stay for a number of dwelling places in a network. The number  $b_j$  of inhabitants is known for each place from statistical data. The data on a road network can be used to calculate the matrix  $\{d_{ij}\}$ , which gives the distances between any two dwelling places. The goal of the district location will be to create  $p \in \langle p_{min}, p_{max} \rangle$  districts (consisting of one or several dwelling places) and to choose one representing place (center of gravity)  $i_k$  for each district  $S_k$ ,  $k = 1, \dots, p$ , so that the network composed of representing places  $i_k$ ,  $k = 1, \dots, p$  with aggregated numbers of inhabitants

$a_{i_k} = \sum_{j \in S_k} b_j$  will differ as little as possible from the original network.

Let us suppose that the difference  $F$  between the network of representing places and the original network, which is to be minimized, can be given as a sum of costs  $F_k$  for all districts. Let further the cost  $F_k$  for a district  $S_k$  be defined as a sum of non-negative costs  $c_{i_k j}$ , which will correspond to an “extent of difference”, which will be caused by including a dwelling place  $j$  into a district  $S_k$  with a representing place  $i_k$ . The difference  $F$  among the networks can be then given by

$$F = \sum_{k=1}^p F_k = \sum_{k=1}^p \sum_{j \in S_k} c_{i_k j}$$

Let bivalent variables  $y_i \in \{0, 1\}$  define that a place  $i$  will or will not be a representing place of a district and variables  $x_{ij} \in \{0, 1\}$  define that dwelling place  $j$  will or will not be allocated to a representing place  $i$ . Then the following model can describe the problem of transportation districts location:

The problem can be reformulated using Lagrangean relaxation on an uncapacitated location problem, which can be solved using exact algorithm *BBdual* [3, 4] based on the branch and bound approach.

The extent of difference of a representing network against the original one was calculated according to seven different models. The simplest model expressed the “displacement” of a transportation demand, in other words, the distance of dwelling places to their representing places was to be minimized. A better acceptable solution was attained using a weighed distance, where the distance was multiplied by amount of a transportation demand in the

Pomerne zložitým kritériom bolo zachovanie prepravnej práce, ktoré požadovalo, aby celkový počet osobokilometrov bol rovnaký pri pôvodnom počte obcí a po agregácii požiadaviek do ťažísk. Pri odvodzovaní tohto kritéria sme vychádzali z nasledujúcej úvahy. Dopravná práca v pôvodnej sieti je určená vzťahom

$$\sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^n d_{jr} p_{jr},$$

kde  $d_{jr}$  je vzdialenosť medzi obcami  $j$  a  $r$  a  $p_{jr}$  je odhad veľkosti zaťaženia trasy/siete (počet obyvateľov cestujúcich v uvažovanom období z  $j$  do  $r$ ). Koeficient  $p_{jr}$  tu odhadujeme pomocou kvadratickeho gravitačného modelu, kde predpokladáme, že počet obyvateľov  $b_j$  sa na svojich cestách do obcí  $r = 1, \dots, n$  rozdelí v pomere „príťažlivosti“ obcí  $j$  a  $r$ . Príťažlivosť obcí vyjadríme vzťahom

$$\frac{b_j b_r}{(d_{jr})^2}$$

a teda

$$p_{jr} = b_j \left( \frac{\frac{b_j b_r}{(d_{jr})^2}}{\sum_{q=1}^n \frac{b_j b_q}{(d_{jq})^2}} \right) = b_j \left( \frac{\frac{b_r}{(d_{jr})^2}}{\sum_{q=1}^n \frac{b_q}{(d_{jq})^2}} \right).$$

Túto dopravnú prácu chceme v sieti zastupujúcich obcí čo najviac zachovať. V zastupujúcej obci  $i_k$ , ktorá je ťažiskom okrsku

$S_k$ , uvažujeme agregovaný počet obyvateľov  $b_{i_k} = \sum_{j \in S_k} b_j$ . Priradením obce  $j$  k zastupujúcej obci  $i_k$  pri zachovaní všetkých ostatných obcí siete zmeníme prepravnú prácu o hodnotu

$$\left| \sum_{r=1}^n d_{i_k r} p_{jr} - \sum_{r=1}^n d_{jr} p_{jr} \right| = \left| \sum_{r=1}^n (d_{i_k r} - d_{jr}) p_{jr} \right|.$$

Ak do tohto výrazu dosadíme za  $p_{jr}$ , dostaneme vzťah pre  $c_{ij}$  z modelu (1)-(6):

$$c_{ij} = b_j \left| \sum_{r=1}^n (d_{ir} - d_{jr}) \left( \frac{\frac{b_r}{(d_{jr})^2}}{\sum_{q=1}^n \frac{b_q}{(d_{jq})^2}} \right) \right| = b_j \frac{\left| \sum_{r=1}^n (d_{ir} - d_{jr}) \frac{b_r}{(d_{jr})^2} \right|}{\sum_{r=1}^n \frac{b_r}{(d_{jr})^2}}.$$

Ďalej môžeme spojiť účinky kritéria váženej vzdialenosti, ktoré sa snaží zachovať štruktúru pôvodnej siete a kritéria zachovania dopravnej práce a vytvoriť ich konvexnú kombináciu, kde pre  $\alpha \in (0, 1)$  bude

$$c_{ij} = b_j \left[ \alpha d_{ij} + (1 - \alpha) \frac{\left| \sum_{r=1}^n (d_{ir} - d_{jr}) \frac{b_r}{(d_{jr})^2} \right|}{\sum_{r=1}^n \frac{b_r}{(d_{jr})^2}} \right].$$

dwelling place (by a number of its inhabitants). The coefficients  $c_{ij}$  from the model (1) - (6) are defined by  $c_{ij} = b_j d_{ij}$  in this case.

Another more complex criterion is conservation of transportation work, which demands a total amount of transported person-kilometers to be retained possibly the same for the original network model and for a model with representing places in centers of gravity. The derivation of this criterion is based on the following assumption. The overall transportation work in a network is given by

$$\sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^n d_{jr} p_{jr},$$

where  $d_{jr}$  is the distance between places  $j$  and  $r$  and  $p_{jr}$  is an estimation of a traffic volume (of number of passengers traveling during a time period from place  $j$  to  $r$ ). Coefficient  $p_{jr}$  will be estimated using a quadratic gravity model, where the number of inhabitants  $b_j$  is supposed to split on their travels into places  $r = 1, \dots, n$  in proportion to an “attraction” of districts  $j$  and  $r$ . The attraction of districts is given by

$$\frac{b_j b_r}{(d_{jr})^2}$$

and so

$$p_{jr} = b_j \left( \frac{\frac{b_j b_r}{(d_{jr})^2}}{\sum_{q=1}^n \frac{b_j b_q}{(d_{jq})^2}} \right) = b_j \left( \frac{\frac{b_r}{(d_{jr})^2}}{\sum_{q=1}^n \frac{b_q}{(d_{jq})^2}} \right).$$

This transportation work should be retained as accurately as possible in a network of representing places, too. An aggregate number of inhabitants in a representing place  $i_k$ , which is a gravity

center of a district  $S_k$ , is supposed to be  $b_{i_k} = \sum_{j \in S_k} b_j$ . Allocation of

a place  $j$  to a representing place  $i_k$  by retaining all others places in a network in their original positions will change the transportation work by

$$\left| \sum_{r=1}^n d_{i_k r} p_{jr} - \sum_{r=1}^n d_{jr} p_{jr} \right| = \left| \sum_{r=1}^n (d_{i_k r} - d_{jr}) p_{jr} \right|.$$

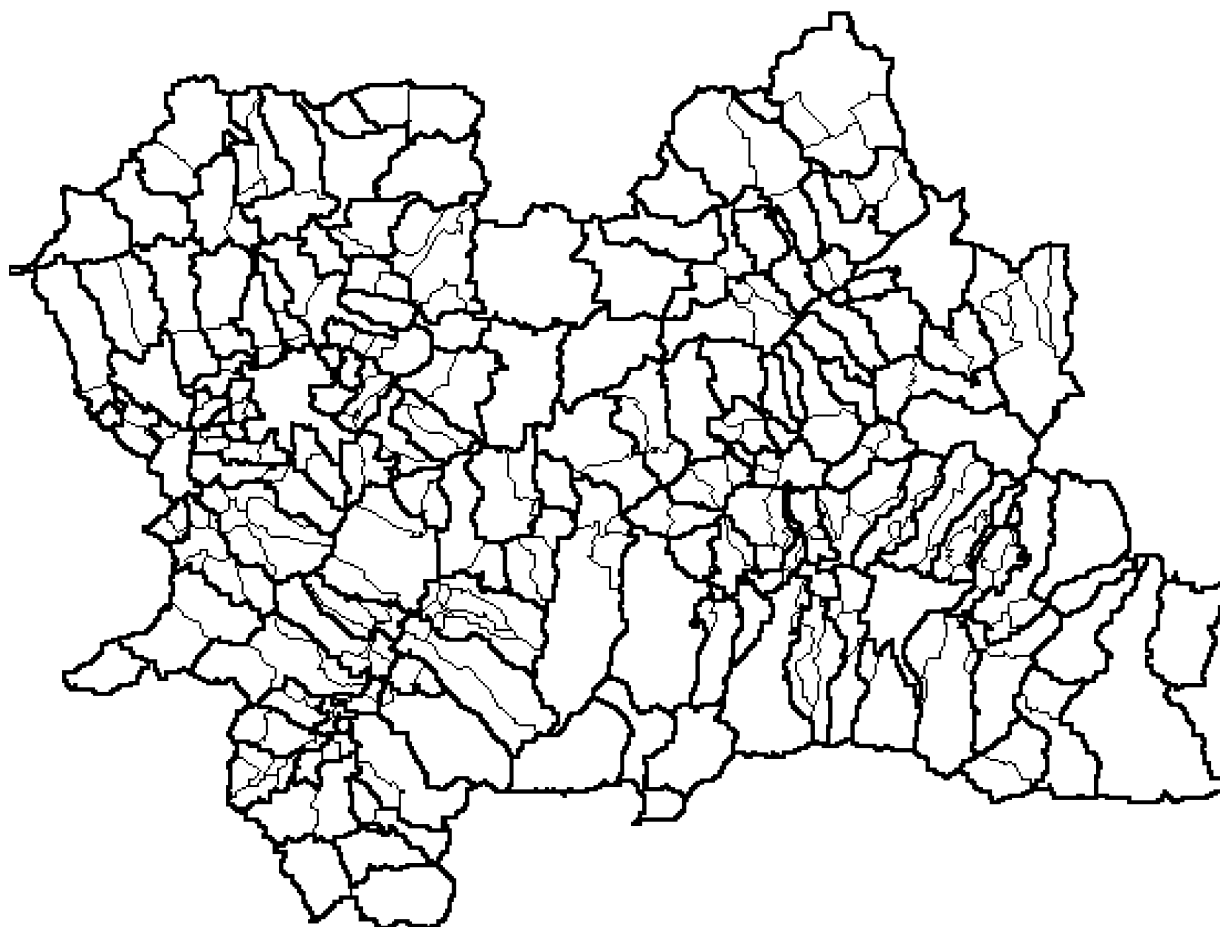
The value  $p_{jr}$  in this expression can be substituted for, and a following expression for  $c_{ij}$  from the model (1)-(6) will result:

### 3. Záver

Model dopravnej obsluhy územnosprávneho celku bol overený na území Žilinského kraja. Žilinský kraj má 313 obcí. Odborník na dopravné plánovanie rozdelil obce do 139 okrskov tak, ako je znázornené na obr. 1. Okrsky vytvorené odborníkom môžeme porovnať s riešením vypočítaným algoritmom podľa kombinovaného kritéria s hodnotou  $\alpha = 0.9$  (obr. 2).

### 3. Conclusions

The transportation model of the region was tested for the region of Žilina. The region of Žilina comprises 313 dwelling places. An expert in transportation planning replaced the places by 139 districts as shown in Fig. 1. The districts created by an expert can be compared with a solution estimated by the algorithm, calculated for a combined criterion with a value of the parameter  $\alpha = 0.9$  (see Fig. 2).



Obr. 1. Dopravné okrsky Žilinského kraja navrhnuté expertom

Fig. 1. Transportation districts in the region of Žilina designed by an expert

Porovnanie ručného a automatického riešenia ukazuje priateľnú zhodu. Výhodou automatického návrhu je rýchlosť riešenia a nezávislosť od expertných znalostí riešiteľa. Algoritmus navyše dovoľuje generovať presne požadovaný počet okrskov, zatiaľ čo expertný návrh môže dosiahnuť vopred zadaný počet okrskov spravidla len veľmi približne a každá zmena by viedla k prácnemu opakovaniu celého postupu výberu. Preto je popísaný algoritmus vhodný na rutinné využívanie pre určovanie dopravných okrskov rôznych regiónov.

Podobný model, aký sme popísali v tomto článku, sa dá použiť aj pri návrhu nových územných celkov pri zmene verejnosprávnej sústavy [5]. Štruktúra verejnosprávnej sústavy ovplyvňuje dĺžku

A comparison of solutions received from an expert and from the algorithm proves an acceptable compliance of both approaches. The advantage of the computer solution lies in the speed of calculations and independence of the algorithm on the expert knowledge. Moreover, the algorithm can generate a precise number of transportation districts, while an expert solution can hardly meet accurately the demanded number of districts and any change in the demanded number will necessitate a tedious repetition of the whole design. That is why the algorithm is convenient for transportation districts determination in various regions.

A model similar to one described in this paper can be used for design of new territorial regions according to changes in public



Obr. 2. Dopravné okrsky Žilinského kraja vypočítané algoritmom  
Fig. 2. Transportation districts in the region of Žilina estimated by the algorithm

cesty, ktorú musí obyvateľ prejsť, aby sa dostal k službám, ktoré sú umiestnené v stredu regiónu (územnosprávneho celku). Priemernú dĺžku cesty z miesta bydliska do centra regiónu pripadajúcu na jedného obyvateľa možno ľahko vyhodnotiť a použiť ju ako kritérium na optimálne umiestnenie stredísk regiónov. Ak predpokladáme, že každú obec priradíme najbližšiemu správne mu stredisku, tak umiestnenie stredísk zároveň definuje aj tvar územnosprávnych celkov.

administration system [5]. The structure of a public administration system affects the length of a trip, which has to be traveled by an inhabitant to access services located in regional centers. The average path length from the place of residence to the regional center accounted for one inhabitant is easy to evaluate. It can be used as a criterion for the optimal location of regional centers. Provided that every village is assigned to the nearest center, the center location defines the form of regions at the same time.

## Literatúra - References

- [1] Správa výskumnej úlohy č. C519/2 „Model komunikačnej obsluhy územnosprávneho celku - kraja“. vyd. ŽU Žilina, 2000.
- [2] CENEK, P., JANÁČEK, J.: *Redukce modelu silniční sítě*. In: Zborník celoštátnej konferencie „Doprava v sídelných útvaroch“, Žilina, 20.-21.10.1999, s. 25-30
- [3] JANÁČEK, J., KOVAČIKOVÁ, J.: *Exact Solution Techniques for Large Location Problems*. In: Proceedings of the 15th conference “Mathematical Methods in Economics 1997”, Faculty of Economics, Technical University of Ostrava, 9. - 11. 9. 1997, pp 80-84
- [4] JANÁČEK, J., KOVAČIKOVÁ, J.: *Porovnanie prístupov založených na duálnom vzostupe pre riešenie umiestňovacích úloh*. Komunikácie, vedecké listy Žilinskej univerzity 2/99, s. 4-8
- [5] JANÁČEK, J.: *Dopravno-optimálny rozklad regiónu*. Komunikácie, vedecké listy Žilinskej univerzity 4/2000, s. 35-42.

Pavel Surovec \*

# VEREJNÁ OSOBNÁ DOPRAVA V REGIÓNOCH

## PUBLIC PASSENGER TRANSPORT SERVICE IN REGIONS

*Cieľom verejnej osobnej dopravy je poskytnúť takú dopravnú obsluhu v danom regióne, aby sa zabezpečilo spojenie obyvateľov na vidieku a periférii s centrom ekonomických, sociálnych, vzdelávacích a kultúrnych aktivít. Článok popisuje výsledky štúdie „C519/2/HÚ1/1.6 Cestná verejná osobná doprava v riešenom území“. Definícia dopravnej obsluhy verejnou osobnou dopravou je vytvorená s použitím dát o území a doprave v Žilinskom kraji. Táto definícia je veľmi dôležitá pre financovanie verejnej dopravy zo štátneho a krajského rozpočtu a z rozpočtu obcí z dôvodov úhrady preukázateľnej straty.*

### 1. Úvod

Verejná osobná doprava je neoddeliteľnou súčasťou fungovania akejkoľvek spoločnosti s významnou úlohou v sociálnom a ekonomickom rozvoji. Hodnotenie a modelovanie verejnej osobnej dopravy patrí medzi najzaujímavejšie výstupy pre dopravných inžierov a tých, ktorí rozhodujú o doprave. V priebehu celého procesu územného a mestského plánovania sa vyskytujú úvahy o doprave. Tieto úvahy by mohli byť použité ako návod pre budúce plánovanie na strategickej, regionálnej a miestnej úrovni.

Úspešná budúcnosť dopravy závisí od využívania rôznych spôsobov prepravy a to verejnou dopravou, osobnými automobilmi, motocyklami, bicyklami alebo peši. Postupné zlepšenie a integrovanie systému verejnej dopravy by malo byť v blízkej budúcnosti vážne posúdené. Problematika neefektívneho a nedostatočne využívaného systému verejnej dopravy by mala byť adresná a mali by byť realizované ponúkané riešenia na zlepšenie tohto stavu [2]. Kvalita v oblasti pohodlia, bezpečnosti, rýchlosti, presnosti, spoľahlivosti a v oblasti cien a tarifného systému sa bude zlepšovať, aby viac cestujúcich využívalo verejnú dopravu. Rastúca životná úroveň a nedostatočný počet spojov verejnej osobnej dopravy v niektorých oblastiach vedie k väčšiemu počtu osôb, ktoré sú schopné vlastniť osobný automobil. Potreby a očakávania potenciálnych užívateľov verejnej dopravy by mali byť brané do úvahy skôr ako budú zavedené nové riešenia. Efektívny systém je taký, ktorý je dostatočne flexibilný, rozpozná potreby užívateľa a primerane na ne reaguje.

### 2. Cieľ štúdie

V rámci riešenia štúdie C 519/2/HÚ1/1.6. „Cestná verejná osobná doprava v riešenom území“ [9] boli v priebehu 3 rokov

*Public passenger transport aim is to provide transport service in a given region to ensure connection for inhabitants in villages and periphery with the center of economic, social, educational and cultural activities. The paper deals with the results of the study “C 519/2/HÚ1/1.6. Public Road Passenger Transport in a solved area”. The definition of public passenger transport service has been created using collected land use and transport data from Žilina region. The definition is very important for financing public transport from state, regional governments and communities' budgets because of covering documentary loss probability.*

### 1. Introduction

Public passenger transport is an integral part of the functioning of any society. It has played a key role in the country social and economic development. Evaluation and modeling of public passenger transport are among the most interesting issues for transport engineers and transport decision-makers. Transport considerations occur throughout the entire process of land use and urban planning. These considerations could be used as a guideline for future planning at strategic, regional and local levels.

The successful future of transport depends on the use of different modes of travel, such as public transport, individual automobile, motorcycle, cycling and walking. Measures to improve and integrate the public transport system should be seriously considered in the near future. The problem of inefficient and under-utilized public transport systems should be addressed and solutions to these problems must be provided and implemented [2]. Improvements in comfort, safety, speed, accuracy, reliability, price, fare system will go far in attracting more passengers to utilize public transport. The rising standard of living and not sufficient number of public passenger transport connections in some area lead to more people being able to afford owning an automobile. The needs and expectations of potential public transport users should be considered before implementing any new applications. An effective system is one that is sufficiently flexible to identify and respond to users needs appropriately.

### 2. Objective of study

In the study C 519/2/HÚ1/1.6. “Public Road Passenger Transport in a solved area” [9], for three years, detailed traffic and land

\* Prof. Ing. Pavel Surovec, CSc.

University of Žilina, Faculty of Operation and Economics of Transport and Communications, Moyzesova 20, 010 26 Žilina, Slovak Republic.  
Tel: ++421-41-5133290, Fax: ++421-41-5651499, E-mail: surov@fpedas.utc.sk



zbierané podrobné dáta o území a doprave v obciach Žilinského kraja. Databáza bola analyzovaná za účelom kvantifikácie účinkov rôznych charakteristík hybnosti obyvateľov. Boli skúmané základné matematické vzťahy, ktoré popisujú vznik prepravných požiadaviek, ich rozdelenie, priradenie na dopravnú sieť a podobne. Podmienky ovplyvňujúce hybnosť boli vyhodnotené v štúdiu urobenej v roku 1999 T. Hollarkom a kol. [3] a J. Kušnierovou – T. Hollarkom v roku 2000 [4]. Zodpovedajúce vzťahy boli zistené s použitím regresných štatistických metód. Tieto majú schopnosť predpovedať hybnosť vyjadrenú dopravnými parametrami okrem životných podmienok.

Štatisticky bolo hodnotených niekoľko foriem modelov a ich zhoda s očakávanými tendenciami založenými na jednoduchých štúdiách a predošlých skúsenostiach. Výsledky tohto hodnotenia naznačovali, že viacnásobný model má najlepšiu schopnosť predpovedať hybnosť. Komplexnosť prognózy požiadaviek na prepravu je oprávnená najmä pre spojenie medzi obcou a spádovým alebo okresným mestom, kde je viac parametrov ovplyvňujúcich prepravné požiadavky a kde sú vzťahy medzi týmito parametrami zložitejšie.

Hlavnými cieľmi štúdie [9] bolo:

- S použitím údajov dopravnej obsluhy v Žilinskom kraji kvantifikovať vzťah medzi parametrami dopravnej obslužnosti a hybnosťou.
- Skúmať dostupné formy modelov, ktoré by mohli byť použité v prognóze prepravných požiadaviek.
- Rozvíjať jednoduché, spoľahlivé modely, ktoré majú schopnosť odhadovať rozsah verejnej dopravy v termínoch parametrov hybnosti.
- Definovať štandardy minimálnej, základnej a ostatnej dopravnej obslužnosti regiónu. Predvídať frekvenciu spojov z dôvodov financií potrebných na úhradu preukázateľnej straty záväznej na zabezpečenie výkonov osobnej dopravy vo verejnom záujme.

### 3. Zdroje dát

Zozbierané dáta pre túto štúdiu boli súčasťou hodnotenia hybnosti v Žilinskom kraji. Výsledky štúdie môžu byť použité na kategorizáciu obcí vo vzťahu k úrovni dopravnej obslužnosti verejnou dopravou, aby mohli byť určené priority na stanovenie štandardov minimálnej, základnej a ostatnej dopravnej obslužnosti v regióne.

Údaje pre štúdiu boli získané z troch zdrojov:

- Dokumenty dopravných úradov.
- Terénne pozorovania.
- Cestovný poriadok Slovenskej autobusovej dopravy.

Získané dáta boli štatisticky analyzované pre:

- testovanie dôležitosti každého parametra a jeho vplyvu na hybnosť,
- testovanie korelácie medzi rôznymi parametrami,
- hodnotenie korelácie medzi dvoma parametrami a vzájomného pôsobenia všetkých parametrov na určenie citlivosti rozvíjaných modelov k rôznym premenným.

use data were collected from communities in Žilina region. This database was analyzed in order to quantify the effects of different characteristics on mobility. Thereby, a fundamental mathematical relationship was developed that explains travel demands, trip distribution, trip assignment etc. The effect of mobility conditions has been evaluated by a study performed by Hollarek et al. in 1999 [3] and by Kušnierová-Hollarek in 2000 [4]. The relationship has been developed using regression statistical models. They have capability to predict mobility rates in terms of transport parameters, in addition to living condition. Several model forms were evaluated in terms of statistical properties and their agreement with expected trends based on similar studies and previous experience. The results of this evaluation indicated that multiplication model has the best capability to predict mobility rates.

The complexity of travel demand prediction is especially true for connections between community and central business district where more parameters affecting travel demand and interaction between those parameters are more complex.

The main objectives of the study [9] were:

- To quantify the relationship between transport service parameters and mobility rate using data from Žilina region transport service.
- To explore the available model forms that can be used to predict travel demand.
- To develop simple, reliable models that have the capability to predict public transport volume in terms of mobility parameters.
- To define the level of minimum, basic and other standards for transport service in regions. To predict the frequency of connections because of finance needed for covering documentary loss probability. This is necessary for ensuring passenger transport output in public interest.

### 3. Sources of data

The collected data in the study have been used to evaluate mobility in Žilina region. The results of this study can be used to rank humanities to the level of public passenger transport service, so as to give priority for design minimum, basic and other standards for transport service in a region.

The data set used in this study was obtained from three sources:

- Transport Departments Records
- Field Surveys
- The Schedule of the Slovak bus company

The collected data were statistically analyzed for:

- testing the significance of each parameter and its influence on mobility,
- testing the correlation between different parameters,
- evaluating the correlation between two parameters and the interaction of all parameters to determine the sensitivity of models to different variables.

Z tabuľky 1 je zrejmé, že úroveň verejnej dopravy vyjadrená počtom spojov v rôznych obciach je rozdielna.

The level of public transport expressed by the number of connections differs in various communities as it is shown in table 1.

Dopravná obslužnosť v SR v roku 2000 [5]  
Transport service in the Slovak Republic in 2000

Tab. 1  
Table 1

| Direction of connections<br>Smer spojov                                                   | Number of direct connections<br>per day<br>Počet priamych spojov za deň | Number of communities / Počet obcí |                             |                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|                                                                                           |                                                                         | Working day<br>pracovný deň        | Saturday<br>deň prac. voľna | Sunday<br>deň prac. pokoja |
| Direct connections to the<br>central district town<br>Priame spoje do okresného<br>mesta  | Under 3 / menej ako 3                                                   | 131                                | 348                         | 378                        |
|                                                                                           | 3 – 5                                                                   | 312                                | 679                         | 718                        |
|                                                                                           | 6 – 8                                                                   | 322                                | 462                         | 446                        |
|                                                                                           | 9 – 12                                                                  | 427                                | 374                         | 365                        |
|                                                                                           | Above 12 / viac ako 12                                                  | 1483                               | 535                         | 474                        |
|                                                                                           | Only transfer / iba s prestupom                                         | 231                                | 508                         | 525                        |
| Direct connections from the<br>central district town<br>Priame spoje z okresného<br>mesta | Under 3 / menej ako 3                                                   | 135                                | 364                         | 390                        |
|                                                                                           | 3 – 5                                                                   | 322                                | 680                         | 726                        |
|                                                                                           | 6 – 8                                                                   | 344                                | 485                         | 495                        |
|                                                                                           | 9 – 12                                                                  | 440                                | 381                         | 333                        |
|                                                                                           | Above 12 / viac ako 12                                                  | 1432                               | 456                         | 405                        |
|                                                                                           | Only transfer / iba s prestupom                                         | 233                                | 540                         | 557                        |

Dopravná obslužnosť v koncových obciach musí byť zvažovaná veľmi starostlivo z dôvodov veľkého významu pre ľudí bývajúcich na okraji regiónu. Koncové obce ležia pri hraniciach okresu, kraja alebo štátu, alebo pod horami a cez ne už nevedie žiadna cesta.

Počet autobusových spojov za deň v Žilinskom kraji v roku 1999 závislý od počtu obyvateľov je znázornený v tabuľke 2 a na obr. 1.

Transport service in end villages must be considered very carefully because of its great importance for people living in marginal regions. The end villages lie at the marginal of the district, in region or state or under mountains and no road leads to them.

The number of bus connections per day in Žilina region in 1999 depending on number of inhabitants is shown in table 2 and Fig. 1.

Priemerný počet autobusových spojov koncovej obce Žilinského kraja  
Average number of end village bus connections in Žilina region in 1999 [9]

Tab. 2  
Table 2

| Number of inhabitants / Počet obyvateľov | Average number of connection per day / Priemerný počet spojov za deň |                                  |                                 |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
|                                          | Working day<br>pracovný deň                                          | Saturday<br>deň pracovného voľna | Sunday<br>deň pracovného pokoja |
| 200                                      | 17.6                                                                 | 6.2                              | 4.6                             |
| 400                                      | 23.8                                                                 | 9.4                              | 8.2                             |
| 600                                      | 26.6                                                                 | 11.8                             | 10.2                            |
| 800                                      | 29.2                                                                 | 12.6                             | 11.6                            |
| 1000                                     | 30.8                                                                 | 14.2                             | 12.4                            |

Na obr. 2 až 6 sú uvedené niektoré vybrané a analyzované územné a štrukturálne dáta Žilinského kraja.

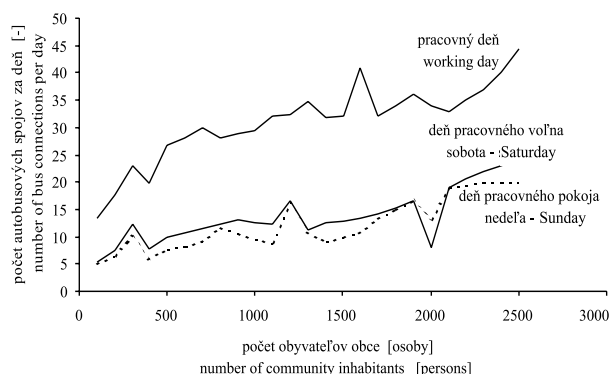
Some chosen and analyzed land use and structure data of Žilina region are shown in figures below.

#### 4. Ciele verejnej dopravy

Riadenie verejnej dopravy sa sústreďuje na problémy zabezpečenia lepšej dopravnej obslužnosti, nie iba z prevádzkového hľadiska ale tiež s ohľadom na úroveň cestovného, investícií a dotácií [2], [6]. Doprava bude plánovaná a prevádzkovaná harmonicky tak,

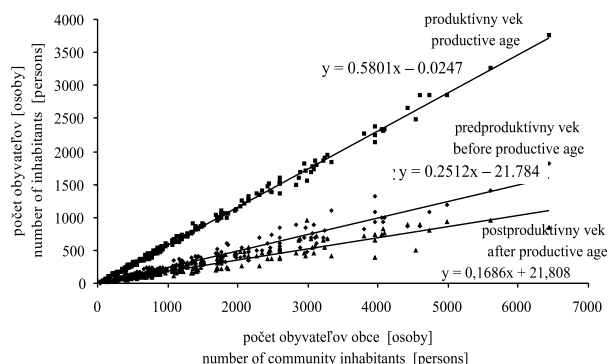
#### 4. Public transport aims

Transport management is concerned with the problem of ensuring a better transport service, not only from an operational aspect but also with regard to levels of fares, investment and subsidies [2], [6]. Transport will be planned and operated in harmony

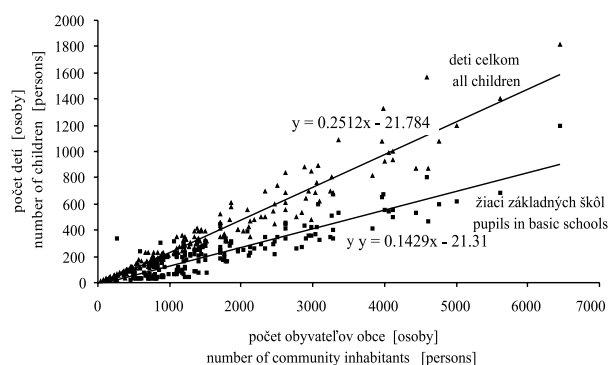


Obr. 1. Počet autobusových spojov koncových obcí v Žilinskom kraji za deň v r. 1999

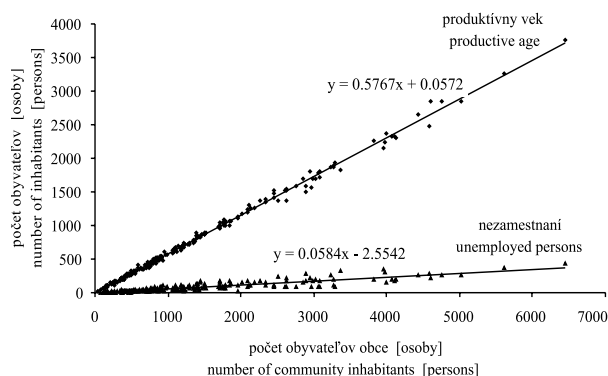
Fig. 1. The number of bus connections in Žilina region end villages per day in 1999



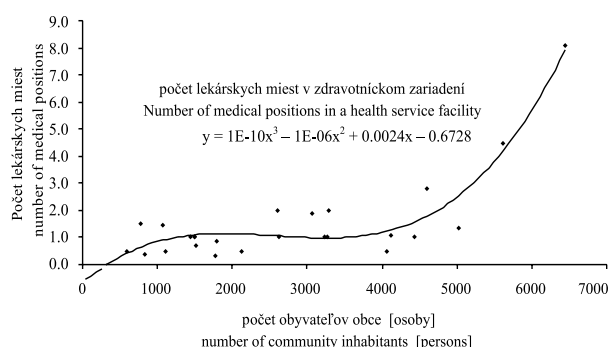
Obr. 2. Štruktúra obyvateľov v Žilinskom regióne v r. 1997  
Fig. 2. Inhabitants structure in Žilina region in 1997



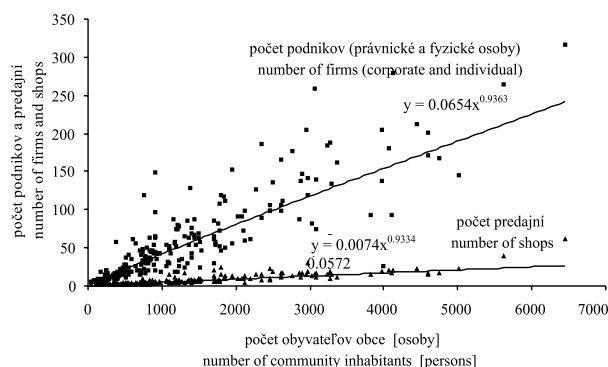
Obr. 3. Počet žiakov základných škôl v Žilinskom regióne v r. 1997  
Fig. 3. Number of pupils in basic schools in Žilina region in 1997



Obr. 4. Nezamestnanosť v Žilinskom regióne v r. 1997  
Fig. 4. Unemployment in Žilina region in 1997



Obr. 5. Počet lekárskeho miest v zdravotníckom zariadení  
Fig. 5. The number of medical positions in a health service facility



Obr. 6. Počet podnikov a predajní obcí Žilinského kraja v r. 1997  
Fig. 6. The number of firms and shops in the communities in Žilina region in 1997

aby poskytovala verejnosti integrovanú dopravnú obsluhu všetkými druhmi verejnej osobnej dopravy. Verejná doprava v regiónoch musí:

- umožňovať dostupnosť k sociálnym a ekonomickým aktivitám,
  - do zamestnania, škôl, úradov, zdravotných zariadení

so as to provide the public with an integrated public transport service. Public transport service in regions must:

- provide accessibility to social and economic opportunities
  - access to jobs, schools, offices, surgeries

- kultúrnych a iných zariadení
- stimulovať regionálny rozvoj a rast
- umožňovať zväčšovanie obce a minimalizovať rozsah premiestňovania
- minimalizovať náklady v súlade so zodpovedajúcimi dostupnými finančnými zdrojmi a kapacitou
  - minimalizovať investičné výdaje
  - minimalizovať prevádzkové a užívateľské náklady
- vyrovnať a koordinovať vzťah medzi využívaním územia a dopravou
- zabezpečiť rozvoj prepravných príležitostí
- minimalizovať vplyvy dopravného systému na životné prostredie (najmä hluku a exhalácií)
- poskytovať flexibilnú regionálnu dopravu, ktorá zabezpečuje prijateľné charakteristiky výkonnosti
  - prispôbivosť požiadavkám prepravy a územia
  - pohodlie cestujúcich
  - maximálnu cestovnú rýchlosť a bezpečnosť dopravného systému
- poskytovať maximálnu úroveň dopravnej obsluhy a využitia existujúceho systému.

Všeobecným cieľom je vypracovať program, ktorý môže byť použitý na skúmanie a analýzu alternatívnych dopravných systémov a prevádzkových postupov. Na dosiahnutie tohto cieľa sa odporúča, aby model bol schopný:

- zostaviť jednoduchú, jednotnú dopravnú sieť s určením najrýchlejších trás ciest pri použití dopravy
- vymedziť deľbu prepravnej práce medzi verejnou hromadnou dopravou a individuálnou automobilovou dopravou
- určiť rozsah verejnej dopravy daný počtom prepravených osôb na každej linke dopravnej siete a navrhnúť primeranú prevádzku a potrebný počet vozidiel pre každú linku.

Nedostatočná kvalita fungovania verejnej dopravy môže spôsobiť rast individuálnej dopravy, t. j. využívania súkromných automobilov. Pravdepodobnosť využívania verejnej dopravy [1] závisí od jej kvality ako je uvedené v nasledujúcom vzorci

$$P_p = \frac{e^{I_{ijc}}}{e^{I_{ijc}} + e^{I_{ijp}}} \quad (1)$$

$$I_{ijm} = t_{ijm} + C_1 \cdot t'_{ijm} + \frac{F_{ijm}}{C_2} + C_3 \quad (2)$$

kde:  $P_p$  - pravdepodobnosť výberu verejnej dopravy

$I_{ijm}$  - odpor  $m = c$  (osobný automobil),  $m = p$  (verejná doprava) medzi uzlom „i“ a „j“

$t_{ijm}$  - cestovný čas vo vozidle v priebehu cesty medzi uzlom „i“ a „j“

$t'_{ijm}$  - čas cesty strávený mimo vozidla medzi uzlom „i“ a „j“

$F_{ijm}$  - cena cestovného alebo náklady vydané na cestu medzi uzlom „i“ a „j“

$C_i$  - koeficient reprezentujúci: (1) - vnímanie dôležitosti času mimo vozidla, (2) - hodnotu času v porovnaní s cestovným alebo nákladmi prepravy, (3) - inú mieru kvality

- access to cultural and other facilities
- stimulate regional development and growth
- strengthen communities and minimize displacement
- minimize costs consistent with available financial resources and implementation capability
  - minimize system capital costs
  - minimize operating and user costs
- balance co-ordination between land use and transportation
- provide development opportunities
- minimize impact of transport system on physical environmental and ecology mainly noise and air pollution
- provide flexible regional transport system for acceptable performance characteristics
  - flexibility to travel and land use demand
  - comfort of passengers
  - maximize speed of travel and safety of transport system
- provide maximum transport service level and use of existing system.

The general objective is to develop a program that could be used to investigate and analyze alternative transport systems and operating methods. To accomplish this objective, the following specifications of the transport model are recommended - the model should be able to:

- build up a simplified, uniform transport network and determine fastest trip paths by transport,
- determine modal split of trips between public passenger transport and private automobile transport,
- determine public transport passenger volumes on each link of the transport network and suggest appropriate service for each line and the number of vehicles needed.

Malfunctioning quality of public transport can cause increasing private transport, private car utilization. Probability of utilizing public transport [1] depends on its quality as it is indicated in next formula

$$P_p = \frac{e^{I_{ijc}}}{e^{I_{ijc}} + e^{I_{ijp}}} \quad (1)$$

$$I_{ijm} = t_{ijm} + C_1 \cdot t'_{ijm} + \frac{F_{ijm}}{C_2} + C_3 \quad (2)$$

Where:  $P_p$  is probability of public transport choice

$I_{ijm}$  is impedance  $m = c$  (private car) or  $m = p$  (public transport) between node “i” and “j”

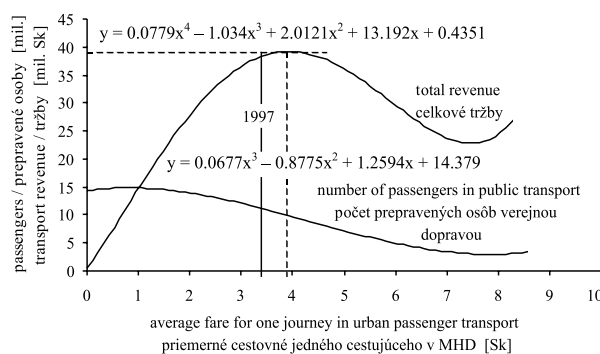
$t_{ijm}$  is passenger time inside a vehicle during journey between node “i” and “j”

$t'_{ijm}$  is passenger time outside a vehicle between node “i” and “j”

$F_{ijm}$  is fare or transport cost paid by passenger between node “i” and “j”

$C_i$  is coefficient represents: (1) - perception of time importance outside vehicle, (2) - time value in comparison to fare or transport cost, (3) - other quality measures

Bolo zistené, že na základe daných znakov dopravného systému pri zabezpečovaní dopravnej obslužnosti územia vznikajú rôzne prepravné požiadavky. V dotovanej prevádzke je známe, že rovnováha požiadaviek na dopravné systémy závisí od ich špecifických prevádzkových znakov. Metódy zisťovania prepravných požiadaviek sú stále založené na výsledkoch získaných pri dokonale neelastických podmienkach pre požiadavky pričom cena cestovného nie je uvažovaná. Avšak zmeny v prepravných požiadavkách závisia od ceny cestovného čo dokazuje simulácia s použitím modelu ceny cestovného. Výsledok tejto simulácie pre mestskú hromadnú dopravu za rok 1997 je znázornený na obr. 7.



Obr. 7. Celkové tržby z prepravy závislé od počtu prepravených osôb a cestovného (mesto strednej veľkosti v ČR alebo SR)

Fig. 7. Total transport revenue depending on the number of passengers and fare (an average size town in the Czech or Slovak Republic)

It has been recognized that different demand levels may be generated on the basis of the transport service attributes of different systems. For subsidy operation it is known that the equilibrium demands for transport systems depend on their specific service attributes. Travel demand methods are still based on results obtained for perfectly inelastic demand conditions, and fare was not considered. But changes in travel demands depend on the fare that has been simulated using a fare model. Its result for urban mass passenger transport in 1997 year is shown in Fig. 7.

Aby sa určil podiel vybraných druhov ciest podľa ich účelu je v dopravnom plánovaní použitý odhadnutý počet cestujúcich [3] [4]:

|                                                         |        |               |        |
|---------------------------------------------------------|--------|---------------|--------|
| domov – práca                                           | 19,5 % | domov – škola | 10,9 % |
| práca – domov                                           | 15,3 % | škola – domov | 9,4 %  |
| súkromne (zdravotnícke zariadenia, úrady, atď.) – domov | 9,8 %  |               |        |
| domov – súkromne (zdravotnícke zariadenia, úrady atď.)  | 6,7 %  |               |        |

Predpokladaná hybnosť obce s 500 obyvateľmi je 2,04 ciest pripadajúcich na jednu osobu za pracovný deň. To zodpovedá počtu 1020 ciest v oboch smeroch za pracovný deň. Z toho:

- 56,70 % ... 578 ciest pešo
- 10,86 % ... 112 ciest individuálnou dopravou (automobil, bicykel, motocykel)
- 32,44 % ... 330 ciest verejnou dopravou.

Očakáva sa tak 165 ciest v jednom smere s použitím verejnej osobnej dopravy za pracovný deň (32 do práce, 18 do škôl, 11 do zdravotníckych zariadení a úradov, 104 za iným účelom).

## 5. Definícia dopravnej obslužnosti verejnej dopravy

Dopravná obslužnosť je schopnosť verejnej osobnej dopravy ponúknuť príležitosť pre dopravné spojenie ľudí žijúcich v regióne so spádovým alebo okresným mestom. Dopravná obslužnosť je hodnotená z hľadiska:

*času* – odchody spojov, časová dostupnosť s použitím verejnej dopravy  
*priestoru* – vzdialenosť chôdze k najbližšej zastávke verejnej dopravy  
*kapacity* – ponuka počtu spojov a kapacity vozidiel.

Z dôvodov spoločenských požiadaviek je potrebné definovať štandardy minimálnej, základnej a ostatnej dopravnej obslužnosti v regiónoch a podiel štátu a miestnej samosprávy na ich financovaní. Tieto štandardy, ktoré vyjadrujú tiež kvalitu osobnej dopravy,

The estimated number of passengers [3] [4] is used in transport modeling to determine the share of chosen kind of journeys according to their purpose:

|                                                         |        |               |        |
|---------------------------------------------------------|--------|---------------|--------|
| Home – Work                                             | 19.5 % | Home – School | 10.9 % |
| Work – Home                                             | 15.3 % | School – Home | 9.4 %  |
| Private (health service facility, offices, etc.) – Home | 9.8 %  |               |        |
| Home – Private (health service facility, offices, etc.) | 6.7 %  |               |        |

The predicted mobility of a community with 500 inhabitants is 2.04 journeys per person per working day. That is 1020 journeys both directions per working day and from that:

- 56.70 % ... 578 journeys walking
- 10.86 % ... 112 journeys in individual transport (automobile, bicycle, motorcycle)
- 32.44 % ... 330 journeys in public passenger.

165 one-way journeys using public passenger transport per working day (32 to work, 18 to school, 11 to health service facilities and offices, 104 to other objects) are expected.

## 5. Definition of public passenger transport service

Transport service is the ability of public passenger transport to offer a chance for connection people living in a region with central business town or District City. Transport service is evaluated from the point of view of:

*time* – departure of connections, time accessibility destination using public transport  
*space* – walking distance to the nearest stop of public transport  
*capacity* – offering the number of connections and vehicle capacity

Because of society requirements it is necessary to define minimum, basic and other standards for transport service in regions and the state and local government quotients on financing. These standards, that express passenger transport quality, must meet inhabi-

musia uspokojiť potreby obyvateľov a slúžiť ako základ pre určenie rozsahu osobnej dopravy v regiónoch. Financovanie dopravnej obslužnosti predovšetkým znamená úhradu preukázateľnej straty dopravcov. Úhrada preukázateľnej straty je záväzná pre zabezpečenie výkonov osobnej dopravy vo verejnom záujme.

#### Štandardy minimálnej dopravnej obslužnosti regiónov

Minimálna dopravná obslužnosť je právo prístupu k doprave každého človeka, nech žije kdekoľvek v danom regióne. To musí štát zabezpečiť a tiež musí financovať preukázateľnú stratu príslušných dopravcov zo štátneho rozpočtu.

Minimálny počet spojov verejnej dopravy medzi obcou a spádovým alebo okresným mestom bol určený nasledovne [9]

- pre obec s počtom obyvateľov väčším ako 500:
  - 5 párov spojov v pracovný deň
  - 3 páry spojov v dňoch pracovného voľna a pracovného pokoja (soboty, nedele)
- pre obec s počtom obyvateľov menším ako 500:
  - 3 páry spojov denne a 1 pár spojov navyše v dňoch školského vyučovania (t. j. mimo školských prázdnin).

Maximálna vzdialenosť pešej dochádzky k najbližšej zastávke verejnej dopravy bola určená nasledovne [9]

- v pracovný deň v čase prepravnej špičky
  - 1,5 km, čo zodpovedá 20 min. chôdze
- v pracovný deň v čase prepravného sedla, v dňoch pracovného voľna a pracovného pokoja (soboty, nedele)
  - 2,2 km, čo zodpovedá 30 min. chôdze.

#### Štandardy základnej dopravnej obslužnosti regiónov

Základná dopravná obslužnosť bude všeobecne určená krajskou samosprávou konkrétne počtom spojov v závislosti od miestnych podmienok a nesmie klesnúť pod štandard minimálnej dopravnej obslužnosti. Krajská samospráva musí financovať preukázateľnú stratu základnej dopravnej obslužnosti zo svojho rozpočtu. Určenie základnej dopravnej obslužnosti je vykonané s použitím znalostí prepravných požiadaviek, vzťahov medzi veľkosťou obcí (počtom obyvateľov), ich štruktúry, vybavenosti (pracovné príležitosti, školy, zdravotnícke zariadenia, úrady, služby a pod.) a vzdialenosti od spádového alebo okresného mesta. Na určenie počtu spojov základnej dopravnej obslužnosti sa odporúča:

- maximálny interval dopravnej obsluhy (obr. 8)
- odporúčaný interval dopravnej obsluhy (obr. 9)

*Ostatná dopravná obslužnosť* je objednaná individuálnymi zákazníkmi alebo obcou. Objednané spoje sú svojim rozsahom nad rámec základnej dopravnej obslužnosti a sú financované na komerčnom základe. Obce môžu zo svojho rozpočtu tiež uhrádzať preukázateľnú stratu výkonov dopravy vo verejnom záujme.

## 6. Záver

Cieľom dopravného systému je poskytovať dopravnú službu v danom regióne na zabezpečenie dopravného spojenia obyvateľov žijúcich v obciach s centrom ekonomických, sociálnych, vzdelávacích a kultúrnych aktivít. Dopravná obsluha je faktorom, ktorý

tant needs and serve as a groundwork for passenger transport range designation in regions. Financing transport service means to cover carrier's documentary loss probability first of all. Covering documentary loss probability is necessary for ensuring passenger transport output in public interest.

#### Standards for minimum transport service in a region

The minimum transport service is the access right for everybody living anywhere in a given region. The state must undertake it and finance documentary loss probability from the state budget.

The minimum number of public transport connections between a community and its central business district city was determined as follows [9]

- for a community with more than 500 inhabitants:
  - 5 couples of connections in a working day
  - 3 couples of connections on Sundays and Saturdays
- for a community with less than 500 inhabitants
  - 3 couples of connections every day plus 1 couple of connections in schooldays (e.g. except vacation)

The maximum walking distance to the nearest public transport stop was determined as follows [9]

- in working days in peak hours
  - 1.5 km corresponding 20 minutes walk
- in working days in off-peak hours, on Sundays and Saturdays
  - 2.2 km corresponding 30 minutes walk

#### Standards for basic transport service in a region

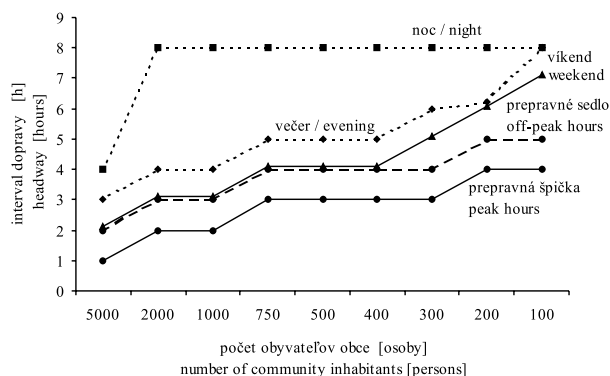
Basic transport service will be generally listed by region government essentially in the number of connections depending on local conditions. It may not come down under standards for minimum transport service. From its budget a region government must finance documentary loss probability. Determination of the basic transport service is done using knowledge of travel demand, correlation among community greatness (a number of inhabitants), their structure, facilities (job opportunity, schools, surgeon, offices, services etc.) and the distance from a central business town or district city. Recommendations listed below can be used in determination the number of connections in basic transport service:

- using the maximum transport service headway as it is shown in Fig. 8,
- using recommended transport service headway as it is shown in Fig. 9.

Customers or communities order *other transport service* in a region. Ordered connections are above the basic transport service and are financed on commercial base. From their budgets communities can also cover the documentary loss probability of transport outputs in public interest.

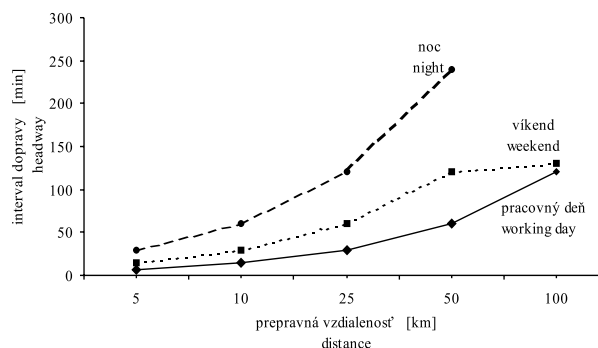
## 6. Conclusion

The transport system aim is to provide transport service in a given region to ensure connection for inhabitants in communities with the center of economy, social, educational and cultural



Obr. 8. Maximálny interval dopravnej obsluhy pre spoje medzi obcou a spádovým mestom [9] [10]

Fig. 8. The maximum transport service headway for connections between a community and central district town [9] [10]



Obr. 9. Odporúčaný interval dopravnej obsluhy pre spoje medzi obcou a spádovým mestom [9] [10]

Fig. 9. Recommended transport service headway for connections between a community and a central district town [9] [10]

je záležitosťou štátu a regionálnej samosprávy, avšak problematika týkajúca sa financovania verejnej osobnej dopravy nie je stále komplexne vyriešená. Dopravná politika sa v blízkej budúcnosti sústreďuje na problémy zabezpečenia lepšej koordinácie železničnej, autobusovej a mestskej hromadnej dopravy nie iba z aspektov prevádzky ale tiež úrovne cestovného, investícií a subvencií.

activities. Transport service is a factor belonging to state and region government responsibility but problems relating to the financing public passenger transport services have not been completely solved. Transport policy will soon be focused on the problem of ensuring better co-ordination of railways, bus and city public transport services, not only from an operational aspect but also from the point of view of levels of fares, investment and subsidies.

## Literatúra – References

- [1] CATANESE, A.J. – SNYDER, J.C.: *Introduction to Urban Planning*. 1. ed. New York, USA, 1979.
- [2] CÍSKO, Š. et al.: *Metodika identifikácie a analýzy nákladov v logistickom reťazci*. Grantová výskumná úloha VEGA č. 1/8105/01, F-PEDAS, ŽU v Žiline, 2001.
- [3] HOLLAREK, T. et al.: *Model komunikačnej obsluhy územnosprávneho celku – kraja. Modelové riešenie vhodné pre projekt*. Správa o riešení grantovej úlohy C519/2/HÚ1/1.1, ŽU v Žiline, december 1999.
- [4] KUŠNIEROVÁ, J. – HOLLAREK, T.: *Metódy modelovania a prognózovania prepravného a dopravného procesu*. 1. vyd. EDIS ŽU v Žiline, 2000, ISBN 80-7100-673-4.
- [5] MARGETIAKOVÁ, J.: *Problematika štandardov dopravnej obslužnosti územia v kontexte zachovania primeraného rozsahu verejnej osobnej dopravy*. Horizonty dopravy, ročník IX., 1/2001, VÚD Žilina, ISSN 1210-0978.
- [6] SUROVEC, P. – CÍSKO, Š.: *Road and Urban Transportation Policy*. In: Modeling and Management in Transportation. Vol. 2. Poznań-Kraków, 12. 10. – 16. 10. 1999, Kraków University, 1999, ISBN 83-86219-83-1, s. 327-332.
- [7] SUROVEC, P.: *Public Transport Service in a City Area*. In: Mezinárodní vědecká konference. Sekce 19. Doprava. Ostrava 12. 9. – 15. 9. 1999, VŠB TU Ostrava, 1999, s. 193-198.
- [8] SUROVEC, P. – STACHO, M.: *Dopravná obsluha kraja prímestskou autobusovou dopravou*. In: 4. medzinárodná konferencia o verejnej osobnej doprave. Bratislava 19. 10. – 20. 10. 2000. Bratislava, Dom techniky ZSVTS, 2000, ISBN 80-233-0458-5, s. 23-30.
- [9] SUROVEC, P. et al.: *Hromadná cestná osobná doprava v riešenom území*. Správa riešenia čiastkovej úlohy C519/2/HÚ1/1.6., ŽU v Žiline, január 2001.
- [10] Zelená kniha o osobní dopravě ČR. Projekt č. S 503/330/702, Praha, XII/1998.

Peter Faith \*

## MODEL INTEGROVANÉHO SYSTÉMU PREPRAVY OSÔB V RIEŠENOM ÚZEMÍ

### A MODEL OF INTEGRATED PASSENGER TRANSPORT SYSTEM IN A SPECIFIC REGION

*Článok popisuje základné princípy pri tvorbe integrovaných dopravných systémov v území, zdôrazňuje prečo je potrebné pristúpiť k integrácii hromadnej osobnej dopravy, postup pri jej realizácii s naznačením potrebných ekonomických, legislatívnych a organizačných opatrení.*

*Všetko nové, čo IDS prináša, sú nové, vyššie organizačné a ekonomické vzťahy medzi subjektmi, ktoré sa zúčastňujú hromadnej osobnej dopravy, či už ako cestujúci, dopravcovia, alebo okresy, kraje, mesta, obce alebo štát.*

#### 1. Úvod

Realizovanie integrovaného dopravného systému (ďalej IDS) v určitom území predpokladá spracovanie základných pravidiel fungovania. Tieto pravidlá patria do širokej oblasti problematiky, ale ide predovšetkým o ekonomickú, organizačnú, legislatívnu a technickú oblasť.

Riešené územie je z hľadiska dopravnej obslužnosti charakterizované tým, že časť ľudí je sústredená v centre s hustejším osídlením a ostatná časť obyvateľstva žije v menších či väčších obciach na okolí. Vysoké percento týchto obyvateľov potom dochádza do centra za pracou, štúdiom, kultúrou, zdravotnou starostlivosťou atď. Na zabezpečenie dopravy v rámci regiónu slúži predovšetkým železničná osobná doprava na regionálnych tratiach a traťových úsekoch hlavných tratí a verejná pravidelná autobusová doprava.

Potenciálni užívatelia osobnej dopravy zvyknú váhať, či využiť služby verejnej osobnej dopravy, alebo použiť individuálny dopravný prostriedok, teda uprednostniť rýchlosť. Pri výbere zohľadňujú kvalitatívne hľadiská, ktorými sú:

- potreba prestupov počas cesty medzi viacerými alebo v rámci jedného druhu dopravy,
- čas čakania na prestup v jednotlivých prestupových uzloch,
- potreba času na realizáciu vlastného prestupu (rozľahlé stančné budovy, podchody, nadchody),
- nutnosť zakúpenia si ďalších cestovných lístkov (strata času a cena),
- celkový čas dopravy do zamestnania.

Ak je niektoré, prípadne viaceré z týchto hľadísk výrazne nepriaznivé a celkový čas cestovania príliš dlhý, uprednostní cestu-

*Paper reports on basic principles in development of integrated transport systems in the region. It explains reasons why integration of mass passenger transport is necessary, as well as procedures of its realization with presentation of economic, legislative and organizational measures.*

*Everything what IDS brings are new, advanced organizational and economic relationships between subjects which participate in mass passenger transport either as passengers, transport operators, or districts, regions, towns, villages or the state.*

#### 1. Introduction

Implementation of the integrated system (further referred to as IDS) in the specific region assumes preparation of basic rules of operation. These rules fall within a wide sphere of problems, however, first of all they concern economic, organizational legislative and technical areas.

The specific region is from the point of view of transport services characterized by a concentration of the part of population in the center with a higher density of settlement while the other part of population lives in surrounding small or great villages. High percentage of this population are commuters – to work, school, culture, health centers, etc. Railway transport on regional lines and main line sections and public scheduled bus service serve for ensuring the transport within the region.

Potential users of passenger transport usually hesitate whether to use public transport services or individual means of transport, thus preferring speed. In selection they consider qualitative aspects, such as:

- Need of transfers during the trip or within single mode of transports,
- Waiting period for transfer at individual transfer nodes Time needed for execution of transfer itself (spacious buildings, subways, over-passes),
- Necessity to buy more tickets (time loss and price),
- Total travel time to work.

If one or more of these aspects are considerably unfavorable and total travel time is too long, the traveler prefers individual

\* Ing. Peter Faith

Transport Research Institute of Žilina, Tel.: ++421-41-5652827,  
E-mail: faith@vud.sk



júci individuálnu dopravu. Dochádza k nežiaducemu javu, pretože mestské a prímestské oblasti začínajú byť, a to predovšetkým v čase dopravných špičiek, preplnené dopravnými prostriedkami. Aktivita štátu, miest aj dopravcov sa preto zameriavajú na skvalitnenie a zrýchlenie hromadnej dopravy osôb za účelom presunu značných výkonov z individuálnej dopravy na hromadnú dopravu.

Jednou z ciest skvalitnenia je vytvorenie integrovaných dopravných systémov, ktoré postupne zlúčia všetky druhy verejnej dopravy pôsobiace v danom regióne bez ohľadu na to, či pracujú na sieti alebo nie, do spoločného prevádzkového prostredia. Dôjde k vytvoreniu dopravného systému zloženého z niekoľkých subsystémov, ktorý nemôže zostať uzatvorený voči okoliu, ale naopak, musí vytvárať pevné väzby s okolím a reagovať na zmeny jeho dopytu. Dôležité je napojenie IDS na individuálnu dopravu (individuálny motorizmus, cyklistická doprava, pešia doprava) a úsilie o jej postupné začlenenie do štruktúry IDS.

V podmienkach SR sa integrovaný dopravný systém začal uplatňovať v dvoch mestách, a to v Bratislave a Košiciach. Počíta sa s ďalším rozširovaním integrovaných systémov aj na území ostatných slovenských miest a ich blízkeho okolia.

Jedným z podporných materiálov rozvoja integrovaných dopravných systémov je aj „Metodika postupu prípravy a realizácie integrovaného dopravného systému v hromadnej doprave“, ktorá bola prijatá na porade vedenia Ministerstva dopravy, pôšt a telekomunikácií SR.

## 2. Všeobecná charakteristika IDS

IDS je systém viacerých druhov hromadnej dopravy osôb (vrátane riadených nadväzností na individuálnu automobilovú dopravu), smerujúci k zabezpečeniu účinnej a hospodárnej dopravnej obsluhy záujmového územia.

V zásade možno hovoriť o dvoch úrovniach integrácie:

- na území mesta a jeho blízkeho okolia (mestská alebo prímestská doprava)
- na území kraja, resp. regiónu (regionálna doprava), vyznačujúca sa z dopravného hľadiska intenzívnymi prepravnými vzťahmi realizovanými obyvateľmi za rôznymi účelmi ciest, v ktorom dochádza ku „konfliktu“ medzi hromadnou a individuálnou automobilovou dopravou.

V takýchto územiach sa potom integruje:

- mestská hromadná doprava (MHD)
- regionálna doprava (železničná a autobusová) slúžiaca k plošnej obsluhu daného územia regiónu. Táto regionálna doprava sa zároveň stáva dopravou prímestskou.

Integrácia je teda určité dobrovoľné združenie a v tomto zmysle je založené na:

- kombinovanom používaní niekoľkých druhov dopravy pre uspokojenie prepravných potrieb užívateľov,
- koordinácii v oblasti prepravného-prevádzkového smerujúcej k zabezpečeniu optimálnych väzieb medzi spojmi a dopravnými pro-

transport. Undesirable phenomena occur because urban and sub-urban areas become congested, especially in peak times. The state, urban and transport operator activities are oriented at quality improvement and speed up of public mass passenger transport in order to transfer considerable performances from individual transport to mass transport.

One way of quality improvement is development of integrated transport systems which will gradually merge all modes of public transport, regardless whether they work in the network or not, in the common operational environment. Transport system composed of several subsystems will be established, which may not be closed to the surroundings, but, on the contrary, it must develop compact bonds with surroundings and respond to changes in its demand. IDS connection to the individual transport, (individual motoring, cycling, walking) is important, as well as efforts at its gradual incorporation into the IDS structure.

In the SR conditions the application of IDS has commenced in two cities, namely in Bratislava and Košice. Further IDS extension is expected also in other Slovak towns and their close surroundings.

One of the supporting materials of integrated transport systems development is “The Progress Methodology of Preparation and Execution of IDS in Mass Transport” approved at the Meeting of the Management of the SR Ministry of Transport, Posts and Telecommunications.

## 2. IDS General Characteristic

IDS is the system covering more passenger transport modes (including controlled references to individual automobile transport) aimed at ensuring the purposeful and economic transport services of the region.

Basically, two levels of integration can be discussed:

- within the town territory and its close surroundings (urban or sub-urban transport)
- within the district or region (regional transport) characterized by intensive transport relationship performed by local residents for different trip purposes, in which the “conflict” between mass and individual automobile transport occurs.

In such territories the following will be integrated:

- Mass urban transport (further referred to as MHD)
- Regional (railway and bus) traffic providing services for the particular region. This regional traffic at the same time becomes the sub-urban traffic.

Integration is, hence, the specific voluntary association based on:

- combined use of several transport modes to satisfy transport needs of users,
- co-ordination in both transport and operational fields directed to provision of optimal relations between connections and transport means operated by different transport operators and in common or interconnected provision of related services,

- striedkami prevádzkovanými rôznymi dopravcami a v spoločnom alebo vzájomne previazanom poskytovaní súvisiacich služieb,
- koordinácii v oblasti tarifnej, spočívajúcej v používaní jednotnej tarify zúčastnených dopravcov, pričom by tým nebola dotknutá platnosť iných taríf používaných týmito dopravcami,
- kooperácii v oblasti ekonomiky, organizácie a riadenia medzi dopravcami a ďalšími subjektmi zodpovednými za hromadnú prepravu osôb, smerujúcej k zabezpečeniu vyššie uvedenej koordinácii a ekonomických i mimoeconomických efektov.

Integrovanou dopravou sa bližšie rozumie:

- koordinácia a optimalizácia prevádzky regionálnej, prímestskej a mestskej hromadnej dopravy pri zabezpečení obsluhy územia a to MHD, vlakovej a prímestskej dopravy do výsledného produktu – „spoločného“ cestovného poriadku;
- integrácia prestupnej jednotnej tarify a multimodálnych terminálov. Patrí sem aj integrácia individuálnej a verejnej dopravy, a to napr. systémom Park & Ride. Efektívna integrácia individuálnych druhov dopravy (peši, bicykle, motocykle a automobily) do prevádzky verejnej dopravy je významnou a neoddeliteľnou súčasťou riešenia mobility v území.

Všetko nové, čo IDS prináša, sú nové, vyššie organizačné a ekonomické vzťahy medzi subjektmi, ktoré sa zúčastňujú hromadnej osobnej dopravy, či už ako cestujúci, dopravcovia, alebo okresy, kraje, mesta, obce alebo štát.

Organizačné vzťahy charakteristické pre IDS tiež znamenajú, že do jedného dopravného systému sú integrované tradičné územia miest, okolitých obcí a prípadne celých okresov, najlepšie v rámci krajov, teda územné celky definované podľa klasifikácie NUTS ako NUTS II alebo NUTS III, prekračujúce katastrálne hranice miest, jednotlivých okresov alebo krajov.

- IDS teda neprináša zásadne nič nového v technológiách zabezpečujúcich prevádzku, ale prináša nové vzťahy v organizácii a koordinácii osobnej dopravy, a to vo všetkých jej podsystémoch – organizačnom, dopravnom, tarifnom a ekonomickom.

Tým novým, čo IDS prináša, je teda systémovosť, systémové prepojenie existujúcich foriem a prvkov dopravy a s tým spojenú kvalitu, vyššiu racionálnosť a efektívnosť.

Týmto prepojením sú vyvolané pre IDS špecifické procesy a štruktúry, ktoré túto systémovosť zabezpečujú. *Model účastníkov v IDS je na obr. č. 1.*

Tento model zahŕňa v sebe štyri významné skupiny účastníkov:

1. Cestujúci, ktorí sú tou skupinou, pre ktorú sa doprava organizuje a zabezpečuje a ktorí existenciu IDS podmieňujú. Cestujúci predstavujú spotrebiteľov, teda konečných zákazníkov v organizme IDS.
2. Zákazníci – objednávatelia dopravných služieb, ktorými sú zväzky obcí, okresy a kraje (vyššie územné správne celky), prípadne ich združenia. Zastupujú spotrebiteľov, t. j. (cestujúcich) vo formulácii a zadávaní dopravných zákaziek, kompenzujú dopravcom straty vyplývajúce z uplatnenia neekonomickú cenu cestovného a z chýbajúcej prepravnej frekvencie cestujúcich

- co-ordination in tariffs consisting of use of uniform tariffs of involved transport operators, while validity of other tariffs used by these transport operators remains intact.
- co-operation in the field of economy, organization and management between transport operators and other subjects responsible for mass passenger transport directed to provision for the above stated co-ordination and economic and out-of-economic effects.

Integrated transport is more particularly understood as follows:

- co-ordination and optimization of regional, sub-urban and urban mass transport operation at providing services in the region, namely MHD, train and sub-urban transport up to the final product – “common” time-table;
- transfer uniform tariff and multi-modal terminals. It also covers integration of individual and public transport, namely Park&Ride system. Effective integration of individual transport modes (walking, cycling, motor-cycles and automobiles) into public transport operation is an important and inseparable part of mobility solution in the region.

Everything what IDS brings are new, advanced organizational and economic relationships among subjects participating in mass passenger transport either as passengers, transport operators, or districts, regions, towns, villages or the state.

Organizational relationship specific for IDS also means that traditional territories of towns and surrounding villages or districts, the best within regions – hence regional units - defined according to NUTS classification as NUTS II or NUTS III, exceeding cadastral town limits, individual districts or regions, are integrated in the single transport system.

- IDS principally carries nothing new in technologies ensuring the operation, however, it reveals new relationship in organization and co-ordination of passenger transport in all its sub-systems; namely in organizational, transport, tariff and economic sub-systems.

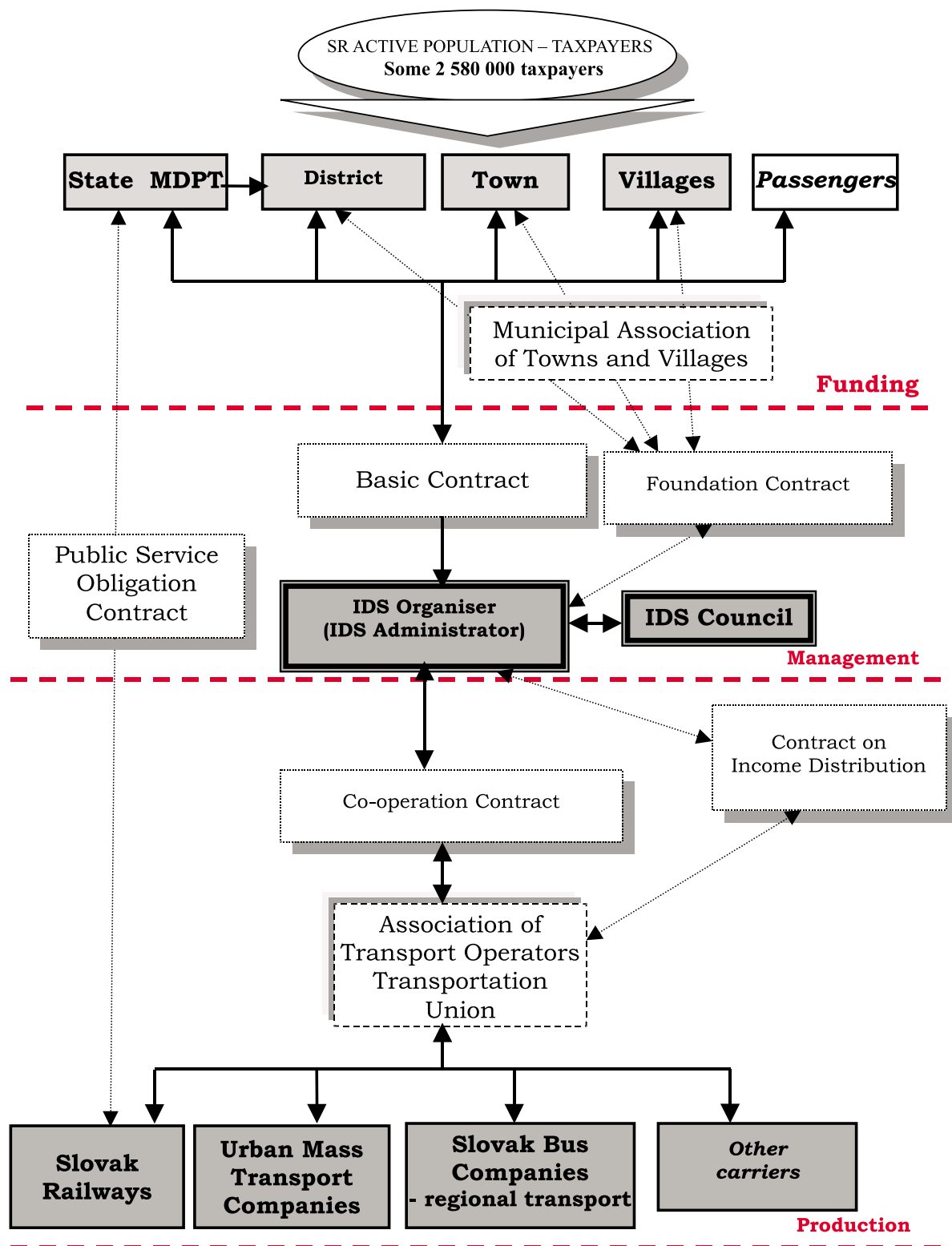
The new what IDS brings are systematized, systemic interconnections of existing transport forms and components, and therefore with connected quality, higher rationality and effectiveness.

Specific processes and structures, which provide this systematization, are induced for IDS by this interconnection. *IDS participants model is in Fig. 1.*

This model includes four important groups of participants:

1. Passengers – the group, for which the transport is organized and secured and which conditions the existence of IDS. Passengers represent consumers, i. e. end users in the IDS organism.
2. Customers – buyers of transport services, which are unions of municipalities, districts, and regions (superior territorial administrative units), or their associations. They represent consumers, i.e. (passengers) in definition and placing the transport orders and compensate transport operators for losses resulting from application of non-economic fare cost and for the missing

## IDS Model



Obr. 1  
Fig. 1

tak, aby preukázateľné náklady dopravy nemuseli byť v plnej výške kryté príjmami z cestovného a nezbavili tak verejnú dopravu atraktivity voči cestujúcim v zmysle jej cenovej, kvalitatívnej a kvantitatívnej úrovne a konkurencieschopnosti.

3. Dopravcovia, prevádzkovatelia dopravy a nositelia väčšiny výkonných dopravných funkcií v IDS.
4. Organizátori (administrátori) dopravy, teda subjekty, ktorých úlohou je koncepčne organizovať, riadiť, plánovať, kontrolovať a rozvíjať hromadnú osobnú dopravu v danom regióne tak po stránke dopravnej, ako aj organizačnej a ekonomickej.

### 3. Základné prístupy budovania a rozvoja IDS

Budovanie IDS treba chápať ako strategický vklad pre dopravnú budúcnosť, ktorý má prednosť pred záujmom zabezpečenia okamžitých ziskov.

Napriek tomu, že dopravní odborníci vo všeobecnosti IDS verbálne podporujú, v praxi pretrvávajú vysoká miera opatrnosti. Je tu snaha o okamžité uplatňovanie štandardných ekonomických stavov, čo vzhľadom na povahu systému nie je celkom možné realizovať. Je preto veľmi dôležité poznať jednotlivé časové fázy zavádzania systému i jeho postavenie v strategickom vývoji a perspektívy jednotlivých dopravcov.

IDS je svojou povahou kvalifikovaný ako socio-ekonomicko-technický systém. V súčasnej dobe neexistuje legislatíva ani územné usporiadanie, ktoré by umožňovalo, aby nejaký subjekt, napr. vláda, vyprojektovala a zaviedla IDS „z moci úradnej“, teda žiadnym centralistickým krokom riadenia. I napriek spomínaným zákonným úpravám nie je možné ani v budúcnosti očakávať jednoznačné formulovanie jednotlivých krokov realizácie IDS.

Iba systémy, ktoré vznikli a fungujú na základe zhody a vzájomnej výhodnosti všetkých zúčastnených, majú nádej prosperovať. Pre všetky subjekty konkrétneho IDS je preto žiaduce, aby si uvedomili, že je nutné hľadať neustále cesty k dohode a že jedinou cestou, ako riešiť ekonomické, organizačné a dopravné problémy, je cesta partnerstva a dôvod.

V IDS neexistuje žiadny subjekt s nadradenou autoritou nad ostatnými subjektmi. IDS môže dnes vzniknúť iba na základe vôle a dohody zúčastnených partnerov.

Založenie a rozvoj IDS je vždy proces postupujúci od najnižších foriem integrácie k vyšším, od menšieho počtu zúčastnených subjektov k počtu vyššiemu a od menšieho rozsahu dopravno-tarifného priestoru k územiu rozsiahlejšiemu.

### 4. Vývojové etapy IDS

Pre účel projektovania IDS možno rozlíšiť a pre budovanie IDS v konkrétnom regióne odporučiť pre inšpiráciu tri vývojové etapy organizačného usporiadania IDS:

1. *Etapa predintegračná*, keď integračné snahy sú uskutočňované na základe vzájomných dvojstranných zmlúv a dohôd medzi

transport frequency of passengers in order that the demonstrable transport costs need not be fully covered by revenue from fare, thus depriving the passenger from public transport attractiveness in terms of its price, quality and quantitative levels and competition.

3. Transport operators who perform majority of IDS transport functions.
4. Transport organizers (administrators), i. e. subjects, which are assigned to organize conceptually, manage, plan, monitor and develop mass passenger transport in the specific region from transport, organizational and economic point of view.

### 3. Basic Approaches of IDS Construction and Development

IDS construction should be understood as the strategic contribution for transport future instead of instant profit making.

Despite the fact that transport experts support IDS verbally in general, a high rate of caution is outlasting in practice. Effort to apply standard economic conditions immediately is not all possible with regard to the nature of the system. Therefore it is important to know individual time stages of the system establishment and its position in strategic development and perspectives of individual transport operators.

IDS is qualified by its nature as social, economic and technical system. At present there is neither legislation nor regional organization, which would enable some subject, e.g. government, to design and establish IDS "by virtue of office", that is, at any centralized control proceeding. Despite the stated legal adjustments it is impossible to expect exact definition of individual proceedings of IDS implementation.

Only the systems, which have been developed and operate pursuant to the conformity and mutual benefits of all participants have the chance to be prosperous. For all subjects of the particular IDS is therefore desirable to realize that it is necessary to search for ways to the agreement and that the only way to solve economic, organizational and transport-related problems is the way of partnership and negotiation.

There is no subject superior to other subjects in IDS. IDS may originate today only of free will and agreement of involved partners.

IDS establishment and development has always been the process proceeding from lower forms of integration to higher ones, from lower number of involved subjects to higher ones and from low range transport and tariff area to more extensive territory.

### 4. IDS Development Stages

For IDS design purposes may be differentiated and for IDS building up in the particular region may be recommended for inspiration three development stages of IDS organizational structure:

1. *Pre-Integration Stage*, when integration efforts are performed pursuant to bilateral contracts and agreements between IDS

subjektmi IDS, neexistuje žiadna organizačná forma, integračné kroky sa dejú na základe zovšeobecnenia praktických poznatkov v oblasti dopravy a snaha o ich systémové riešenia na základe dvojstranných zmlúv. Je to etapa hľadania najvhodnejšieho spôsobu spolupráce dopravcov, oboznamovanie sa s dopravným prostredím, jeho potrebami a možnosťami ich zabezpečenia.

2. *Etapa zakladateľská*, kedy dochádza k formálnemu založeniu IDS cestou vytvorenia, alebo deklaráciou subjektov, ktorá obsahuje prehlásenie záujmu subjektov na začlenení do IDS. V nadväznosti na deklaráciu je vhodné, aby sa subjekty, ktoré vyjadrili svoj záujem o účasť v IDS, zaviazali k prevzatíu záväzkov, práv a povinností vyplývajúcich pre nich z členstva v IDS formou významných dokumentov, napr. zakladateľskou zmluvou. Zakladateľská zmluva je dokumentom založenia IDS v danom meste alebo v regióne. Je vhodné, aby jej súčasťou bol projekt vytvorenia IDS.  
V rámci zakladateľskej etapy je vhodné, aby bol zriadený administrátor IDS. Jeho hlavná činnosť by mala mať administratívny a zjednocujúco-organizačný charakter. Nemá žiadne výkonné právomoci voči ostatným subjektom IDS. Administrátor môže byť vyčlenený ako samostatná zložka niektorého zo zúčastnených subjektov (mestského úradu, dopravcu, krajského úradu).
3. *Etapa vyspelá*, keď je konštituovaný „organizátor integrovanej dopravy“ ako samostatný organizačný subjekt a do určitej miery aj riadiaci útvar IDS. Pre túto etapu sú typické stupne integrácie v technologickej oblasti IDS. Môže byť dosiahnutý jednotný tarifný systém, vysoká dopravná koordinácia, a pod. Typické pre túto etapu je existencia organizátora IDS. Je to spravidla inštitúcia s právnou subjektivitou založená v zmysle Obchodného zákonníka.

## 5. Záver

Rozvoj IDS v riešenom území dáva dobré predpoklady na optimálne usporiadanie dopravnej obslužnosti a udržanie podielu verejnej hromadnej dopravy na celkových prepravných výkonoch osobnej dopravy.

Prvotnou požiadavkou je nové naformulovanie dopravnopolitických cieľov na základe zmenených podmienok a ekonomických a ekologických požiadaviek. Spracovanie koncepcie rozvoja verejnej hromadnej dopravy osôb na určitom území je krokom k postupnému uskutočňovaniu vytýčených cieľov.

subjects, there is not existing any organizational form, integration proceedings are done on the basis of generalization of practical knowledge in the field of transport and efforts at their systematic solution pursuant to the bilateral contracts. This is the stage of searching the most advantageous way of co-operation of transport operators, getting acquainted with transport environment, its needs and possibilities of their provision.

2. *Establishment Stage*, during which IDS official establishment comes about by means of either development of the community union or subject declaration, which includes their interest to be incorporated in IDS. In connection with declaration it would be suitable if the subjects that discovered their interest in participation in IDS would commit themselves to assume obligations, right and duties resulting for them from IDS membership by means of important documents, e.g. Foundation Contract. The Foundation Contract is the document establishing IDS in the specific town or region. It would be reasonable that the project of IDS establishment was a part thereof. It would be suitable to install the IDS Administrator within the foundation stage. Its main activity should have administrative, unification, and organizational character. It has not any executive competence against other IDS subjects. The administrator can be selected as an independent component of some of the involved subjects (town authority, transport operator, regional authority).
3. *Mature Stage* – when the “integrated transport organizer” is constituted the independent organizational subject and to a certain extent also as the IDS management department. Integration scales in IDS technological field are typical for this stage. Uniform tariff system, high transport co-ordination, etc. may be reached here. IDS organizer existence is typical for this stage. Generally, it is the institution with legal personality established pursuant to the Commercial Code.

## 5. Conclusion

IDS development in the specific region provides favorable presuppositions for optimum organization of transport services and retaining the public transport share in overall passenger transport performances. The primary requirement is the new definition of transport policy objectives following the modified conditions and economic and ecological requirements. Development of the concept of public mass passenger transport development in certain territory is the step to gradual implementation of the set out objectives.

## Literatúra – References

- [1] FAITH, P.: *Princíp tvorby regionálnej dopravnej politiky- integrovaný systém osobnej dopravy*, VÚD Žilina. 1999
- [2] FAITH, P., ŠARÁK, J., KUŠKA, V.: *Metodika postupu prípravy a realizácie integrovaného dopravného systému v hromadnej preprave osôb*, MDPT ST, 2001
- [3] Sborník pro seminář: „Integrované dopravní systémy v podmínkách krajského řízení. CS-Project, 2000

Tatiana Čorejová \*

## POŠTY A TELEKOMUNIKÁCIE V RIEŠENOM ÚZEMÍ

### TERRITORY POSTS AND TELECOMMUNICATIONS UNDER INVESTIGATION

Výrazný vplyv na obsluhu územia z hľadiska poštovej a telekomunikačnej infraštruktúry a služieb majú:

- Rast dopytu po produktoch pošty a telekomunikácií.
- Zmeny rozdelenia dopytu po jednotlivých spôsoboch spojenia, resp. zmena podielov na trhu.
- Environmentálne vplyvy, ktoré vyjadrujú pokračujúci trend presunu dopytu po prenose informácií z poštovej na telekomunikačnú infraštruktúru resp. z pevnej siete na mobilné siete – zariadenia a dynamický rast trhu internetu.

Okrem technologického rozvoja sú významné z hľadiska skúmania dopytu po produktoch pošty a telekomunikácií nasledujúce činitele:

- Priestorové – centrá, strediská regiónu sú výkonnejšie, inovatívnejšie, ekonomicky vyspelejšie, čo je spojené tiež s vyššou úrovňou poštovej a telekomunikačnej infraštruktúry a s vyššími požiadavkami kladenými na túto infraštruktúru.
- Inštitucionálne a ekonomické, ku ktorým v súčasnosti v rámci Žilinského kraja patria najmä integračné procesy v rámci regiónu Beskydy (rozvoj transhraničnej spolupráce), znižovanie používania dotačných nástrojov regionálnej politiky a deregulácia mnohých odvetví a činností.
- Sociálno-psychologické, ktoré odrážajú a zahrňujú otázky životného štýlu, zamestnanosti, príjmových skupín, typu bývania a pod. Z hľadiska dopytu po poštových a telekomunikačných produktoch sú významné a vplyvajú na typ i objem požadovaných produktov, sietí atď.

#### 1. Úvod

V procese lokalizácie podnikov, resp. domácností dochádza na jednej strane k ovplyvňovaniu nákladov, výnosov, hospodárskeho výsledku, inovatívnej schopnosti či príjmov, na druhej strane tieto subjekty pôsobia na svoje okolie, t. j. na lokalizačné rozhodnutia ďalších subjektov a na regionálny rozvoj v zmysle zabezpečenia prirodzených životných podmienok.

Z tohto pohľadu sa ekonomická budúcnosť nezaobíde bez informačných a komunikačných technológií, ktoré vytvárajú nové podmienky pre obchodné či pracovné príležitosti. Práve tieto technológie sú podľa rôznych štúdií tretím najvýznamnejším faktorom pri rozhodovaní firiem o alokácii svojej činnosti, tzn. že determinujú kvalitu územia z pohľadu alokácie ekonomickej činnosti spolu

The following factors have a significant influence upon the servicing of the area from the aspect of the postal and telecommunication infrastructure and services:

- increase in demand for postal and telecommunication products,
- changes in the demand distribution according to particular ways of connection, or change in market shares,
- environmental influences which represent the continuing tendency of demand transmission after transmission of information from the postal infrastructure to telecommunication infrastructure – from the fixed networks to the mobile networks – devices, and dynamic rise in the Internet market.

Besides the technological development, the following factors are important from the aspect of the observation of the demand for the postal and telecommunication products:

- the space ones – centers; regional centers are more efficient, innovative, economically more developed, which is also connected with a higher level of the postal and telecommunication infrastructure, and with higher requirements on this infrastructure,
- the institutional and economic ones that now include, within the Žilina region, especially the integration processes within the Beskydy region (development of the cross-border cooperation), decreasing the use of subsidy tools of the regional policy, and deregulation of many branches and activities,
- the social-psychological ones that reflect and include the problems of life-style, employment, income groups, housing type, and so on. From the aspect of the demand for the postal and telecommunication products, they are important and they influence the type and the volume of required products, networks, etc.

#### 1. Introduction

In the process of locating firms, or households, an affection of expenses, yield, income, innovation process, and profit occurs on the one hand, and on the other hand, these subjects affect their surroundings, i.e. they affect location decisions of other subjects and the development of the region in accordance with natural living conditions.

From this point of view, our economic future calls for information and communication technologies that create new conditions for business or job opportunities. According to various studies, these technologies are the third most important factor in

\* Prof. Ing. Tatiana Čorejová, PhD.

University of Žilina, Faculty of Operation and Economics of Transport and Communications, Department of Communications  
E-mail: corejova@fpedas.utc.sk

s dopravnými spojeniami a ľahkosťou prístupu na trhy [1]. Význam informačných a komunikačných technológií pritom bude ďalej narastať, posilňovať sa v súvislosti s ďalším vývojom vysoko mobilnej spoločnosti. Pošta a telekomunikácie plnia nezastupiteľné funkcie v nasledovných systémoch štátu: informačnom, prepravnom, peňažnom, sociálnom a regionálnom.

Pošta a telekomunikácie sú súčasťou hodnotových reťazcov a sú ovplyvňované rôznymi faktormi alebo trendmi:

- intenzifikáciou – trh s informáciami, trh internetu – sú veľmi dynamicky rastúce trhy aj v období stagnácie alebo poklesu NH,
- liberalizáciou trhov, čo sa prejavuje v raste počtu subjektov pôsobiacich na trhu v regionálnom rozsahu,
- dereguláciou trhov, kedy priame zásahy štátu sú nahradzované nepriamymi zásahmi štátu,
- komplexnosťou služieb a pod.

Pošta a telekomunikácie boli v nedávnej minulosti často riadené skôr byrokraticky a nie ako odvetvie služieb. Tento tradičný model bol charakteristický (nedostatočným evidovaním nákladov, podceňovaním úlohy sledovania vzťahu náklady – výkony, nízkou kvalitou služieb) okrem iného malou pozornosťou venovanou zákazníkom z hľadiska ich požiadaviek v regionálnom kontexte – miesto poskytnutia služieb, prístup k sieťam atď., tzn. z hľadiska zabezpečenia zodpovedajúcich služieb v danom území, v zodpovedajúcej úrovni.

Výsledkom pôsobenia trhových síl je vstup súkromných operátorov na trh poštových a telekomunikačných služieb a znižovanie významu verejných alebo čiastočne verejných operátorov. Na druhej strane rozvoj sietí resp. nových operátorov zvyšujú využitie a celkovú výkonnosť pôvodných sietí.

Voľbu spôsobu prenosu informácie zákazníkom ovplyvňujú:

Interné charakteristiky:

- Technológia
- Služby
- Zákazníci
- Ekonomické a spoločenské prostredie

Externé charakteristiky:

- Siete – geografické rozloženie, prístup
- Koncové zariadenia
- Operátori
- Sociálno-politické prostredie, štátna správa, samospráva

Pri hodnotení vplyvu rozvoja poštovej a telekomunikačnej infraštruktúry na ekonomickú úroveň, resp. rozvoj a výkonnosť rôznych regiónov a miest je vhodné využívať praktické prístupy a merateľné ukazovatele dostupnosti v priestore. Preto prvotným zámerom hlavnej úlohy Pošty a telekomunikácie v riešenom území vedecko-technického projektu Model komunikačnej obsluhy územno-správneho celku – kraja úlohy bolo skúmať možné cesty obsluhy územia poštovými a telekomunikačnými službami, sieťami, systémami a naznačiť ďalšie možnosti ich využitia v budúcnosti pre rozvoj regiónu, resp. optimálnu komunikačnú obsluhu regiónu.

the decision making process of the firms about locating their activities. It means that the technologies determine the quality of the territory from the aspect of the location of economic activities, together with traffic channels and ease of access to the market [1]. At the same time the importance of information and communication technologies will be growing in accordance with the further development of the high-developed mobile society. The post and telecommunications perform very important tasks in the following systems of a state: information, shipping, monetary, social, and regional.

The post and telecommunications are parts of value chains and are influenced by various factors or trends:

- Intensification – the information and the Internet markets are rapidly growing markets despite a period of stagnation or economy decline,
- Liberalization of markets is reflected in an increasing number of subjects acting in regional markets,
- Deregulation of markets, when direct interventions of state authorities are replaced by indirect ones,
- Complexity of services, etc.

Recently, the post and telecommunications were very often governed in a bureaucratic way and not as a service sector. This traditional model was characterized by insufficient supervision over costs, underestimation of the importance of observation of the cost - output relation, and by low quality of services. Moreover this model did not give sufficient attention to customer's requirements (in the region) such as: place where services are provided, access to networks, etc. That means, from the aspect of providing adequate services in the region in an appropriate quality.

The result of the action of market forces is the entry of private operators into the market of the postal and telecommunication services and decrease of the importance of the public and semi-public operators. On the other hand, the development of networks and new operators increase the use and the overall efficiency of the original networks.

The customer's choice of a way of information transmission is influenced by:

Internal characteristics

- Technology
- Networks – geographical layout, access
- Services
- Terminal devices

External characteristics

- Customers
- Operators
- Economic and social environment
- Social – political environment, state administration, self-administration

## 2. Post offices in the territory under investigation

Postal services belong to so-called distributive services. Within the Slovak Republic, the Slovak Post, a state-owned enterprise,

## 2. Pošty v riešenom území

Poštové služby patria k tzv. distribučným službám. V rámci Slovenskej republiky ich poskytuje Slovenská pošta, š. p. Ide o sieťový systém, čím je zabezpečená možnosť všeobecne dostupnej komunikácie a jej služby sú poskytované na celom území štátu.

Slovenská pošta, š. p. (SP) prevádzkuje svoju podnikateľskú činnosť samostatne na základe hospodárenia na vlastný účet v súlade so zákonom o štátnom podniku č. 111/1990 Zb. v znení neskorších úprav. Poštový poriadok, ktorý ustanovuje práva a povinnosti pošty a jej klientov v tuzemskom i medzinárodnom poštovom styku, vychádza z vyhlášky č. 78/89 Zb. v znení vyhlášky č. 59/91 Zb. Slovenská pošta, š. p. vystupuje ako samostatný hospodársky subjekt a je zapísaná v Obchodnom registri.

Poštové služby predstavujú širokú škálu produktov (cca 80). Pri poskytovaní služieb v rámci premiestňovacieho procesu má veľký význam bohato rozvetvená poštová sieť, ktorá sa vyznačuje vysokou dostupnosťou. Na území Slovenskej republiky je počet koncových bodov poštovej siete relatívne stabilný. V súčasnosti je tu cca 1620 pôst, ktoré sú zapojené do poštovej prepravnej siete. Preprava spracovaných zásielok sa uskutočňuje prostredníctvom poštových kurzov.

*Dostupnosť poštovej služby* je základnou požiadavkou na univerzálnu službu, ktorú predpisuje Smernica EP č. 97/67/EC, Akty SPÚ [2] a zákon o poštových službách. Smernica EP definuje univerzálnu službu ako službu dostupnú v pracovných dňoch každému za rovnakých podmienok na celom území štátu, v rovnakej kvalite a za prijateľnú cenu. Táto požiadavka však nie je presne definovaná.

Slovenská pošta, š. p., pre naplnenie cieľov má spracované „Štandardy kvality poštových služieb“, ktoré sú verejne publikované a kontrolované a je nutné ich dodržať na území celého štátu i v rámci jednotlivých regiónov.

Pri stanovení štandardov sa vychádza z medzinárodných skúseností a odporúčaní Svetovej poštovej únie, ale dôležitá je aj dosiahnuteľnosť služieb a aby aj následne poskytnutý výkon zodpovedal nákladom vynaloženým na poskytnutie danej služby. Prijaté štandardy služieb premiestňovacieho procesu sú interné a verejne publikované, spolu s príslušnými záväzkami, pokiaľ ide o dodržanie doručovacích lehôt.

Zároveň je však nutné konštatovať, že štandardy kvality uplatňované Slovenskou poštou sú odvodené, resp. založené na jednom z kritérií kvality, a to rýchlosť. Nie sú uplatňované charakteristiky priestorovej dostupnosti, nakoľko stacionárne poštové zariadenia, ich počet a umiestnenie sú v princípe stabilizované. Dochádza len k minimálnym úpravám spádových oblastí, zvyčajne v dôsledku uvedenia do prevádzky nových poštových zariadení. Samostatne je riešená problematika bezpečnosti, nakoľko bezpečnosť prepravovaných zásielok je jednou z prioritných úloh v rámci Slovenskej pošty, š. p. Otázky bezpečnosti v rozhodujúcej miere determinujú možnosti prepojenia systému pošty a systému prepravy osôb.

provides services. As it is a network system, the possibility of generally accessible communication is ensured and its services are provided all over the state.

The Slovak Post (SP), state-owned enterprise, carries on its business activities independently, on its own account, under the rule of the State-owned Enterprise Act no. 111/1990 of the Code as amended. The Post Order, which defines rights and obligations of the Post and its clients in the national and the international postal contact, is based on the Edict no. 78/89 of the Code as amended by the Edict no. 59/91 of the Code. The Slovak Post, state-owned enterprise, is an independent economic subject and is registered in the business register.

Postal services are represented by a wide range of products (about 80). When offering services within the process of rearrangement, a widely branched postal network of high accessibility is very important. In the Slovak Republic, the number of end points is relatively stable. At present, there are 1620 post offices, which are connected to the postal shipping network. The shipment of processed items is performed by means of postal courses.

The accessibility of the postal service is the main requirement for the universal service which is ordered by the EP Directive no. 97/67/EC, Acts of the UPU [2] and the Post Service Act. The EP Directive defines the universal service as a service that is, in all working days, accessible to everyone, at equal conditions all over the country, in equal quality, and at affordable price. This requirement, however, is not defined exactly.

In order to meet its objectives, the Slovak Post, state-owned enterprise, has worked out "The Postal Services Quality Standards" that are publicly published and controlled. It is necessary to respect these standards in the whole area of the country and within particular regions.

When defining the standards, international experience and advice of the World Post Union are respected; but the attainability of services is also important, just as it is important that the after-performance matches the costs invested into the provision of a given service. The approved standards of the services of the rearrangement process are internal and publicly published, together with corresponding responsibilities as far as satisfying the delivery time.

At the same time, however, it is necessary to state that the quality standards implemented by the Slovak Post are derived from / based on one of the quality criteria – the speed. The space accessibility features are not implemented as the stationary post facilities; their number and location are constant. Only minimal adjustments of tributary areas take place, usually because of new post facilities put into operation.

The problem of security is solved independently as security of the items transported is one of the main tasks of the Slovak Post, state-owned enterprise. The problems of security significantly determine the possibilities of interconnection of the postal system and the system of transportation of people.



### Žilinský kraj

Slovenská pošta, š. p., poskytovala svoje služby v Žilinskom kraji prostredníctvom 185 pôšt, 109 poštových stredísk, 2 experimentálne zriadených poštovní, 6 pojazdných a 14 vyclievacích pôšt (údaje r. 1999). Na území Žilinského kraja pôsobí jedno Hlavné spracovateľské centrum (HSC) – pošta Žilina 2, ktorá vykonáva okrem funkcie HSC aj funkciu OSC. Pod HSC Žilina 2 je zapojených 8 Oblasťných spracovateľských centier (OSC), pod ktoré spadá 240 pôšt. Z toho na území Žilinského kraja sa nachádza 6 Oblasťných spracovateľských centier a 5 stredísk poštovej prevádzky.

### Region of Žilina

The Slovak Post, state-owned enterprise, offered services in Žilina region by means of 185 post offices, 109 post centers, two experimentally established postal agency, six mobile and 14 declaring post offices (1999 data). One Main Processing Center (MPC) – Žilina 2 post office – functions in the area of the Žilina region. Except the MPC function, it also performs APC (Area Processing Center) function. Eight APCs, which direct 240 post offices, fall within the cognizance of the MPC Žilina 2. Six APCs and five postal service centers are in the area of the Žilina region.

Poštová infraštruktúra v Žilinskom kraji  
Post infrastructure in Žilina region

Tab. 1  
Table 1

| Okres<br>District  | Počet pôšt<br>Number of post offices | Výmera územia km <sup>2</sup><br>Area in km <sup>2</sup> | Počet obyvateľov<br>Number of citizens | Počet obyv. na 1 poštu<br>Number of citizens<br>per one post office | Počet km <sup>2</sup> na 1 poštu<br>Number of km <sup>2</sup><br>per one post office |
|--------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Bytča              | 9                                    | 281.62                                                   | 30 206                                 | 3 356                                                               | 31.29                                                                                |
| Čadca              | 20                                   | 760.56                                                   | 92 300                                 | 4 615                                                               | 38.03                                                                                |
| Dolný Kubín        | 11                                   | 490.30                                                   | 38 936                                 | 3 540                                                               | 44.57                                                                                |
| Kysucké Nové Mesto | 10                                   | 173.68                                                   | 33 125                                 | 3 313                                                               | 17.37                                                                                |
| Liptovský Mikuláš  | 29                                   | 1 332.55                                                 | 74 736                                 | 2 577                                                               | 45.58                                                                                |
| Martin             | 20                                   | 735.65                                                   | 98 015                                 | 4 901                                                               | 36.78                                                                                |
| Námestovo          | 19                                   | 690.57                                                   | 53 638                                 | 2 823                                                               | 36.35                                                                                |
| Ružomberok         | 16                                   | 646.88                                                   | 59 715                                 | 3 732                                                               | 40.43                                                                                |
| T. Teplice         | 9                                    | 392.72                                                   | 16 832                                 | 1 870                                                               | 43.64                                                                                |
| Tvrdošín           | 8                                    | 478.70                                                   | 34 123                                 | 4 265                                                               | 59.84                                                                                |
| Žilina             | 34                                   | 815.19                                                   | 156 145                                | 4 593                                                               | 23.98                                                                                |
| Celkom             | 185                                  | 6 788.43                                                 | 687 771                                | 3 718                                                               | 36.69                                                                                |

Pre zistenie úrovne obsluhy Žilinského kraja poštovou infraštruktúrou (sieť + služby) bol realizovaný v mesiacoch november-december 1998 prieskum zameraný na dve skupiny zákazníkov, súkromných a obchodných. Základné závery pre obidve skupiny zákazníkov môžeme zhrnúť nasledovne:

#### Obchodní zákazníci

- V poštových službách prevládajú klasické spôsoby podávania a dodávania zásielok i klasické poštové služby. Iných prepravcov využíva väčšina podnikateľských subjektov len príležitostne. V mestách sú využívané všetky formy dodávania zásielok, v okolí miest len doručovanie prostredníctvom poštových doručovateľov a formou odnášky z pošty,
- Pri podávaní zásielok sú uprednostňované formy: podaj v hotovosti, poštovné úverované. Služba polepovač je využívaná len výnimočne.

|                    | Mestá     | Okolie    |
|--------------------|-----------|-----------|
| Poštovné úverované | 55 – 60 % | 18 – 24 % |
| V hotovosti        | 40 – 45 % | 76 – 82 % |

- V mestách i okolí prevláda v súčasnosti hotovostný platobný styk medzi firmou a zákazníkom. Je to podmienené slabou úrovňou platobnej bilancie väčšiny subjektov. Bezhotovostný

In the months of November and December 1998, a survey was done in order to investigate the level of servicing Žilina region by means of post infrastructure (network + services). The survey was focused on two groups of customers – the private ones and the commercial ones. Basic findings for both groups of customers may be summarized in the following way:

#### Commercial customers

- In postal services, classical methods of item mailing and delivering, and classical postal services prevail. Most commercial customers use other carriers' only occasionally. In cities, all kinds of item delivery are used; in city surroundings, only delivery performed by post carriers and delivery/collection at the counter is used
- The following methods of item mailing are preferred: mailing in cash, postal subscription. The item coater service is used only occasionally.

|                     | Cities    | Surroundings |
|---------------------|-----------|--------------|
| Postal subscription | 55 – 60 % | 18 – 24 %    |
| In cash             | 40 – 45 % | 76 – 82 %    |

- In cities and surroundings, cash system of payments between a firm and a customer is dominant. This is conditioned by the low balance of payments level of most customers. Cashless trans-

platobný styk uskutočňujú len ekonomicky silnejšie podnikateľské subjekty. Okolo 30 – 40 % opýtaných obchodných zákazníkov rieši svoj styk so zákazníkom iba v hotovosti, čo však je ovplyvnené aj štruktúrou týchto firiem – väčšina je orientovaná na služby a obchod,

#### *Súkromní zákazníci*

- Z poštových služieb využívajú domácnosti v mestách aj na vidieku predovšetkým klasické poštové služby, expresné služby iných subjektov ako SP nevyužívajú. Bezhotovostný platobný styk sa rozvíja pomaly najmä na vidieku, kde obyvateľstvo preferuje hotovostnú formu platenia, doručovania dôchodkov a sociálnych dávok. V mestách sa situácia v súčasnej dobe výrazne mení a rastie počet dôchodkov poukazovaných na dôchodcovské účty v bankách.
- Návštevnosť pôšt je nepravidelná, pričom najčastejším účelom týchto ciest je podanie zásielky, prevzatie avizovanej zásielky a realizácia platieb. Obyvatelia často spájajú viac účelov pri jednej návšteve pošty.

#### *Celková úroveň obsluhy*

- Je možné konštatovať, že je uspokojivá úroveň miestnej dostupnosti pôšt, pričom však vo väčších mestách sú v niektorých ich častiach navrhované zlepšenia (zriadenie podávacích pôšt). Obsluhu menších okrskov je nutné posúdiť z hľadiska:
  - Časovej dostupnosti existujúcich pôšt najmä v sídlach s vyšším počtom obyvateľov v produktívnom veku, tzn. upraviť otváracie hodiny pre verejnosť.
  - Miestnej dostupnosti, keď časť pôšt by mohla byť transformovaná na poštovne, prípadne by vznikli nové poštovne v miestach, kde doteraz nebola pošta. Poštovne poskytujú len časť služieb podávacích pôšt, čím zlepšujú obsluhu územia, na druhej strane sú to samostatné subjekty od SP, š. p., s ktorou sú viazané len zmluvnými podmienkami – franšízou.
- Z hľadiska styku občana s verejnými inštitúciami v mieste bydliska resp. okresnými alebo krajskými inštitúciami pošta má potenciál, ktorý by bolo vhodné využiť a zapojiť ju do komunikačného reťazca občan-štát intenzívnejšie, nielen v oblasti sociálnych dávok, resp. dôchodkovej služby.

Oslovení respondenti sa vyjadrili pri prieskume k rozsahu sortimentu poštových produktov, pričom im v ponuke chýba najčastejšie:

- e-mail na pošte
- faxová služba
- širší predaj doplnkového tovaru.

Z hľadiska styku občana s verejnými inštitúciami v mieste bydliska resp. okresnými alebo krajskými inštitúciami pošta má potenciál, ktorý by bolo vhodné využiť a zapojiť ju do komunikačného reťazca občan – štát intenzívnejšie, nielen v oblasti sociálnych dávok, resp. dôchodkovej služby.

Pošta plní významné funkcie v systéme štátu pričom z dlhodobého a strednodobého pohľadu sa pošta identifikuje tiež ako významný sprostredkovateľ toku informácií medzi obyvateľstvom

action is only performed by economically stronger commercial customers. About 30 – 40 % of the commercial customers questioned perform the system of payments with their customers only in cash. This, however, is also influenced by the structure of these firms – most of them are focused on services and trade.

#### *Private customers*

- Households in cities and in the country use mainly classical postal services; express services of providers other than Slovak Post are not used. Clearing is developing slowly mainly in the country where the citizens prefer cash system of payment, delivery of retirement pension, and social benefits. The situation in cities is changing significantly and the number of retirement pensions remitted to the pension accounts in banks is increasing.
- The attendance of post offices is irregular; the most frequent aim of journeys to a post office is to mail an item, accept an advised item and perform payments. The citizens often meet several aims in one post visitor.

#### *General level of servicing*

- It is possible to state that the level of local accessibility of post offices is satisfactory, however, in some parts of bigger cities, improvements are suggested (establishment of mailing post offices). The evaluation of the level of servicing of smaller zones has to consider the following aspects:
  - Time accessibility of existing post offices, especially in settlements with high number of citizens in productive age that means adjustment of the opening hours for the public.
  - Local accessibility – some post offices could be transformed into postal agency, or new postal agency could be established in places where a post office has not been. The postal agency offers only some of the services that the mailing post offices offer. This way, they improve the servicing of the area. On the other hand, postal agencies are independent of the Slovak Post, the state-owned enterprise; their only bond with the Slovak Post are the terms of contract – franchise.
- As for the contact of a citizen with the public institutions in his/her residence, or, with district or regional institutions, the post has a potential that should be used: it should not only be involved in the area of social benefits or retirement pensions service, but it should be more involved in the citizen-state communication chain.

As for the range of postal products, the people questioned in the survey expressed that most often, they lack:

- E-mail at the post office
- Fax service
- Wider sale of complementary goods.

As for the contact of a citizen with the public institutions in his/her residence, or, with district or regional institutions, the post has a potential that should be used: it should not only be involved in the area of social benefits or retirement pensions service, but it should be more involved in the citizen-state communication chain.

The post performs important functions in the state system; from the long-term and the medium-term point of view, the post is also identified as an important mediator of the information flow

a verejnými inštitúciami vo väzbe na globalizačné a regionalizačné trendy.

Z tohto pohľadu sa javí perspektívnou oblasťou spolupráce štátnej správy a samosprávy s poštou zabezpečenie obojsmerného vzájomného styku štát – občan na všetkých úrovniach územno-správneho členenia štátu.

### 3. Telekomunikácie v riešenom území

V Slovenskej republike sa pri poskytovaní telekomunikačných služieb, budovaní a prevádzkovaní telekomunikačných sietí vychádza v súčasnosti z nového zákona o telekomunikáciách platného od 1. 7. 2000.

V zákone je definovaná univerzálna telekomunikačná služba, ktorou sa rozumie minimálny súbor služieb, ktoré sú dostupné v stanovenej kvalite všetkým užívateľom na celom území štátu za prijateľnú cenu. Univerzálna služba je súčasťou štátnej doktríny – štát dáva každému obyvateľovi krajiny a rovnako jej návštevníkovi právo na používanie určitého súboru služieb za definovaných a rovnakých podmienok. Na druhej strane štát preberá záväzok toto právo realizovať prostredníctvom vybraného súboru poskytovateľov univerzálnej služby. Títo poskytovatelia majú následne tento záväzok kompenzovaný formou materiálnou – prostredníctvom Fondu univerzálnej služby – alebo duchovnou – formou exkluzívnych licencií, výhradných práv a/alebo možnosťou krížového financovania [3].

Pod univerzálnou službou sa teda rozumie služba všeobecne, stopercentne:

- rovnako dostupná, t. j. nezávisle od geografického umiestnenia,
- rovnako spoľahlivá, t. j. nezávisle od konkrétnych reálnych nákladov,
- rovnako kvalitná, t. j. nezávisle od technického riešenia, všetkým záujemcom o jej využívanie.

Tento súbor služieb sa vyvíja v čase i priestore, pričom v zákone je presne definovaný tento súbor a zahŕňa:

- poskytovanie verejnej telefónnej služby, verejnej telekomunikačnej služby faksimilného prenosu dát a verejnej telekomunikačnej služby prenosu dát v kvalite stanovenej Telekomunikačným úradom SR,
- prevádzkovanie operátorskej verejnej telekomunikačnej služby,
- poskytovanie bezplatného a nepretržitého prístupu k verejnej telekomunikačnej službe tiesňového volania bez použitia mincí alebo telefónnej karty,
- poskytovanie verejnej telekomunikačnej služby prevádzkou verejných telefónnych automatov,
- pravidelné vydávanie telefónnych zoznamov a zabezpečenie prístupu k zoznamom užívateľov verejnej telefónnej služby.

Telefónnu službu prevádzkujú na základe poverenia pre pevnú sieť Slovenské telekomunikácie, a. s. a pre mobilné telefóny Globtel, a. s. a EuroTel, a. s. Pre poskytovanie ďalších telekomunikačných služieb bolo udelených viacero poverení, licencií, v niektorých prípadoch aj tzv. generálne povolenie, ktoré môže využiť každá fyzická alebo právnická osoba, ktorá:

between the citizens and the public institutions with link to the globalization and the regional processes.

From this point of view, the mutual citizen – state contact at all levels of the territorial administration division of the state; seems to be prospective area of cooperation of the state administration and the self-administration with the post.

### 3. Telecommunications in the territory under investigation

At present, when offering telecommunication services, and constructing and operating telecommunication networks in the Slovak Republic, the new Telecommunication Act July 1, 2000 must be respected.

In the Act, the universal telecommunication service is defined. This is a minimum package of services that are available to all users, in the whole area of the state, in defined quality and at affordable price. The universal service is a part of the state doctrine – the state gives the right to use a certain package of services, at defined and equal conditions, to each of its citizens and to a visitor as well. On the other hand, the state takes over the responsibility to implement this right by means of certain providers of the universal service. These providers then have the responsibility balanced in either material form – by means of the Universal Service Fund, or in immaterial form – in form of exclusive licenses, privileges and/or the possibility of cross financing [3].

By the universal service is meant service in general, absolutely:

- equally accessible, i.e. independent on the geographical layout,
- equally charged, i.e. independent on the particular real costs,
- of the same quality, i.e. independent on the technical solution, for all people interested in using it.

This package of services is developing in time and space. It is strictly defined in the Act and it includes:

- Provision of the public telecommunication service, the public telecommunication service of facsimile data transmission and the public telecommunication service of transmission of data in quality defined by the SR Telecommunications Office,
- Operation of the public telecommunication operator,
- Provision of free and non-stop access to the public telecommunication service of emergency call without using coins or a telephone card,
- Provision of the public telecommunication service by means of public coin telephone station operation,
- Regular edition of telephone book directories and provision of the access to the lists of the public telephone service users.

The operation of the telephone service is performed by the Slovak Telecom, Joint Stock Company (on authority for fixed networks), and by Globtel, Joint Stock Company and Eurotel, joint stock company (on authority for mobile telephones). In order to provide other telecommunication services, various authorities, licenses, in some cases also so called general license that can be used by any physical or fictitious person that:

- je držiteľom koncesnej listiny pre prevádzkovanie telekomunikačných služieb podľa živnostenského zákona (č. 455/91 Zb. v znení neskorších predpisov) a
- riadne ohlásila Telekomunikačnému úradu SR dorúčením ohlasovacieho listu podľa príslušného generálneho povolenia, že začala poskytovať služby podľa tohto generálneho povolenia.

V oblasti poskytovania produktov základnej hlasovej telefónnej služby majú Slovenské telekomunikácie monopol do 31. 12. 2002 vyplývajúci z Dohovoru o základných telekomunikáciách. Podnikateľské prostredie pri poskytovaní produktov verejných rádiových sietí je možné klasifikovať ako konkurenčné. Tieto služby poskytujú spoločnosti Globtel GSM, a. s. a EuroTel Bratislava, a. s.

#### Žilinský kraj

V predmetnom území (na území Žilinského kraja) poskytujú svoje telekomunikačné služby fyzickým i právnickým osobám: Slovenské telekomunikácie, a. s., Globtel GSM, a. s., EuroTel Bratislava, a. s.

- Is a holder of the licensed document for operation of telecommunication services according to the Trade Act (no. 455/91 of the Code as amended), and
- Properly notified the SR Telecommunications Office, by an announcement letter delivery according to an applicable general license, that the person has started to provide services according to the general license.

In the area of provision of products of the basic voice telephone service, the Slovak Telecommunications hold a monopoly until December 31, 2002, which results from the Basic Telecommunications Agreement. As for provision of products of the public radiotelephone networks, it is possible to classify the business environment as competitive environment. These services are provided by Globtel GSM, joint stock company, and EuroTel Bratislava, joint stock company.

#### Region of Žilina

In the territory under investigation (the area of the Žilina region) the telecommunication services for physical and fictitious persons are provided by: the Slovak Telecom, joint stock company; Globtel GSM, joint stock company; and Euro Tel Bratislava, joint stock company.

Prehľad o úrovni telefonizácie v Žilinskom kraji [1996]  
Level of telephone services in the Žilina region [1996]

Tab. 2  
Table 2

| Okres<br>District  | Počet obyv.<br>Number of Citizens | HTS bytové<br>Main lines in household | HTS/100 obyv.<br>Phone density<br>per 100 citizens | HTS podn. subj.<br>Main lines in firms | HTS/1 subj.<br>Phone density<br>per 1 firm |
|--------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|
| Bytča              | 30 206                            | 3 166                                 | 10.48                                              | 924                                    | 0.71                                       |
| Čadca              | 92 300                            | 6 669                                 | 7.22                                               | 2 893                                  | 0.70                                       |
| Dolný Kubín        | 38 936                            | 5 386                                 | 13.83                                              | 2 241                                  | 1.02                                       |
| Kysucké Nové Mesto | 33 125                            | 2 800                                 | 8.45                                               | 935                                    | 0.47                                       |
| Liptovský Mikuláš  | 74 736                            | 11 927                                | 15.96                                              | 4 152                                  | 0.93                                       |
| Martin             | 98 015                            | 17 313                                | 17.66                                              | 5 627                                  | 1.03                                       |
| Námestovo          | 53 638                            | 2 944                                 | 5.48                                               | 1 213                                  | 0.47                                       |
| Ružomberok         | 59 715                            | 8 024                                 | 13.43                                              | 2 324                                  | 0.86                                       |
| T. Teplice         | 16 832                            | 1 191                                 | 7.08                                               | 712                                    | 0.89                                       |
| Tvrdošín           | 34 123                            | 3 687                                 | 10.81                                              | 1 332                                  | 0.81                                       |
| Žilina             | 156 145                           | 28 208                                | 18.07                                              | 11 393                                 | 0.99                                       |
| Celkom             | 687 771                           | 91 915                                | 13.36                                              | 33 746                                 | —                                          |

Vo všetkých okresoch Žilinského kraja poskytujú pripojenie na Internet Slovenské telekomunikácie, a. s., spoločnosť EuroTel Bratislava, a. s. a spoločnosť Globtel GSM, a. s., NEXTRA a ďalšie subjekty podľa svojej regionálnej príslušnosti. Na tomto trhu dochádza v súčasnosti k výrazným zmenám, nárast počtu providerov je spojený s akvizíciami a fúziami medzi existujúcimi providermi.

Rádiokomunikácie zahŕňujú problematiku pokrytia územia kraja rozhlasovým a televíznym signálom. Prenos rozhlasového vysielania je zabezpečený v pásmach VKV, SV, DV, pričom v jed-

In all districts of the Žilina region, the Slovak Telecommunications, Joint Stock Company; EuroTel Bratislava, Joint Stock Company; Globtel GSM, Joint Stock Company; NEXTRA; and other providers, according to their regional competence, provide the Internet connection. Nowadays, this market is experiencing significant changes; increasing number of providers is connected with activations and merges among existing providers.

Broadcasting include the problem of coverage of the area with the radio and the television signals. The relay of broadcast is provided in the VSW, MW, and LW zones. In particular parts of the

notlivých častiach kraja vysielajú na VKV regionálne stanice (Rádio Žilina, Frontinus, Tatry a pod.). Pokrytie územia kraja televíznym signálom nie je rovnomerné. Sieť STV 1 je dobudovaná, kým siete STV 2 a Markízy nie sú dostatočné. V západnej časti kraja je možné prijímať vysielanie ČT 1 a 2, stanice NOVA a Prima, v severných častiach vysielanie Poľskej televízie. Rozvoj CATV sa realizuje lokálne a na veľmi rôznej technickej úrovni.

Na zistenie úrovne obsluhy Žilinského kraja telekomunikačnými službami boli spracované otázky do dotazníkov určených pre súkromných (obyvateľstvo) a obchodných zákazníkov (podniky, organizácie) týkajúce sa využívania telekomunikačnej infraštruktúry. Zisťovanie bolo realizované v mesiacoch november – december 1998.

#### *Obchodní zákazníci*

Z vyhodnotenia prieskumu vyplýva, že vo využívaní telekomunikačných služieb podnikateľskými subjektmi v mestách a na vidieku sú rozdiely. Tieto rozdiely vyplývajú z:

- rôznej veľkosti firiem,
- územného rozmiestnenia firiem,
- vlastníctva firiem,
- nižšej dostupnosti telekomunikačných služieb na vidieku,
- geografickej polohy dôležitých obchodných partnerov,
- rozsahu pôsobnosti firmy,
- vybavenosti výpočtovou technikou,
- finančnej situácie a prosperity firmy.

Na základe prieskumu možno konštatovať, že podnikateľské subjekty pôsobiace v centrách regiónu majú najdôležitejších obchodných partnerov v národnom meradle a podnikateľské subjekty pôsobiace na vidieku v miestnom resp. regionálnom meradle.

V rámci celého kraja bol zaznamenaný rast vo využívaní mobilnej komunikácie, avšak z hľadiska hodnotenia kvality poskytovaných služieb existujú v regióne výrazné rezervy u jednotlivých operátorov. Podnikateľské subjekty hodnotia poskytovanú úroveň základných služieb len ako dobrú resp. vyhovujúcu.

Styk s bankou je vo väčšine prípadov realizovaný klasickými spôsobmi, t. j. osobné návštevy v bankách, výnimočne využívajú subjekty pôsobiace v centrách kraja službu Homebanking. Styk prostredníctvom EDI nie je využívaný i z titulu nízkej informovanosti zo strany poskytovateľov. Obdobne styk firma – zákazník je uskutočňovaný prevažne v hotovostnej forme, na čo, samozrejme, vplýva aj možnosť vzniku druhotnej platobnej neschopnosti.

Využívanie informačných technológií jednotlivými podnikateľskými subjektmi sa zvyšuje, avšak naďalej prevláda materializovaná forma spracovania dokumentov nad prenosom dát priamym, alebo na disketách či CD diskoch. Pozitívne je, že väčšina podnikateľských subjektov využíva novšie typy personálnych počítačov, negatívne, že sú málo využívané sieťové systémy (LAN, WAN). Z toho vyplýva aj nízke percento pripojených subjektov na internet s výnimkou mesta Žilina, kde je výrazne zvýšený záujem o pripojenie na internet.

region, regional stations broadcast on the VSW (Žilina Radio, Frontinus, Tatry and other). The television signal coverage of the area is not distributed regularly. Whereas the STV 1 network is finished, the STV 2 and Markíza networks are not adequate. In the western part of the region, it is possible to receive broadcasting of the ČT 1 and 2, NOVA and Prima; in the northern parts, Polish television broadcast may be received. The CATV development is implemented locally, and on different technical levels.

In order to find out the level of servicing of the Žilina region by the telecommunication services, questions for surveys for private (citizens) and commercial customers (firms and organizations) were created. These questions were related to the use of the telecommunication infrastructure. The survey was done in the months of November and December 1998.

#### *Commercial customers*

From the survey evaluation, it may be concluded that there are differences in the use of the telecommunication services by commercial customers in cities and in the country. These differences result from:

- different size of firms,
- area distribution of firms,
- proprietorship of firms,
- lower accessibility of the telecommunication services in the country,
- geographical position of important business partners,
- range of firm's activity,
- information technology facilities,
- financial situation and prosperity of a firm.

On the basis of the survey, it may be concluded that the most important business partners of the commercial customers functioning in the regional centers are considered in the national scale; and the business partners of the commercial customers functioning in the country are considered in the local or regional scale.

As for the whole region, a rise in the use of mobile communication has been noticed. However, from the aspect of the assessment of quality of services provided, there are significant reserves in quality of services provided by particular operators. The commercial customers consider the level of the basic services good or fair only.

Contact with a bank is usually performed in classical ways, i.e. personal visit of a bank; the customers functioning in the regional centers only occasionally use the Home banking service. Contact by means of EDI is not used because of low information supply from its providers. Similarly, the firm – customer contact is performed in the cash form, which is, of course, influenced by the possibility of secondary default rise.

The use of the information technologies by particular commercial customers is increasing, however, the materialized form of document processing predominates over the direct data transmission or the transmission by means of floppy discs or CDs. A positive aspect is, that most commercial customers use newer types of personal computers; a negative aspect is, that the LAN and WAN network systems are not widely used. From this result a low percentage of customers connected to the Internet with the exception

#### *Obyvateľstvo*

Využívanie telekomunikačných služieb obyvateľstvom tiež nie je dostatočné a rovnomerné, čo ovplyvňujú najmä nasledujúce faktory:

- zlá finančná situácia obyvateľstva,
- vysoká miera nezamestnanosti, najmä na vidieku,
- vysoké percento obyvateľstva v postproduktívnom veku,
- nedostatočná informovanosť obyvateľstva,
- málo účinná reklama,
- vysoká cena produktov a služieb.

Z kvantitatívneho hľadiska u obyvateľstva resp. v domácnostiach prevláda vlastníctvo telefónnych prístrojov, televíznej techniky a osobných bankových účtov, pričom zanedbateľné je vlastníctvo faxov, PC techniky a využívanie služby internetu. Telefón považuje za bežný komunikačný prostriedok viac ako 90 % respondentov, avšak jednotlivé služby založené na používaní telefónu respondentmi obmedzujú.

Samostatnou otázkou je využitie informačných a telekomunikačných technológií ako prostriedku pre sprístupnenie aktuálnych informácií pre aktérov regionálnej politiky [5]. Vytvorenie integrovanej komunikačnej infraštruktúry predpokladá spracovanie základných všeobecných pravidiel jej fungovania. Tieto pravidlá patria do oblasti ekonomickej, organizačnej, legislatívnej, technickej a technologickej a nadväzujú na nutnosť uplatnenia sieťových systémov a zvýšenia hustoty pripojenia na internet v území. S tým bezprostredne súvisí aj nutnosť budovania informačných systémov miest a obcí, inštitúcií verejnej správy, za účelom informovania a komunikácie s verejnosťou a ich sprístupnenie pre všetky subjekty v regióne, či už cez internet alebo vybudovaním informačných kioskov.

of the city of Žilina where the interest in the Internet connection has increased significantly.

#### *The Citizens*

The use of the telecommunication services by the citizens is not sufficient and regular either. This is mainly influenced by the following factors:

- bad financial situation of the citizens,
- high unemployment rate, especially in the country,
- high percentage of citizens in post-productive age,
- inadequate supply of information for the citizens,
- inefficient promotion
- high price of products and services.

As for the citizens or households, from the quantity aspect, ownership of telephones, television technology, and personal bank accounts is dominant; whereas the ownership of faxes machines, PC technology and the use of the Internet is nominal. More than 90% respondents consider the telephone a common communication means, however, they limit particular services based on the use of telephone.

A separate question is the use of the information and the telecommunication technologies as a means for accessing current information for actors of the regional policy [5]. Creation of an integrated communication infrastructure expects processing of the basic general rules of its functioning. These rules fall into the economic, organizational, legislative, technical and technological areas and they knot to the necessity of the network systems application and rise in the density of the Internet connection in the area. Directly connected with this is also the necessity to create information systems of cities and communities, public administration institutions; with the aim of information and communication with the public and the access to them for all subjects in the region, either by means of the Internet, or by creating information kiosks.

## Literatúra - References

- [1] Urban Myth. Communication Week, 1999
- [2] Peking 1999, UPU Files
- [3] Telecommunications 2000, journal, N. 8-12
- [4] ŠTOFKOVÁ, J. - ROSTÁŠOVÁ, M.: *Strategy of the economic development of the cross-communication of the Žilina Region and the Bielsko-Biala Region*. Study for the Phare-Credo project, Žilina, 1998
- [5] DROZDOVÁ, M. - KOVÁČIKOVÁ, T.: *Applications of the information and communication technologies and services for the regional development*, Proceedings of the international "Excellence of Territory" workshop. September 20. - 24., 2000, ISBN 80-7100-765-X

Miroslav Hrnčiar \*

## KVALITA A JEJ MERANIE V SLUŽBÁCH DOPRAVY, PÔŠT A TELEKOMUNIKÁCIÍ

### QUALITY AND ITS MEASUREMENT IN TRANSPORTATION, INFO-COMMUNICATION AND POSTAL SERVICES

*Služby dopravy, pôšt a telekomunikácií majú v sektore služieb špecifické postavenie vzhľadom na organizáciu a riadenie procesov. Príspevok je zameraný na popis spoločných prvkov týchto služieb z pohľadu manažérstva kvality, porovnanie zaužívaných kritérií vo vybraných typoch služieb. Sú tu taktiež predstavené základné prístupy merania kvality z pohľadu spokojnosti zákazníka a výkonnosti organizácie v službách dopravy, pôšt a telekomunikácií. Príspevok vychádza z riešenia a zo záverov výskumnej úlohy 519/2 „Model komunikačnej obsluhy územnosprávneho celku – kraja“.*

#### 1. Úvod

Organizácie, poskytujúce služby dopravy, pôšt a telekomunikácií, boli tvorené tradične so silným riadiacim vplyvom štátu, ktorý sa prejavoval vlastníctvom, prípadne zabezpečením monopolu pre určitý druh služby. Zmeny, ktoré v súčasnosti zaznamenávame, sú spôsobené predovšetkým tlakom na liberalizáciu trhu týchto služieb. To spôsobuje aj odklon od predchádzajúcej orientácie týchto organizácií a služieb. Môžeme pozorovať prechod od organizácií, ktoré sa zodpovedali predovšetkým štátu (poskytovanými výkonomi, spotrebou nákladov a pod.) ku zákaznícky orientovaným podnikom, ktoré sa snažia v maximálnej miere uspokojiť známe i predpokladané očakávania zákazníkov. S určitým priblížením je možné konštatovať, že v oblasti organizácií, poskytujúcich služby dopravy, pôšt a telekomunikácií, dochádza k zmene – od riadenia technických prostriedkov a infraštruktúry ku skutočnému riadeniu služieb.

Je viacero dôvodov, prečo je v súčasnosti pojem kvalita v službách dopravy, pôšt a telekomunikácií veľmi frekvencovaný. Je to predovšetkým dôsledok stúpajúcich nárokov na kvalitu života a s tým spojené požiadavky na vyššiu úroveň kvality služieb cestovania, prepravy správ a vecí i požiadavky na znesiteľné životné prostredie; ako aj dôsledok liberalizácie trhov týchto služieb a tým tvorby konkurenčného prostredia; a v neposlednom rade dôsledok rozvoja informačno-komunikačných služieb a technológií.

*Transportation, Info-Communication and Postal Services (TICPS) have a special position in the sector of services when taking into consideration the organization and management of processes. The paper describes the common features of services from the quality management point of view and compares the common used criteria in selected types of services. In the paper, the basic approaches to quality measurement in TICPS from customer and organisational points of view are presented as well. The paper is based on the solution and the conclusions of research project 519/2 "The model of a communication service within a territory administration – region".*

#### 1. Introduction

Organizations that provide TICPS were traditionally created with a strong influence from the state, which provided a monopoly for a certain type of service. Changes that we are facing nowadays, are mainly caused by the pressure for liberalization of the market for services. It also causes departure from the previous orientation of the organizations and services. We can observe change from organizations which, in particular, assumed responsibility to the state (for providing outputs, the consumption of the costs, etc.) to customer oriented enterprises which try to meet the known and presupposed demands of customers. We can conclude that there has been a change in the sector of TICPS – from managing technological assets and infrastructure to managing services.

There are several reasons why the notion of quality in TICPS is so current nowadays. In particular, this is a result of increasing demands for quality of life and interrelated demands with it, for higher quality of travelling, news and objects transportation services and demands for a less polluted environment; it is a result of market liberalization of services and creation of a competitive atmosphere; last but not least it is a result of development of information services and technologies.

\* Miroslav Hrnčiar, PhD.

University of Žilina, Faculty of Management Science and Informatics, Department of Technology, Moyzesova 20, 010 26 Žilina, Slovakia,  
Tel: ++421-41-5134126, Fax: ++421-41-5254613, E-mail: hrnciar@frst.fri.utc.sk

## 2. Hlavné znaky manažérstva kvality v službách dopravy, pôšt a telekomunikácií

Podniky, ktoré poskytujú služby dopravy, pôšt a telekomunikácií majú spoločné poslanie – účelné a hospodárne prepravovanie osôb, správ alebo vecí z východiskového na určené cieľové miesto. Z tohto spoločného posolania, ktoré sprevádzajú charakteristické znaky poskytovania služieb [1], vyplývajú aj preukázateľne podobné vlastnosti a taktiež úlohy, ktoré je potrebné riešiť pre ich plánovanie a riadenie ich produkcie [2]. Pritom je potrebné brať do úvahy dôležitú skutočnosť, že služby dopravy, pôšt a telekomunikácií sú do určitej miery zastupiteľné, prípadne môžu spolu efektívne spolupracovať.

Z pohľadu manažérstva kvality sú dôležité nasledujúce podobné vlastnosti, ktorých priemet nájdeme vo všetkých typoch základných služieb dopravy, pôšt a telekomunikácií:

- náročnosť riadenia produkcie je spôsobovaná nemateriálnosťou produkcie a súbežnosťou produkcie a spotreby služby, územnou rozľahlosťou organizácie i náhodnosťou miesta, času i počtu vzniku požiadaviek;
- pri poskytovaní služby dominuje technika, čo umožňuje pomerne vysokú mieru štandardizácie a materializáciu produkcie, ale na druhej strane kladie vyššie nároky na spoľahlivosť a údržbu zariadení v porovnaní s inými produktmi sektoru služieb;
- komplexnosť procesov, ktorá vyplýva z množstva navzájom prepojených funkcií (potreba integrácie), pre ktoré je možné zväčša použiť v rámci dopravných, telekomunikačných i poštových služieb jednotnú terminológiu [3].

Tieto podobné vlastnosti, úlohy a poslanie sa prejavujú aj v tom, že reťazec poskytovania služby v oblasti dopravy, pôšt a telekomunikácií je možné rozdeliť na funkčné vrstvy. Funkčné vrstvy môžu byť tvorené týmito úrovňami: generálny manažment a administrácia, strategické rozhodovanie, plánovanie a marketing, riadenie prevádzky a poskytovanie zariadení a infraštruktúry. Jednotlivé funkčné vrstvy voči sebe vystupujú na jednej strane ako zákazník voči nižšej vrstve, a taktiež ako poskytovateľ služby voči vyššej vrstve. Podobný funkcionalistický prístup je dobre prepracovaný v informačno-komunikačných službách (napr. ISO OSI referenčný model, TCP/IP model), ale je možné ho zovšeobecniť aj pre služby dopravy a pôšt.

Jednotnosť prístupu k manažérstvu kvality je vyjadrená v širšom rámci aj normotvorným prístupom pre systémy manažérstva kvality, ktorý nerozlišuje medzi podnikom produkujúcim hmotné výrobky a podnikom poskytujúcim služby, a ponúka univerzálne princípy, postupy a nástroje manažérstva kvality bez ohľadu na druh poskytovanej služby.

## 3. Kritériá kvality služieb dopravy, pôšt a telekomunikácií

Tradične sa ešte v nedávnej minulosti posudzovali služby dopravy, pôšt a telekomunikácií podľa výkonov a výkonnosti, ktoré sa týkali predovšetkým [4]:

- jednoduchých výstupov – dĺžka vybudovaných ciest, počet prepravených cestujúcich, balíkov; tu patria aj ukazovatele typu

## 2. The main features of quality management in TICPS

Enterprises that provide TICPS have a common function – effective and economical transportation of people, news and objects from the place of departure to their destination. Similar features and tasks, which must be solved for their planning and managing of their production [2], ensue from their common function, which is accompanied by characteristic features of delivering services [1]. It is important to take into consideration an important fact: TICPS are substitutable to a certain degree, and they can cooperate effectively.

The following similar features, which on reflection we can find in all types of basic TICPS, are important when taking into consideration quality management:

- pretension of production management is caused by the fact that a service is relatively intangible; a service and process cannot be separated at the interface – they occur simultaneously; by territorial extensivity of the organization and casualness of place, time and number of original demands;
- technique dominates the delivery of services; it enables a relatively high level of standardization and production materialization, but on the other hand, it places higher demands on reliability and maintenance of equipment in comparison with other products of the services sector;
- complexity of processes which ensues from a number of mutually interdependent functions (demand for integration), for which it is possible to use homogenous terminology in the sphere of TICPS [3];

These similar features, tasks and functions are also revealed by the fact that it is possible to divide the chain of services in the sphere of TICPS into functional layers. Functional layers can be built using these levels: general management and administration, strategic decision making, planning and marketing, operation control, equipment and infrastructure provision. The separate functional levels behave towards each other like a customer towards the lower level and also like a service provider towards the higher level. Similar functionalistic attitudes have been developed in detail in the info-communication services (e.g. the ISO OSI reference model, the TCP/IP model). But it is also possible to generalize it for the transportation and postal services.

The uniformity of the attitude to quality management is expressed in a wider range by a normative attitude for the system of quality management. However, the attitude does not distinguish between an enterprise producing material goods and an enterprise providing services and it offers universal principles, procedures and tools for quality management regardless of the type of the provided service.

## 3. Quality criteria for TICPS

Until recently, TICPS were traditionally considered according to their outputs and efficiency, which were mostly related to [4]:

- simple outputs – kilometres of highway constructed, number of transported passengers, parcels etc.



počet nerealizovaných spojov, počet zmeškaných spojov, počet sťažností a reklamácií, počet nehôd a pod.;

- ekonomickej efektívnosti – s akými nákladmi boli výstupy dosiahnuté, efektívnosť využívania dopravného parku, pomer hodnoty odvedenej produkcie na jedného pracovníka;
- inžinierskych štandardov – šírka ciest, kapacita prenosových a spojovacích systémov, údaje, týkajúce sa údržby používaných zariadení.

Ciele dnešného manažmentu v oblasti uvedených služieb sú oproti minulosti zmenené – dnes je prioritou správne plánovanie a dimenzovanie poskytovania služieb, neustále meranie a zvyšovanie kvality poskytovaných služieb, vzájomné porovnávanie úrovne služieb poskytovaných rôznymi operátormi. V konečnom dôsledku ide o skúmanie, ako je možné z úrovne štátu, príp. regiónu, vhodne investovať do rozvoja týchto služieb, aby to čo najlepšie ovplyvnilo kvalitu služieb a vo všeobecnosti, aj kvalitu života v spoločnosti a charakter určitého regiónu.

Významný vplyv na kvalitu poskytovaných služieb v skúmanej oblasti má aj skutočnosť, že v oblasti dopravných, poštových i telekomunikačných služieb dochádza k oddeľovaniu úlohy poskytovateľa služby od vlastníka (prevádzkovateľa) infraštruktúry. Funkcia dohadovania parametrov kvality poskytovanej služby tak získala širší význam – požiadavky zákazníka na kvalitu služby sú adresované poskytovateľovi služby, ten ich musí ďalej sprostredkovať poskytovateľovi infraštruktúry [5]. V minulosti teda proces dojednávania úrovne kvality poskytovanej služby prebiehal medzi externým zákazníkom na jednej strane a konkrétnou organizáciou – poskytovateľom služby na druhej strane, v ktorej bolo zriedkavo uvažované s pojmom interný zákazník. Je možné oprávnené očakávať, že oddelenie úlohy poskytovateľa služby od poskytovateľa infraštruktúry postaví aj poskytovateľa služby do pozície externého zákazníka voči poskytovateľovi infraštruktúry a zo zmeny tohto postavenia by malo vyplývať aj zvýšenie celkovej kvality poskytovaných služieb.

Pojem „kvalita služby“ je potrebné pre presnejšie skúmanie jej úrovne dekomponovať, čo znamená rozloženie tohto pojmu do určitých zložiek, ktoré je možné ďalej rozviesť na kritériá. Vhodný rámec pre dekompozíciu pojmu kvalita do zložiek môže tvoriť napríklad EFQM model [6], ktorý je široko využívaný ako základ pre samohodnotenie organizácií z pohľadu kvality. Kritériá kvality potom predstavujú znaky (súbor znakov) služby, ktoré vyjadrujú známe a predpokladané požiadavky zákazníka na vlastnosti produktu. Pre pojem kritériá kvality je možné v užšom význame slova používať aj pojmy – parametre, indikátory.

Pri uvažovaní o kritériách, podľa ktorých by sa mala posudzovať kvalita poskytovaných dopravných, poštových a telekomunikačných služieb, musíme vychádzať zo základných pohľadov hlavných účastníkov týchto služieb. Sú to predovšetkým [4]:

- politické inštitúcie, ktorých hlavným cieľom je prostredníctvom týchto služieb dosiahnuť vyššiu kvalitu života. Medzi ich základné aktivity patrí riešenie úloh, týkajúce sa určenia hlavných cieľov a stratégie pre úroveň služieb, určenie rámca pre tarifnú politiku, definovanie priorít pre globálne investície pre podporu týchto služieb a pridelovanie zdrojov zo štátnej úrovne;

- economic effectiveness – how cheaply the outputs were obtained, efficiency of car park utilization, the proportion of the production to 1 employee;
- engineering standards – lane width, capacity of transmission and connecting systems, data related to maintenance of used equipment.

The aims of management in the sphere of the TICPS are changed nowadays in comparison with the past; nowadays, the appropriate planning and dimensioning of providing services is a priority, as well as a constant measurement and increase in quality of the provided services and a mutual comparison of the level of services provided by various operators. And consequently, it is necessary now to research how it is possible – from the state and regional position – to invest efficiently in services development in order to influence services quality, adequately, also quality of life and the character of the region.

An important influence on the quality of the provided services in the investigated sphere is the fact that the task of a service provider is being separated from an infrastructure owner (operator) in the sphere of TICPS. The function of negotiating the service quality parameters has acquired a broader significance – the customer demands for the service quality are addressed to the service provider, s/he must mediate them further to the infrastructure operator [5]. In the past, the process of negotiating the quality of the provided service proceeded between an external customer on one side and a concrete organization on the other side, in which the notion “internal customer” was seldom taken into consideration. It is by right to expect that the separation of the services provider function from the infrastructure provider places also the service into the position of an external customer towards the infrastructure provider and a total increase in the quality of the provided services could ensue from the change of the position.

It is necessary to decompose the term “service quality” for a more detailed research of its levels, it means to decompose the notion into certain components, which are possible to be further spread into criteria. E.g. the EFQM model [6] can build a suitable frame for the decomposition of the notion quality into components. The EFQM model is widely used as a base for self-evaluation of an organization in regards to a quality. The quality criteria then represent a mark (a complex of marks) of a service, which expresses known and presupposed customer demands towards features of a product. In the narrow sense of the word, it is possible to use the notion – parameters, indicators – for the notion of quality criteria.

Taking into consideration the criteria by which the quality of the provided TICPS should be considered, we have to proceed from the basic views of the basic participants of the services. They are above all [4]:

- policy bodies – their main aim is to reach a higher quality of life through services. To their principle activities belong: solving the tasks concerning determination of their main targets and strategy for a layer of services; determination of a frame for the tariff policy; definition of priorities for global investments for the support of the services and resource allocation from state level;

- verejné inštitúcie, zabezpečujúce organizáciu a koordináciu dopravných, poštových a telekomunikačných služieb v regióne – ich úlohou je zabezpečiť kvalitu služieb z hľadiska uspokojenia očakávaní zákazníka. K tomu patrí vytvorenie stratégie kvality, využívanie vhodných technológií, skúmanie očakávaní zákazníkov, monitoring a sledovanie výkonov, sledovanie spokojnosti zákazníkov, vyhodnocovanie efektívnosti poskytovania služieb;
- poskytovatelia služieb – efektívne využívanie zdrojov, sledovanie kvality výstupu. Ich úlohou je výkon služieb a plnenie plánovaných úloh a funkcií;
- zákazníci – občania, podniky, ktoré v rôznej miere využívajú služby pre uspokojenie svojich potrieb prepraviť osoby, správy a náklad.

Kritériá kvality musia rešpektovať predovšetkým tie charakteristiky služby, ktoré sú rozhodujúce pre všetkých účastníkov služby, ale predovšetkým pre zákazníka. Kritériá kvality je možné odvodiť z rôznych zdrojov blízko zákazníka – môže ich definovať poskytovateľ služby napr. na základe skúmania sťažností a reakcií zákazníkov a odsúhlasiť ich so zákazníkmi (priradením dôležitosti kritériu). Jestvuje množstvo odborných názorov a odporúčaní, ktoré sa zameriavajú na určenie kritérií kvality v službách všeobecne i jednotlivo pre kritériá kvality služieb dopravy, pôšt a telekomunikácií. V tabuľke č. 1. je uvedený prehľad kritérií (resp. ich skupín), pričom boli použité:

- pre všeobecný pohľad na služby – kritériá (dimenzie služby), navrhnuté podľa [7];
- pre oblasť dopravy sú určujúce odporúčania CEN (Comitée européenne de normalisation), ktoré pre definovanie úrovne kvality odporúčajú v technickej norme TC 320 pre kvalitu služieb verejnej hromadnej dopravy;
- pre oblasť telekomunikačných služieb odporúčania ITU E.800.
- pre oblasť poštových služieb – závery 22. Svetového poštového kongresu (Peking 1999), kde sa schválilo vytvorenie základných kritérií kvality (Quality of Service Fund – QFS) [8].

Kritériá sú v tabuľke č. 1 usporiadané tak, aby poukazovali na príbuznosť jednotlivých návrhov. Pri predstavenom usporiadaní kritérií sú na prvý pohľad zjavné rozdiely i spoločné prvky.

Úplná zhoda je v kritériu „dostupnosť“, ktoré je orientované na splnenie základnej požiadavky zákazníkov [9] – minimálny odpor pre dosiahnutie bodu poskytnutia služby. To dokazuje jeho výnimočné postavenie v oblasti služieb všeobecne i pre oblasť služieb dopravy, pôšt a telekomunikácií. Podobne je to s bezpečnosťou a spoľahlivosťou, ktoré sa vzťahujú na prepravovaný objekt, resp. na technickú podporu – schopnosť nepretržitého (bezporuchového) poskytovania služby.

Jeden z výrazných rozdielov tvorí skutočnosť, že medzi kritériami pre sektor služieb všeobecne sa vyskytuje kritérium „materializácia služby“, ktoré nemá explicitne „partnera“ v ďalších stĺpcoch tabuľky. Je to spôsobené tým, že produkt sektoru služieb vo všeobecnosti má nemateriálnu povahu, preto je potrebné ho materializovať, aby ho zákazník lepšie vnímal. V oblasti služieb dopravy, pôšt a telekomunikácií je tento problém menej výrazný, pretože tieto služby sú typické svojou technickou podporou, ktorá umož-

- public organizations – they provide organization and coordination of TICPS within a region – their task is to provide service quality from the point of view of satisfaction of customer expectations. They create service and quality strategies; use suitable technologies; research customer expectation; monitor and observe the outputs and customer satisfaction; assess effectiveness of service delivery;
- service providers – efficiency of resource use, monitoring of output quality. Their task is to operate the services and perform tasks and functions;
- customers – citizens, enterprises, they use the services in various degrees for satisfaction of their own needs to transport people, news, cargoes.

The quality criteria must respect above all the characteristic services, which are the decisive factors for all stakeholders of a service but above all for a customer. It is possible to infer the quality criteria from sources near the customer. The service provider can define them e.g. on the basis of customer complaints and reactions and s/he can agree upon them with the customers (by assignment of importance to the criteria). There are a number of professional opinions and recommendations that are directed at the determination of quality criteria of services generally, and also for criteria of TICPS. The survey of the criteria (and also, of their groups) is shown in the Table. 1. They were used:

- for a general view of services – criteria (service dimensions), suggested according to [7];
- the recommendations CEN (Comitée européenne de normalisation) are determined for the sphere of transport; they are recommended in the technical norm for the service quality of public transport;
- for the info – communication services – recommendations ITU E.800;
- for the postal services – the conclusions of the 22<sup>nd</sup> Universal Postal Congress (Beijing 1999) approved the creation of a Quality of Service Fund (QFS) [8].

The criteria in Table 1 are arranged in order to point out the relationships between the separate suggestions. The differences, as well the common features, are evident at first sight.

The full concord is in the criterion “accessibility” which is oriented on the fulfilment of basic customer demands [9] – a minimal resistance for achievement of the point of delivering service. It proves its special position in the sphere of services generally as well as in the sphere of TICPS. Similarly, “security” and “reliability”, which are related to the transported object, also to technical support – ability of permanent (failure – free) delivering service.

One of the important differences is the fact that the criterion “tangibles” of the service is generally included among criteria for the sector of services. The criterion does not have a “partner” explicitly in the other columns of the Table. It is caused by the fact that the product of services is generally of an immaterial nature, so it is necessary to materialize the product in order that a customer may perceive it better. The problem is less considerable in the sphere of TICPS because technical support is typical for the

Prehľad kritérií kvality pre sektor služieb všeobecne a pre vybrané typy sektoru služieb

Tab. 1

| Sektor služieb všeobecne | Služby dopravy              | Informačno-komunikačné služby | Poštové služby          |
|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Dostupnosť               | Dostupnosť                  | Dostupnosť                    | Dostupnosť              |
| Bezpečnosť               | Bezpečnosť                  | Bezpečnosť                    | Bezpečnosť              |
| Spôľahlivosť             | Disponibilita               | Spôľahlivosť                  | Spôľahlivosť            |
| Komunikácia              | Informovanosť               | Jednoduchosť                  | Zaobchádzanie s dotazmi |
| Pochopenie zákazníka     | Starostlivosť o cestujúcich | Pružnosť                      | Uspokojenie zákazníka   |
| Zodpovednosť             |                             |                               | Zodpovednosť            |
| Dôveryhodnosť            |                             | Presnosť                      |                         |
| Materializácia           |                             |                               |                         |
| Kompetentnosť            |                             |                               |                         |
| Zdvorilosť               |                             |                               |                         |
|                          | Časové dispozície           | Rýchlosť                      | Rýchlosť                |
|                          | Komfort                     |                               |                         |
|                          | Dopad na životné prostredie |                               |                         |

A survey of the quality criteria for the sector of services general and for chosen types of the service sector

Table 1

| Quality dimensions for services | Transportation services | Info-communication services | Postal services            |
|---------------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Accessibility                   | Accessibility           | Accessibility               | Accessibility              |
| Security                        | Security                | Security                    | Security                   |
| Reliability                     | Availability            | Safety                      | Reliability                |
| Communication                   | Information             | Simplicity                  | Treating with requirements |
| Understanding the customer      | Customer care           | Flexibility                 | Customer satisfaction      |
| Responsiveness                  |                         | Accuracy                    | Responsiveness             |
| Credibility                     |                         |                             |                            |
| Tangibles                       |                         |                             |                            |
| Competence                      |                         |                             |                            |
| Courtesy                        |                         |                             |                            |
|                                 | Time                    | Speed                       | Speed                      |
|                                 | Comfort                 |                             |                            |
|                                 | Environmental impact    |                             |                            |

ňuje produkt pomerne ľahko sprevádzať materiálými vnemami (vizuálne i zvukové sprevádzanie zákazníkov počas cesty, ponuka služieb inteligentných sietí, systém track & trace v pošte i v nákladnej doprave...).

Medzi ďalšie kritériá, ktoré nemajú presný ekvivalent v kritériách služieb dopravy, pôšt a telekomunikácií, patria kritériá, ktoré reagujú na potrebu priameho kontaktu so zákazníkom – dôveryhodnosť, kompetentnosť, zdvorilosť.

Naproti tomu jedno z najdôležitejších kritérií – rýchlosť, ktoré vystupuje vo všetkých sledovaných typoch služieb, nemá z pochopiteľných dôvodov priamy odraz medzi kritériami sektoru služieb všeobecne.

Kritériám sa podľa ich významu priraduje váha. Váha kritérií kvality je často ovplyvnená nielen regionálnymi podmienkami, ale aj takými prozaickými vplyvmi, ako je denná doba, kedy je služba

services. The technical support allows to accompany the product by material perceptions in quite an easy way (audiovisual guidance of customers during a journey, offer of services of intelligent networks, the system track & trace in the post and freight traffic, ...)

“Credibility”, “competence”, “courtesy” is other criteria, which result from the need of a direct contact with a customer.

On the other hand, one of the most important criteria – “speed”, which appears in all monitored types of services, does not have a direct projection among the criteria of the sector generally.

A certain value is attached to the criteria according to their significance. The value of the quality criterion is often influenced not only by regional circumstances, but also by everyday effects, such as time of the day when the service is provided. For example, the criterion in the transportation sector (belonging to the group

poskytovaná. Napríklad kritérium z oblasti dopravy (patriace do skupiny kritéria „časové dispozície“), ktoré vyjadruje požiadavky na pravidelnosť, má rôznu váhu v rôznych častiach dňa – je dôležitejšia v špičkách, kedy je frekvencia spojov vysoká, menej dôležitá je mimo špičky, pri menšej frekvencii spojov, kedy prevláda kritérium presnosť príchodov.

Pre praktické využitie kritérií je potrebné vyriešiť niekoľko závažných úloh:

- popis kritérií – priradenie definície, odporúčenie zdroja informácií, určenie jednotky a presnosti merania, typ kritéria (subjektívne, objektívne);
- získanie údajov (meranie hodnôt) – dostupnosť údajov, miesto, čas, spôsob a frekvencia získavania údajov, prípadne spôsob vytvorenia odhadu;
- skúmanie závislosti, interakcie a korelácie – popis ovplyvňovania jednotlivých kritérií navzájom i ich závislosť od externých parametrov, druh závislosti;
- posúdenie získaných hodnôt – verifikácia kritérií (zrozumiteľnosť, vhodnosť, ...) a validácia údajov, porovnávanie údajov s očakávaným stavom, ideálnym stavom alebo údajmi o konkurencii.

Záverom posudzovania je vytvorenie odporúčaní.

Pri uzatváraní zmlúv medzi jednotlivými účastníkmi procesu poskytovania služieb dopravy, pôšt i telekomunikácií (koncový zákazník, poskytovateľ služby, poskytovateľ infraštruktúry – technickej podpory) je taktiež veľmi dôležité, aby medzi účastníkmi zmluvy bolo jasne definované rozhranie, kde sa určia parametre (kritériá) kvality a ich hodnoty, akceptované zúčastnenými stranami. Tieto parametre sa svojou štruktúrou môžu zásadne líšiť, pretože vo vzťahu koncový zákazník – poskytovateľ služby sú dôležité aj aspekty, týkajúce sa kontaktného personálu, použiteľnosti služby. Naproti tomu vo vzťahu poskytovateľ služby – poskytovateľ infraštruktúry prevládajú „sieťové“ parametre, viac technicky orientované.

Pojem zmluva alebo dohoda o kvalite služby (Service Level Agreement) je pojem, ktorý je možné najjednoduchšie si predstaviť pri službách typu – prenájom dátového okruhu v telekomunikáciách, zabezpečenie prepravy vecí špedičnou spoločnosťou a pod. V skutočnosti pri všetkých typoch služieb, ako je napr. telefónna služba, cestovanie hromadnou dopravou, použitie taxislužby, jestvuje určitá predpokladaná alebo priamo dohodnutá úroveň kvality služby, premietnutá napr. vo všeobecných podmienkach a tarífach za službu. Pritom je zrejmé, že kvalitu služby môže výrazne ovplyvniť aj zákazník, pretože podmienky dohody o kvalite služby sa týkajú taktiež jeho používania služby (správanie sa vo verejných hromadných prostriedkoch, pravidlá cestnej premávky). Súvisí to taktiež s otázkou garancie kvality služby. V súčasnosti prevažná časť komunikačných sietí a sčasti aj poskytovatelia služieb na nich prevádzkovaných, poskytujú služby bez toho, aby garantovali kvalitu služby [10]. Pokiaľ chápeme dohodu o kvalite služby ako záväzný dokument, sotva môžeme očakávať, že poskytovateľ bude okamžite garantovať všetky možné parametre kvality služby. Dokonca to ani nemusí byť vhodné – súvisí to s ekonomickým hľadiskom kvality služby. Z toho hľadiska je službu potrebné poskytovať nie tak kvalitne, ako je to len možné, ale tak kvalitne,

of criteria “time dispositions”), which expresses needs for regularity, has a different value in various parts of the day – it is more important at peak hours – in high – frequency service, it is less important out of peak hours, in low – frequency service when the criterion “punctuality” predominates.

It is important to solve several significant tasks for a practical utilization of the criteria:

- describe the indicators – assignment of a detailed definition, recommendation of an information source, unit of indicators and accuracy of measurement, types of indicators (subjective, objective);
- acquisition of data (measurement of values) – availability of data, place, time manner and frequency of the data acquisition, in particular by way of estimation;
- research of correlation, dependencies and interactions – description of influence of separate criteria with each other and the influence of external parameters, the type of the dependence;
- assessment of the acquired values – verification of the criteria (comprehensibility, appropriateness, ...) and validity of the data, comparability of the data with presupposed condition, ideal condition or with data about competition. The recommendations are created at the end of the assessment.

When entering into a contract between separate participants of TICPS process (an end customer, a service provider, an infrastructure – technical support – provider), it is also very important to define a range between the participants of the contract where the quality criteria (dimensions) and their values will be defined. They will be accepted by the contracting parties. The criteria can be fundamentally different in their structure because aspects concerning the personnel and applicability of the service are important for the customer – service provider relationship. On the other hand, “network” criteria, which are more technically oriented, predominate in the service provider – infrastructure provider relationship.

The notion of Service Level Agreement is a notion which we can understand in the easiest way when concerning services of the following type: hiring of a data circle in telecommunications, transportation of a cargo by a forwarding agency, etc. In fact, there is a certain presupposed or directly agreed-on level of service quality, reflected e.g. in the general service conditions and service rules. Taking into consideration all types of services, such as telephone service, travelling by public transport, travelling by taxi. And it is clear, the customer can influence the service quality to a large extent because the contract requirements about the service quality relate to his/her utilization of the service (his/her behaviour in the means of public transport, the Highway Code). It is connected with the question of guarantee of service quality. Nowadays, the predominant part of communication networks and partly also the service providers that operate on them, provide services without the quality guarantee [10]. If we perceive the concord about the service quality like a binding document, we can hardly expect that the provider will immediately guarantee all criteria of the service quality. Even it need not be suitable – it is related to the economical aspect of the service. From this point of view, it is necessary to provide the service not in such a good and workmanlike manner

ako si to želá zákazník. Garancia kvality vedie prirodzene ku zvýšeniu nákladov, a tým aj ceny služby. Preto je vhodné, aby zákazník aj poskytovateľ služby zvážili, ktoré parametre budú zahrnuté do dohody o kvalite služby.

V zásade sú možné tri prístupy podľa toho, ako sú účastníkmi služby rešpektované parametre (kritériá) kvality:

- prevádzka podľa možnosti – v dohode o kvalite služby sa neuvádzajú parametre kvality, predpokladá sa však, že obidve strany (zákazník aj poskytovateľ služby) sa podľa možnosti správajú tak, aby druhej strane nevznikli problémy (škoda). Spokojnosť zákazníka tak závisí predovšetkým od vhodného dimenzovania komunikačného systému;
- riadená prevádzka – zákazník súhlasí, že jeho požiadavky budú v súlade s dohodnutými parametrami, hoci poskytovateľ služby negarantuje kvalitu služby. Zmysel takéhoto vzťahu je v tom, že poskytovateľ siete týmto spôsobom pozná požiadavky zákazníka a vie konfigurovať komunikačný systém (alebo určiť podmienky poskytovateľovi siete) tak, aby vedel splniť v priemere očakávanie zákazníka;
- garantovaná prevádzka – zákazník súhlasí, že jeho požiadavky budú v súlade s dohodnutými parametrami a poskytovateľ služby garantuje kvalitu služby podľa dohodnutých parametrov.

#### 4. Meranie kvality

V oblasti manažérstva kvality tvoria ťažiskový problém úloha priemetu očakávaní zákazníka do systému poskytovania služby a taktiež poznanie úrovne kvality – meranie kvality služby. Základná požiadavka politiky kvality v každej organizácii je určenie merateľných kvalitatívnych cieľov, zodpovedajúcich hlavným zámerom rozvoja organizácie. Meranie vo všeobecnosti predstavuje aktivitu pre získavanie určitých hodnôt sledovaných parametrov. Je to väčšinou časovo i nákladovo náročná práca, ktorá pomáha pri zhromažďovaní potrebných dát pre rozhodovanie.

Meranie kvality vychádza z porovnávania rôznych pohľadov kvality, ako to vyjadruje obrázok č. 1. Rozdiely medzi jednotlivými pohľadmi kvality, zobrazenými na obrázku, vyjadrujú:

- mieru spokojnosti zákazníka – rozdiel medzi očakávanou a vnímanou kvalitou;
- stupeň schopnosti poskytovateľa služby zamerať úsilie do oblastí, ktoré sú pre zákazníka najdôležitejšie – rozdiel medzi očakávanou kvalitou a cieľovou kvalitou;
- miera efektívnosti dosiahnutia cieľov kvality – rozdiel medzi cieľovou kvalitou a poskytnutou kvalitou.

as it is possible but in such a manner as the customer wishes it. The quality guarantee leads, of course, to a costs increase and to the increase of the price of the service. So it is suitable when both the customer and the service provider take into consideration which criteria will be included into the contract about the service quality.

Basically, there are three possible approaches according to the way that the criterias of the quality are respected by the participants of the service:

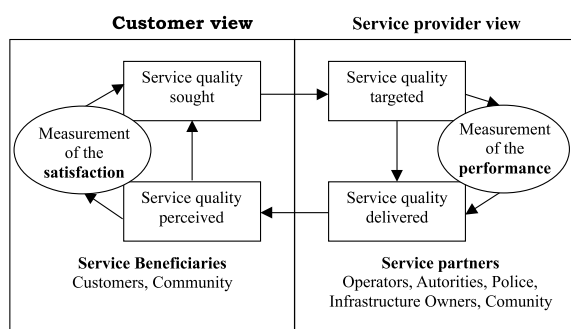
- operation in compliance with best effort – the quality criteria are not mentioned in the concord about the service quality; but it is expected that both parties (the customer, the service provider) behave – according to their abilities – in order not to cause problems (damage) to the other party. Therefore customer satisfaction depends predominantly on the suitable dimensioning of the communication system;
- controlled operation – the customer agrees that his/her requirements will be in harmony with the agreed criteria, although the service provider does not guarantee the service quality. The meaning of such a relationship is that the network provider knows the customer requirements in this way and s/he is able to configure the communication system (or to set the requirements to the network operator) in order to be able to fulfil the customer expectations on average;
- guaranteed operation – the customer agrees that his/her requirements will be in harmony with agreed criteria and the service provider guarantees that the service quality will be in accordance with the agreed criteria.

#### 4. Quality measurement

In the sphere of quality management, the most dominant problem is the task of projection of customer expectations into the system of delivering service as well as knowledge of a quality level – the service quality measurement. The basic requirement of quality policy in each organization is to determinate measurable qualitative aims that reflect the main designs of organization development. Generally, a measurement means an activity for acquisition of certain values of monitored parameters. Mostly, it is work requiring a lot of time and expense, which helps gather data for decision-making.

The quality measurement proceeds from the comparison of views of quality as it is formulated in Figure 1. The differences between the separate views of quality in Figure 1 express:

- level of customer satisfaction – the difference between the sought and perceived quality;
- level of the service providers ability to target his effort to the spheres which are the most important for the customer – the difference between the sought and targeted quality;
- level of achievement effectiveness of the quality targets – the difference between the targeted quality and the delivered quality.



Obr. 1. Východiskové pohľady na kvalitu a jej meranie  
Fig. 1. Starting views of quality and its measurement

Po meraní musí nasledovať porovnávanie nameraných hodnôt s plánovaným stavom, prípadne so štandardmi pre sledovaný proces. Pritom je potrebné určiť, kedy je odchýlka prijateľná, a kedy je potrebné vykonať nápravný zásah. Pri vykonaní zásahu sa rozlišuje podľa úrovne rizika ohrozenia kvality služby, spôsobeného odchýlkou, niekoľko úrovní:

- dôkladné naplánovanie zásahu a jeho vykonanie po dostatočnej príprave (napr. úprava cestovných poriadkov),
- nápravný zásah pri najbližšej vhodnej príležitosti, pri plánovanom prerušení práce (napr. pri plánovanej výluke),
- okamžitý nápravný zásah (presmerovanie hovorov z nefunkčnej časti siete).

#### 4.1. Meranie kvality poskytovanej služby – meranie výkonnosti

Meranie výkonnosti organizácie, poskytovúcej služby, je činnosť, ktorá je nevyhnutná nielen pre určenie úrovne kvality, ale aj pre vzájomné porovnávanie organizácií s podobným zameraním a pôsobnosťou (benchmarking), a taktiež pre procesy plánovania, riadenia a presadzovania stratégie organizácie (balanced scorecards). Meranie výkonnosti preukáže, ako vhodne sú dimenzované a riadené spracovateľské kapacity organizácie na plnenie požiadaviek zákazníkov.

Podľa modelu EFQM je výkonnosť definovaná ako miera výsledkov, dosahovaných jednotlivcami, skupinami, organizáciami i procesmi. Meranie výkonnosti vždy musí byť viazané na ciele kvality (obr. č. 1) a musí sa teda odvíjať od politiky kvality organizácie. Meranie musí zahŕňať ukazovatele výkonnosti organizačnej jednotky a taktiež ukazovatele procesov v rámci organizačnej jednotky. Meranie výkonnosti procesov je potom špecifické, vzťahuje sa na konkrétny proces. Pre služby dopravy, pôšt a telekomunikácií je možné vybrať nasledujúce procesy, ktoré boli použité aj pre skúmanie kvality komunikačnej obsluhy pri riešení výskumnej úlohy 519/2 „Model komunikačnej obsluhy územnosprávneho celku – kraja“:

- získanie kontraktu – vytvorenie dohody o poskytnutí služby za určených podmienok;
- zmena kontraktu – zmena dohodnutých podmienok poskytovania služby;
- zrušenie kontraktu – ukončenie kontraktu spôsobom, uvedeným v kontrakte;
- realizácia premiestnenia – základný výkon služby – premiestnenie osoby, informácie alebo tovaru podľa v kontrakte definovaných požiadaviek a za dohodnutých podmienok;
- starostlivosť o zákazníka – sprevádzanie požiadavky počas realizácie služby;
- oprava – proces zmeny systému zo stavu, v ktorom služba nie je poskytovaná podľa dohodnutých podmienok do stavu, spĺňajúceho podmienky kontraktu;
- úhrada služby – vykonanie platby za službu podľa dohodnutých podmienok.

The comparison of measured values with a planned condition, particularly with standards for the monitored process, must follow the measurement. It is necessary to state when an exception is acceptable and when it is necessary to carry out an improvement. Several standards are distinguished when carrying out the improvement in compliance with the risk level of damage for service quality:

- careful planning of the improvement and its carrying out after an adequate preparation (e.g. a time table adaptation);
- the improvement on the next suitable occasion, at a planned work interruption (e.g. at a planned closure to traffic);
- an immediate improvement (redirection of calls from a non-functional part of a network).

#### 4.1. Quality measurement of a provided service – measurement of performance

The measurement of performance of an organization which is providing services is a necessary activity not only for stating the quality level but also for mutual comparison of organizations with similar functions and activities (benchmarking) and for processes of planning, managing and enforcing of organization strategies (Balanced Score Card). The measurement of performance will prove how suitable the converting capacities of the organizations are for fulfilment of customer demands.

According to the EFQM model, performance is defined as a rate of results achieved by individuals, groups, organizations and processes. The measurement of performance must be bound to targets of quality (Figure 1) so it must follow from organization policy. The measurement must include indicators of performance of the organizational unit and indicators of processes within the frame of the organizational unit. Then, the measurement of performance of processes is specific, it refers to a concrete process. It is possible to choose the following processes for TICPS. The processes were also used for the research of the quality of the communication operation in the research project 519/2 “The model of a communication service within a territory administration – region” was held:

- acquisition of a contract – creating a contract about the delivery of service under the stated terms;
- change of the contract – change of the terms stated in the contract;
- abolition of the contract – abolition of the contract in the manner which was represented in the contract;
- realization of the transfer – the basic realization of the service – transportation of a person, an information or a cargo in accordance with the demands which were defined in the contract and under the agreed terms;
- care for the customer – following the demand during the realization of the service;
- rectification – a process of a system change from a condition in which the service is not provided according the agreed terms into a condition which fulfils the terms of the contract;
- service remittance – payment for the service according the agreed terms;

Pre uvedené procesy je možné použiť univerzálne indikátory výkonnosti [11], ktoré môžu byť uplatnené v rôznych systémoch produkcie hmotných i nehmotných výrobkov:

- priebežný čas procesu – časový interval od okamihu prijatia vstupov do procesu po okamih poskytnutia (využitia) výstupov;
- efektívne využitie času procesu – čas čistej práce pre splnenie požiadavky k celkovému trvaniu procesu;
- efektívne využitie nákladov – náklady na dosahovanie zhody v procese ku celkovým nákladom;
- podiel nezhôd v procese – pomer nezhôd, zistených pri overovaní procesu k celkovému počtu zhodných výstupov;
- úroveň využitia disponibilných kapacít v procese.

Okrem uvedených ukazovateľov výkonnosti je pre jednotlivé procesy služieb dopravy, pôšt a telekomunikácií možné zvoliť špeciálne ukazovatele, ktorých výber závisí predovšetkým na vlastníckom procese (obeh vozňa, priepustnosť dopravného uzla, priemerný čas od zistenia poruchy do začiatku opravy, celkové oneskorenie zostavenia spojenia, ...).

Meranie výkonnosti musí vyhovovať základným požiadavkám na dôveryhodnosť, nezávislosť, zodpovednosť, na možnosť uskutočňovať meranie v reálnej prevádzke, správne načasovanie, presnosť a frekvenciu merania. Jednou z najdôležitejších úloh pri meraní výkonnosti je určenie miesta merania. Tu prichádzajú do úvahy okrem rozhraní medzi procesmi, teda v mieste, kde sa mení vlastník procesu, aj všetky miesta s potenciálom zmeny sledovaných hodnôt pozdĺž sledovaného procesu.

## 4.2. Meranie spokojnosti zákazníka

Pre úspešné riadenie organizácie nepostačuje len merať výkonnosť, prípadne sa snažiť o dosahovanie vysokej produktivity práce. Výkonnosť a produktivita musia byť nadviazané na uspokojovanie potrieb zákazníka, teda musia sa odraziť v jeho spokojnosti. Na určenie spokojnosti zákazníka nepostačuje len sledovať počet reklamácií, pretože reklamácia je len jeden zo spôsobov reakcie zákazníka na službu, ktorá nebola poskytnutá v súlade s dohodou. Najlepší a často jediný spôsob, ako získať vierohodné údaje o výsledkoch činnosti organizácie vo vzťahu ku koncovému zákazníčkovi, je vykonať zisťovanie priamo u zákazníkov. Navyše je týmto spôsobom možné určiť hodnoty kritérií vnímanej kvality a porovnať jeho výsledky s poznatkami, ktoré má poskytovateľ služby o svojej výkonnosti (o kvalite poskytovanej služby). Toto porovnanie je uskutočniteľné jednoduchým vyplnením rovnakého dotazníka aj zákazníkmi, aj poskytovateľom služby (operátorom).

Miera spokojnosti zákazníka je vyjadrením rozdielu medzi očakávanou a vnímanou kvalitou poskytovanej služby. Priamym opýtaním môžeme nielen určiť úroveň spokojnosti zákazníka, ale zároveň identifikovať, ktoré prvky služby sa najviac podieľali na spokojnosti, resp. nespokojnosti zákazníka. Následne je možné rôznymi metódami (napr. metódou Customer Satisfaction Survey alebo GAP modelom) odhaliť potenciál zlepšovania prípravy a produkcie služieb.

It is possible to use the universal indicators of performance for the stated processes. They can be used in various systems of production both of material and immaterial products:

- throughput time – time period from the moment of acceptance of the entries into the process to time of provision (utilization) of the outputs;
- an effective utilization of the process time – time of net work for fulfilment of the demand in comparison with the gross time of the process;
- an effective utilization of the costs – the costs for achievement of concord in the process in comparison with the gross costs;
- proportion of disagreements in the process – rate of disagreements stated at verification of the process in comparison with the total number of corresponding outputs;
- level of utilization of disposable capacities in the process.

Besides the stated indicators of performance, it is possible to choose special indicators for separate processes of TICPS. The choice of them depends mostly on the owner of the process (time of turn round of wagons; transmissivity of a junction; an average time period from the location of a break-down to the start of its repair; a total delay of a link ...)

The measurement of performance must be suitable for the basic demands for reliability, independence, responsiveness; for possibility to realize the measurement in a real service; for correct timing, accuracy and frequency of the measurement. Determination of a place of measurement is one of the most important tasks in the measurement of performance. We take into consideration both the boundary lines between processes, a place where the owner of the process is changed, and all the places with potential of change of the monitored values along the monitored process.

## 4.2. Measurement of customer satisfaction

For a successful management of an organization, it is not sufficient to measure the performance, to try to reach high work productivity. The performance and productivity must be interrelated with satisfaction of customer demands, they have to be reflected in his/her satisfaction. It is not sufficient to observe the amount of claims for determination of the customer satisfaction because a claim is only one of the ways in which a customer reacts to a service that has not been provided in harmony with the concord. To realize the ascertainment directly with customers is the best and often the only way to gain authentic data about results of organizational services in relationship to an end customer. Moreover, it is possible to determinate values of the perceived quality criteria and to compare their results with knowledge which the service provider has about his/her performance (about quality of the provided service). It is possible to realize the comparison by a simple filling in of the same questionnaire both by customers and the service provider (operator).

Measure of customer satisfaction is an expression of difference between a sought and perceived quality of a provided service. By means of direct examination, we can state not only the level of the customer satisfaction but at the same time identify which features of the services have participated in the customer satisfaction, or

## 5. Poznatky z merania kvality služieb dopravy, pôšt a telekomunikácií

V rámci riešenia výskumnej úlohy C 519/2 „Model komunikačnej obsluhy územnosprávneho celku – kraja“ skupina riešiteľov vytvorila metodiku posudzovania kvality služieb komunikačnej obsluhy a vykonala meranie kvality služieb dopravy, pôšt a telekomunikácií, ktorého podrobnejšie výsledky boli zverejnené v [12]. Cieľom skúmania bolo overiť metodiku, vytvorenú pre potreby porovnávania úrovne kvality komunikačnej obsluhy vnútri územnosprávneho celku – kraja. Predmetom skúmania bola na jednej strane výkonnosť služieb v rámci určitých častí regiónu, na druhej strane spokojnosť zákazníkov s úrovňou poskytovaných služieb.

Na základe rôznych zdrojov (tabuľka č. 1) a skúmaní boli definované spoločné kritériá pre posudzovanie kvality komunikačnej obsluhy, ktoré mali priemet do všetkých základných typov dopravných, poštových a info - komunikačných služieb. Na základe týchto kritérií a po určení ich významu pre jednotlivé procesy sledovaných služieb, boli definované výkonnostné parametre (spolu 36 parametrov) pre meranie kvality poskytovaných služieb (výkonnosti). Napríklad kritérium rýchlosť, ktorého význam sa prejavoval predovšetkým pri procese realizácie služby a pri procese opravy, bolo premietnuté do niekoľkých technicky orientovaných parametrov, z ktorých je možné pre príklad uviesť nasledovné:

- pre služby dopravy – počet vlakových a autobusových spojov do okresného a krajského mesta v pracovnom dni; časová dostupnosť depa, garáže,
- pre poštové služby – počet poštových kurzov; spotreba času pre získanie náhradného kurzu,
- pre info - komunikačné služby – prístupová kapacita vedení; stredný čas odstránenia poruchy.

Ďalší príklad - kritérium spoľahlivosti vo vzťahu k realizácii služby malo priemet do týchto technicky orientovaných parametrov:

- percento dodržiavania grafikonu, resp. cestovného poriadku,
- počet nesprávne doručených poštových zásielok,
- straty pri odmietnutí počas voľby (úspešnosť volaní).

Pre oblasť merania výkonnosti služieb boli podľa zistených hodnôt určených parametrov zhlukovou analýzou vytvorené tri skupiny obcí a miest. Každé sídlo sa teda zaradilo podľa svojej úrovne výkonnosti služieb komunikačnej obsluhy do určitej skupiny. Také rozdelenie môže pomôcť pri efektívnom smerovaní investícií do služieb dopravy, pôšt a telekomunikácií zo strany orgánov štátnej a verejnej správy.

Spokojnosť zákazníka vzniká, ak pociťovaná kvalita z produkcie a výsledku poskytnutej služby je rovná, alebo prekračuje očakávanú úroveň kvality. Očakávaná kvalita sa vytvára na základe predchádzajúcich skúseností so službou, podľa dostupných informácií, na základe odporúčaní iných zákazníkov.

Zákazníci sa pri riešení spomínanej výskumnej úlohy podieľali na odsúhlasení navrhnutých kritérií, na ich vážení a taktiež prostredníctvom priameho kontaktu vyjadrovali úroveň spokojnosti

dissatisfaction. Subsequently, it is possible to reveal a potential of improvement of services arrangement and production by various methods (e.g. the method of Customer Satisfaction Survey or the GAP model).

## 5. Comments on results from the quality measurement in the sphere of TICPS

In research project C 519/2 “The model of a communication service within a territory administration – region”, a group of researchers has created methodology for judging the quality of communication services and realized a quality measurement of TICPS. Detailed results of the measurement have been published in [12].

The aim of the research was to verify the methodology that had been created for demands on comparison of a quality level of communication services within a territory administration region. The object of the research was on the one hand affectivity of the services in the frame of certain parts of the region, on the other hand, the customer satisfaction with level of provided services.

Common criteria for judging the quality of communication services were defined on the basis of various sources (Table 1). The criteria had their basis in all basic types of TICPS. Efficiency parameters (together 36 parameters) for the quality measurement of the provided services (performance – effectiveness) were defined on the basis of the criteria and after determination of their significance for separate processes of the monitored services. For example, the criterion “speed”, whose significance was evident above all at the process of service realization and at the rectification, was flashbaked into several technically oriented parameters. It is possible to exemplify them as follows:

- for transportation services – number of train and buses links to a district or regional town at weekdays; time availability of the depot or garage;
- for postal services – number of postal rates, time consumption for gaining a spare rate;
- for info-communication services – entry capacity of circuits, an average time of a breakdown removal.

Another example, the criterion “reliability” in relationship to the service realization was flashbaked into the following technically oriented parameters:

- percentage of a flowchart, or of time table observance;
- number of incorrectly delivered articles;
- losses at refusal during dialling (succession of calls).

For the measurement of the service performance, 3 groups of villages and towns were chosen according to the ascertained values of the stated parameters by cluster analysis. Each home was put into a certain group according to the performance of communication services. This division could help an effective direction of investment into TICPS from state authorities and public administration.

Customer satisfaction arises if a perceived quality from production and result of the provided service equals or exceeds the sought level of quality. The sought quality is determined from



(vnímaná kvalita) s jednotlivými službami dopravy, pôšt a telekomunikácií. Tabuľka č. 2 poskytuje prehľad použitých kritérií, podľa ktorých sa dotazníkmi zisťovala úroveň spokojnosti zákazníkov, ako aj zistené hodnoty, a to v stupnici od 1 – úplne spokojný po 4 – úplne nespokojný. Z podrobnejšieho vyhodnotenia výsledkov dopytovania bolo zistené, že zákazníci cítia potenciál na zlepšenie pri autobusovej regionálnej a diaľkovej doprave v oblasti dodržiavania cestovného poriadku a so starostlivosťou o pohodlie a nerušenú cestu zákazníkov. Železničná osobná doprava má podľa opýtaných zákazníkov potenciál zlepšenia predovšetkým v oblasti starostlivosti o zákazníka a zabezpečenia nerušenej cesty. V individuálnej doprave cítia jej užívatelia problémy predovšetkým v stave ciest, v orientácii a v dostupnosti informácií o službách pre motoristov. Z dopytovania je taktiež možné postrehnúť väčšiu nespokojnosť individuálnych motoristov oproti užívateľom verejnej hromadnej dopravy.

Výsledok merania spokojnosti zákazníkov s niektorými službami komunikačnej obsluhy (1 – úplne spokojný, 4 – úplne nespokojný) Tab. 2

| Hodnotené kritérium | Autobus. doprava | Železn. doprava | Individ. doprava |
|---------------------|------------------|-----------------|------------------|
| Rýchlosť            | 2,39             | 2,35            | 2,38             |
| Bezpečnosť          | 2,00             | 1,91            | 2,25             |
| Miestna dostupnosť  | 2,01             | 1,99            | 2,20             |
| Spoľahlivosť        | 2,37             | 2,29            | 2,68             |
| Robustnosť          | 2,57             | 2,50            | 2,33             |
| Jednoduchosť        | 2,07             | 2,18            | 2,72             |
| Prispôboivosť       | 2,35             | 2,41            | 2,78             |

## 6. Záver

Určenie kritérií kvality služby a meranie kvality predstavuje analytický rámec, potrebný pre cestu k zlepšovaniu. Ďalší postup spočíva v porovnávaní s najlepšími (organizáciami, regiónmi, ...), v odhalení potenciálu zlepšovania a v neustálom riešení problémov kvality. Zlepšenie kvality služieb dopravy, pôšt a telekomunikácií vyžaduje predovšetkým:

- dôsledné zabezpečenie kvality procesov a tým ich stabilizáciu;
- zníženie nákladov redukciami technických chýb, výpadkov a nepresností;
- lepšie využitie zdrojov prostredníctvom vyššej pohotovosti transportných zariadení a prenosovej (dopravnej) cesty;
- lepšiu spôsobilosť a spoľahlivosť.

Neustálym zlepšovaním procesov spojených s poskytovaním služieb ako aj s vývojom zákaznícky orientovaných produktov technickej podpory služieb je možné vytvoriť prostredie pre bezchybné procesy a tým dosiahnuť vysokú úroveň spokojnosti zákazníkov so službami dopravy, pôšt a telekomunikácií. Je to výsada a zároveň príležitosť pre nositeľov politických rozhodnutí v oblasti

the basis of previous experience with the service, according to accessible information; on the basis of recommendations of other customers.

When solving the above mentioned research project, customers evaluated and agreed to the suggested criteria and, by means direct contact, they were asked about level of their satisfaction (the perceived quality) with separate types of TICPS. Table 2 affords a survey of the criteria according to which the level of customer satisfaction was determined by means of the questionnaires. It uses the scale of determined values – from 1 – absolutely satisfied to 4 – absolutely dissatisfied. A more detailed assessment of the inquiry results proved that the customers feel an improvement potential of the local and long-distance bus transportation with relation to time-table observance, as well as for care about comfort and undisturbed travelling of customers. Railway transport has, according to the inquired customers, an improvement potential above all in the sphere of care about a customer and reinforcement of undisturbed travelling. Users of individual transport report problems above all in the construction of roads, in orientation and accessibility of information about services for motorists. The questionnaire proves also the higher level of dissatisfaction of the individual transport users in comparison with the public transport users.

The result of the measurement of the customer satisfaction with some communication services Table 2  
(1 – fully satisfied, ..., 4 – fully unsatisfied)

| Criteria               | Bus transportation | Railway transportation | Individual transport |
|------------------------|--------------------|------------------------|----------------------|
| Speed                  | 2.39               | 2.35                   | 2.38                 |
| Safety                 | 2.00               | 1.91                   | 2.25                 |
| Location accessibility | 2.01               | 1.99                   | 2.20                 |
| Reliability            | 2.37               | 2.29                   | 2.68                 |
| Robustness             | 2.57               | 2.50                   | 2.33                 |
| Simplicity             | 2.07               | 2.18                   | 2.72                 |
| Adaptability           | 2.35               | 2.41                   | 2.78                 |

## 6. Conclusion

The determination of the quality criteria of services and the measurement of performance presents an analytical frame necessary for improvement. Another procedure involves comparison with the best (organizations, regions, ...), to show the potential for improvement and in continual research of problems with quality. The improvement of TICPS requires above all:

- thorough assurance of quality of the processes and their stabilization;
- decrease in costs by means of reduction of technical errors, break-downs and inaccuracies;
- better utilization of sources by means of higher preparedness of the transport equipment and transmission (transportation) way;
- better adaptability and reliability.

dopravy, pôšt a telekomunikácií, aby na úrovni štátu, prípadne regiónu, svojimi aktivitami prispievali k zlepšeniu kvality života v spoločnosti.

Continuous improvement of processes associated with product development and service can contribute to creating an environment suitable for error-free processes and with this a high level of customer satisfaction with TICPS. It is a privilege and opportunity for all decision makers from the area of transportation, post and telecommunication to have a positive impact on the quality of life.

## Literatúra – References

- [1] HRNČIAR, M.: *Quality Management in Transport and Communications, contribution to a conference "Communications on the Edge of the Millenniums"*, Žilina, 9. – 11. 9. 1998
- [2] CENEK, P., KLIMA, V., JANÁČEK, J.: *Optimalizace dopravních a spojových procesů*, vydavatelství VŠDS, 1994
- [3] ČERNÝ, J., KLUVÁNEK, P.: *Základy matematické teorie dopravy*, Veda, 1991
- [4] *New Paradigms for local Public Transportation Organisations*, National Academy Press, Washington, 2000
- [5] HRNČIAR, M., KLIMO, M.: *Návrh metodiky posudzovania kvality komunikačnej obsluhy územia*, Horizonty dopravy, 1/2001
- [6] <http://www.efqm.org/>
- [7] ZEITHAML, V., PARASURAMAN, A., BERRY, L.: *Delivering Quality Service: Balancing Customer Perceptions and Expectations*, The Free Press, 1990
- [8] <http://www.upu.int/>
- [9] JÁNOŠÍKOVÁ, L., KUBÁNI, A.: *Transport accessibility of villages*. In: *Komunikácie*, No. 4/2000. EDIS – vydavateľstvo ŽU v Žiline, 2000. pp. 9-15, ISSN 1335-4205
- [10] KLIMO, M.: *Hodnotenie kvality služby G1 – metodická príručka*, KIS-FRI, 2000
- [11] NENADÁL, J.: *Jakost? Produktivita? Výkonnost!*, article, In: *revue SSK – Kvalita*, 2/2001, pp. 14-19
- [12] *Závěrečná správa z riešenia výskumnej úlohy C519/2*, Žilinská univerzita, 2000

Tomáš Hollarek – Imrich Molnár – Jozef Paľo \*

## MODELOVANIE PREPRAVNÉHO A DOPRAVNÉHO PROCESU ÚZEMNOSPRAVNÉHO CELKU – KRAJA

### THE MODELING OF TRANSPORTATION AND TRANSPORT PROCESSES OF A TERRITORY ADMINISTRATION REGION

*Rozvoj dopravy spôsobil vznik komplikovaných dopravných problémov, ktorých riešenie si vyžaduje uplatňovanie dopravno-inžinierskych metód. Modelovanie prepravného a dopravného procesu vo väčších územných celkoch je veľmi aktuálne aj z dôvodu dostavby cestnej a diaľničnej siete a zhodnotenia jednotlivých variantov riešenia. V ostatnom období sa začali formulovať nové dopravno-plánovacie modely na princípe členenia obyvateľstva do skupín s rovnakým správaním v dopravnom procese. Hovorí sa im dezagregované alebo individuálne a jedným z cieľov riešenia výskumnej úlohy bolo overiť tento model v konkrétnych podmienkach Žilinského kraja a porovnanie dosiahnutých výsledkov s doteraz používanými agregovanými modelmi, ktoré sa líšia len v časti výpočtu požiadaviek na premiestňovanie.*

#### 1. Úvod

Dopravné problémy nadobudli na konci 20. storočia neželateľný rozměr. Ich riešenie je tým komplikovanejšie, čím väčšie a zložitejšie je predmetné územie a je v zásade možné len využitím moderných modelovacích metód dopravného inžinierstva, ktoré objasňujú požiadavky obyvateľstva na ich potrebné premiestňovanie v priebehu dňa, v závislosti od rozloženia urbanistických aktivít v území a v konfrontácii s ponukou dopravných systémov, zabezpečujúcich ich pokrytie. Moderné dopravno-inžinierske metódy umožňujú modelovať celý tento proces a teda aj hľadať najvhodnejšie riešenie pre dané územie tak, aby obyvateľstvo nevnímalo dopravný proces ako negatívnu stránku svojho životného prostredia.

Je potrebné, aby spracúvaná územnoplánovacia, ale aj dopravno-inžinierska dokumentácia riešila dopravnú problematiku v území s využitím najnovších poznatkov, čo prispieje k jej podstatnému skvalitneniu. Územné plánovanie je súčasťou systému riadenia rozvoja spoločnosti. Musí vychádzať z národohospodárskeho plánu, socio-ekonomických vzťahov a určených priorít rozvoja spoločnosti. Tieto musí premietnuť do konkrétneho územia, riešiť jeho komplexné využitie, zabezpečiť vecnú a časovú koordináciu všetkej ľudskej činnosti, ovplyvňujúcu rozvoj územia. Doprava má v územnoplánovacom procese svoje špecifické postavenie. Zabezpečuje

*The development of transport caused the rise of complex transport problems, which require the application of transport engineering methods if they are to be solved. The modeling of transportation and transport processes in major territory units is a current problem for the reason of completing the road and motorway networks and considering individual variants of the solution. Recently, new transport planning models have been formulated on the principle of dividing the inhabitants into the groups with similar behavior in the transport process. They are called non-aggregative or individual, and one of the aims of the research project was to test these models in the region of Žilina, and to compare the results with the aggregative models which have been used so far and which are different only in the list of requirements for transfer.*

#### 1. Introduction

At the end of the 20th century transport problems reached undesirable dimensions. The bigger and the more complex the given territory, the more difficult the solution. It is possible only with the application of modern modeling methods of transport engineering. These clarify the requirements of the population for their necessary transfer during the day depending on the arrangement of urban activities in the territory, and in the confrontation with the actual offer of transport systems attempting to meet these requirements. Modern transport engineering methods make it possible to model the whole process, which also means to seek the best solution for the given area so that the inhabitants do not perceive the transport process as a negative part of their environment.

It is necessary that the processed regional –planning and transport-engineering documentations solve the transport situation in an area using the latest knowledge, and so help to improve it. Urban planning is a part of the system of the society development control. It needs to be based on the macroeconomic plan, socio-economic relations and given priorities of the society development. It must project these into the area, solve its complex exploitation, and arrange for the material and time coordination of all human activities influencing the area development. Transport has a specific position in the process of regional planning. It provides a mutual

\* Prof. Ing. Tomáš Hollarek, PhD., Ing. Imrich Molnár, Ing. Jozef Paľo

Department of Road and City Transport, University of Žilina, Veľký diel, SK-010 26 Žilina, Slovak Republic,  
Tel.: ++421-41-5133279, E-mail: palo@fpedas.utc.sk

vzájomné prepojenie základných funkcií v území a to nutným premiestňovaním osôb a nákladov. Špecifickosť dopravy spočíva v jej rôznych systémových možnostiach pri uspokojovaní týchto potrieb v danom území, ale aj v dynamike prepravného procesu.

Napriek tomu, že sa dopravné inžinierstvo ako vedný odbor prednáša na našich vysokých školách už od začiatku šesdesiatych rokov a dopravné riešenia väčších miest boli spracované s využitím v tom čase používaných najmodernejších metód a postupov, v ostatnom období je badateľná opačná tendencia, teda riešenie dopravných problémov jednoduchými metódami, bez dôkladnej analýzy problémov a objektívneho zhodnotenia možných riešení.

Moderné dopravné inžinierske metódy vyžadujú kvalitnú výpočtovú techniku vrátane softvéru, ale aj podstatne detailnejšie vstupné podklady, predovšetkým o správaní sa obyvateľstva v prepravnom procese. Zavádzanie týchto metód u nás zlyháva predovšetkým pre nedostatok potrebných podkladov o prepravnom procese, ktorých získavanie je práčne a nákladné. Ide o dopravné-sociologické prieskumy priamo v domácnostiach riešeného územia, ktorými sa získavajú údaje o hybnosti obyvateľstva podľa účelov ciest a použitých dopravných prostriedkov na prepravu, v závislosti od jednotlivých skupín obyvateľstva. Na základe týchto údajov sa totiž určujú potrebné modelové parametre. Problémy sú ale aj so získavaním štrukturálnych veličín pre jednotlivé časti riešeného územia (okresy), ktoré sú relevantné pre jednotlivé aktivity ľudskej činnosti.

Požiadavka odborných kruhov, aby sa tejto problematike venovala zvýšená pozornosť a aby sa aj u nás zavádzali moderné metódy modelovania prepravného a dopravného procesu aj v regiónoch, našla odozvu na MŠ SR schválením výskumného projektu C519/2. Jednou z hlavných úloh tohto projektu bolo „Modelovanie dopravného procesu v území“. Navrhnutá metodológia modelovania mala byť preverená a odskúšaná na konkrétnom riešení Žilinského kraja.

Využívanie modelovania prepravného a dopravného procesu vo väčších územných celkoch je veľmi aktuálne aj z dôvodu dostavby cestnej a diaľničnej siete u nás, čo by umožnilo dôkladné porovnanie a zhodnotenie do úvahy prichádzajúcich variantov riešenia, vrátane návrhu umiestnenia diaľničných križovatiek a ich vhodného tvaru. Takéto spracovanie tohto problému by zároveň ukončilo časté pochybnosti o tom, či bol vybraný najvhodnejší variant riešenia. Obdobne by modelovanie prispelo aj k optimálnemu a ekonomicky výhodnejšiemu riešeniu regionálnej hromadnej dopravy, kde si často konkurujú železničná a autobusová doprava. Navyše niektoré modely umožňujú aj koordináciu cestovných poriadkov, čo by pre cestujúcu verejnosť bolo veľmi vítaným výsledkom.

Modelovanie prepravného a dopravného procesu vo veľkom územnom celku (región, okres, kraj) sa vykonáva v zásade tými istými metódami ako v mestách. Na druhej strane sú tu určité odlišnosti, ktoré treba v celom postupe zohľadniť. Predovšetkým je to rozsah modelovaného územia a teda aj rozsah požiadaviek na vstupné údaje o rozložení aktivít v území a o dopravných sieťach. Ďalej sú to špecifické charakteristiky chovania sa obyvateľstva v mestách a na vidieku, resp. v rôznych častiach územia. Existujú oblasti s prevládajúcou funkciou priemyselnou, poľnohospodár-

connection of basic functions in an area through the necessary transfer of people and freight. The transport specificity is in its various system possibilities when meeting these demands in the given area, and in the dynamics of the transport process.

The transport engineering as a major subject has been taught at our universities since the early 1960s, and transport situations of bigger cities were solved using at that time the latest methods and procedures. However, recently a reverse tendency is noticeable, that is solving the transport problems using simple methods without a thorough analysis of problems and an objective consideration of possible solutions.

Modern transport engineering methods require high quality hardware and software and more detailed input data, especially on the population behavior in the transport process. The introduction of these methods in Slovakia fails because of the lack of the necessary data about the transport process, as it is difficult and costly to obtain them. There are transport sociological surveys in the households of the area. They would bring the information on the dynamics of the population according to the journey purposes and used means of transport in dependence on different groups of population, because the necessary modeling parameters are set according to these data. However, there are also problems with achieving structural parameters for different zones of the area, which are relevant for various human activities.

The requirements of experts to pay more attention to this problem and to introduce modern methods of transportation and transport modeling in Slovakia were accepted at the Ministry of Education, and the research project C519/2 was approved. One of the main tasks of this project was “Modelling the transport process in an area”. The proposed methodology of modeling was to be checked and tested in the region of Žilina, solving its transport situation.

Using the modeling of transportation and transport processes in major territory units in Slovakia is a current issue because of completing the road and motorway networks. It would allow a thorough comparison and consideration of the best proposals, including the proposal of the motorway crossroads placements and their suitable shapes. At the same time, such a solution would end the frequent doubts whether the most suitable variant was chosen. The modeling would also help the optimal and more economical solution of the regional public transport problem where rail and bus transports often compete. In addition, the model can coordinate timetables, which would be appreciated by the general public.

The modeling of transportation and transport processes in a major territory unit (district, region) uses the same methods as in towns. On the other hand there are some differences, which must be considered. First of all there are the size of the modeled area and the volume of requirements for the input data about the activities distribution in the area and about the transport networks. Next there are specific characters of behavior of people living in towns and in the country, or in different parts of the area. There are regions where industry, agriculture or recreational func-

skou, rekreačnou a podobne, ktoré majú rozdielne sociálne a ekonomické podmienky.

Systémová analýza miest ukázala, že dopravu je potrebné chápať ako funkciu rozloženia aktivít v území, teda plánovanie dopravy musí začínať urbanistickým plánovaním. Tento vzťah však v žiadnom prípade nie je možné chápať ako podriadený, práve naopak, ide o to, aby objem dopravy, vyvolanej územným riešením a jeho rozloženie do siete, boli jedným z hlavných kritérií kvality urbanistického riešenia. Doprava v organizme mesta vystupuje ako miera interakcie medzi časťami územia a ich funkčnými zložkami. Zabezpečuje teda funkčné previazanie týchto zložiek do jednotného systému. Hľadisko minimalizácie potrebnej dopravy sa stáva jedným z kritérií optimalizácie urbanistického riešenia.

Doprava, či už osobná alebo nákladná, je v súčasnosti charakterizovaná existenciou niekoľkých vzájomne spolupracujúcich a dopĺňajúcich sa dopravných subsystémov.

Základným cieľom dopravného plánovania je zabezpečenie integrity medzi rozvojom jednotlivých aktivít a rozvojom dopravy, ktorá sprostredkuje ich optimálne prepojenie. Na dosiahnutie tohto cieľa je potrebné proces dopravného plánovania rozčleniť do týchto základných fáz:

- *analýza súčasného stavu*, ktorá spočíva najmä vo vykonaní a vyhodnotení potrebných prieskumov a štatistických údajov na objasnenie prepravných procesov a dopravných vzťahov v území, pričom rozsah a metódy prieskumov musia vychádzať z požiadaviek pre potreby riešenia. Na súčasnom stave sa testujú modely a jeho parametre;
- *prognóza výhľadových prepravných nárokov*, v ktorej sa na základe empiricky zistených zákonitostí z analýzy dáva pravdepodobnostná výpoveď o budúcich požiadavkách na prepravu v území, za podmienok splnenia predvídaných časových a priestorových zmien v štruktúre osídlenia a funkčného využitia plôch, prípadne v dopravnej infraštruktúre. Pri návrhu okamžitých alebo krátkodobých opatrení táto fáza, samozrejme, odpadá;
- *návrh riešenia*, v ktorom sa preukazuje zabezpečenie všetkých budúcich prepravných požiadaviek, očakávaných v návrhovom období, pre všetky dopravné systémy v riešenom území v potrebnom rozsahu ich dopravných trás, dopravných prostriedkov a dopravných zariadení, pri minimalizácii vplyvov tohto procesu na ekológiu krajiny a životné prostredie v sídlach.

Metódy dopravnej prognózy nachádzajú v súčasnosti uplatnenie aj v komplexnom modelovaní dopravného procesu. Krajiny s vysokým stupňom automobilizácie postupne zavádzajú na svojom území systém trvalého monitorovania dopravnej situácie, ako aj trvalého modelovania celého dopravného procesu, pričom konštatujú, že práve zanedbaním trvalého sledovania vývoja a okamžitým reagovaním naň premárnili možnosť ovplyvnenia deľby prepravnej práce i včasných a vhodných riešení mnohých dopravných problémov. Komplexné modely objasňujú dôsledky rôznych opatrení a návrhov v doprave, pričom sa používajú na:

- reprodukcie a pochopenie dopravného procesu,
- predpovedanie zmien pre budúce situácie (dopravné prognózy),

tion prevail, and they have different social and economic conditions.

The system analysis revealed that the transport must be seen as a function of the activities distribution in an area, which means that the urban planning must precede the transport planning. This relation, however, is not a subordinate one at all. On the contrary, the transport volume caused by urban planning and its distribution in the network should be one of the main criteria of the urban planning quality. The transport in a town's organism functions as a scale of the interaction between the parts of the area and their functional constituents. It provides the functional interconnection of these constituents into a single system. The question of minimizing the necessary transport is becoming one of the criteria for optimizing the urban planning.

Nowadays the transport, whether it is passenger or freight, is characterized with the existence of several cooperating and complementing transport subsystems.

The basic aim of the transport planning is to provide the integrity between the development of different activities and the development of transport, which mediates their optimal interconnection. To achieve this aim it is necessary to divide the transport planning process into the following basic phases:

- *The analysis of the current state*, which means carrying out and evaluating the necessary surveys and statistic data for clarifying the transportation processes and transport relations in an area, while the scale and the methods of the surveys must be based on the requirements of the solution needs. The models and parameters are tested on the current state.
- *The prognosis of the prospective transportation demands*, based on the rules empirically ascertained from the analysis, it gives a probabilistic statement of the future requirements of the transportation in an area under the conditions of the fulfillment of foreseen time and space changes in the settlement structure, and functional usage of the surfaces, or in the transport infrastructure. When suggesting immediate or short-term solutions this phase falls out.
- *The solution proposal*, which projects securing all future transport requirements expected in the proposal period for all transport systems in the solved area in the needed scale of their transport routes, means and equipment while minimizing the influences of this process on the ecology of the region and on the environment in urban areas.

The methods of transport prognosis are now also applied in the complex modeling of the transport process. Countries with a high level of automobilisation are gradually introducing the system of permanent monitoring of the transport situation, and of the permanent modeling of the whole transport process. They admit that neglecting the permanent monitoring of the development and the immediate reaction to it, they dissipated the possibility to influence the division of the transportation labor and the timely and suitable solutions of many transport problems. Complex models clarify the consequences of various measures and proposals in the transport. They are used to:

- reproduce and understand the transport process

- predpovedanie zmien v dopravnom procese pri systémových zmenách v existujúcej dopravnej sústave,
- scenáre možného rozvoja, spracované z rôznych pohľadov,
- vyhodnotenie navrhnutých variantov dopravného riešenia.

Modely prepravného a dopravného procesu slúžia ako zjednotené zobrazenie celého jeho priebehu, pričom s ohľadom na ciele pre ktoré slúžia musia byť úplné, pri dostatočnej (vhodnej) územnej a časovej diferenciácii. Celý proces modelovania pozostáva z týchto štyroch krokov:

- výpočet objemov požiadaviek na premiestnenie,
- výpočet smerovania prepravných prúdov,
- stanovenie delby prepravnej práce na jednotlivé disponibilné dopravné systémy,
- zaťažovanie sietí dopravných systémov (voľba trasy).

Týmito modelovými (plánovacími) krokmi možno komplexne popísať časopriestorový prepravný a dopravný proces. Prvé tri kroky modelujú požiadavky na premiestňovanie (dopyt), štvrtý krok modeluje ponuku dopravných systémov. Tieto čiastkové modely môžu slúžiť aj na objasnenie izolovaných otázok, napr. zaťažovanie sietí pri zmenách v ich infraštruktúre, určenie odporových závislostí, možných zmien v delbe prepravnej práce a podobne. Dopravný model sa teda skladá z rôznych čiastkových modelov. Pre celkový model platia dve podmienky:

- stavba modelu musí byť realizovateľná v postupných, vzájomne prepojených krokoch,
- celkový model, pozostávajúci z čiastkových modelov, musí byť bezrozporový.

V ostatných dvoch desaťročiach sa začali formulovať nové dopravnoplánovacie modely na princípe členenia obyvateľstva do skupín s rovnakým správaním v dopravnom procese. Hovorí sa im dezagregované alebo individuálne, ale aj správaním sa orientované modely. Postupom času sa značne zdokonalili a obstáli pri rôznom použití. Sú náročné na výpočtovú techniku, ale predovšetkým na detailné podklady, pričom mnohé z nich sú zistiteľné len prieskumom priamo v domácnostiach. Využívajú predovšetkým teóriu pravdepodobnosti.

Treba zdôrazniť, že novšie dezagregované i staršie agregované modely sa líšia v postupoch len v časti výpočtu (modelovania) požiadaviek na premiestňovanie a sú prakticky totožné v modelovaní ponuky dopravných systémov (výpočty zaťažovania dopravných sietí).

Základným princípom týchto modelov je členenie obyvateľstva do homogénnych skupín s rovnakým správaním v dopravnom procese, pričom v súčasnosti sa najčastejšie používa členenie na:

- ekonomicky aktívne obyvateľstvo s disponibilným osobným automobilom (EsA),
- ekonomicky aktívne obyvateľstvo bez osobného automobilu (EnA),
- ekonomicky neaktívne obyvateľstvo s disponibilným osobným automobilom (NesA),
- ekonomicky neaktívne obyvateľstvo bez osobného automobilu (NenA),

- predict changes for future situations (transport prognosis)
- predict changes in the transport process with the system changes in the existing transport system
- process scenarios of possible development from different standpoints
- evaluate proposed variants of the transport solutions

The models of transportation and transport processes serve as a simplified display of its whole course. With respect to the aims they serve, they have to be complete, with appropriate space and time differentiation. The whole modeling process consists of four steps:

- the calculation of transfer requirements volume
- the calculation of transfer flows direction
- setting the division of the transportation labor in individual disposable transport systems
- loading the transport systems networks (route selection)

These modeling (planning) steps can give a complex description of the space-time transportation and transport process. The first three steps model the requirements of transfer (demand), the fourth step models the supply of transport systems. These partial models can help to clarify isolated problems, e.g. loading networks in the changes of their infrastructure, specifying impedance dependencies and possible changes in the division of the transportation labor, etc. The transport model consists of individual partial models. There are two conditions for the general model:

- the model construction must be implement able in successive interconnected steps
- the general model consisting of partial models must be without contradictions

In the last two decades new transport planning models based on the principle of dividing the population into groups depending on their behavior in the transport process, began to develop. They are called non-aggregative, or individual, or behavior oriented models. They gradually improved and proved reliable in various applications. They demand high quality hardware and detailed input data. But those are ascertainable only through a survey in households. They mainly use the theory of probability.

It should be emphasized that the newer non-aggregative and the older aggregative models differ in their procedures only partially, namely in their calculations (modelings) of requirements of transfer, and they are nearly identical in their modelings of transport systems supply (calculations of transport networks loading).

The basic principle of these models is to divide the population into the homogenate groups depending on their behavior in the transport process. At present the most frequently used division is into:

- economically active population with a disposable car (EwC)
- economically active population without a disposable car (Ew/oC)
- economically non-active population with a disposable car (NeswC)
- economically non-active population without a disposable car (Nesw/oC)
- basic school pupils (P)

- žiaci základných škôl (Ž),
- žiaci stredných a odborných škôl (ŠS),
- študenti vysokých škôl (VŠ), (prípadne v členení s/bez disponibilného osobného auta),
- deti do šiest rokov (D),

nakoľko sa ukázalo, že medzi hybnosťami v priebehu dňa, ale aj vykonávanými aktivitami týchto skupín, sú zásadné rozdiely. Samozrejme, toto členenie môže byť ešte zjemnené podľa druhu ekonomickej aktivity, ale aj v detailnejšom členení v oblasti vzdelávania.

Ďalším princípom týchto modelov je predpoklad, že aktivity mimo vlastného bydliska sú príčinou mobility (hybnosti). Aktivity sú dané vlastne cieľovým účelom každej cesty. Cieľové účely ciest možno opäť členíť rôzne, vždy v závislosti od relevantnej štruktúrálnej veličiny. Pre jednotlivé skupiny obyvateľstva sa popisuje poradie typických aktivít jednej osoby v priebehu dňa, čím vznikajú základné reťazce aktivít. Reťazec aktivít implikuje premiestnenie. Tak napríklad reťazec bydlisko – práca – nákup – bydlisko (D-P-S-D) predstavuje vykonanie troch ciest v poradí bydlisko – pracovisko (D-P), ďalej pracovisko – nákup (služby) (P-S) a konečne nákup – bydlisko (S-D).

Treba ale konštatovať, že dezagregované modely pre výpočet požiadaviek na dopravu neboli zatiaľ u nás použité. Príčinou je práve požiadavka na vstupné údaje, ktoré nie sú k dispozícii. Hoci z dopravno-sociologických prieskumov u nás vykonaných by bolo možné určiť aj reťazce ciest a ich podiel u základných skupín obyvateľstva, takéto vyhodnotenie prieskumu sa nevykonalo ani v jednom meste.

Aj agregované postupy postupne prevzali členenie obyvateľstva do skupín, ako aj členenie ciest podľa účelu. Žiadny zo základných štyroch krokov agregovaného postupu nemožno aplikovať štandardným jednotným modelovým komponentom. Pre každý krok existuje dnes množstvo metód a výpočtových programov, lišiacich sa rozsahom nutných vstupných podkladov. Ale existuje aj veľa reálnych výskumných výsledkov a praktických skúseností.

Obdobne komplikované sú aj početné algoritmy na výpočet vplyvov jednotlivých plánovacích variantov. V súčasnej dopravno-plánovacej praxi zaberá analýza vplyvov a ich vzájomné hodnotenie v jednotlivých variantoch riešenia už významné miesto.

Záverom k problematike modelovania a prognózovania treba konštatovať, že komplexný priebeh plánovacieho procesu riešenia dopravy pre určité územie nie je jednoduchý. Pôvodný jednoduchý lineárny priebeh pomocou štyroch krokov modelovania dopravného procesu (agregovaný alebo dezagregovaný) sa v praxi vyvinul na zložitý rozvetvený iteratívny proces postupného spresnenia použitých parametrov spätnými väzbami na predošlé kroky. Tento iteratívny postup je nutný, pretože treba preskúmať a porovnať rozmanité vplyvy každého plánovacieho variantu s požadovanými cieľmi, pričom z tohto porovnania môže vziť požiadavka na ďalšie variantné riešenia.

- secondary and vocational schools students (SS)
- university students (possibly divided into groups with/without a car) (US)
- children under six (Ch)

It was revealed that these particular groups differ fundamentally in their dynamics during the day and in the performed activities. Naturally, this division can be more detailed according to the type of economic activities and in the sphere of education.

Another principle of these models is the assumption that the activities away from one's residence are the cause of mobility (dynamics). The activities are the final aim of every trip. The final aims of trips can be divided in many ways, always according to the relevant structural parameter. For each group of the inhabitants there is a description of successive typical activities of one person during a day, which creates the basic activities strings. A string of activities implies the transfer. Take the string residence-work-shopping-residence (R-W-S-R). It represents the performance of three trips in this order: residence-work (R-W), work-shopping (service) (W-S), and shopping-residence (S-R).

However, it must be said that non-aggregative models for the calculation of transport requirements have not been used in Slovakia, yet. The reason is the requirement of the input data, which are not available. Although the trip strings and their portion in the basic population groups could be defined from the transport sociological surveys which have been carried out, such a survey has not been evaluated in any town in this country.

The aggregative methods adopted the division of the population into groups and the division of roads according to the scope as well. None of the four basic steps of the aggregative method can be applied with a standard uniform model component. For every step there is a number of methods and computing programs, which differ from each other in the volume of the necessary input data. But there are also many real research results and practical experience.

Numerous algorithms for the calculations of the influences of individual planning variants are complicated, too. In the present transport-planning practice, the analysis of influences and their mutual evaluation in the individual solution variants is of a great importance.

To conclude the modeling and prognosis problems it should be said that the complex procedure of the planning process of the transport solution for an area is not simple. The original simple linear procedure with four steps of the transport process modeling (aggregative or non-aggregative) developed into a complex extended iterative process of a gradual specification of used parameters through the feedback to the previous steps. This iterative procedure is necessary because various influences of every planning variant must be examined and compared with the required aims. From this comparison a requirement of a new variant solution can issue.

## 2. Vstupy a podklady pre modelovanie

Modelovanie prepravného a dopravného procesu v určitom území je v súčasnom období z hľadiska metodológie na vysokej úrovni. Metodológia je dostatočne flexibilná a umožňuje použitie jednoduchších metód modelovania pre dlhodobé prognózy a možné scenáre budúceho rozvoja, ale aj veľmi detailné metódy, ktoré simulujú skutočný proces v riešenom území. Tieto modely sa okrem prognóz používajú aj na riešenie súčasných dopravných problémov, prípadne je možné ich ešte ďalej prehliť na časť riešeného územia, prípadne na špecifiká riešenej čiastkovej problematiky.

Zo samotnej prezentácie metodológie je zjavné, že každá metóda vyžaduje určité vstupy, čím detailnejšie je modelovanie, tým rozsiahlejšie sú aj požiadavky na vstupné údaje.

Požiadavky na premiestňovanie (dopyt po preprave) v území sú závislé jednoznačne od lokalizácie atraktivít v tomto území. Požiadavky na prepravu za určité časové obdobie (deň, špičkové obdobie), vyjadrené v matici prepravných vzťahov (zdroj - cieľ) sú teda závislé premenné veličiny, odvodené od počtu aktivít, ktoré vykonávajú obyvatelia za príslušné časové obdobie, ako aj od územného rozloženia jednotlivých atraktivít. To znamená, že ako vstupy pre výpočet prepravných vzťahov slúžia rozdelenie územia na dopravné okrsky (zóny), údaje o priemernej hybnosti obyvateľstva za sledované časové obdobie, ako aj údaje o atraktivitách v jednotlivých dopravných okrskoch.

Možno konštatovať, že všetky metódy vyžadujú uvedené vstupné údaje. Jediným rozdielom prezentovaných metód je, samozrejme, detailnosť týchto vstupov, prípadne ich špecifickosť pre danú metódu.

Členenie riešeného územia do dopravných okrskov je základom pre modelovanie prepravného a dopravného procesu. Dopravný okrsek je presne ohraničené územie, vytvorené na základe územno-správných, urbanistických, hospodárskych, dopravných, plánovacích, prípadne iných hľadísk, s definovateľným ťažiskom, do ktorého sa fiktívne agregujú všetky zdroje a ciele ciest, začínajúcich, resp. končiacich na jeho území. Dopravné okrsky musia zahŕňať celé riešené územie. Každý dopravný okrsek, resp. jeho ťažisko je očíslovaný prirodzenými číslami od 1 až po  $n$ . Počet a ohraničenie dopravných okrskov sa stanovuje predovšetkým podľa:

- požadovanej jemnosti a presnosti popisu prepravného procesu, v závislosti od cieľov riešenej úlohy,
- veľkosti riešeného územia,
- urbanistickej štruktúry riešeného územia,
- štruktúry dopravných sietí v území,
- možnosti získania potrebných demografických a iných údajov o aktivitách pre jednotlivé dopravné okrsky,
- limitov použitých softvérov a hardvérov, ktoré sú pre spracovanie k dispozícii, ale aj termínových, príp. kapacitných limitov spracovateľov.

Pri stanovovaní hraníc dopravných okrskov pre sídelné útvary sa využívajú predovšetkým prirodzené i technické predely v riešenom území, ako sú vodné toky, železničné trate, cestné komuni-

## 2. The Inputs and Data for the Modeling.

At present the transportation and transport process modeling in a certain area is on a high level from the point of view of methodology. The methodology is flexible enough and it allows using simpler modeling methods for long-term prognoses and possible scenarios of the future development, and also very detailed methods, which stimulate the real process in the solved area. Apart from prognoses, these models are used to solve current transport problems. They can also be more detailed for a part of the solved area, or for the specialties of the solved partial problem.

It is obvious from the presentation of the methodology that every method requires certain inputs, and the more detailed the modeling, the more extensive the data requirements.

The transfer requirements (transportation demand) in an area depend on the interactivities localization in this area. The transportation requirements in a particular time unit (day, rush hour) which are expressed in a matrix of transportation relations (origin-destination), are dependent variables which are derived from the number of activities performed by the inhabitants in a period of time, and from the layout of individual interactivities. It means that the division of the territory into transport zones, the data about the average dynamics of the population in a monitored period, and the data about interactivities in individual transport zones, serve as the inputs for the calculation of transportation relations.

It can be said that all methods require the mentioned input data. The only difference of the presented methods is obviously the degree of details of these inputs, or their specificity for the given method.

The division of the solved territory into transport zones is the base of the transportation and transport process modeling. A transport zone is a precisely delimited territory, which is created on the basis of territorial administration, urban, economic, transport, planning, or other sides, with a definable center which fictitiously aggregates all origins and destinations of the trips which begin or end on its territory. The transport zones must comprise the whole solved territory. Every transport zone, or its center, is numbered with a positive integer from 1 to  $n$ . The number and the delimitations of transport zones are determined according to:

- the required precision and accuracy of the transportation process delineation, depending on the aims of the solved problem
- the size of the solved territory
- the urban structure of the solved territory
- the structure of transport networks in the territory
- possibilities of gaining the necessary demographic and other data about the activities in individual transport zones
- the limits of the hardware and software which are available for the processing, and also the term and capacity limits of compilers

To determine boundaries of transport zones of settlement formations, natural and technical divides, like rivers, railway lines, roads of higher category, terrain divides, etc. are used first of all.



kácie vyšších kategórií, terénne predely a pod. Vhodné je vychádzať zo sčítacích urbanistických obvodov, stanovených pre pravidelné sčítanie ľudu, s prípadným ich zlučovaním do väčších celkov, nakoľko pre toto členenie sú k dispozícii potrebné štatistické údaje. Vhodná je aj homogenizácia dopravných okrskov podľa funkcie územia, pričom sa odporúča jemnejšie členenie územia v intenzívne zastavaných častiach. Odporúča sa, aby v mestách boli dopravné okrsky tvorené do veľkosti cca 5000 obyvateľov alebo iných štrukturálnych veličín, čo zabezpečuje dostatočnú presnosť modelovania.

Pokiaľ je riešeným územím okres, je vhodné prideliť každému sídelnému útvaru samostatný dopravný okrsek, pričom jeho hranice tvoria katastrálne hranice a ťažisko okrsku je v ťažisku sídelného útvaru. Okresné mesto je vhodné v tomto prípade členiť na niekoľko okrskov podľa prevládajúcich funkcií, prípadne ako samostatné okrsky vyčleniť k mestu pridružené sídelné útvary.

Aj územie kraja alebo regiónu by bolo vhodné takto členiť, ale súčasne kraje majú 300 až 500 sídelných útvarov a modelovanie prepravného procesu v takomto rozsahu dopravných okrskov by bolo veľmi práce a náročné na výpočtovú techniku. Ako vhodnejšie sa javí zlučovanie menších susedných sídelných útvarov do jedného dopravného okrsku. Podmienkou ale je, aby tieto sídelné útvary boli dopravne obsluhované podľa možnosti tými istými dopravnými trasami, čo vyhovuje hlavne v bočných údoliach, kde je dopravná obsluha zabezpečovaná jedinou cestou a obyčajne aj jedinou linkou SAD. Určitým problémom je v takomto prípade určenie ťažiska okrsku.

V prípade modelovania celého územia Slovenskej republiky by bolo najvhodnejšie členenie územia na okresy, pričom jeden dopravný okrsek by tvorilo vždy územie okresného mesta, zvyšok okresu by tvoril jeden alebo dva okrsky.

Pre navrhované členenie územia sa následne musia zhromaždiť potrebné údaje o štrukturálnych veličinách (atraktivitách), ako aj základné charakteristiky prepravného procesu. Pokiaľ je súčasťou prác aj prognóza, musia byť k dispozícii aj údaje o ŠV pre návrhové obdobia prognózy.

Moderné metódy modelovania prepravných požiadaviek vyžadujú detailné členenie štrukturálnych veličín v území, aby vystihovali všetky možné aktivity. Pritom niektoré skupiny obyvateľstva vykonávajú aktivity, ktoré iné skupiny nevykonávajú, napríklad do práce chodí len skupina ekonomicky aktívnych, do školy len skupina žiakov a študentov. Naproti tomu niektoré aktivity vykonávajú všetky skupiny obyvateľstva.

V súčasnosti sa pri modelovaní prepravných vzťahov bežne člení obyvateľstvo (minimálne) do týchto základných skupín:

- ekonomicky aktívne obyvateľstvo,
- žiaci základných škôl,
- študenti stredných a vysokých škôl,
- ekonomicky pasívne obyvateľstvo (dôchodcovia, ženy v domácnosti, nezamestnaní, telesne a mentálne postihnutí),
- deti predškolského veku,
- celkový počet obyvateľov (ako súčet všetkých skupín).

It is advisable to follow the census urban zones, appointed for regular censuses, or their incorporation into bigger units, as there are necessary statistic data for this division. It is also suitable to homogenize transport zones according to the territory function, and overbuilt areas should be divided precisely. In towns it is advisable to create transport zones up to 5000 inhabitants or other structural parameters, which secures a sufficient precision of the modeling.

If the solved area is a district, it is suitable to allocate a separate transport zone to each settlement formation. Its boundaries would agree with the cadastral boundaries and the zone center would be in the center of the settlement formation. In this case it is advisable to divide the district capital into several zones according to their prevailing functions, or to create separate zones of the settlement formations associated to the town.

It would be suitable to use this kind of division for a region territory, too, but the present regions have 300 – 500 settlement formations and modeling the transportation in such a number of transport zones would be too difficult and would make great demands on hardware and software. A better option seems to consolidate smaller neighboring settlement formations into one transport zone. But there is a condition to service these settlement formations on the same transport routes, which is very suitable in the side valleys where the transport service is provided on the single road and usually by a single bus line. In this case, however, to determine the zone center can be a problem.

If the whole Slovak Republic was modeled it would be the most appropriate to divide its territory into districts, while one transport zone would agree with the territory of the district capital. The rest of the district would form one or two zones.

Consequently, the necessary data about structural parameters (interactivities), and basic characteristics of the transportation process must be gathered for the proposed territory division. If a prognosis is a part of the works, the data about SV for the prognosis proposal periods must be available.

Modern methods of transportation requirements modeling require a detailed division of structural parameters in the territory, so that they cover all possible activities. Some population groups perform the activities, which other groups do not, e.g. only the group of economically active people goes to work, and only the group of pupils and students go to school. On the other hand some activities are performed by all groups of the population.

At present the common division of the population for the modeling of the transportation relations is into these basic groups:

- economically active population
- basic school pupils
- secondary school and university students
- economically passive population (pensioners, housewives, unemployed, physically or mentally disabled)
- pre-school children
- the total number of the inhabitants (as a sum of all groups)

Navyše medzi rozhodujúce štrukturálne veličiny vyjadrujúce ďalšie aktivity patria:

- pracovné príležitosti celkom,
- pracovné príležitosti v terciárnom sektore,
- žiacke miesta v základných školách,
- študentské miesta v stredných a vysokých školách.

Známe sú z literatúry aj detailnejšie členenia skupín navyše podľa disponibility osobného auta, ale aj detailnejšie členenie žiakov na 1. a 2. stupeň, alebo študentov na stredné, vysoké a učilištia. Obdobne je možné použiť aj ďalšie kapacitné parametre, hlavne pre cesty za kultúrou, športom a rekreáciou.

Záverom možno konštatovať, že modelovanie prepravného procesu si vyžaduje bezpodmienečne (minimálne) znalosť počtu obyvateľov a počtu pracovných príležitostí pre každý dopravný okrsok riešeného územia. Bez týchto údajov nie je možné prepravný proces modelovať, ani ho analyzovať v súčasnom stave a, samozrejme, ani prognózovať.

### 3. Modelovanie Žilinského kraja

Pri riešení výskumnej úlohy a jej aplikácii na konkrétnom príklade Žilinského kraja sa potvrdilo, že výber metód a celkového postupu modelovania prepravného a dopravného procesu je podmienený dostupnosťou relevantných vstupných údajov. Ide o detailnosť nutných územno-funkčných charakteristík (štrukturálnych veličín) a prepravných charakteristík (hybnosť, účely ciest, použité dopravné prostriedky, refazce ciest).

Navrhovaný postup modelovania zohľadňuje túto skutočnosť a navrhuje metódy a postupy, pre ktoré je možné získať pomerne hodnotovne hodnoty pre navrhované členenie územia s minimálnymi požiadavkami na finančne náročné prieskumy. Riešené územie Žilinského kraja je členené do 11 okresov. V kraji je 313 sídelných útvarov, v ktorých žilo v roku 1996 celkom 687 771 obyvateľov. Pre vlastné modelovanie bolo územie členené do 139 dopravných okrskov. Riešené územie je prepojené s okolím 23. cestnými trasami a 7. železničnými traťami.

Pre modelovanie prepravného procesu v Žilinskom kraji boli použité obidva základné postupy – agregovaný a dezagregovaný. S modelovaním prepravného procesu pomocou agregovaného postupu sú už praktické skúsenosti z územno-plánovacej alebo dopravno-inžinierskej dokumentácie miest. Pri riešení veľkých územných celkov bol výpočet prepravných vzťahov spracovaný jedine pri VÚC Vysokých Tatier v roku 1984 na základe vykonaného dopravno-sociologického prieskumu (DSP). Dezagregované postupy u nás ešte neboli vôbec použité. Nakoľko sa ich používanie vo vyspelých krajinách rozširuje, bol za tým účelom zakúpený softvérový program VISEM, nakoľko modelovanie prepravného procesu týmto zložitým postupom bez špeciálneho programu nie je prakticky možné. Aby boli k dispozícii potrebné vstupné podklady, boli spracované z výsledkov DSP aj požadované zostavy pre tento postup.

In addition, among the crucial structural parameters expressing other activities there are:

- the opportunities of work in all
- the opportunities of work in the tertiary sector
- pupil places in basic schools
- student places in secondary schools and universities

From literature there are known even more detailed divisions of groups, e.g. according to the disposability of a car, or the division of pupils into the first and the second grades and students into secondary schools, vocational schools and universities. Similarly, it is possible to use other capacity parameters, especially for the culture, sport and recreation trips.

To conclude, it can be said that the transportation process modeling requires at least the knowledge of the population and the number of work opportunities in each transport zone of the solved territory. It is impossible to model the transportation process, to analyze its present state, nor to prognosticate without these data.

### 3. Modeling of the region of Žilina

When working on the research project and its application on the concrete example of the region of Žilina, it was asserted that the choice of methods as well as the overall method of modeling the transport and transportation process depends on the accessibility of the relevant input data. This concerns the detailed character of the necessary functional territory description (structural parameters) and transport description (dynamics, road functions, means of transport used, trip strings).

The proposed method of modeling takes this fact into account and it suggests such methods as to be able to get quite valid parameters for the suggested structuring of the territory while minimum demands are placed on the particularly costly surveys. The region of Žilina subject to research is structured into 11 districts. There were 313 urban points, inhabited by 687.771 people in 1996. For the modeling proper, the territory was divided into 139 transportation zones. The territory subject to research is connected with the surrounding area by 23 road lines and 7 railway lines.

For the modeling of transport in the region of Žilina, two main methods were used – aggregated and disaggregated. The modeling of transport by means of the aggregated method is already backed by previous experience from regional planning and transport engineering documentation of cities. As for the solutions of major territory units, the only calculation of transport relations was made for the VÚC (territory administration region) Vysoké Tatry in 1984 based on the transport sociological survey (TSS). No disaggregated methods have so far been used in our country. Because their use in the developed countries is expanding, the software VISEM was bought for the above purpose, as modeling of transport by means of such a complicated method is rendered practically impossible without a special program. To get the necessary input data, the findings of the TSS were processed into configurations necessary for this method.

Prieskum bol vykonaný v mesiacoch október až december 1998. V priebehu roka 1999 boli dotazníky spracované. Vyhodnotených bolo celkovo 4 182 domácnosti so 14 492 osobami. Pri vyhodnocovaní ciest sa zistilo, že treba z tohto vyhodnotenia s ohľadom na neúplnosť častí osôb vylúčiť, teda v týchto zostavách sú spracované výsledky 12 520 osôb. Táto vzorka bola nedostatočná na vytvorenie matice prepravných vzťahov, ale dostatočná na určenie priemerných hybností jednotlivých skupín obyvateľstva, ako aj matic ciest podľa zdrojového a cieľového účelu ich ciest a delby prepravnej práce medzi použité druhy dopravy. Výsledky prieskumu boli samostatne spracované pre mestá a pre vidiecke sídla, nakoľko sa ukázali značné rozdiely správania sa skupín obyvateľstva. V nasledujúcej tabuľke sú prezentované základné výsledky prieskumu,

The survey was made in the months between October and December 1998. In the course of 1999 questionnaires were processed. The survey included a total of 4 182 households with 14 492 persons. When roads were assessed, it was found that some of the persons had to be excluded for lack of data, therefore the configurations cover the information obtained from 12 520 persons. This sample wasn't sufficient for creation of the matrix of transport relations, however, it was sufficient for the determination of average dynamics of individual groups of population, as well as matrices of trips according to origin and destination purpose of their trips and the distribution of transport as between the means of transport used. The results of the survey were processed individually for cities and country, because considerable differences

Výpočet hybnosti a ciest pre jednotlivé skupiny obyvateľstva a celkom

| Sledovaný údaj                                          | Územie | EsA    | EnA    | NEsA  | NEnA   | Žiaci  | Štud.  | Deti  | Celkom  |
|---------------------------------------------------------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|---------|
| <b>PRIESKUM:</b>                                        |        |        |        |       |        |        |        |       |         |
| 1. Vyhodnocovaných osôb celkom                          | mestá  | 1738   | 1619   | 232   | 806    | 538    | 1441   | 310   | 6684    |
|                                                         | vidiek | 1316   | 1424   | 187   | 1160   | 558    | 823    | 368   | 5836    |
|                                                         | spolu  | 3054   | 3043   | 419   | 1966   | 1096   | 2264   | 678   | 12520   |
| 2. Mobilných osôb Celkom                                | mestá  | 1621   | 1475   | 133   | 440    | 502    | 1149   | 104   | 5424    |
|                                                         | vidiek | 1161   | 1236   | 75    | 428    | 487    | 654    | 91    | 4132    |
|                                                         | spolu  | 2782   | 2711   | 208   | 868    | 989    | 1803   | 195   | 9556    |
| 3. Necestujúcich osôb Celkom                            | mestá  | 117    | 144    | 99    | 366    | 36     | 292    | 206   | 1260    |
|                                                         | vidiek | 155    | 188    | 112   | 732    | 71     | 169    | 277   | 1704    |
|                                                         | spolu  | 272    | 332    | 211   | 1098   | 107    | 461    | 483   | 2964    |
| 4. Zistený počet ciest mobilných osôb                   | mestá  | 5125   | 4278   | 375   | 1195   | 1261   | 3418   | 251   | 15903   |
|                                                         | vidiek | 3337   | 3272   | 204   | 1041   | 1118   | 1767   | 202   | 10941   |
|                                                         | spolu  | 8462   | 7550   | 579   | 2236   | 2379   | 5185   | 453   | 26844   |
| 5. Hybnosť mobilných ciest/mob. osobu/deň               | mestá  | 3,162  | 2,900  | 2,820 | 2,716  | 2,512  | 2,975  | 2,413 | 2,932   |
|                                                         | vidiek | 2,874  | 2,647  | 2,720 | 2,432  | 2,296  | 2,702  | 2,220 | 2,648   |
|                                                         | spolu  | 3,042  | 2,785  | 2,784 | 2,576  | 2,405  | 2,876  | 2,323 | 2,809   |
| 6. Priemerná hybnosť príslušnej skupiny ciest/obyv./deň | mestá  | 2,949  | 2,642  | 1,616 | 1,483  | 2,344  | 2,372  | 0,810 | 2,379   |
|                                                         | vidiek | 2,536  | 2,298  | 1,091 | 0,897  | 2,004  | 2,147  | 0,549 | 1,875   |
|                                                         | spolu  | 2,771  | 2,481  | 1,382 | 1,137  | 2,171  | 2,290  | 0,668 | 2,144   |
| 7. Podiel mobilných osôb skupiny z celku                | mestá  | 29,886 | 27,194 | 2,452 | 8,112  | 9,255  | 21,184 | 1,917 | 100,00  |
|                                                         | vidiek | 28,098 | 29,913 | 1,815 | 10,358 | 11,786 | 15,828 | 2,202 | 100,00  |
|                                                         | spolu  | 29,113 | 28,370 | 2,177 | 9,083  | 10,350 | 18,868 | 2,041 | 100,00  |
| 8. Podiel ciest mobilných osôb skupiny z celku          | mestá  | 32,227 | 26,901 | 2,358 | 7,514  | 7,929  | 21,493 | 1,578 | 100,00  |
|                                                         | vidiek | 30,500 | 29,906 | 1,865 | 9,515  | 10,218 | 16,150 | 1,846 | 100,00  |
|                                                         | spolu  | 31,523 | 28,125 | 2,157 | 8,330  | 8,862  | 19,315 | 1,688 | 100,00  |
| <b>SKUTOČNOSŤ:</b>                                      |        |        |        |       |        |        |        |       |         |
| 9. Celkom osôb prísl. skupiny v rieš. území             | mestá  | 47364  | 83208  | 13907 | 100596 | 46104  | 28949  | 36884 | 357012  |
|                                                         | vidiek | 38062  | 74927  | 13328 | 104331 | 40347  | 25080  | 32278 | 328353  |
|                                                         | spolu  | 85426  | 158135 | 27235 | 204927 | 86451  | 54029  | 69162 | 685365  |
| 10. Celkom ciest prísl. Skupiny v rieš. území           | mestá  | 139667 | 219866 | 22479 | 149147 | 108062 | 68666  | 29864 | 737750  |
|                                                         | vidiek | 96514  | 172164 | 14540 | 93628  | 80839  | 53847  | 17718 | 529250  |
|                                                         | spolu  | 236181 | 392030 | 37019 | 242775 | 188900 | 122513 | 47582 | 1267000 |

**Mestá:** Bytča, Čadca, Turzovka, Dolný Kubín, Kysucké Nové Mesto, Liptovský Mikuláš, Liptovský Hrádok, Martin, Vrútky, Námestovo, Ružomberok, Turčianske Teplice, Tvrdošín, Trstená, Žilina, Rajec

Calculation of dynamics and trips for individual population groups and the total

| The data observed                                                   | Territory | E+c    | E-c    | NE+c  | NE-c   | Pupils | Stud.  | Children | Total   |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|----------|---------|
| <b>SURVEY:</b>                                                      |           |        |        |       |        |        |        |          |         |
| 1. Total of persons evaluated                                       | Cities    | 1738   | 1619   | 232   | 806    | 538    | 1441   | 310      | 6684    |
|                                                                     | Country   | 1316   | 1424   | 187   | 1160   | 558    | 823    | 368      | 5836    |
|                                                                     | Total     | 3054   | 3043   | 419   | 1966   | 1096   | 2264   | 678      | 12520   |
| 2. Total of mobile persons                                          | Cities    | 1621   | 1475   | 133   | 440    | 502    | 1149   | 104      | 5424    |
|                                                                     | Country   | 1161   | 1236   | 75    | 428    | 487    | 654    | 91       | 4132    |
|                                                                     | Total     | 2782   | 2711   | 208   | 868    | 989    | 1803   | 195      | 9556    |
| 3. Total of persons not traveling                                   | Cities    | 117    | 144    | 99    | 366    | 36     | 292    | 206      | 1260    |
|                                                                     | Country   | 155    | 188    | 112   | 732    | 71     | 169    | 277      | 1704    |
|                                                                     | Total     | 272    | 332    | 211   | 1098   | 107    | 461    | 483      | 2964    |
| 4. The number of journeys of mobile persons                         | Cities    | 5125   | 4278   | 375   | 1195   | 1261   | 3418   | 251      | 15903   |
|                                                                     | Country   | 3337   | 3272   | 204   | 1041   | 1118   | 1767   | 202      | 10941   |
|                                                                     | Total     | 8462   | 7550   | 579   | 2236   | 2379   | 5185   | 453      | 26844   |
| 5. Dynamics of mobile journeys/mob. person/day                      | Cities    | 3,162  | 2,900  | 2,820 | 2,716  | 2,512  | 2,975  | 2,413    | 2,932   |
|                                                                     | Country   | 2,874  | 2,647  | 2,720 | 2,432  | 2,296  | 2,702  | 2,220    | 2,648   |
|                                                                     | Total     | 3,042  | 2,785  | 2,784 | 2,576  | 2,405  | 2,876  | 2,323    | 2,809   |
| 6. Average dynamics of the respective group journeys/population/day | Cities    | 2,949  | 2,642  | 1,616 | 1,483  | 2,344  | 2,372  | 0,810    | 2,379   |
|                                                                     | Country   | 2,536  | 2,298  | 1,091 | 0,897  | 2,004  | 2,147  | 0,549    | 1,875   |
|                                                                     | Total     | 2,771  | 2,481  | 1,382 | 1,137  | 2,171  | 2,290  | 0,668    | 2,144   |
| 7. Ratio of mobile persons of the group of the total                | Cities    | 29,886 | 27,194 | 2,452 | 8,112  | 9,255  | 21,184 | 1,917    | 100,00  |
|                                                                     | Country   | 28,098 | 29,913 | 1,815 | 10,358 | 11,786 | 15,828 | 2,202    | 100,00  |
|                                                                     | Total     | 29,113 | 28,370 | 2,177 | 9,083  | 10,350 | 18,868 | 2,041    | 100,00  |
| 8. Ratio of journeys of mobile persons of the group of the total    | Cities    | 32,227 | 26,901 | 2,358 | 7,514  | 7,929  | 21,493 | 1,578    | 100,00  |
|                                                                     | Country   | 30,500 | 29,906 | 1,865 | 9,515  | 10,218 | 16,150 | 1,846    | 100,00  |
|                                                                     | Total     | 31,523 | 28,125 | 2,157 | 8,330  | 8,862  | 19,315 | 1,688    | 100,00  |
| <b>REALITY:</b>                                                     |           |        |        |       |        |        |        |          |         |
| 9. Total of persons of the respective group in the territory        | Cities    | 47364  | 83208  | 13907 | 100596 | 46104  | 28949  | 36884    | 357012  |
|                                                                     | Country   | 38062  | 74927  | 13328 | 104331 | 40347  | 25080  | 32278    | 328353  |
|                                                                     | Total     | 85426  | 158135 | 27235 | 204927 | 86451  | 54029  | 69162    | 685365  |
| 10. Total of journeys of the respective group in the territory      | Cities    | 139667 | 219866 | 22479 | 149147 | 108062 | 68666  | 29864    | 737750  |
|                                                                     | Country   | 96514  | 172164 | 14540 | 93628  | 80839  | 53847  | 17718    | 529250  |
|                                                                     | Total     | 236181 | 392030 | 37019 | 242775 | 188900 | 122513 | 47582    | 1267000 |

**Cities:** Bytča, Čadca, Turzovka, Dolný Kubín, Kysucké Nové Mesto, Liptovský Mikuláš, Liptovský Hrádok, Martin, Vrútky, Námestovo, Ružomberok, Turčianske Teplice, Tvrdošín, Trstená, Žilina, Rajec

použitie pri modelovaní prepravného procesu agregovaným postupom.

Zhromaždenie rozhodujúcich štrukturálnych veličín (ŠV), potrebných pre modelovanie prepravného procesu v riešenom území Žilinského kraja nebolo jednoduché. Základom boli štatistické materiály pre jednotlivé okresy „Obce v číslach“. Niektoré potrebné údaje bolo možné priamo prevziať z tejto štatistiky (miesta v školách, celkový počet obyvateľov), niektoré odvodiť z členenia obyvateľstva na predproduktívny, produktívny a postproduktívny vek. Potrebné údaje o pracovných príležitostiach nie sú však štatisticky evidované v požadovanom rozsahu, pričom tieto údaje sú základným a nenahradiateľným vstupom. Spracovateľom nakoniec neostala iná možnosť, len obrátiť sa priamo na obecné zastupiteľstvá, aby poskytli

were found between the behaviors of the population groups. The following figure shows the basic results of the survey used with the modeling of transport via the aggregated method.

It wasn't easy to obtain the decisive structural parameters (SP) necessary for the modeling of transport in the region of Žilina subject to the research project. The basic material was represented by the statistics for individual districts "Districts in Numbers". Some necessary data could be taken directly from this statistics (places in schools, total number of citizens), others could be derived from the structuring of population into pre-productive, productive and post-productive age. However, the necessary data concerning employment opportunities are not statistically recorded in the desired extent, while these data are the basic and indispensable

tieto údaje, pričom sú si vedomí, že tieto sú niekedy skôr odborným odhadom ako presným štatistickým údajom. Z väčších sídiel, kde bola spracovaná územno-plánovacia dokumentácia, boli tieto údaje prevzaté, prípadne upravené na rovnaké časové obdobie. Výsledné hodnoty relevantných štrukturálnych veličín, potrebných na modelovanie prepravného procesu v členení po okresoch sú v nasledujúcom prehľade.

input. In the end, the researchers were left with no other possibility than to address the district authorities directly, and ask them to supply the data, while being aware of the fact that the data are more of an expert estimate than exact statistics. With major territories with available regional planning documentation, the data were taken or modified for the same period of time. Output values of the relevant structural parameters necessary for the modeling of transport structured by districts are shown in the table below.

| Č. okr. | Okres                   | Obyvateľov | Ekon. aktívne | Neaktívne | Žiaci | Študenti | Deti  | Prac. prílež. | Pp III.s. | Žiacke miesta | Štud. miesta |
|---------|-------------------------|------------|---------------|-----------|-------|----------|-------|---------------|-----------|---------------|--------------|
| 1       | Bytča                   | 30198      | 10419         | 10659     | 3779  | 2317     | 3024  | 6370          | 2482      | 3755          | 446          |
| 2       | Čadca                   | 91891      | 32625         | 30480     | 11957 | 7262     | 9566  | 21563         | 9636      | 11964         | 5553         |
| 3       | Dolný Kubín             | 38690      | 13644         | 12544     | 5249  | 3054     | 4199  | 15491         | 5384      | 5337          | 4057         |
| 4       | Kysucké Nové Mesto      | 33117      | 11912         | 11121     | 4137  | 2636     | 3310  | 8471          | 3506      | 4220          | 2103         |
| 5       | Liptovský Mikuláš       | 74629      | 26490         | 27057     | 8482  | 5815     | 6786  | 26023         | 14730     | 8459          | 6104         |
| 6       | Martin                  | 97835      | 35825         | 33663     | 11382 | 7858     | 9106  | 37440         | 17628     | 11670         | 7307         |
| 7       | Námestovo               | 53147      | 17996         | 15100     | 8830  | 4155     | 7065  | 11071         | 4674      | 8374          | 2885         |
| 8       | Ružomberok              | 59558      | 20895         | 21280     | 7094  | 4614     | 5675  | 21285         | 7836      | 7078          | 3893         |
| 9       | Turčianske Teplice      | 16905      | 5823          | 6583      | 1792  | 1273     | 1434  | 4078          | 2211      | 1713          | 1239         |
| 10      | Tvrdošín                | 33882      | 12044         | 10060     | 5031  | 2722     | 4025  | 10712         | 3656      | 4641          | 2698         |
| 11      | Žilina                  | 155513     | 55887         | 53611     | 18717 | 12323    | 14974 | 57469         | 28030     | 19244         | 12780        |
|         | Kraj celkom             | 685365     | 243562        | 232157    | 86451 | 54029    | 69162 | 219973        | 99773     | 86455         | 49065        |
|         | - z toho mestá          | 357012     | 130572        | 114501    | 46104 | 28948    | 36884 | 161292        | 71791     | 48801         | 45812        |
|         | - z toho vidiecke sídla | 328353     | 112989        | 117656    | 40347 | 25080    | 32278 | 58681         | 27982     | 37654         | 3253         |

| Distr. no. | District           | Number of citizens | Econom. active | Not active | Pupils | Stud. | Children | Job vacancy | J.V. III.s. | pupil places | Student places |
|------------|--------------------|--------------------|----------------|------------|--------|-------|----------|-------------|-------------|--------------|----------------|
| 1          | Bytča              | 30198              | 10419          | 10659      | 3779   | 2317  | 3024     | 6370        | 2482        | 3755         | 446            |
| 2          | Čadca              | 91891              | 32625          | 30480      | 11957  | 7262  | 9566     | 21563       | 9636        | 11964        | 5553           |
| 3          | Dolný Kubín        | 38690              | 13644          | 12544      | 5249   | 3054  | 4199     | 15491       | 5384        | 5337         | 4057           |
| 4          | Kysucké Nové Mesto | 33117              | 11912          | 11121      | 4137   | 2636  | 3310     | 8471        | 3506        | 4220         | 2103           |
| 5          | Liptovský Mikuláš  | 74629              | 26490          | 27057      | 8482   | 5815  | 6786     | 26023       | 14730       | 8459         | 6104           |
| 6          | Martin             | 97835              | 35825          | 33663      | 11382  | 7858  | 9106     | 37440       | 17628       | 11670        | 7307           |
| 7          | Námestovo          | 53147              | 17996          | 15100      | 8830   | 4155  | 7065     | 11071       | 4674        | 8374         | 2885           |
| 8          | Ružomberok         | 59558              | 20895          | 21280      | 7094   | 4614  | 5675     | 21285       | 7836        | 7078         | 3893           |
| 9          | Turčianske Teplice | 16905              | 5823           | 6583       | 1792   | 1273  | 1434     | 4078        | 2211        | 1713         | 1239           |
| 10         | Tvrdošín           | 33882              | 12044          | 10060      | 5031   | 2722  | 4025     | 10712       | 3656        | 4641         | 2698           |
| 11         | Žilina             | 155513             | 55887          | 53611      | 18717  | 12323 | 14974    | 57469       | 28030       | 19244        | 12780          |
|            | Region total       | 685365             | 243562         | 232157     | 86451  | 54029 | 69162    | 219973      | 99773       | 86455        | 49065          |
|            | - cities           | 357012             | 130572         | 114501     | 46104  | 28948 | 36884    | 161292      | 71791       | 48801        | 45812          |
|            | - country          | 328353             | 112989         | 117656     | 40347  | 25080 | 32278    | 58681       | 27982       | 37654        | 3253           |

Výpočet zdrojových a cieľových objemov v okrskoch sa vykonal metódou špecifických hybností podľa rozhodujúcich štrukturálnych veličín, pre zdroje a ciele ciest podľa účelov pre jednotlivé skupiny obyvateľstva. Výpočet smerovania prepravných prúdov bol vykonaný gravitačnou metódou s využitím odporovej funkcie v tvare  $f(w_{ij}) =$

Pp III.s The calculation of origin and destination volumes in the zones was made by means of the method of specific dynamics according to the decisive structural parameters for the origin and destination of trips according to the purposes for individual groups of population. The calculation of transportation flow ten-

$= L_{ij}^{\beta_{ij}}$ , pričom pre parameter  $\beta_{ij}$  bola odvodená rovnica z prieskumu vykonaného pre VÚC Vysoké Tatry v tvare  $\beta_{ij} = 1,66 + 9,05 / \ln L_{ij}$ .  $L_{ij}$  je vzdialenosť ťažísk okrskov po cestnej sieti udávaná v km. Okrajové podmienky pre matice boli splnené použitím Detroitskej metódy. Pri výpočte delby prepravnej práce sa v prvom kroku oddelili pešie cesty, pričom sa uvažovalo, že tieto sa vykonávajú len v rámci sídelného útvaru v podiele, ktorý zodpovedá veľkosti sídla. Na základe známych stupňov automobilizácie a obsluhy územia hromadnou dopravou, boli následne určené podiely ciest vykonaných ID a HD. Výpočet bol vykonaný pre celodenné vzťahy v smerovo vyrovnaných maticiach a pre ranné trojhodinové špičkové obdobie, ktoré je, samozrejme, smerovo nevyrovnané.

Pri modelovaní požiadaviek na premiestňovanie pri dezagregovanom postupe, bolo potrebné z vykonaného DSP vyhodnotiť aj refazce ciest jednotlivých skupín obyvateľstva, ktorých poznanie je nevyhnutné a je jednou zo základných podmienok možnosti použitia tohto postupu. Spracované sú refazce ciest všetkých skupín, s uvedením podielu príslušného refazca pre príslušnú skupinu. Niektoré refazce sa vyskytujú v rôznych skupinách, samozrejme s iným podielom. Celkovo sa vyskytuje 120 rôznych refazcov ciest. Nasledujúci prehľad charakterizuje správanie sa jednotlivých skupín obyvateľstva:

dency was made by using the gravitation method using the impedance function  $f(w_{ij}) = L_{ij}^{\beta_{ij}}$ , while for the parameter  $\beta_{ij}$  an equation was derived based on the research carried out for the VÚC Vysoké Tatry in the form of  $\beta_{ij} = 1.66 + 9.05 / \ln L_{ij}$ .  $L_{ij}$  is the distance between zone centres with respect to road lines in km. Other conditions for matrices were fulfilled by using the Detroid method. Upon calculation of the distribution of transportation work, the first phase was to separate the pedestrian trips, while it was held that these were only used within the urban unit in the proportion corresponding to its size. Based on the known degrees of automobilization and public transport operating in the area ratios of trips made by individual and public transport were determined. The calculation was made for full day relations in direction balanced matrices, and for the morning three hour peak periods, obviously not balanced as to direction.

The modeling of the requirements for transportation using the disaggregated method required to evaluate, on the basis of the TSS already done, the trip strings of individual population groups, the knowledge of which is indispensable and it is one of the basic conditions of using this method. Trip strings of all the groups are processed, and the proportion of the respective string with respect to the respective group is stated. Some strings can be found in several groups, obviously with a different proportion. The number of different trip strings totals 120. The following table describes the behaviour of individual population groups:

| Skupina obyvateľstva                 | Priemerný počet ciest na refazec | Maximálny počet ciest na refazec | Priemerný počet odchodov z domu | Počet rôznych refazcov |
|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------|
| EsA - ekonomicky aktívne s autom     | 2,44                             | 8                                | 1,24                            | 61                     |
| EnA - ekonomicky aktívne bez auta    | 2,30                             | 7                                | 1,21                            | 47                     |
| NesA - ekonomicky neaktívne s autom  | 2,18                             | 8                                | 1,28                            | 19                     |
| NenA - ekonomicky neaktívne bez auta | 2,16                             | 6                                | 1,19                            | 26                     |
| Š - študenti                         | 2,16                             | 8                                | 1,33                            | 44                     |
| Ž - žiaci                            | 2,05                             | 4                                | 1,18                            | 16                     |
| D - deti                             | 2,13                             | 5                                | 1,09                            | 15                     |
| Celkom                               | 2,27                             | 8                                | 1,24                            | 120                    |

| Population group                             | Average number of trips per string | Maximum number of trips per string | Average number of home departures | No. of different strings |
|----------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| E+c - economically active with a car         | 2.44                               | 8                                  | 1.24                              | 61                       |
| E-c - economically active without a car      | 2.30                               | 7                                  | 1.21                              | 47                       |
| NE+c - economically not active with a car    | 2.18                               | 8                                  | 1.28                              | 19                       |
| NE-c - economically not active without a car | 2.16                               | 6                                  | 1.19                              | 26                       |
| Stud - students                              | 2.16                               | 8                                  | 1.33                              | 44                       |
| Pup - pupils                                 | 2.05                               | 4                                  | 1.18                              | 16                       |
| Child - children                             | 2.13                               | 5                                  | 1.09                              | 15                       |
| Total                                        | 2.27                               | 8                                  | 1.24                              | 120                      |

Vlastný výpočet prepravných vzťahov sa vykonal programom VISEM. Prvým krokom je výpočet zdrojových objemov ciest v každom okrsku, vypočítaný na základe tam býajúceho obyvateľstva. Toto je samozrejme členené do skupín, ako v predošlom postupe. Druhým rozhodujúcim vstupom sú refazce ciest pre jednotlivé skupiny obyvateľstva, ale aj denný priebeh ciest podľa jednotlivých cieľových účelov. Smerovanie ciest program vypočíta z refazcov ciest tak že postupne určuje ciele jednotlivých ciest refazca na

The calculation of transport relations itself was made via the program VISEM. The first step is the calculation of origin volumes in each zone, calculated on the basis of the population living there. This population is, of course, separated into groups as we have seen above. The second important input are the trip strings for individual population groups, as well as the day to day course of trips according to individual destination purposes. The direction of trips is calculated by the program in such a way that it continually deter-

základe pravdepodobnosti, vypočítanej z údajov rozhodujúcich ŠV pre daný účel cesty ostatných okrskov a odporovej funkcie. Deľba prepravnej práce sa vypočíta pre každú cestu reťazca na základe disponibility individuálnych dopravných prostriedkov a pravdepodobnosti rozhodnutia jednotlivca pre voľbu použitého dopravného prostriedku (Logit model), pričom v rámci reťazca potom rozoznáva vymeniteľný a nevymeniteľný dopravný prostriedok. Vstupmi pre tento krok sú údaje o atribútoch dopravných prostriedkov a Logit – parametrov pre každú skupinu obyvateľstva. Výsledkom sú taktiež matice ciest jednotlivých druhov dopravy v celodenných a špičkových reláciách.

Pri modelovaní dopravného procesu, teda ponuky dopravných systémov, sú rovnaké postupy, či už požiadavky na premiestnenie boli počítané agregovaným alebo dezagregovaným postupom. Modelovanie dopravného procesu v zásade pozostáva z modelovania ponuky dopravných systémov v území a premietnutia požiadaviek na premiestnenie do týchto systémov. V zásade sa modeluje cestná sieť a sieť osobných hromadných dopráv v riešenom území. Sieť hromadných dopráv (železničná, autobusová, prípadne mestská hromadná doprava) sa modeluje spoločne, nakoľko je takto vnímaná cestujúcou verejnosťou ako alternatíva k individuálnej doprave. Pri modelovaní menších území (malé a stredné mestá, menšie okresy) je možné postupovať aj manuálne, pri väčších územiach je potrebné využívať programové vybavenie, nakoľko sa už stráca prehľad a pri určovaní minimálnych trás a rozložení zaťaženia môže dôjsť k značným omylom. V súčasnosti je najpoužívanejším softvérom pre tento krok program VISUM od firmy PTV Karlsruhe, ktorý bol zakúpený a použitý pre túto výskumnú úlohu. Predmetný softvérový program vyžaduje značné množstvo vstupných údajov, ktoré sú v zásade dostupné, ich spracovanie ale prácne.

Pre modelovanie cestnej siete boli využité podklady Slovenskej správy ciest (pasport siete). Do modelu vstupovali diaľničné úseky a všetky úseky ciest I. a II. triedy, z ciest III. triedy len tie úseky, ktoré zabezpečujú prístup do jednotlivých sídelných útvarov z ciest vyššieho významu, alebo vzájomné prepojenie sídelných útvarov. Koncové úseky ciest III. triedy, ktoré vedú ďalej až po koniec údolia a nie sú už ďalej prepojené na iné sídelné útvary, neboli do modelu zahrnuté. Obdobne je modelovaná aj železničná sieť, pozostávajúca z uzlov (stanice) a úsekov, ako aj úseky cestnej siete, pomocou ktorých sú samostatné železničné uzly (stanice) pripojené na modelovanú cestnú sieť pre zaťažovanie individuálnou dopravou. Autobusová osobná hromadná doprava je prevádzkovaná po cestnej sieti a teda je už zahrnutá (úsekmi a uzlami) do modelu.

Do programu sa zadávajú povinné a nepovinné atribúty. Bez povinných atribútov nie je možné zostaviť konzistentný model, naproti tomu nepovinné dokáže program nahradiť štandardnými parametrami pri stavbe modelu siete. Pre uzly sú povinné atribúty: číslo uzla a jeho X- a Y-koordináty. Nepovinné sú kód, názov a typ uzla, ako aj údaj o tom, či je uzol zároveň zastávkou HD. Pre úseky sú povinné: číslo uzla začiatku a konca úseku, typ úseku, od ktorého sa odvíja zoznam prípustných dopravných systémov, ďalej pre ID kapacita, maximálna prípustná rýchlosť, najvyššia rýchlosť a stupeň dôležitosti úseku, pre HD štandardná rýchlosť. Nepo-

mines the destinations of individual trips based on expectation calculated from the statistics data for the given purpose of the trip in other zones and the impedance function. The distribution of transportation work is calculated for every trip of the string based on the availability of individual means of transport and the expectation of an individual decision for the choice of the means of transport used (Logit model), while within the string distinction is made as for the changable and unchangable means of transport. This results in trip matrices for individual transport means in full day and peak relations.

Modelling of the transportation process, i.e. the offer of transportation systems, requires the same methods, whether the transportation requirements are calculated via aggregated or disaggregated method. In fact, the modeling of transport consists in the modeling of the offer of transport systems in an area and the reflection of the requirements for transport into these systems. Generally, what is modelled is the road system and the system of public transport in the area subject to research. The system of public transport (railway, bus, or city public transport system) is modelled as a whole, because it is in this way that it is perceived by the public as an alternative to individual transport. The modeling of minor territories (small and mid-size cities, small districts) can also be done manually; the major territories require the use of software, because here transparency is lost, and the determination of minimum trips and distribution of loading can result in major incorrectness. At present, the most widely used software in this phase is the program VISUM of the firm PTV Karlsruhe, which was bought and used for the purposes of the project. The program in question requires a considerable amount of input data that are basically available, their processing, however, is quite demanding.

The modeling of road system makes use of the data supplied by the Slovak Road Administration ("passport" of the system). The model entails all high-ways and I-st and II-nd class roads. The III-rd class roads are only considered to the extent to which they provide access to individual territory units from the roads of higher importance, or the connection between territory units. Final sections of III-rd class roads going farther along the valley up to its end, and are not connected to other territory units were not taken into account in the model. The railway system is modelled likewise, consisting of nodes (stations) and sections, as well as sections of road system by which the nodes (stations) are connected to the modelled road system with respect to loading by individual transport. The public bus system operates on the road system and is therefore already a part of the model (via sections and nodes).

The program can be supplied with obligatory and optional attributes. A consistent model cannot be made without the obligatory attributes, while the optional attributes can be supplied by the program itself in the form of standard parameters for modeling of a system. The obligatory attributes for nodes include: the number of node and its X- and Y- coordinators. The optional attributes include the code, name and type of node, as well as information whether the node is a point of public transport stop as well. As for section, the obligatory attributes include: number of node at the beginning and end of section, type of section which is the basis of

vinné sú: číslo úseku a dĺžka úseku. Pre okrsky je povinným atribútom len číslo okrsku, nepovinné sú názov a typ okrsku, ako aj X- a Y- koordináty. Povinné atribúty na pripojenia okrskov na sieť sú číslo okrsku, ktorý sa pripája na sieť a číslo uzlu cez ktorý sa vykonáva pripojenie. Nepovinné sú typ pripojenia, smer pripojenia, dĺžka a čas na pripojenie, podiel z objemu ciest, ktorý sa realizuje cez tento prípojný bod, ako aj druhy dopravy, ktoré sa realizujú z tohto uzla.

Celkove je v modelovanej sieti Žilinského kraja 548 uzlov. Cestná sieť má 598 úsekov. Všetky úseky sú obojsmerné. Modelovaná železničná sieť pozostáva z 90 úsekov, ktoré sú taktiež obojsmerné. Navyše sú ešte modelované cestné úseky, pomocou ktorých je prepojená železničná doprava so základnou modelovanou cestnou sieťou. Týchto úsekov je celkom 16, pričom sú taktiež obojsmerné. Nakoniec sú dôležité pripojenia ťažísk okrskov na cestnú sieť. Pre každý okrsok sú zadané čísla prípojných bodov (uzlov), ktorých je minimálne jeden, maximálne päť a súčasne sú v tabuľke uvedené percentuálne podiely z objemu zdrojovej a cieľovej prepravy okrsku.

Takto do modelu zadaná dopravná sieť s prípojnými bodmi ťažísk jednotlivých dopravných okrskov, v ktorých sa predpokladá vznik a zánik prepravných nárokov, bola základom pre zaťažovanie dopravnej siete. Prepravné vzťahy riešeného územia sú vyjadrené vo výsledných maticiach prepravných vzťahov ( $139 \times 139$  okrskov). Dopravné systémy, predovšetkým cestnú dopravu zaťažuje podstatne aj doprava, ktorá má zdroje, ciele, prípadne oboje mimo riešeného územia. Ide o vonkajšiu zdrojovú alebo cieľovú dopravu a o tranzitnú dopravu. Nakoľko Slovenská správa ciest vykonala prakticky na celom riešenom území smerový prieskum zápisom EČV, bolo možné tieto výsledky prevziať ako podklad pre zaťažovanie cestnej siete.

Zaťaženie jednotlivých úsekov siete, vypočítané na základe matic prepravných vzťahov, sa musí samozrejme overovať so skutočným zaťažením. Pokiaľ vypočítané zaťaženie nezodpovedá skutočnému, treba sa pomocou spätných väzieb vracať k predošlým krokom výpočtu prepravných vzťahov a ich korekciami docieľiť zhodu skutočného zaťaženia s výpočtom. Pomocou týchto spätných väzieb sa vlastne kalibrujú použité parametre na súčasnom stave. Vykonané výpočty dokumentujú, že navrhovaná metodika modelovania prepravného a dopravného procesu je správna, overená na modelovaní v Žilinskom kraji.

#### 4. Záver

Úlohou modelovania prepravného a dopravného procesu v rámci výskumnej úlohy bolo poukázať na moderné dopravné inžinierske postupy a metódy, používané v súčasnosti v krajinách s vysokým stupňom automobilizácie pri riešení dopravných problémov v území. Odskúšanie týchto metód na konkrétnom území Žilinského kraja demonštruje možnosti využívania týchto postupov aj u nás. Treba zabezpečiť odborne fundované návrhy, ktorých výsledkom budú kvalitné a ekologicky prijateľné dopravné riešenia, či už v mestách, ale aj vo vyšších správnych celkoch, ktorými

the list of possible transportation systems, in terms of IT it is capacity, maximum speed allowed, maximum speed and degree of section importance, in terms of PT it is standard speed. The optional ones include: number of section and its length. The only obligatory attribute for the connection of zones to the system is the number of the zone connected to the system and the number of the nod by which the connection is made. The optional ones include type of connection, direction of connection, length and time for connection, proportion in trip volume made via the nod, as well as transport means realized by this nod.

The model of the region of Žilina includes the total of 548 nodes. The road system has 598 sections. All the sections are two-way. The modelled railway system includes 90 sections that are also two-way. In addition, the model includes the road sections by which the railway system is connected with the basic road system modelled. The total of such sections is 16, while they are also two-way. In the end, an important role is played by the connection of zone centres to the road system. Each zone entails given numbers of connecting points (nodes) the number of which ranges from one to five, and at the same time the table shows the percentage of the volume of origin and destination transportation in a zone.

In this way, the model was supplied with a transport system with connecting nodes of the centres of individual zones, where origin and termination of transport requirements is expected, and it served as the basis for the loading of transport system. Transport relations of the area subject to research are shown in the output matrices of transport relations ( $139 \times 139$  zones). Transport systems, especially the road transport, however, are loaded to a considerable degree by the transport whose origin, destination or both lie outside the area in question. This concerns external origin or destination transport and transit transport. Because the Slovak Road Administration has carried out an extensive survey covering the whole area by recording EČV (vehicle identification number), it was possible to take the results over as the basis for road system loading.

As a matter of course, the loading of individual sections of the system calculated by means of transport relations matrices must be verified via the actual loading. In case the calculated loading does not correspond with the actual loading, it is necessary to return to the preceding steps by way of feedback, and to use correction to achieve correspondence between the actual loading and the calculation. The feedback is actually used to calibrate the parameters used in the present state. The calculations made show that the methodics suggested for the modeling of transport and transportation process is correct, verified with respect to the modeling in the region of Žilina.

#### 4. Conclusion

The aim of the modeling of transport and transportation process within the research project was to pinpoint some modern transport engineering methods used at present in countries with a high degree of automobilization with respect to solving the transport problems in the area. The testing of these methods in the concrete case of the region of Žilina proves the possibility of using such methods in our country as well. It is necessary to provide



sú okresy a kraje. Modelovať tak rozsiahle územie je možné len s podporou vhodného softvérového programu.

Nakoľko u nás v súčasnosti nie je k dispozícii takýto program, bol nakoniec zakúpený softvérový program VISION od firmy PTV Karlsruhe, ktorý pozostáva z častí pre modelovanie dopytu – VISEM a z častí pre modelovanie ponuky – VISUM. Zakúpený program umožňuje členiť riešené územie do 200 dopravných okrskov, s maximálnym počtom 1000 uzlov a 2500 úsekov na dopravných sieťach. Tento rozsah by v zásade mal byť dostatočný pre riešenie veľkých územných celkov, regiónov, ale aj veľkých a stredných miest.

Ďalším cieľom tejto časti projektu bolo overenie navrhovanej metodiky modelovania na Žilinskom kraji. Pre riešené územie sú k dispozícii dostatočné štatistické podklady o dopravných sieťach a ponuke existujúcich dopravných systémov. Na druhej strane prakticky žiadne údaje o požiadavkách na prepravu v osobnej doprave. Preto bolo nutné získať najnutnejšie údaje vykonaním dopravno-sociologického prieskumu aspoň v minimálnom požadovanom rozsahu. Jeho vykonanie a vyhodnotenie zabralo najviac času pri riešení tejto úlohy. Ďalšou neprijemnosťou bola absencia štatistických údajov o pracovných príležitostiach celkom a z toho v terciárnom sektore, v jednotlivých sídelných útvaroch. Aj tu bolo potrebné obrátiť sa na miestne zastupiteľstvá, aby poskytli potrebné údaje, pokiaľ ich nemajú, tak aspoň odborným odhadom. Tieto údaje sú spolu s údajmi o miestach v školách a demografií obyvateľstva bezpodmienečne nutné pre moderné postupy modelovania prepravného procesu.

Záverom možno konštatovať, že výskumný projekt navrhuje reálnu metodológiu modelovania prepravného a dopravného procesu s využívaním moderných postupov vo veľkých územných celkoch, overenú na Žilinskom kraji. Nakoľko doteraz nebol v takomto území v praxi riešený žiaden plánovací dokument na úseku dopravy pomocou znalostí prepravného procesu, hoci to platná legislatíva vyžaduje, treba požiadať Ministerstvo životného prostredia a Ministerstvo dopravy, pôšt a telekomunikácií SR ako príslušné pre územno-plánovacia a dopravno-inžiniersku dokumentáciu, aby dopravné riešenia veľkých územných celkov boli spracovávané v zmysle legislatívy. Takéto modelové riešenie by bolo vhodné postupne spracovať aj pre všetky nižšie (okresy) a vyššie (kraje, príp. VÚC) územnosprávne celky. Jedine takýmto komplexným riešením možno zabezpečiť optimálnu obsluhu príslušného územia a kvalitnú dostupnosť jeho územnosprávneho centra. Vzhľadom na potrebné personálne a technické vybavenie (hardvér, softvér) takéhoto pracoviska, bolo by vhodné, aby sa vytvorila organizácia, ktorá by zabezpečovala trvale nutnú dopravno-inžiniersku službu pre spracovávanú územno-plánovacia a dopravno-inžiniersku dokumentáciu, a to modelovaním prepravného a dopravného procesu modernými postupmi a metódami.

Bolo by asi nezodpovedné, keby sa výsledky tejto výskumnej úlohy následne nevyužívali v praxi, nakoľko by sa naďalej zväčšovala disproporcia medzi požiadavkami na premiestňovanie a optimálnym rozvojom dopravných systémov, čo by malo za následok ďalšie prehlbovanie dopravných problémov. Na druhej strane by

profesionally founded proposals, the outcome of which will be quality and ecologically acceptable transport solutions, whether in cities or in territory administration units like regions and districts. Modelling of an area of this size can only be facilitated with an aid of an appropriate software.

Due to the fact that such program is not available in our country at the time, the software VISION of the firm Karlsruhe was bought in the end, which consists of the part for modeling the demand – VISEM and the part for modeling the offer – VISUM. The software bought makes it possible to structure the territory subject to research into 200 transport zones with a maximum amount of 1000 nodes and 2500 sections in transport systems. This extent should be sufficient for the solution of major territory units, regions, as well as big and mid-size cities.

Another aim of the project was the verification of the proposed methodics of modeling in the region of Žilina. There are sufficient statistical data available for the area in question, describing transportation systems and their actual offer. Therefore it was necessary to obtain the most vital data via carrying out a transport sociological survey at least in the minimum extent required. The processing and assessment of the above was the most time-consuming part of the research. Another drawback was the absence of statistic data on employment opportunities in total, and out of that in tertiary sphere, by individual territory units. In this respect, also, it was necessary to address the local authorities to supply the necessary data, or an expert estimate in case they did not have them. These data are, together with the data on places at schools and population demography, indispensable for the modern methods of transport process modeling.

In conclusion, it can be stated that the research project suggests a real methodology of modeling of transport and transportation process while using modern methods in major territory units, verified on the region of Žilina. While with respect to such area there has never been practical experience with a transport planning document that would be based on the knowledge of transportation process, although this is required by law, it is necessary to ask the Ministry of Environment and the Ministry of Transport, Post and Telecommunications of the Slovak Republic as the respective institutions concerning regional planning and transport engineering documentation to implement transport solutions of major territory units in line with the valid law. Such model solution should be gradually processed for all the lower (districts) and higher (regions) territory units as well. It is only the complex solution of this kind that can allow for an optimal operation of the respective territory and high-standard accessibility of its administrative centre. With regard to the necessary staff and technical capacities (hardware, software) of such a laboratory it would be convenient to set up an organization that would continuously provide the always necessary transport engineering services for the regional planning and transport engineering documentation in preparation via modeling transport and transportation process by modern methods and procedures.

It would probably be irresponsible not to use the results of such a research project in real life, because the lack of proportion between requirements for transportation and the optimal development of transport systems would extend, which would result in further worsening of transportation problems. On the other hand,

bola škoda nevyužívať zakúpený kvalitný softvér, ale aj mladých odborníkov, vyškolených v tomto odbore. Modelové riešenie prepravného a dopravného procesu môže značne skvalitniť aj urbanistický návrh, pretože optimalizácia požiadaviek na premiestnenie je založená na správnom urbanistickom návrhu rozmiestnenia funkcií (aktivít ľudskej činnosti) v území.

it would be a pity not to use the high-standard software already bought, as well as the young experts educated in the field. In addition, model solution of transport and transportation process can be of great benefit to urban planning, because optimization of transportation requirements is based on proper urban planning of distribution of responsibilities (human activities) in the area.

## Literatúra – References

- [1] Obce v číslach 1996. Štatistické údaje o okresoch. Krajská správa ŠÚ SR Žilina, 1997
- [2] HOLLAREK, T., KUŠNIEROVÁ, J., KALAŠOVÁ, A.: *Analýza dopravno-sociologických prieskumov vykonaných v SR s vytypovaním všeobecných zákonitostí - Záverečná správa výskumnej úlohy č. PEDaS-8-17/1991*, VŠDS Žilina, Fakulta PEDaS, september 1994
- [3] Benutzerhandbuch VISEM, VISUM, PTV Karlsruhe, 1998
- [4] BRILON, W.: *Verkehrsplanung II*. Ruhr Universität Bochum, 1994
- [5] Zákon č. 50/1976 Zb. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku
- [6] KUŠNIEROVÁ J., HOLLAREK T.: *Metódy modelovania a prognózovania prepravného a dopravného procesu*. Monografia v rozsahu 161 strán, vrátane 75 tabuliek a 36 obrázkov. Vydala Žilinská univerzita v EDIS – vydavateľstve ŽU, marec 2000

Peter Kačala \*

## MOŽNOSTI KOMBINOVANEJ DOPRAVY V ŽILINSKOM KRAJI

### COMBINED TRANSPORT FEASIBILITIES IN THE ŽILINA REGION

*Kombinovaná doprava je jedným z možných spôsobov riešenia súčasných problémov životného prostredia v medzinárodnej preprave tovarov. Žilinský región má vhodnú geografickú polohu, výborné komunikačné možnosti a dostatočný potenciál na prepravu tovarov v systémoch KD, najmä v smere na západ. Zlepšenie ekonomickej situácie a uplatnenie logistiky v obehových procesoch dáva predpoklady na výstavbu a efektívne využitie moderného terminálu kombinovanej dopravy ako súčasť tovarového centra nákladnej dopravy v regióne.*

#### 1. Úvod

Kombinovaná doprava, sa definuje ako intermodálna preprava tovarov v jednej nákladovej jednotke (ISO kontajner, výmenná nadstavba prípadne celé nákladné vozidlo) najmenej dvoma druhmi dopravy, pričom počiatočná a koncová preprava cestnou nákladnou dopravou je čo možno najkratšia. Kombinovaná doprava sa v súčasnosti pri enormnom náraste cestnej nákladnej prepravy a z toho vyplývajúcich environmentálnych problémov považuje za jeden z možných spôsobov riešenia problému udržateľnej dopravy v Európe z dôvodov jej nižšieho zaťažovania životného prostredia.

Praktické poznatky z vykonávania kombinovanej dopravy ukazujú, že ak má byť kombinovaná doprava konkurencieschopná na liberalizovanom dopravnom trhu v Európe, musí spĺňať niekoľko základných podmienok:

- prepravná vzdialenosť má byť väčšia ako 300 – 400 km, vo výnimočných prípadoch, napr. prekonávaní mimoriadnych geografických prekážok, môže byť aj kratšia;
- preprava sa má vykonávať na pravidelných linkách kombinovanej dopravy, najlepšie v kyvadlových vlakoch s vyšším využitím prepravnej kapacity;
- kvalita dodania tovaru musí byť aspoň na úrovni cestnej nákladnej automobilovej dopravy.

Pri riešení problematiky kombinovanej dopravy z hľadiska menších územných celkov, ako sú malé európske krajiny napr. Slovensko respektíve ešte menších územných celkov napr. krajov je zrejmé, že kombinovaná doprava sa môže efektívne zabezpečiť len v prípade medzinárodnej prepravy tovarov.

V tomto článku sa analyzujú podmienky a možnosti efektívneho využitia kombinovanej dopravy v žilinskom regióne. Región je tvorený okresmi Žilinského kraja a okresmi v susediacich krajoch,

*Combined transport is considered to be one of possible ways of solution of the environment in international transport. The region of Žilina has a suitable geographic location, excellent communication possibilities and a sufficient potential for goods transport in combined transport systems. resulting from its geographical position. Improvement of the economic situation and utilisation of logistics in circulation processes create preconditions for building and efficient exploitation of a modern combined transport terminal as a part of freight village.*

#### 1. Introduction

Combined transport is defined as an intermodal transport of goods in one load unit (ISO container, swap body or the whole truck) by two transport modes at least, while the initial and the final transports by road freight traffic are as short as possible. Combined transport at present extreme increase of road freight traffic and environmental problems resulting from it is considered as one of possible ways of solution of sustainable transport in Europe owing to its lower loading of the environment.

Practical knowledge from combined transport performance show that combined transport to be competitive in the liberalised transport market in Europe must fulfil the following basic conditions:

- Transport distance will be longer than 300 – 400 km, however, in exceptional cases, e. g. overcoming extreme geographical obstacles, it can be shorter;
- Transport will be performed on regular combined transport lines, the best in shuttles with a better use of transport capacity;
- Quality of goods delivery will be on the level of road freight traffic at least.

From the point of view of smaller territorial units like small European countries, e.g. Slovakia or even smaller units, e. g. regions, it is apparent that the combined traffic can be provided effectively only in case of international goods transport.

Conditions and possibilities of effective use of combined transport in the Žilina region are analysed in this paper. The region comprises districts of the Žilina region and districts of neighbouring regions, which are within attraction radius (80 km) of Žilina

\* Ing. Peter Kačala, research worker  
Transport Research Institute of Žilina, E-mail: Kacala@vud.sk

ktoré sú v atrakčnom obvode (80 km) terminálov v Žiline a Ružomberku a sú, respektíve budú po dobudovaní diaľnice dopravne ľahko a rýchlo dosiahnuteľné.

## 2. Potenciál kombinovanej dopravy

Základným predpokladom pravidelných liniek kombinovanej dopravy medzi dvoma miestami je dostatočne silný a vyvážený prepravný prúd tovarov vhodných na prepravu v systémoch kombinovanej dopravy. Potenciál vyplýva z hospodárskej sily príslušného územia a jeho vzťahov so zahraničím, t. j. z množstva tovarov v medzinárodnej železničnej, cestnej a vodnej doprave v dovoze a vývoze v danom územnom celku. Na základe databáz železničnej a cestnej nákladnej medzinárodnej dopravy z roku 1999 bol odvodený potenciál kombinovanej dopravy (L2). Predstavuje druhy tovaru vhodného na prepravu v systémoch kombinovanej dopravy.

Potenciál kombinovanej dopravy v Žilinskom kraji, v tis. ton Tab. 1

| Región              | Import | Export | Spolu |
|---------------------|--------|--------|-------|
| Oblasť Žilina       | 264    | 399    | 663   |
| Okres Trenčín       | 33     | 167    | 200   |
| Žilina + Trenčín    | 297    | 566    | 863   |
| Región Ružomberok   | 24     | 264    | 288   |
| Okres Poprad        | 28     | 55     | 83    |
| Ružomberok + Poprad | 52     | 319    | 371   |
| Žilina + Ružomberok | 349    | 885    | 1234  |

Potenciál tovarov pre kombinovanú dopravu je sústredený v regióne do dvoch oblastí, v okrese Žilina a v okrese Ružomberok s viac ako dvojnásobným množstvom v okrese Žilina. Z tabuľky 1 vidieť, že vývoz v danom roku dvojnásobne prevyšoval dovoz. Z podrobnejšej analýzy smerov prepravy (L2) vyplýva, že preprava smerom na západ tvorí viac ako 50 % z celkového potenciálu kombinovanej dopravy, t. j. viac ako 600 tis. ton s relatívne vyváženým podielom dovozu a vývozu. Prepravy na juhovýchod, juhozápad a sever tvoria približne okolo 15 %, zvyšok sú prepravy na východ. Z uvedeného vyplýva, že podmienka dostatočnosti tovarových prúdov na efektívnu kombinovanú dopravu je splnená najmä v smere na západ a späť. Približne 5 % prepravy na západ smeruje do a z nemeckých, holandských a belgických prístavov.

Z uvedeného potenciálu bolo v roku 1998 v termináli v Žiline naložených 3,0 tis. ton a v termináli Ružomberok 3,38 tis. ton tovarov. V r. 1999 terminál v Žiline nepracoval a v termináli Ružomberok sa prepravilo 40,33 tis. ton. Množstvo prepraveného tovaru v roku 1999 predstavuje podiel len 3,27 % z potenciálu kombinovanej dopravy v regióne.

## 3. Dopravná dostupnosť a vybavenosť územia s infraštruktúrou pre kombinovanú dopravu

Cez Žilinský kraj prechádzajú významné železničné dopravné trasy vnútroštátnej a medzinárodnej dopravy. Sú to hlavné dopravné

and Ružomberok terminals and which will be easily and quickly accessible after completion of the motorway construction.

## 2. Combined Transport Potential

A basic assumption for regular combined transport lines between two localities is sufficiently strong and balanced traffic flow of goods suitable for transport in combined transport systems. Potential results from economic power of the respective territory and international railway, road and water transport and import and export in the specified territorial its foreign relationship, i. e. volume of goods in unit. On the base of international goods railway and road transport data in 1999 year a combined transport potential was derived. The potential are represented by goods which is appropriate for carriage in combined transport systems.

Combined Transport Potential in the Žilina region, Table 1  
in thous. ton

| Region              | Import | Export | Total |
|---------------------|--------|--------|-------|
| Žilina Region       | 264    | 399    | 663   |
| Trencin Region      | 33     | 167    | 200   |
| Žilina + Trencin    | 297    | 566    | 863   |
| Ružomberok District | 24     | 264    | 288   |
| Poprad District     | 28     | 55     | 83    |
| Ružomberok + Poprad | 52     | 319    | 371   |
| Žilina + Ružomberok | 349    | 885    | 1234  |

Goods potential for combined transport is concentrated in two districts: the Žilina district having more than double volume than the Ružomberok district. In the Table 1 it is shown that export exceeded import twice in the given year. From a more detailed analysis of traffic directions results that westwards transport constitutes 50% of total combined transport potential, i. e. more than 600 thous. ton with relatively balanced export-import share, south-east. South-west and north transports constitutes about 15 %, the rest is eastwards transport. From the above results that the condition of goods flow sufficiency for effective combined transport is fulfilled in westwards direction and back. Approximately 5 % of West transport is directed to and from Dutch, German and Belgium ports.

From the above potential 3.0 thous. ton were loaded in the Žilina terminal and 3,38 thous. ton in the Ružomberok terminal in 1998. In 1999 in the Žilina terminal 0 ton (terminal was out of operation) and in the Ružomberok terminal 40.33 thous. ton of goods. The volume of transported goods in 1999 constitutes only 3.27 % share of the combined transport potential in the region.

## 3. Transport Accessibility and Infrastructure Services of the Territory for Combined Transport

Important railway routes of the national and international transport pass the Žilina Region. These are main transport corri-

koridory stanovené projektom TINA (prístup na európsku dopravnú sieť pre asociované krajiny strednej a východnej Európy) a z hľadiska kombinovanej dopravy sa v meste Žilina križujú dve železničné trate zaradené do AGTC (Dohoda o najdôležitejších tratiach kombinovanej dopravy a súvisiacich objektoch), a to trate označené C-E 40 v smere západ – východ a C-E 63 v smere sever – juh. Trate sú v súčasnosti priechodné s menšími dopravnými obmedzeniami. V blízkosti oboch miest, Žiliny a Ružomberku, bude prechádzať diaľnica, pričom v Žiline sa budú križovať smery západ – východ a sever – juh.

V regióne sa nachádzajú dva terminály kombinovanej dopravy, ktoré boli vybudované pred rokom 1998 ako súčasť výstavby systému kontajnerovej dopravy. Terminály sú majetkom ŽSR a sú zmluvne prenajaté. Terminál v Žiline nie je v súčasnosti v prevádzke vzhľadom na útlm prepravy a obchodnú politiku operátora SKD INTRANS, a. s., ktorý je organizačnou zložkou ČSKD Intrans Praha, a. s., s majoritnou účasťou holandského kapitálu. Terminál v Ružomberku prevádzkuje český operátor, METRANS, s. r. o.

Teoretická kapacita kontajnerového prekladiska v Ružomberku je dostatočná na prepravu horeuvedeného potenciálu. Jestvujúci koľajový zariadenie umožňuje manipulovať len kontajnery veľkosti ISO 1C, prípadne výmenné nadstavby triedy C.

Projektovaná kapacita kontajnerového prekladiska v Žiline je len polovičná vzhľadom na prepravu možného potenciálu kombinovanej prepravy, nevyhovuje priestorovo, usporiadaním ani vybavením manipulačnými prostriedkami na manipuláciu kontajnerov väčších ako ISO 1C a na manipuláciu iných nákladových jednotiek kombinovanej dopravy.

#### 4. Návrh vybavenia infraštruktúry kombinovanej dopravy pre žilinský región

Napriek stagnácii prepravy po železnici a útlmu prepravy v kombinovanej doprave v rokoch 1990 – 1996 spôsobenej prechodom ekonomiky Slovenska na princípy trhov orientovanej ekonomiky očakávame, že významná dopravná poloha žilinského regiónu na križovatke dvoch smerov medzinárodnej prepravy spolu s očakávaným oživením ekonomiky Slovenska ako aj postupným uplatňovaním zásad logistiky ako spôsobu riadenia obehových procesov vytvorí impulz na rozvoj infraštruktúry kombinovanej dopravy. K zmene dopravnej orientácie v podstate nedošlo a smer prepravy západ – východ napriek súčasnému útlmu v budúcnosti nadobudne nové rozmery. Rovnako očakávame rozvoj prepravy v smere juh – sever z prístavov v Jadranskom mori. Zníženie železničnej prepravy sa prejavilo o. i. aj v niektorých projektoch týkajúcich sa žilinského regiónu. Ide najmä o zastavenie výstavby veľkej zriaďovacej stanice v Žiline – Teplicke. Túto lokalitu považujeme za perspektívnu z hľadiska výstavby tovarového centra nákladnej dopravy, ktorého súčasťou bude aj moderný terminál kombinovanej dopravy.

Vzhľadom na predpokladaný terminál kombinovanej dopravy a funkcie medzinárodného terminálu navrhujeme vybudovať terminál zmiešaného typu (II), vybavený na prekládku všetkých druhov

dors specified by the TINA project (access to the European transport network for associated countries of the Central and East Europe) and from the combined transport point of view two railway lines integrated in AGTC (Agreement on the Most Important Combined Transport Lines and Related Objects) cross the town of Žilina; the lines marked as C-E 40 West-East and C-E 63 North-South. At present the lines are through with short traffic limitations. The motorway will pass close to both towns Žilina and Ružomberok and there will be West-East and North-South directions crossed in Žilina.

There are two terminals of combined transport, which were built before 1998 as a part of the container transport system construction. Terminals are property of the Slovak Railways, a.s., which are rent on contract. The Žilina terminal is out of operation at present which is caused by both transport attenuation and trading policy of SKD INTRANS a. s. (Inc.) operator, which is the organized unit of CSKD Intrans Prague, a. s., with the Dutch capital majority participation. The terminal in Ružomberok is operated by the Czech operator METRANS Ltd.

A theoretical capacity of the container tranship centre in Ružomberok is sufficient for transport of the above stated potential. The existing track crane enables handling only ISO 1C containers or class C swap bodies.

A design capacity of the container trans-centre in Žilina is only half regarding the transport of the possible combined potential, it corresponds neither in space nor arrangement, nor equipment for handling containers bigger than ISO 1C, nor handling other load units of combined transport.

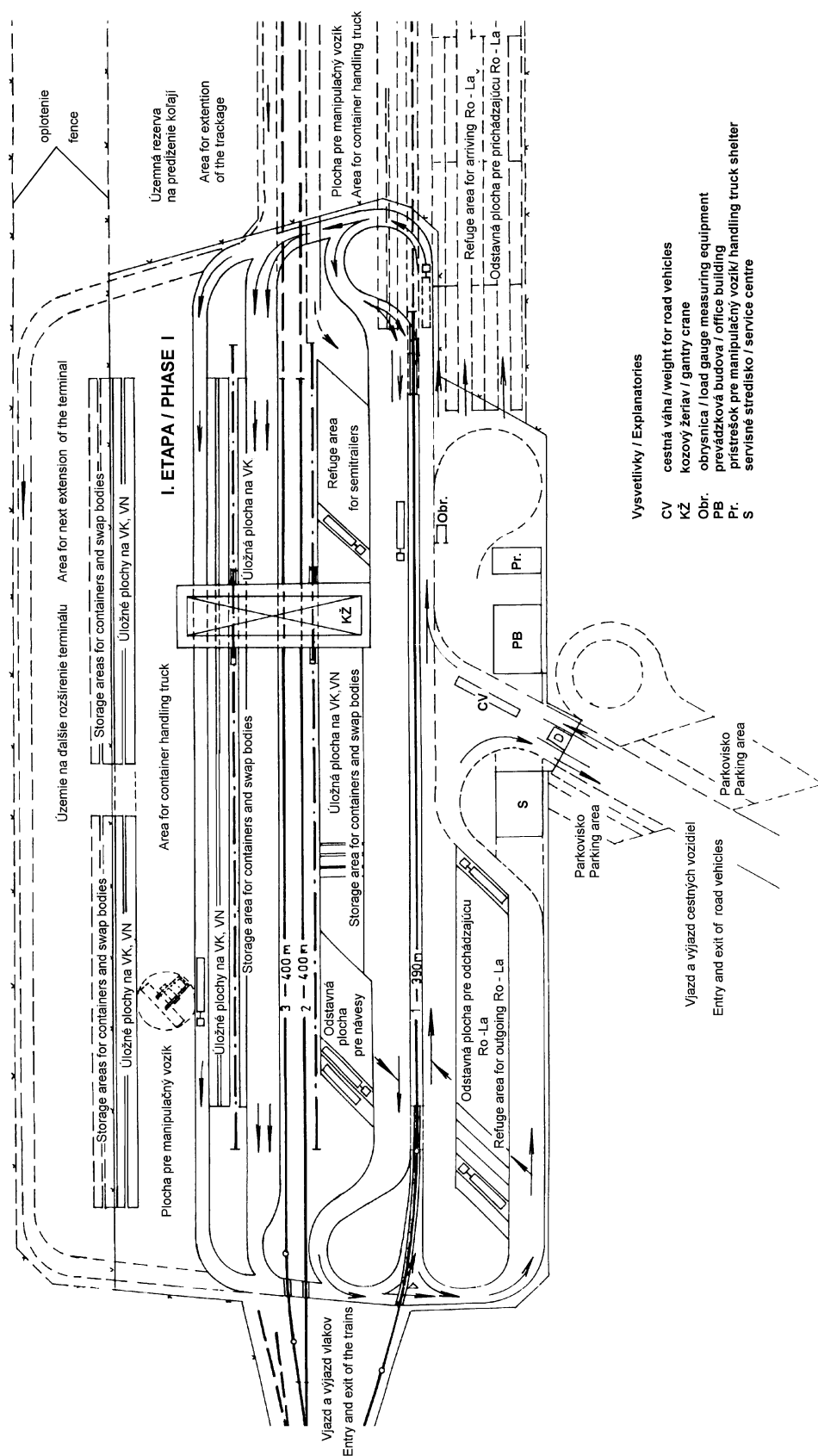
#### 4. Proposal for Infrastructure Services of Combined Transport for the Žilina Region

Despite a stagnation of transport on railways and attenuation of transport in combined transport during 1990 – 1996 caused by the transition to the market economy in Slovakia we expect that an important transport location of the Žilina region on the crossing of two directions of international transport together with expected revitalisation of the Slovak economy, as well as a gradual introduction of logistics as the way for circulation processes control make an impulse for a combined transport infrastructure development. Basically, the transport orientation has been not changed and West-East transport would acquire new dimensions despite attenuation of transport today. We also expect development of South-North transport from the Adriatic sea ports. Railway transport decrease was displayed in some projects concerning the Žilina region, e.g. stop of construction of the big marshalling yard in Žilina – Teplicka. We consider this location perspective from point of view of freight village construction, the part of which will be a modern terminal of combined transport.

Considering the supposed combined transport terminal and international terminal functions we suggest to build a mix type terminal (II class) equipped for transshipment of all types of combined transport load units. It will be the junction and border

## TERMINÁL KOMBINOVAŇ DOPRAVY ŽILINA / CT TERMINAL IN ŽILINA

## Dispozičné riešenie / Layout



*Obr. 1*

nákladových jednotiek kombinovanej dopravy. Bude to uzlový a pohraničný terminál s medzinárodným významom. Návrh terminálu je riešený alternatívne pre rozpätie koľajového žeriavu 27 m (alternatíva A), respektíve 22 m (alternatíva B) s možnosťou územného a kapacitného rozvoja na terminál vyššieho typu (I). Kapacita terminálu je odvodená z rozsahu jeho výstavby, t. j. v základnom alebo rozšírenom variante v prvej etape dosiahne kapacita 31 460 – 36 300 nákladových jednotiek kombinovanej dopravy za rok, t. j. 114 preložených nákladových jednotiek za 16 hod. a po rozšírení možno počítať s hodnotou od 190 do 248 preložených nákladových jednotiek za 16 hod, čo zodpovedá 52 433 – 68 566 zmanipulovaných nákladových jednotiek za rok. Terminál bude poskytovať colné služby s oprávnením pohraničnej colnice. Okrem toho bude zabezpečovať údržbu a opravu manipulačných prostriedkov. Rovnako bude zabezpečovať služby pre posádky automobilov v prepravách RoLa, vrátane ubytovacích kapacít. Obsluha terminálu predpokladá 22 - 45 pracovníkov – podľa rozsahu činností.

Predpokladané investičné náklady sú závislé od variantu a etapizácie výstavby a pohybujú sa od 250 mil. Sk do 315 mil. Sk v bežných cenách.

Schéma navrhovaného terminálu kombinovanej dopravy je na obrázku 1.

## 5. Záver

Žilinský región, najmä mesto Žilina, má výborné komunikačné možnosti na prepravu tovaru, ktoré vyplývajú z jeho geografických daností. Zaoštvá však v ekonomickej výkonnosti za najsilnejšími krajinami Slovenska. Nevyhnutnými predpokladmi na realizáciu uvedeného projektu je však aj zlepšenie hospodárskej situácie v Slovenskej republike, prílev zahraničného kapitálu najmä v oblasti výrobných a skladovacích kapacít a zavedenie princípov logistiky v obehových procesoch.

## Literatúra - References

- [1] KAČALA, P.: *Typové riešenie terminálov a technické prostriedky kombinovanej dopravy*, výskumný projekt, VÚD Žilina, 1994, Žilina
- [2] KAČALA, P.: *Model komunikačnej obsluhy územnosprávneho celku, č. ú. Kombinovaná doprava v riešenom území*, VÚD Žilina, 2000, Žilina

terminal of an international importance. The terminal is designed in two alternatives; for the track crane width of 27 m (A alternative) or 22 m (B alternative) with a possibility of territorial and capacity development of the advanced type terminal (I class). The terminal capacity is derived from the range of its construction, i. e. in the basic or extended alternative the capacity will reach 31460 – 36300 load units of the combined transport per year in the first stage; i.e. 114 transshipped load units per 16 hours and after its extension 190 – 248 load units are expected to be transshipped per 16 hours, which corresponds with 52433 – 68566 load units handled per year.

The terminal will provide customs services with the frontier customs authority. In addition it will provide services for maintenance and repair of handling equipment, as well as services for vehicle crews in RoLa transport, including lodging capacities. There are 22 – 45 operators expected in the terminal operation, depending on the range of activities.

Expected capital costs depend to the alternative and stages of the construction and they will be from 250 mil. Sk to 315 mil. Sk, in current prices. The proposed terminal scheme is in Fig. 1.

## 5. Conclusion

The Žilina region, the town of Žilina especially, have excellent communication possibilities for goods transport resulting from its geographical position. However, it lags in economic efficiency after the strongest Slovak regions. Inevitable assumptions for realisation of the given project are, however, also an improvement of the economic situation in the Slovak Republic, foreign capital income, especially, in production and storage capacities, and logistics introduction in circulation processes.

Jaroslav Janáček – Ľudmila Jánošíková \*

## VYŠŠIE ÚZEMNÉ CELKY A DOPRAVNÁ DOSTUPNOSŤ ICH SÍDELNÝCH MIEST

### HIGHER TERRITORIAL UNITS AND TRANSPORTATION ACCESSIBILITY OF THEIR CENTERS

*Článok sa zaoberá územnosprávnym členením Slovenska z hľadiska dopravnej dostupnosti sídelných miest vyšších územných celkov (krajov). Dopravnú dostupnosť definujeme ako priemernú vzdialenosť, ktorú musí obyvateľ prekonať pri cestovaní z miesta svojho bydliska do najbližšieho sídelného mesta vyššieho územného celku. Porovnáваме optimálny návrh členenia s návrhmi, kedy je sídlo niektorého kraja pevne stanovené.*

#### 1. Úvod

Každý návrh zmeny územnosprávneho členenia štátu a najmä umiestnenia sídelných miest obsahuje v sebe mnoho faktorov politických, sociálnych a ekonomických. Príslušný rozhodovací a schvaľovací proces navyše podlieha protichodným záujmom rôznych skupín obyvateľstva, a to na miestnej, ako aj na celoštátnej úrovni a každé rozhodnutie, ktoré jednej skupine obyvateľstva subjektívne prospeje, inú skupinu poškodí. Preto je uvedený proces sériou rokovanií a kompromisov štátnej správy s miestnou samosprávou a inými záujmovými skupinami. V tejto argumentácii sa, bohužiaľ, často zabúda na záujmy občana napriek tomu, že možno ľahko vyčíslíť, aký dopad bude naňho mať tvar vyšších územných celkov a poloha ich sídelných miest. V tomto článku nie je, pochopiteľne, našim cieľom vytvoriť nejaký ideálny návrh, s ktorým by mohli byť spokojní všetci zainteresovaní a tiež sme si vedomí toho, že nie všetky faktory, ktoré majú vplyv na kvalitu návrhu, možno kvantifikovať. Rovnako tu nehodláme analyzovať problém počtu vyšších územných celkov, pretože seriózna analýza by predpokladala – ako ukážeme ďalej – vyčíslenie nákladov, ktoré by vznikli umiestnením sídla vyššieho územného celku v danom mieste. Pri našich úvahách sme vyšli z pôvodného vládneho návrhu dvanástich územných celkov, z čoho jeden zodpovedá Bratislave s jej mestskými časťami. Chceme tu ale poukázať na to, že niektoré faktory hrajúce úlohu v kvalite návrhu územnosprávneho členenia možno vyčíslíť a pomocou výpočtových prostriedkov možno nachádzať odpovede na otázku, aké by mali byť rozhodnutia, ktoré by viedli k najlepším výsledkom z daného hľadiska. V článku berieme do úvahy, že realizácia každého konkrétného návrhu vyšších územných celkov a výber sídelných miest bude mať vplyv na to, ako ďaleko musí obyvateľ cestovať za službami, ktoré sú obvykle umiestnené v sídelnom

*The paper deals with administration partition of Slovakia in terms of transportation accessibility of higher territorial unit centers. Transportation accessibility is defined as an average distance, which has to be traveled by an inhabitant from his place of residence to the nearest higher territorial unit center. Transport-optimal partition is compared to designs, in which the place of residence of some higher territorial unit center is set beforehand.*

#### 1. Introduction

Every change in an administration partition of the state territory and location of higher territorial unit centers has a lot of political, social and economic consequences. The corresponding process of decision and ratification is subjected to opposing priorities of various groups of citizens on local as well as country-wide level. Every decision, which is profitable for one group of citizens, is injurious for another one. That is why the mentioned process is a sequence of negotiations and compromises among public administration, self-administration and other groups of citizens. Citizen's priorities are often omitted in this argumentation in spite of that the impact of the form of higher territorial units and center locations can be easily evaluated. Our goal in this paper is not to design an ideal partition satisfying all concerned people and we are aware of that not all factors influencing partition quality can be evaluated. We are not going to analyze the number of higher territorial units either, because a serious analysis would suppose that we are able to calculate costs caused by location a higher territorial unit center at a given place. We come out from the initial governmental design of twelve higher territorial units in our considerations, one of which corresponds to Bratislava with its urban parts. We just want here to highlight that some factors playing role in partition quality can be evaluated and mathematics and computers can help in finding answers of question, what decisions should be made to accomplish the best results. In this paper, we take into account that the execution of the particular design of higher territorial units and center locations impacts the distance, which an inhabitant has to travel to access services that are usually located at a regional center [6]. This transportation aspect of administration partition is called transportation

\* Prof. RNDr. Jaroslav Janáček, CSc., Ing. Ľudmila Jánošíková, CSc.

University of Žilina, Faculty of Management Science and Informatics, Department of Transport Networks

E-mail: jardo@frdsa.fri.utc.sk, janosik@frdsa.fri.utc.sk



meste vyššieho územného celku [6]. Tento dopravný aspekt územnosprávneho členenia budeme nazývať dopravnou dostupnosťou. Dopravnú dostupnosť môžeme považovať za mieru kvality územnosprávneho členenia. Definujeme ju ako priemernú vzdialenosť, ktorú musí obyvateľ prekonať pri cestovaní z miesta svojho bydliska do najbližšieho sídelného mesta vyššieho územného celku. Takto chápané kritérium kvality možno vyhodnotiť pre ľubovoľný návrh územnosprávneho členenia charakterizovaného umiestnením sídelných miest vyšších územných celkov za rozumného predpokladu, že vyššie územné celky sa vytvárajú priradením obcí najbližšiemu sídelnému mestu. Samotné kritérium dostupnosti však nepokrýva úplne ekonomický aspekt tvorby vyšších územných celkov. Rešpektovanie ekonomického hľadiska neumožňuje výber ľubovoľného počtu sídelných miest, a tým i počtu úradov a rovnako nedovoľuje umiestniť sídlo v ľubovoľnej obci. Preto v nasledujúcej štúdii a analýze budeme považovať počet vyšších územných celkov za daný. Budeme študovať prípad územnosprávneho členenia s optimálnou dostupnosťou a porovnávať ho s rôznymi politicky či inak motivovanými modifikáciami.

## 2. Dopravná dostupnosť sídelných miest vyšších územných celkov

Pri výpočte dopravnej dostupnosti vychádzame z existujúcej cestnej siete SR popísanej v [1] a [2]. Táto sieť obsahuje  $n$  obcí so známym počtom obyvateľov  $b_j$  pre  $j = 1, \dots, n$ . Vzdialenosť každej dvojice obcí  $i$  a  $j$  udáva prvok  $d_{ij}$  matice vzdialeností. Predpokladáme, že bolo vytvorených  $p$  vyšších územných celkov a každý vyšší územný celok  $k = 1, \dots, p$  je popísaný jednak množinou  $S_k$  obcí, ktoré ho tvoria, a jednak sídelným mestom  $i_k$ . Potom môžeme dostupnosť pre celé Slovensko vyjadriť pomocou vyššie uvedených údajov vzťahom

$$\left( \sum_{k=1}^p \sum_{j \in S_k} b_j d_{i_k j} \right) / \left( \sum_{j=1}^n b_j \right). \quad (1)$$

Vzťah (1) vyjadruje priemernú vzdialenosť, ktorú musí obyvateľ Slovenska prekonať pri cestovaní do sídelného mesta svojho správneho celku.

Priradenie obce  $j$  k sídelnému mestu  $i$  prispieje k hodnote výrazu (1) prírastkom  $c_{ij}$ , kde

$$c_{ij} = (b_j d_{ij}) / \left( \sum_{j=1}^n b_j \right). \quad (2)$$

Ak vyjadríme dostupnosť danú vzťahom (1) pomocou koeficientov  $c_{ij}$ , dostaneme

$$\sum_{k=1}^p \sum_{j \in S_k} b_j c_{i_k j}. \quad (3)$$

Čím bude hodnota výrazov (1) alebo (3) menšia, tým lepšia bude dostupnosť služieb pre obyvateľov Slovenska.

accessibility. Transportation accessibility can be regarded as a measure of the quality of administration partition. It is defined as an average distance, which has to be traveled by an inhabitant from his place of residence to the nearest higher territorial unit center. This quality criterion is possible to evaluate for any partition design given by higher territorial unit center locations under consideration that higher territorial units are formed by assigning villages to the nearest higher territorial unit center. The criterion of accessibility itself does not include the economic aspect of higher territorial unit creation. To respect the economic point of view, any number of higher territorial unit centers and thereby any number of offices cannot be selected and the center cannot be located at any place, as well. That is why in the next study and analysis we will consider the number of higher territorial units to be given. We will study a partition instance with optimal accessibility and compare it with modifications motivated politically or in a different way.

## 2. Transportation accessibility of higher territorial unit centers

Transportation accessibility calculation is based on the existing road network in the Slovak Republic described in [1] and [2]. This network includes  $n$  dwelling places with known number of inhabitants  $b_j$  at each place  $j = 1, \dots, n$ . The distance between each pair of places  $i$  and  $j$  is given by cell  $d_{ij}$  of matrix of distances. Let us suppose that  $p$  higher territorial units was created and that each higher territorial unit  $k = 1, \dots, p$  is formed by set  $S_k$  of dwelling places and by higher territorial unit center  $i_k$ . Then we can formulate accessibility for the whole Slovak Republic using the above-mentioned data:

$$\left( \sum_{k=1}^p \sum_{j \in S_k} b_j d_{i_k j} \right) / \left( \sum_{j=1}^n b_j \right). \quad (1)$$

Term (1) expresses the average distance, which has to be traveled by an inhabitant of Slovak Republic to the center of his higher territorial unit.

The allocation of place  $j$  to higher territorial unit center  $i$  contributes to the value of term (1) by increment  $c_{ij}$ , where

$$c_{ij} = (b_j d_{ij}) / \left( \sum_{j=1}^n b_j \right). \quad (2)$$

When we express the accessibility given by term (1) using coefficients  $c_{ij}$ , we get

$$\sum_{k=1}^p \sum_{j \in S_k} b_j c_{i_k j}. \quad (3)$$

The less is the value of terms (1) or (3), the better is accessibility of services for inhabitants of Slovakia.

### 3. Model úlohy dopravné optimálnych vyšších územných celkov

Tu predpokladáme, že množina miest, ktoré vôbec prichádzajú do úvahy ako sídelné mesto vyššieho územného celku, je konečná a dopredu známa. V podmienkach SR sotva možno predpokladať umiestnenie sídelného mesta do obce, ktorá v súčasnom usporiadaní nie je aspoň okresným mestom. V ďalších úvahách budeme vychádzať z toho, že je daných  $m$  kandidátov na sídelné mestá a že je stanovený počet  $p$  sídelných miest, ktoré z nich majú byť vybraté. Rozhodnutie, či  $i$ -tý kandidát z množiny  $\{1, \dots, m\}$  bude alebo nebude vybratý, modelujeme bivalentnou premennou  $y_i \in \{0, 1\}$ , ktorá nadobudne hodnotu 1 v prípade kladného rozhodnutia a hodnotu 0 v opačnom prípade. Na modelovanie rozhodnutia o tom, či obec  $j$  bude patriť do územného celku určeného kandidátom  $i$  použijeme bivalentné premenné  $x_{ij} \in \{0, 1\}$  majúce jednotkové hodnoty v prípade priradenia  $j$  k  $i$  a nulové hodnoty v opačnom prípade.

Teraz môžeme matematický model úlohy dopravné optimálnych vyšších územných celkov formulovať takto:

$$\text{minimalizujte} \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (4)$$

$$\text{za podmienok} \quad \sum_{i=1}^m x_{ij} = 1 \quad \text{pre } j = 1, \dots, n \quad (5)$$

$$x_{ij} \leq y_i \quad \text{pre } i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^m y_i \leq p \quad (7)$$

$$x_{ij}, y_i \in \{0, 1\} \quad \text{pre } i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \quad (8)$$

Toto je známa úloha o  $p$ -mediáne siete s kladne ohodnotenými úsekmami.

V modeli podmienky (5) zabezpečujú, aby každá obec patrila práve jednému kandidátovi na sídelné mesto. Podmienky (6) spôsobia, že keď bude aspoň jedna obec priradená kandidátovi  $i$ , potom kandidát bude vybratý ako sídelné mesto vyššieho územného celku. A napokon podmienka (7) zabráni tomu, aby bol vybratý väčší počet sídelných miest, než je stanovený počet vyšších územných celkov.

Túto úlohu možno ďalej upraviť na ľahšie riešiteľný tvar. Ak zavedieme Lagrangeov multiplikátor  $f$  pre relaxovanú podmienku (7), môžeme úlohu (4)-(8) formulovať takto:

Nájdite  $f \geq 0$  také, aby hodnoty premenných  $y_i$ ,  $i = 1, \dots, m$  optimálneho riešenia úlohy (9), (5), (6), (8) spĺňovali podmienku (7) ako rovnosť, pričom účelová funkcia úlohy je

$$\sum_{i=1}^m f y_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}. \quad (9)$$

Pre pevne zadané  $f$  tvorí úloha (9), (5), (6), (8) kapacitne neobmedzenú lokačnú úlohu (uncapacitated location problem).

Exaktným riešením úlohy (4)-(8), resp. (9), (5), (6), (8) získame návrh  $(x^*, y^*)$  dopravné optimálneho členenia SR na vyššie územné celky s umiestnením ich sídelných miest. Tento návrh bude popí-

### 3. Model of the problem of transport-optimal higher territorial units

We suppose the set of cities, which can be taken into account as higher territorial unit centers, is finite and known in advance. In the Slovak Republic, the higher territorial unit center location is hardly supposed to be at a dwelling place, which is not at least a district center in the present public administration system. In our next considerations, we will come out from the fact that  $m$  candidates for higher territorial unit centers are given and the number  $p$  of centers, which should be selected from candidates, is stated. Bivalent variable  $y_i \in \{0, 1\}$  models the decision if candidate  $i$  from the set  $\{1, \dots, m\}$  is or is not selected, where value 1 implies the positive decision and value 0 the negative one. To model the decision if place  $j$  belongs to the unit, which is defined by candidate  $i$ , we use bivalent variable  $x_{ij} \in \{0, 1\}$  having value 1 in the case of assignment  $j$  to  $i$  and value 0 in the opposite case.

Now a mathematical model of transport-optimal higher territorial units forming can be completed in the following way:

$$\text{minimize} \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (4)$$

$$\text{subject to} \quad \sum_{i=1}^m x_{ij} = 1 \quad \text{for } j = 1, \dots, n \quad (5)$$

$$x_{ij} \leq y_i \quad \text{for } i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^m y_i \leq p \quad (7)$$

$$x_{ij}, y_i \in \{0, 1\} \quad \text{for } i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \quad (8)$$

This is the well-known  $p$ -median problem in a network with positive edge weights.

In the model, constraints (5) ensure that each dwelling place must be assigned to exactly one candidate for higher territorial unit center. Constraints (6) cause a higher territorial unit center to be placed at candidate  $i$  whenever at least one dwelling place is assigned to the candidate. Finally, constraint (7) inhibits selecting more candidates than the given number of higher territorial units.

This program can be further transformed to a simpler form. Introducing Lagrangean multiplier  $f$ , to relax constraint (7), problem (4)-(8) can be formulated in this way:

Find  $f \geq 0$ , so that values of variables  $y_i$ ,  $i = 1, \dots, m$  of the optimal solution of the problem (9), (5), (6), (8) meet constraint (7) as equality, where the objective function of the problem is

$$\sum_{i=1}^m f y_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}. \quad (9)$$

For fixed  $f$ , problem (9), (5), (6), (8) is the uncapacitated location problem.

Solving problem (4)-(8) or (9), (5), (6), (8) respectively to optimality, we get design  $(x^*, y^*)$  of transport-optimal partition of the Slovak Republic to higher territorial units including location of their centers. This design will be determined by resulting values

saný výslednými hodnotami premenných  $y_i^*$  a  $x_{ij}^*$  nasledujúcim spôsobom: Tí kandidáti  $i \in \{1, \dots, m\}$ , pre ktorých  $y_i^* = 1$ , budú sídelnými mestami. Obec  $j$  bude patriť do vyššieho územného celku toho sídelného mesta  $i$ , pre ktoré platí  $x_{ij}^* = 1$ .

#### 4. Návrh dopravne optimálnych vyšších územných celkov v SR

Na riešenie úlohy (9), (5), (6), (8) sme už skôr implementovali a testovali algoritmus BBdual [3, 4] založený na metóde vetiev a hraníc s výpočtom dolnej hranice duálnou vzostupnou metódou a metódou úpravy duálnych premenných. Na určenie vhodného parametra  $f$  sme použili postup z [3], ktorý bol implementovaný ako procedúra. Vzdialenosti sme získali z popisu cestnej siete SR z [1] a [2], ktorej vlastnosti boli overené v [5].

Z množiny obcí sme vyňali Bratislavu s jej mestskými časťami. Po tejto operácii sme dostali úlohu s  $n = 2889$  obcami. V dôsledku vyňatia Bratislavy poklesol počet plánovaných územných celkov z 12 na  $p = 11$ . Za množinu kandidátov  $\{1, \dots, m\}$  sídelných miest bola pre potreby tejto štúdie považovaná množina všetkých sedemdesiatich súčasných sídiel okresov okrem Bratislavy a niektorých mestských častí Košíc.

Po výpočte vykonanom na počítači Pentium 100 MHz v čase 474 sekúnd sme získali optimálne členenie s hodnotou dostupnosti  $d = 28,85$  km, so sídelnými mestami (Bratislava), Trnava, Nové Zámky, Zvolen, Bánovce nad Bebravou, Žilina, Rimavská Sobota, Poprad, Košice, Prešov, Michalovce, Dolný Kubín a s členením územia ukázaným na obr. 1.

of variables  $y_i^*$  a  $x_{ij}^*$  in the following way: Candidates  $i \in \{1, \dots, m\}$ , for which  $y_i^* = 1$ , will be higher territorial unit centers. Dwelling place  $j$  will belong to the higher territorial unit with center  $i$ , for which the equation  $x_{ij}^* = 1$  holds.

#### 4. Design of transport-optimal higher territorial units in the Slovak Republic

To solve problem (9), (5), (6), (8), we have implemented and tested procedure BBdual [3, 4] based on a branch-and-bound approach using a dual ascending method and a dual variables adjusting method to compute a lower bound. To find an appropriate parameter  $f$ , we used an approach from [3] implemented as a procedure. Distances were drawn from the road network of the Slovak Republic described in [1] and [2], properties of which were proved in [5].

Bratislava and its urban parts as a capital with special status were excluded from the set of dwelling places. After this operation,  $n = 2889$  dwelling places were taken into consideration. As a result of excluding Bratislava the number of planned higher territorial units decreases from 12 to  $p = 11$ . The set of all 70 present district centers without Bratislava and urban parts of Košice was regarded as set  $\{1, \dots, m\}$  of candidates for higher territorial unit centers in this study.

Having done computation run on a PC Pentium 100MHz in the time of 474 seconds we got the optimal solution with accessibility value  $d = 28.85$  km, with higher territorial unit centers (Bratislava), Trnava, Nové Zámky, Zvolen, Bánovce nad Bebravou, Žilina, Rimavská Sobota, Poprad, Košice, Prešov, Michalovce, Dolný Kubín with territory partition shown in Fig. 1.



Obr. 1. Dopravne optimálne územnosprávne členenie  
Fig. 1. Transport-optimal administration partition

## 5. Analýza niektorých politicky motivovaných návrhov

Návrh dopravne optimálnych vyšších územných celkov z predchádzajúcej kapitoly neobsahuje niektoré tradičné krajské mestá ani mestá, ktoré presadzujú niektoré politické zoskupenia. Model úlohy a metóda riešenia umožňujú vykonať z hľadiska dostupnosti analýzu toho, čo by stálo napríklad umiestnenie sídla vyššieho územného celku v Komárne (vytvorenie Komárňanskej župy), alebo čo by stálo udržanie vyššieho územného celku v Banskej Bystrici alebo v Trenčíne.

Túto analýzu môžeme vykonať tak, že jedno z požadovaných umiestnení sídelného mesta fixujeme a vypočítame dopravne optimálne umiestnenie zostávajúcich desiatich sídelných miest vrátane priradenia obcí všetkým jedenástim vyšším územným celkom. Rozdiel hodnoty získanej dostupnosti a optimálnej dostupnosti z predchádzajúcej kapitoly udáva dolný odhad toho, o koľko sa vykonaním príslušného politicky motivovaného rozhodnutia zhorší dostupnosť. Ak by takéto rozhodnutie bolo vykonané bez zmeny sídelných miest ostatných celkov, bola by dostupnosť ešte horšia než vypočítaný dolný odhad.

Dostupnosť pri fixovanom sídelnom meste

Tab. 1

| Návrh | Fixované mesto  | d [km] | dd [km] | dd [%] | t [s] |
|-------|-----------------|--------|---------|--------|-------|
| 1     | Komárno         | 29,80  | 0,95    | 3,29   | 621   |
| 2     | Banská Bystrica | 29,05  | 0,20    | 0,69   | 227   |
| 3     | Trenčín         | 29,15  | 0,30    | 1,04   | 416   |
| 4     | Lučenec         | 29,00  | 0,15    | 0,52   | 281   |

Sídelné mestá v jednotlivých návrhoch

Tab. 2

| Sídelné mesto        | Návrh 1 | Návrh 2 | Návrh 3 | Návrh 4 |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|
| Trnava               | *       | *       | *       | *       |
| Nové Zámky           |         | *       | *       | *       |
| Komárno              | *       |         |         |         |
| Zvolen               | *       |         | *       | *       |
| Banská Bystrica      |         | *       |         |         |
| Trenčín              |         |         | *       |         |
| Bánovce nad Bebravou | *       | *       |         | *       |
| Žilina               | *       | *       | *       | *       |
| Rimavská Sobota      | *       |         | *       |         |
| Nitra                | *       |         |         |         |
| Lučenec              |         | *       |         | *       |
| Poprad               | *       | *       | *       | *       |
| Košice               | *       | *       | *       | *       |
| Prešov               | *       | *       | *       | *       |
| Michalovce           | *       | *       | *       | *       |
| Dolný Kubín          |         | *       | *       | *       |

Analýzu sme vykonali pre nasledujúce mestá, ktoré nie sú súčasťou optimálneho návrhu: Komárno, Banská Bystrica, Trenčín

## 5. Analysis of some politically motivated designs

The transport-optimal design of higher territorial units from the previous section does not include any traditional county centers or cities preferred by some political groups. The problem model and solution method allow to perform an analysis in terms of accessibility what the cost of, for example, a higher territorial unit center location in Komárno would be (creation of Komárno higher territorial unit), or what the cost of keeping a county center in Banská Bystrica or Trenčín as a territorial unit center would be.

This analysis can be performed in such a way that one of the desired higher territorial unit center location is fixed and after then a transport-optimal location of the remaining ten centers including assignment of dwelling places to all eleven higher territorial units is computed. The difference between the computed accessibility and the optimal accessibility represents the lower bound of the accessibility increase caused by performing a politically motivated decision. If this decision were performed without a change in location of the other higher territorial unit centers, the accessibility would be even worse than the computed lower bound.

Accessibility with fixed higher territorial unit center

Tab. 1

| Design | Fixed city      | d [km] | dd [km] | dd [%] | t [s] |
|--------|-----------------|--------|---------|--------|-------|
| 1      | Komárno         | 29.80  | 0.95    | 3.29   | 621   |
| 2      | Banská Bystrica | 29.05  | 0.20    | 0.69   | 227   |
| 3      | Trenčín         | 29.15  | 0.30    | 1.04   | 416   |
| 4      | Lučenec         | 29.00  | 0.15    | 0.52   | 281   |

Higher territorial unit centers in designs 1-4

Tab. 2

| Higher territorial unit center | Design 1 | Design 2 | Design 3 | Design 4 |
|--------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Trnava                         | *        | *        | *        | *        |
| Nové Zámky                     |          | *        | *        | *        |
| Komárno                        | *        |          |          |          |
| Zvolen                         | *        |          | *        | *        |
| Banská Bystrica                |          | *        |          |          |
| Trenčín                        |          |          | *        |          |
| Bánovce nad Bebravou           | *        | *        |          | *        |
| Žilina                         | *        | *        | *        | *        |
| Rimavská Sobota                | *        |          | *        |          |
| Nitra                          | *        |          |          |          |
| Lučenec                        |          | *        |          | *        |
| Poprad                         | *        | *        | *        | *        |
| Košice                         | *        | *        | *        | *        |
| Prešov                         | *        | *        | *        | *        |
| Michalovce                     | *        | *        | *        | *        |
| Dolný Kubín                    |          | *        | *        | *        |

The analysis was performed for the following cities not being a part of the optimal design: Komárno, Banská Bystrica, Trenčín

a Lučenec. Výsledky sú zhrnuté v tabuľke 1, kde každému prípadu zodpovedá jeden riadok. Prvý stĺpec obsahuje číslo analýzy, druhý názov fixovaného mesta. Stĺpec *d* obsahuje hodnotu dostupnosti pre jednotlivé prípady. Stĺpec *dd* obsahuje rozdiel dostupnosti vypočítanej pre analyzovaný prípad a optimálnej dostupnosti. Stĺpec *dd%* udáva zhoršenie dostupnosti v percentách oproti optimálnej dostupnosti z kapitoly 4. V stĺpci *t* je pre zaujímavosť uvedený v sekundách čas výpočtu vlastného optimalizačného algoritmu na osobnom počítači Pentium 100 MHz.

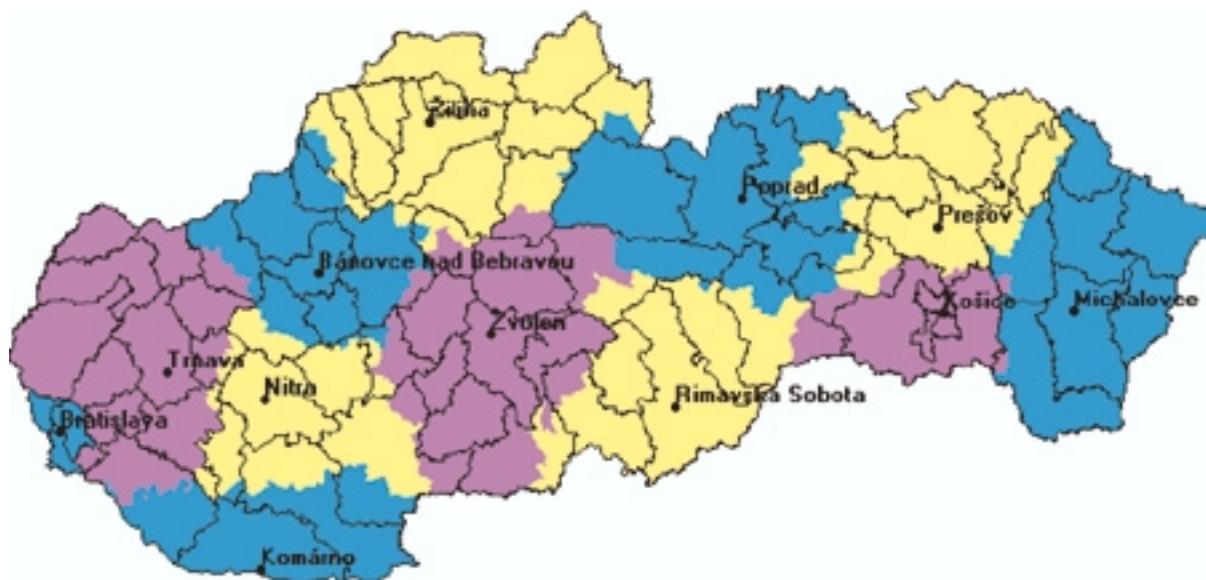
Tabuľka 2 obsahuje zoznamy sídelných miest pre jednotlivé analyzované prípady. V prvom stĺpci tabuľky je uvedený zoznam všetkých miest, ktoré sa vyskytli aspoň v jednom návrhu. Ďalšie stĺpce tabuľky zodpovedajú návrhom 1 až 4. V týchto stĺpcoch je znakom \* vyznačené, či príslušné mesto patrí do daného návrhu.

Priradenie obcí vyšším územným celkom pre návrhy 1 a 2 je ukázané na obrázkoch 2 a 3.

and Lučenec. The results are summarized in table 1, where each row corresponds to one instance. The first column contains the analysis number, the second one the fixed city name. The column labeled *d* refers to the accessibility value for the particular instances. The column labeled *dd* indicates the difference between the accessibility computed for the analyzed instance and the optimal accessibility. The column labeled *dd%* reports the percentage increase of accessibility against the optimal accessibility from section 4. In the column *t*, there are reported algorithmic running times in seconds obtained on a Pentium 100MHz PC.

Table 2 lists the higher territorial unit centers for the particular instances. The first column lists all cities occurred in, at least, one design. The subsequent columns refer to designs 1 to 4. In these columns, sign \* indicates if the corresponding city belongs to the given design.

Assignment of dwelling places to the higher territorial units for designs 1 and 2 is shown in figures 2 and 3.



Obr. 2. Dopravne optimálne územnosprávne členenie pri fixovanom sídelnom meste Komárno  
Fig. 2. Transport-optimal administration partition with fixed higher territorial unit center Komárno

## 6. Záver

Ako sme uviedli už v úvode, určenie dobrého územnosprávneho členenia štátu je príliš zložitý problém na to, aby ho bolo možné redukovať len na otázku dopravnej dostupnosti. Už len z hľadiska nákladov, ktoré si vyžiada zriadenie sídla vyššieho územného celku v danom meste, sú veľké rozdiely medzi jednotlivými kandidujúcimi mestami, a to tak v ich súčasnej infraštruktúre, ako aj v disponibilných ľudských zdrojoch potrebných pre zabezpečenie chodu sídelného mesta vyššieho územného celku.

Vykonaná analýza sa týka výhradne otázok dopravnej dostupnosti možných sídiel dvanástich vyšších územných celkov a vyčísľuje len túto dopravnú dostupnosť pre politickým rozhodnutím určený počet územných celkov.

## 6. Conclusion

As we have mentioned in the introduction, to design a good administration partition of the state territory is a complex problem and it cannot be reduced to the only problem of transport accessibility. From point of view of costs required to establish the higher territorial unit residence, there are substantial differences among candidate cities in their current infrastructure, as well as in human resources needed for higher territorial unit center function.

The performed analysis refers exclusively to transport accessibility of possible centers of twelve higher territorial units and evaluates just this transport accessibility for a politically stated number of higher territorial units.



Obr. 3. Dopravne optimálne územnosprávne členenie pri fixovanom sídelnom meste Banská Bystrica  
Fig. 3. Transport-optimal administration partition with fixed higher territorial unit center Banská Bystrica

Je možné, že rozdiely medzi analyzovanými návrhmi (pozri tab. 2) sa môžu niekomu zdať príliš malé, zvlášť keď najväčší uvedený rozdiel je 3,3 % oproti optimálnemu rozdeleniu. Tento pohľad na analýzu môže byť značne klamný, pretože si treba uvedomiť, že zhoršenie dostupnosti trebárs len o 1 % postihne každého zo 4 925 751 obyvateľov uvažovaných jedenástich územných celkov, a to nielen na jeden alebo dva roky, ale po dobu trvania jednej generácie alebo aj dlhšie.

Preto si myslíme, že vypracovaný spôsob analýzy rôznych návrhov a ich porovnávanie s dopravne optimálnym územnosprávnym členením predstavuje cenný nástroj pre podporu rozhodovania, ktorý umožňuje číselne vyhodnotiť aspoň tie parametre, ktoré sa dajú kvantifikovať.

#### Oznámenie

Príspevok bol podporovaný grantom VEGA 1/7211/20.

It is possible that somebody can consider the differences among analyzed designs (see table 2) to be too small, specially when the greatest difference is 3.3 % against the optimal partition. This view of analysis can be greatly misleading because it is necessary to realize that increasing of accessibility just by 1 % will impact each of 4 925 751 inhabitants of eleven higher territorial units under consideration, and not for one or two years but for time of one generation or even longer.

Therefore, we believe that the developed way for analysis of various designs and their comparison to the transport-optimal administration partition is a useful decision support tool allowing to evaluate at least those parameters, which can be figured out.

#### Acknowledgement

This paper was supported by grant VEGA 1/7211/20.

#### Literatúra - References

- [1] CENEK, P., JANÁČEK, J., JÁNOŠÍKOVÁ, L.: *Optimalizace státní správy a územněsprávní členění*. Scientific Papers of the University of Pardubice. Series D. Faculty of Economics and Administration 4 (1999). Univerzita Pardubice. s. 49–54
- [2] CENEK, P., JÁNOŠÍKOVÁ, L.: *Model dopravnej obsluhy regiónu*. Horizonty dopravy. No. 1. 2000. s. 10–12
- [3] JANÁČEK, J.: *Tvorba dopravne optimálnych regiónů*. In: Zborník referátov medzinárodnej vedeckej konferencie „Riadenie a informatika v novom tisícročí“ MI 2000, 12.-13. 9. 2000, Žilina, s. 301–307
- [4] JANÁČEK, J.: *Tvorba regiónů a výběr regionálních center*. In: Sborník příspěvků z mezinárodní konference „Public Administration 2000“, Lázně Bohdaneč, 23.- 25. 10. 2000, s. 81–85
- [5] JANÁČKOVÁ, M.: *Problémy adekvátnosti a dekompozície semieuklidovskej siete*. Horizonty dopravy, No. 4, 1991, s. 1–10
- [6] LINDA, B.: *Neřadiční systémy dopravy jako součást integrovaných dopravních systémů*. In: Sborník příspěvků z mezinárodní konference „Public Administration 2000“, Lázně Bohdaneč, 23.-25. 10. 2000, s. 159–160



Ján Čelko – Daniela Ďurčanská – Jozef Komačka – Eva Holeščáková \*

## HODNOTENIE VYBRANEJ ČASTI CESTNEJ SIETE ŽILINSKÉHO KRAJA

### THE EVALUATION OF A SELECTED PART OF THE ROAD NETWORK IN ŽILINA REGION

*Žilinským krajom prechádzajú dva medzinárodné cestné koridory Va a VI, ale hustota cestnej siete kraja patrí medzi najmenšie na Slovensku. Cestná sieť je nadmerne zaťažená a hlavné cestné ťahy kraja patria medzi úseky s najvyššou nehodovosťou. Model komunikačnej obsluhy kraja riešený v uplynulých rokoch sa venoval v rámci integrácie dopravných systémov aj cestnej sieti kraja. Príspevok uvádza základné charakteristiky siete, údaje o súčasnej doprave a princípy modelovania dopravy. Základné východiská pre zlepšenie dopravnej situácie sú uvedené v závere na základe hodnotenia súčasného a predpokladaného stavu zaťaženia siete.*

#### 1. Cestná sieť Žilinského kraja

Doprava tvorí dôležitú a strategicky rozhodujúcu úlohu v hospodárskom vývoji spoločnosti. Najdôležitejším cieľom budovania dopravnej infraštruktúry je vytvorenie cestnej siete so zabezpečením optimálnych nákladov a výkonnosti, ako aj dodržaním bezpečnostných a ekologických aspektov a sociálnych priorít.

Žilinským krajom prechádzajú dva medzinárodné cestné koridory „Va“ a „VI“, ale hustota cestnej siete kraja patrí medzi najmenšie na Slovensku. Pomalé tempo výstavby diaľničnej siete v kraji, zapríčinené hlavne vysokými ekonomickými nárokmi spôsobilo, že existujúca cestná sieť je nadmerne zaťažená a hlavné cestné ťahy kraja patria medzi úseky s najvyššou nehodovosťou. Geografický charakter krajiny však neumožňuje rozvoj cestnej siete na úrovni, zodpovedajúcej demografickým podmienkam. Z toho dôvodu je potrebné hľadať spôsob skvalitnenia dopravnej obsluhy na základe integrácie všetkých dopravných systémov nielen v rámci ekonomických pravidiel, ale aj z pohľadu jej účelnosti.

Územie Žilinského kraja pozostáva z 11-tich okresov s 313-timi sídelnými útvarmi, s celkovým počtom obyvateľov 692 582. Postavenie kraja z celoštátneho pohľadu je uvedené v tabuľkách 1 – 3, v ktorých sú uvedené aj podrobné údaje o cestnej sieti kraja [1].

*Two international corridors “Va” and “VI” pass through Žilina region, but yet the road network density of the region belongs to the lowest in Slovakia. The road network is loaded excessively and main arteries come under a section with a maximum accident rate. The model of the communication attendance of the region that has been solved recently deals with the road network in the region in the terms of the transportation system integration. The paper presents basic characteristics of the network, information on the present state of the traffic, as well as principles of a traffic modelling process. The main resources for improving the traffic situation based on the evaluation of present situation and forecast for network loading are presented in the conclusion.*

#### 1. The roads network of Žilina region

Transport plays an important, strategic, and decisive role in the economic development of society. The most important objective of building transport infrastructure is creation of a road network with optimum costs and capacity while respecting principles of safety and ecology and social priorities.

Although two international corridors “Va” and “VI” pass through Žilina region, the road network density of the region belongs to the lowest in Slovakia. The slow rate of the motorway network building in the region was caused above all by high financial demands inducing an excessive loading of the present road network. The main arterials come under the section with a maximum accident rate. The geographical character of the country doesn't allow the development of road network at the level corresponding with demographic conditions. Therefore, it is necessary to create a method for enhancing the traffic service on the basis of integration of all transportation systems, not only within the frame of economic rules, but also from a serviceability point of view.

The territory of Žilina region consists of 11 counties with 313 urban agglomerations. The total number of the inhabitants is 692 582. The situation of the region from a national point of view is shown in Tables 1-3 [1]. Detailed information on the road network in the region is presented there, too.

\* Prof. Ing. Ján Čelko, CSc., Doc. Ing. Daniela Ďurčanská, CSc., Dr. Ing. Jozef Komačka, Ing. Eva Holeščáková  
University of Žilina, Faculty of Civil Engineering, Department of Highway Engineering, Komenského 52,  
Tel./Fax: ++421-41-7243351, E-mail: jcelko@fstav.uz.zilina.sk

Žilinský kraj v celoštátnom porovnaní k 31. 12. 2000

Tab. 1

|               | Rozloha km <sup>2</sup> | Počet obyvateľov | Dĺžka ciest a diaľnic<br>km | Hustota cestnej siete |              |
|---------------|-------------------------|------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------|
|               |                         |                  |                             | km/km <sup>2</sup>    | km/1000obyv. |
| Slovensko     | 49 034                  | 5 398 657        | 177 373,397                 | 0,362                 | 3,286        |
| Žilinský kraj | 6 788                   | 692 582          | 196 575,8                   | 0,290                 | 2,838        |
| Žilinský kraj | 13,84%                  | 12,82%           | 11,08%                      | 80,11%                | 86,36%       |

Žilina region in a national comparison (to 31 December, 2000)

Table 1

|               | Area, sq. km | Inhabitants | Roads length, km | Road density |               |
|---------------|--------------|-------------|------------------|--------------|---------------|
|               |              |             |                  | km/sq.km     | km/1000inhab. |
| Slovakia      | 49 034       | 5 398 657   | 177 373.397      | 0.362        | 3.286         |
| Žilina region | 6 788        | 692 582     | 196 575.8        | 0.290        | 2.838         |
| Žilina region | 13.84%       | 12.82%      | 11.08%           | 80.11%       | 86.36%        |

Cestná sieť v okresoch Žilinského kraja (dĺžka v km)

Tab. 2

| Okres              | Cesty I. triedy | Cesty II. triedy | Cesty III. triedy | Diaľnice     | Spolu          | Cesty „E“     | Trasy „TEM“   |
|--------------------|-----------------|------------------|-------------------|--------------|----------------|---------------|---------------|
| Bytča              | 25,669          | 29,421           | 41,434            | 0,000        | 96,524         | 25,669        | 8,225         |
| Čadca              | 32,696          | 76,581           | 113,415           | 0,000        | 222,692        | 32,696        | 32,632        |
| Dolný Kubín        | 59,180          | 13,906           | 89,114            | 0,000        | 162,200        | 36,178        | 5,430         |
| Kysucké N. Mesto   | 11,227          | 0,000            | 54,995            | 0,000        | 66,222         | 11,227        | 11,227        |
| Liptovský Mikuláš  | 72,405          | 62,148           | 174,381           | 42,695       | 351,629        | 45,886        | 86,000        |
| Martin             | 48,002          | 8,425            | 135,426           | 0,000        | 191,853        | 22,596        | 22,596        |
| Námestovo          | 38,976          | 30,010           | 95,005            | 0,000        | 163,991        | 0,000         | 0,000         |
| Ružomberok         | 60,134          | 0,000            | 92,465            | 3,056        | 155,655        | 60,160        | 52,003        |
| Turčianske Teplice | 24,266          | 26,422           | 80,840            | 0,000        | 131,528        | 0,000         | 0,000         |
| Tvrdošín           | 21,795          | 41,069           | 55,155            | 0,000        | 118,019        | 21,795        | 0,000         |
| <b>Žilina</b>      | <b>75,494</b>   | <b>44,578</b>    | <b>185,373</b>    | <b>0,000</b> | <b>305,445</b> | <b>39,131</b> | <b>39,315</b> |
| Žilinský kraj:     | 466,844         | 332,560          | 1 117,603         | 45,751       | 1 965,758      | 295,338       | 217,314       |

The road network in counties of Žilina region (length in km)

Table 2

| County             | Roads                 |                       |                       | Motorways    | Sum            | European roads "E" | Trans-European Network "TEM" |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|----------------|--------------------|------------------------------|
|                    | 1 <sup>st</sup> class | 2 <sup>nd</sup> class | 3 <sup>rd</sup> class |              |                |                    |                              |
| Bytča              | 25.669                | 29.421                | 41.434                | 0.000        | 96.524         | 25.669             | 8.225                        |
| Čadca              | 32.696                | 76.581                | 113.415               | 0.000        | 222.692        | 32.696             | 32.632                       |
| Dolný Kubín        | 59.180                | 13.906                | 89.114                | 0.000        | 162.200        | 36.178             | 5.430                        |
| Kysucké N. Mesto   | 11.227                | 0.000                 | 54.995                | 0.000        | 66.222         | 11.227             | 11.227                       |
| Liptovský Mikuláš  | 72.405                | 62.148                | 174.381               | 42.695       | 351.629        | 45.886             | 86.000                       |
| Martin             | 48.002                | 8.425                 | 135.426               | 0.000        | 191.853        | 22.596             | 22.596                       |
| Námestovo          | 38.976                | 30.010                | 95.005                | 0.000        | 163.991        | 0.000              | 0.000                        |
| Ružomberok         | 60.134                | 0.000                 | 92.465                | 3.056        | 155.655        | 60.160             | 52.003                       |
| Turčianske Teplice | 24.266                | 26.422                | 80.840                | 0.000        | 131.528        | 0.000              | 0.000                        |
| Tvrdošín           | 21.795                | 41.069                | 55.155                | 0.000        | 118.019        | 21.795             | 0.000                        |
| <b>Žilina</b>      | <b>75.494</b>         | <b>44.578</b>         | <b>185.373</b>        | <b>0.000</b> | <b>305.445</b> | <b>39.131</b>      | <b>39.315</b>                |
| Žilina region:     | 466.844               | 332.560               | 1 117.603             | 45.751       | 1 965.758      | 295.338            | 217.314                      |



Porovnanie dĺžky a hustoty cestnej siete okresov v Žilinskom kraji

Tab. 3

| Okres         | Rozloha         |             | Obyvateľstvo  |             | Dĺžka ciest    |             | Hustota cestnej siete |               |
|---------------|-----------------|-------------|---------------|-------------|----------------|-------------|-----------------------|---------------|
|               | km <sup>2</sup> | %           | Počet         | %           | km             | %           | km/km <sup>2</sup>    | km/tis. obyv. |
| Bytča         | 282             | 4,2         | 30489         | 4,4         | 96,524         | 4,9         | 0,342                 | 3,166         |
| Čadca         | 760             | 11,1        | 92869         | 13,4        | 222,692        | 11,3        | 0,293                 | 2,398         |
| Dolný Kubín   | 490             | 7,2         | 39442         | 5,7         | 162,200        | 8,3         | 0,331                 | 4,112         |
| Kys. N. Mesto | 174             | 2,6         | 33416         | 4,8         | 66,222         | 3,4         | 0,381                 | 1,982         |
| Lipt. Mikuláš | 1 322           | 19,5        | 74649         | 10,8        | 351,629        | 17,9        | 0,266                 | 4,710         |
| Martin        | 736             | 10,8        | 97971         | 14,1        | 191,853        | 9,8         | 0,261                 | 1,958         |
| Námestovo     | 690             | 10,2        | 55366         | 8,0         | 163,991        | 8,3         | 0,238                 | 2,962         |
| Ružomberok    | 647             | 9,5         | 59913         | 8,7         | 155,655        | 7,9         | 0,241                 | 2,598         |
| Turč. Teplice | 393             | 5,8         | 16823         | 2,4         | 131,528        | 6,7         | 0,335                 | 7,818         |
| Tvrdošín      | 479             | 7,1         | 34723         | 5,0         | 118,019        | 6,0         | 0,246                 | 3,399         |
| <b>Žilina</b> | <b>815</b>      | <b>12,0</b> | <b>156921</b> | <b>22,7</b> | <b>305,445</b> | <b>15,5</b> | <b>0,375</b>          | <b>1,946</b>  |
| Žilinský kraj | 6788            | 100         | 692582        | 100         | 1965,758       | 100         | 0,290                 | 2,838         |

Comparison of length and density of a provincial road network in Žilina region

Table 3

| County        | Area       |             | Inhabitants   |             | Road length    |             | Road network density |              |
|---------------|------------|-------------|---------------|-------------|----------------|-------------|----------------------|--------------|
|               | sq.km      | %           | Number        | %           | km             | %           | km/sq.km             | km/1000 inh. |
| Bytča         | 282        | 4.2         | 30489         | 4.4         | 96.524         | 4.9         | 0.342                | 3.166        |
| Čadca         | 760        | 11.1        | 92869         | 13.4        | 222.692        | 11.3        | 0.293                | 2.398        |
| Dolný Kubín   | 490        | 7.2         | 39442         | 5.7         | 162.200        | 8.3         | 0.331                | 4.112        |
| Kys. N. Mesto | 174        | 2.6         | 33416         | 4.8         | 66.222         | 3.4         | 0.381                | 1.982        |
| Lipt. Mikuláš | 1 322      | 19.5        | 74649         | 10.8        | 351.629        | 17.9        | 0.266                | 4.710        |
| Martin        | 736        | 10.8        | 97971         | 14.1        | 191.853        | 9.8         | 0.261                | 1.958        |
| Námestovo     | 690        | 10.2        | 55366         | 8.0         | 163.991        | 8.3         | 0.238                | 2.962        |
| Ružomberok    | 647        | 9.5         | 59913         | 8.7         | 155.655        | 7.9         | 0.241                | 2.598        |
| Turč. Teplice | 393        | 5.8         | 16823         | 2.4         | 131.528        | 6.7         | 0.335                | 7.818        |
| Tvrdošín      | 479        | 7.1         | 34723         | 5.0         | 118.019        | 6.0         | 0.246                | 3.399        |
| <b>Žilina</b> | <b>815</b> | <b>12.0</b> | <b>156921</b> | <b>22.7</b> | <b>305.445</b> | <b>15.5</b> | <b>0.375</b>         | <b>1.946</b> |
| Žilina region | 6788       | 100         | 692582        | 100         | 1965.758       | 100         | 0.290                | 2.838        |

Pri hodnotení Slovenska je zrejme, že Žilinský kraj má najnižšiu hustotu cestnej siete v km/km<sup>2</sup>, predstavujúcu len 80 % z republikového priemeru a 11 % dĺžky ciest.

## 2. Stav nehodovosti

Jedným z najdôležitejších prvkov hodnotenia kvality cestnej siete je nehodovosť. Žilinský kraj patrí už niekoľko rokov k najproblematickejším oblastiam Slovenskej republiky z pohľadu dopravnej nehodovosti (DN). Za roky 1999 a 2000 mal Žilinský kraj na cestách I. a II. triedy najväčší podiel na vzniku DN na Slovensku – 4082 a 3661 DN, čo je 17 %. Na celej cestnej sieti kraja bolo v roku 2000 spolu 6024 DN. Viac ako 80 % územia kraja je zahrnuté do oblasti s nehodovosťou, prekračujúcou hustotu 2 DN na 1 km cesty. Predovšetkým cesta I/18 patrí z hľadiska počtu DN na milión vozokm za rok ku kritickým cestným ťahom celoslovenského

From the evaluation of the Slovak road network it is obvious that Žilina region has the lowest density of the road network in km/sq.km. It represents only 80 % of the Slovak average and 11 % of the road length.

## 2. Accident rate

An accident rate is one of the most important components of the road network quality evaluation. For a few years Žilina region has belonged to the most questionable territories in Slovakia from a point of view of traffic accidents. In 1999 and 2000 Žilina region was the biggest contributor to the accident rate in Slovakia on the roads of 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> class – with 4082 and 3661 accidents, what is 17 %. On all the roads of Žilina region were 6024 accidents in 2000. More than 80% of the region belongs to the area with an accident rate exceeding 2 accidents per 1 km. Above all the road

významu. Ku kritickým cestným ťahom celoštátneho významu ďalej patria úseky ciest I/61, I/64, I/11, II/487, II/517, II/507, II/583 a II/584 (obr. 1). Na území kraja sa nachádza jeden kritický cestný ťah krajského významu a tiež jeden kritický cestný ťah okresného významu [2].

Nr. I/18 belongs to the critical trunk roads of Slovakia from the point of view of accident rate. The sections of the roads Nr. I/61, I/64, I/11, II/487, II/507, II/583 and II/584 belong to the critical trunk roads in Slovakia, too (Fig. 1). One critical trunk road of the regional importance also exists in the area [2].



Obr. 1. Kritické cestné ťahy kraja  
Fig. 1. The critical trunk roads of the region

Na poklese bezpečnosti cestnej dopravy sa podieľajú predovšetkým kritické nehodové lokality KNL (úseky, na ktorých je počet nehôd väčší ako kritický počet stanovený Poissonovým rozdelením pravdepodobnosti na základe analýzy dopravného prúdu a okrajových podmienok). Na území kraja sa nachádza na sledovaných cestných ťahoch I. a II. triedy 30-36 KNL, na ktorých sa za posledných 5 rokov stalo takmer 19 000 dopravných nehôd a zahynulo takmer 400 ľudí (tab. 4).

Celkovo sa na území kraja nachádza 5 opakujúcich sa KNL, dve patria do zoznamu KNL už niekoľko rokov. Lokality sa nachádzajú na ceste I/18, I/61 a II/487. Podrobné údaje s vyčíslením následkov sú uvedené v tab. 5.

The critical accident localities (CAL) participate, above all, in the road safety decrease. (CAL are the sections, in which the accident number is higher than the critical number determined by Poisson probability distribution on the basis of the traffic flow and boundary conditions analysis.) More than 30 CALs occur on the observed 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> class roads, where nearly 19000 traffic accidents and nearly 400 fatal accidents happened during the last 5 years (Table 4).

Overall five RCAL occur in the region and two belonged to the list of RCAL during the last few years. The localities are situated on the roads Nr. I/18, I/61 and II/487. Detailed data with the results of quantification are described in Table 5.

Nehodovosť na sledovaných cestných ťahoch

Tab. 4

| Rok  | Počet KNL | Počet OKNL | Hustota nehodovosti, DN/km | Počet DN | Počet SZ | Počet ŤZ | Materiálová škoda, mil. Sk |
|------|-----------|------------|----------------------------|----------|----------|----------|----------------------------|
| 1996 | 32        | 1          | > 2,00                     | 3990     | 64       | 179      | 88,4                       |
| 1997 | 36        | 2          | > 2,11                     | 3741     | 87       | 235      | 170,5                      |
| 1998 | 30        | 2          | > 2,11                     | 3410     | 88       | 235      | 187,0                      |
| 1999 | 35        | 2          | > 2,11                     | 4082     | 78       | 228      | 204,5                      |
| 2000 | 31        | 5          | >1,81                      | 3661     | 66       | 158      | 157,2                      |

Accident rate on the observed roads

Table 4

| Year | CAL number | RCAL* number | Accident density per km | Accident number | Fatal accidents | Hard injury number | Property damage, mil. Sk |
|------|------------|--------------|-------------------------|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| 1996 | 32         | 1            | > 2.00                  | 3990            | 64              | 179                | 88.4                     |
| 1997 | 36         | 2            | > 2.11                  | 3741            | 87              | 235                | 170.5                    |
| 1998 | 30         | 2            | > 2.11                  | 3410            | 88              | 235                | 187.0                    |
| 1999 | 35         | 2            | > 2.11                  | 4082            | 78              | 228                | 204.5                    |
| 2000 | 31         | 5            | >1.81                   | 3661            | 66              | 158                | 157.2                    |

Vysvetlivky k tabuľke:

KNL - kritická nehodová lokalita  
 OKNL - opakujúca sa kritická nehodová lokalita  
 DN - dopravná nehoda  
 SZ - smrteľné zranenie  
 ŤZ - ťažké zranenie

\* Repeated critical accident locality

Opakujúce sa KNL na cestnej sieti I. a II. triedy

Tab. 5

| Rok  | Číslo cesty | Dĺžka úseku, km | Miesto        | Počet DN | Počet SZ | Počet ŤZ | Materiálová škoda, mil. Sk |
|------|-------------|-----------------|---------------|----------|----------|----------|----------------------------|
| 1997 | I/18        | 0,5             | Ružomberok    | 23       | 0        | 1        | 0,8                        |
|      | I/18        | 0,5             | Žilina        | 29       | 0        | 0        | 1,0                        |
| 1998 | I/18        | 0,5             | Ružomberok    | 22       | 0        | 2        | 1,1                        |
|      | I/18        | 0,5             | Žilina        | 40       | 0        | 0        | 1,1                        |
| 1999 | I/18        | 0,5             | Ružomberok    | 24       | 0        | 0        | 1,1                        |
|      | I/18        | 0,5             | Žilina        | 44       | 0        | 0        | 1,6                        |
| 2000 | II/487      | 0,37            | Čadca         | 12       | 0        | 0        | 0,25                       |
|      | I/18        | 0,5             | Ružomberok    | 19       | 0        | 1        | 0,97                       |
|      | I/61        | 0,5             | Pov. Bystrica | 30       | 0        | 1        | 2,22                       |
|      | I/18        | 0,5             | Žilina        | 11       | 0        | 0        | 0,46                       |
|      | I/18        | 0,5             | Žilina        | 40       | 0        | 2        | 1,59                       |

The repeated critical accident localities on the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> class roads

Table 5

| Year | Road number | Section length, km | Locality      | Accident number | Fatal accidents | Hard injury number | Property damage, mil. Sk |
|------|-------------|--------------------|---------------|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| 1997 | I/18        | 0.5                | Ružomberok    | 23              | 0               | 1                  | 0.8                      |
|      | I/18        | 0.5                | Žilina        | 29              | 0               | 0                  | 1.0                      |
| 1998 | I/18        | 0.5                | Ružomberok    | 22              | 0               | 2                  | 1.1                      |
|      | I/18        | 0.5                | Žilina        | 40              | 0               | 0                  | 1.1                      |
| 1999 | I/18        | 0.5                | Ružomberok    | 24              | 0               | 0                  | 1.1                      |
|      | I/18        | 0.5                | Žilina        | 44              | 0               | 0                  | 1.6                      |
| 2000 | II/487      | 0.37               | Čadca         | 12              | 0               | 0                  | 0.25                     |
|      | I/18        | 0.5                | Ružomberok    | 19              | 0               | 1                  | 0.97                     |
|      | I/61        | 0.5                | Pov. Bystrica | 30              | 0               | 1                  | 2.22                     |
|      | I/18        | 0.5                | Žilina        | 11              | 0               | 0                  | 0.46                     |
|      | I/18        | 0.5                | Žilina        | 40              | 0               | 2                  | 1.59                     |

### 3. Zafaženie cestnej siete

Pre hodnotenie časti cestnej siete kraja bola spracovaná analýza jej zafaženia. Vybraté boli ucelené úseky ciest I. triedy, rozdelené na podúseky podľa dopravného zafaženia. Pre každý úsek bolo uvažované s maximálnou intenzitou podľa celoštátneho sčítania dopravy v roku 2000, prepočítanou na rok 2020 pomocou výhľadových koeficientov rastu dopravy. Získané hodnoty sú uvedené na obr. 2. Údaje v zátvorke platia pre výhľadový rok 2020. Jednotlivé hodnotené podúseky sú označené číslom v krúžku.

### 3. The loading of the road network

The analysis of the carrying capacity was prepared for evaluating the part of the road network in the region. The integrated parts of the 1st class roads were selected and divided into subsections according to the traffic volume. The maximum traffic volume was calculated according to the traffic census from 2000. The volumes were recalculated for the year 2020 for each section with coefficients of the traffic growth. The obtained values are shown in Fig. 2. The data in parentheses are valid for the perspective year 2020. The number in the circle marks the evaluated subsections.



Obr. 2. Intenzita dopravy na cestách I. triedy v sk.v./24h pre rok 2000 (2020)  
Fig. 2. The traffic volume for 1st class roads in vehicles per day (AADT) for 2000 (2020)

Výsledky poukázali na poddimenzovanie hodnôt na najviac zafažených úsekoch cestnej siete. V Žilinskom kraji sa to prejavilo predovšetkým na úsekoch Žilina – Strečno a Vrútky – Martin, kde intenzita dosiahla 16 726, resp. 17 193 vozidiel za 24 h. Zodpovedá to približne pôvodne predpokladanej intenzite okolo roku 2010. Do výpočtov zafaženia boli zahrnuté aj hodnoty určené na základe demografických údajov a socio-ekonomických dát, získaných dotazníkovým prieskumom v roku 1999.

Cestná sieť bola modelovaná z ciest I. triedy a niektorých vybraných úsekov ciest II. triedy. Poloha uzlov a ťažísk jednotlivých okrskov zodpovedala postupu modelovania medzioblastných vzťahov [3]. Vlastný proces modelovania zahrňoval nasledovné kroky:

The results showed under dimensioning of the values in the most loaded sections of the road network. In the observed region it appears, above all, in the sections Žilina – Strečno and Vrútky – Martin where the traffic volume achieved 16726, and 17193 vehicles per day, respectively. It is approximately equivalent to the presumptive volume for 2010 year.

The data determined on the basis of demographic and social-economic analyses obtained from the household interviews in 1999 were also included into the calculation. The road network was modelled from 1<sup>st</sup> class and selected 2<sup>nd</sup> class roads. The location of nodes and zone centres responds to the modelling system of the inter-zone relations [3]. The process of the modelling included the following steps:

- modelovanie cestnej siete územia v programe VISUM,
- výpočet matice vzdialeností s použitím metódy najkratšej cesty,
- transformácia matice vzdialeností do programu VISEM,
- generovanie matice prepravných vzťahov,
- zaťažovanie cestnej siete v programe VISUM.

Výsledkom modelovania prepravných vzťahov a ich aplikácie na cestnú sieť sú záťažové kartogramy dopravy, spracované pre denné predpokladané intenzity.

#### 4. Pridelenie dopravy na cestnú sieť

Namodelované prepravné vzťahy boli pridelené na cestnú sieť kraja so zredukovaným množstvom sídelných útvarov. Vonkajšie územie bolo rozdelené podľa smerovania dopravných sietí na susedné okresy, kraje, ostatné kraje SR a susedné štáty. Pre výpočet boli použité len údaje, priamo sa týkajúce Žilinského kraja vo forme zdrojovej, príp. cieľovej dopravy. Cieľová doprava z iných oblastí a doprava tranzitná nebola hodnotená pre Považskú Bystricu a Prievidzu z dôvodu nedostatku informácií. Tento fakt spôsobil čiastočné poddimenzovanie dopravného zaťaženia kraja. Základná cestná sieť kraja je uvedená na obr. 3 [4].

- Modelling the road network in the region using the VISUM software.
- Calculation of a distance matrix using the nearest road method.
- Transformation of the distance matrix to the VISEM software.
- Generation of the O-D matrix.
- Trip distribution to the road network in VISUM.

The traffic volume diagrams worked out for a daily presumptive volume present the results of the trip distribution model and their application to the road network.

#### 4. The trip assignment to the road network

The modelled traffic relations were distributed to the road network in the region with a reduced number of urban agglomerations. The outer area was divided into the neighbouring counties, regions, and countries by routing the transport networks. Only the data concerned Žilina region in the form of the origin or destination traffic were used for calculation. The destination traffic from other regions and through traffic from Považská Bystrica and Prievidza were not evaluated because of lack of information. This fact caused a partial under dimensioning of the regional traffic loading. The basic regional roads network is shown in Fig. 3 [4].



Obr. 3. Základná cestná sieť kraja  
Fig. 3. The basic road network in the region

Po získaní matíc prepravných vzťahov bolo pomocou rovnovážnej metódy pridelenie dopravy realizované predpokladané zaťaženie cestnej siete (obr. 4). Napriek absencii hodnôt tranzitnej dopravy získané zaťaženie siete takmer dosahuje úroveň, zistenú v roku 2000. Z toho je zrejmé, že odporová funkcia, použitá v programovom prostriedku VISION, nezodpovedá celkom našim špecifikám. Modelové hodnoty prekračujú i údaje získané gravitačnou metódou, a to hlavne pri individuálnej doprave. Pri hromadnej doprave sú údaje porovnateľné. Preto je potrebné v ďalších analýzach venovať pozornosť hlavne kalibrácii modelu pre program VISUM.

The expected load of the roads network was obtained by an equilibrium procedure of the trip assignment after calculating the O-D matrixes (Fig. 4). The calculated traffic load of the network almost achieves the level observed in 2000 in spite of the through traffic volumes absence. Whence it follows that the deterrence function used in the VISION software does not correspond completely with Slovak conditions. The model values excess also data obtained by a gravity method, namely for the private transport. In case of the public transport the data are comparable. Therefore it is necessary to pay attention to the model calibration for the VISUM software in future analyses.



Obr. 4. Zaťaženie cestnej siete kraja  
Fig. 4. The traffic loading of the road network

## 5. Kapacitné posúdenie vybranej časti cestnej siete

Za účelom zhodnotenia skutočného stavu zaťaženia boli ďalej kapacitne posúdené vybrané časti cestnej siete. Teoretické hodnoty prípustnej intenzity v jazdnom pruhu boli porovnané s vypočítanými hodnotami, určenými na základe skutočných intenzít a súčasných stavebných a jazdných podmienok. Porovnanie bolo realizované percentuálnym vyjadrením podielu skutočnej intenzity ku prípustnej hodnote. Hodnotenie úsekov s prekročenou kapacitou je prezentované v tab. 6.

Z tabuľky je zrejmé, že z 19 hodnotených úsekov ciest I. triedy v kraji v roku 2000 až 7 úsekov malo prekročenú teoretickú

## 5. The capacity analysis of a selected part of the road network

The capacity analysis of the road network in selected parts was realised in order to determine the recent loading state. Theoretical values of an allowable traffic volume in the traffic lane were compared with calculated values determined on the basis of real volumes and recent building and traffic conditions. The comparison was realised by the percent ratio of the real volume to the allowable volume. The evaluation of the sections with overloaded capacity is presented in Table 6.

From the table it results that from 19 evaluated sections of 1<sup>st</sup> class road in the region in the year 2000 even 7 sections overloaded

kapacitu. Uvedené úseky sú znázornené na obr. 5 šrafované. V roku 2020 to bude až 12 úsekov.

Uvedený stav zaťaženia siete je potrebné považovať za kritický. Predovšetkým cestný ťah Bratislava – Žilina – Poprad, tvorený na území kraja cestami I/61 a I/18 je prakticky v celom úseku za hranicou prípustnej intenzity. Výnimkou je len diaľničný úsek Ivachnová – hranica kraja. Úseky Bytča – Žilina, Žilina – Martin a Martin – Sučany prekračujú povolenú intenzitu až o 200 % už v roku 2000. Podobný stav je i na ceste I/65 Martin – Turčianske Teplice.

Posúdenie kapacít v roku 2000

Tab. 6

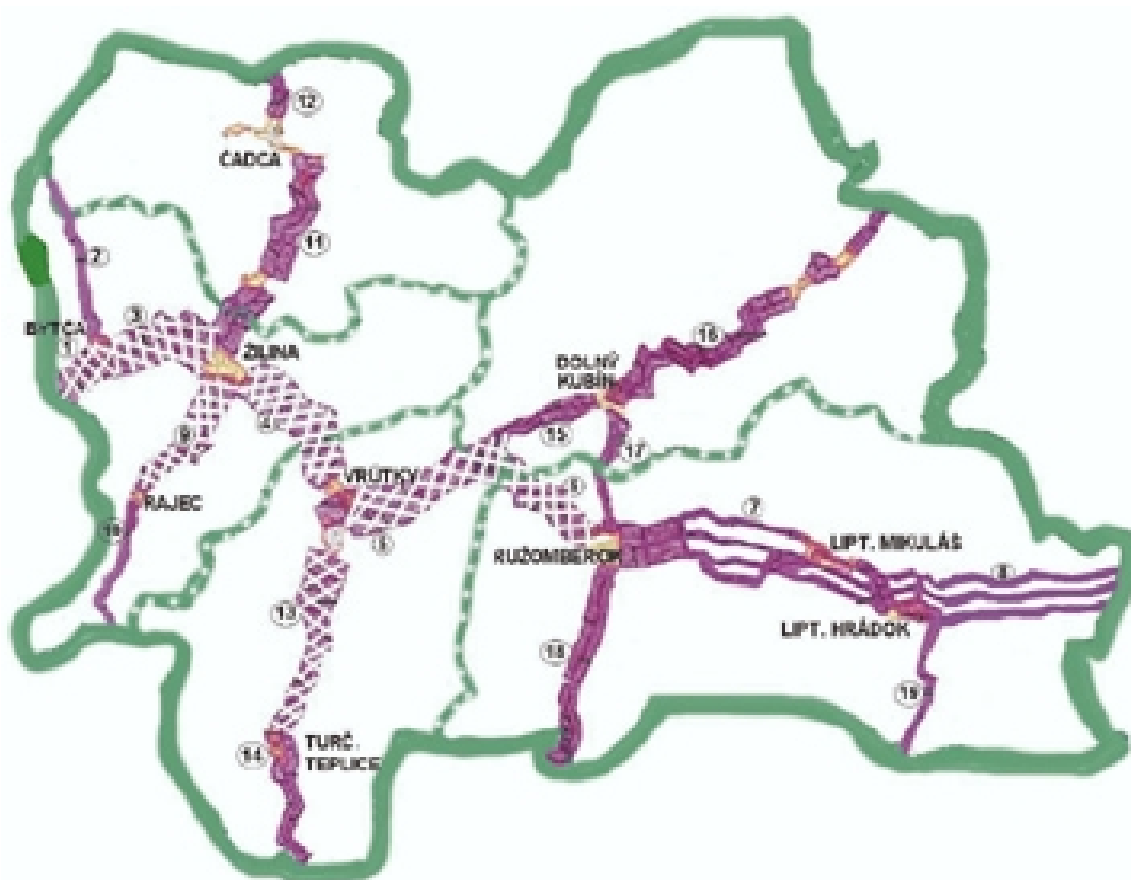
| Číslo úseku | Prípustná intenzita, voz/h | Skutočná intenzita, voz/h | Prekročenie kapacity, % |
|-------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 1           | 276                        | 742                       | 169                     |
| 3           | 302                        | 817                       | 171                     |
| 4           | 280                        | 1004                      | 258                     |
| 5           | 312                        | 963                       | 209                     |
| 6           | 411                        | 552                       | 34                      |
| 9           | 594                        | 759                       | 28                      |
| 13          | 509                        | 747                       | 47                      |

the theoretical capacity. The listed sections are shown in Fig. 5. In 2020 there will be 12 sections. The presented state of the network traffic loading has to be regarded as critical. Above all the trunk road Bratislava – Žilina – Poprad, created in the region by the roads Nr. I/18 and I/61, is practically in all its length beyond the stated limit of the allowable volume, the only exception is the motorway section from Ivachnová to the region border. The sections Bytča – Žilina, Žilina – Martin and Martin – Sučany exceed the allowable volume about 200 % this year. The similar situation is in the road Nr. I/65 Martin – Turčianske Teplice.

The evaluation of the capacity in 2000

Table 6

| Section number | Capacity, vph | Traffic volume, vph | Capacity overload, % |
|----------------|---------------|---------------------|----------------------|
| 1              | 276           | 742                 | 169                  |
| 3              | 302           | 817                 | 171                  |
| 4              | 280           | 1004                | 258                  |
| 5              | 312           | 963                 | 209                  |
| 6              | 411           | 552                 | 34                   |
| 9              | 594           | 759                 | 28                   |
| 13             | 509           | 747                 | 47                   |



Obr. 5. Úseky s prekročenou prípustnou intenzitou  
Fig. 5. The sections with exceeded allowable volume

## 6. Odporúčania pre zvýšenie kvality

Z uvedenej analýzy vyplýva, že cestná sieť I. triedy na území Žilinského kraja je z hľadiska kapacity v kritickom stave. Rovnaký výsledok vyplýva z analýzy nehodovosti. Preto je nevyhnutné budovanie diaľničnej siete na území kraja v pôvodne stanovených koridoroch, ktoré navyše zodpovedajú medzinárodným koridorom.

## 6. Recommendations for quality improvement

From the presented analysis it results that the road network of 1st class in Žilina region is in a critical state from the point of view of capacity. The same result follows from the traffic accident analysis. Therefore it is necessary to build the motorways network in the region namely in the initially determined corridors, which, in addition, correspond to the international corridors.

## Literatúra - References

- [1] Prehľad údajov o sieti cestných komunikácií SR, SSC Bratislava, Cestná databanka, február 2001
- [2] Prehľady dopravnej nehodovosti na cestnej sieti SR za roky 1996-2000. Útvar dopravnej nehodovosti, SSC Bratislava
- [3] Kolektív: *Model komunikačnej obsluhy územnosprávneho celku - kraja*. Správa z riešenia výskumnej úlohy C519. ŽU Žilina, 2000.
- [4] SEDLIAČKOVÁ, J.: *Modelovanie dopravných vzťahov Žilinského okresu*. DP, ŽU 2001.



Karol Vasilko – Anna Macurová \*

# GEOMETRICKÉ ZÁKONITOSTI VYTVÁRANIA OBROBENÉHO POVRCHU

## GEOMETRIC RELATIONS OF THE FORMATION OF A CUT SURFACE

*Pri posudzovaní drsnosti obrobeného povrchu sa doteraz používa zjednodušený vzťah, ktorý vyjadruje závislosť najväčšej výšky nerov-*

*nosti a posuvu v tvare  $Rz = \frac{f^2}{8r_\epsilon}$ , kde  $Rz$  je drsnosť obrobeného povrchu,  $f$  je posuv a  $r_\epsilon$  je polomer zaoblenia rezného klina.*

*Novšie prístupy ukazujú na nepresnosť tejto závislosti. Na základe experimentálnych meraní autori analyzujú nové vzťahy medzi reznými podmienkami a drsnosťou obrobeného povrchu. Tieto umožňujú predikovať morfológiu obrobeného povrchu pred vstupom polovýrobku do výrobného zariadenia a voliť optimálne rezné podmienky z hľadiska požadovanej kvality povrchu.*

### 1. Úvod

Zvyšovanie prevádzkovej spoľahlivosti strojových zariadení si žiada zvyšovať kvalitu obrobeného povrchu súčiastok. Nároky na zlepšovanie kvality obrobeného povrchu vyvolávajú hľadanie technologických možností, ako tento problém riešiť. Rezervy sú vo využití zákonitostí procesu vytvárania obrobeného povrchu rezným klinom.

Je všeobecne známe, že obrobený povrch sa teoreticky vytvára pohybom rezného klina voči obrobku, podľa kinematiky konkrétneho stroja. Dochádza ku kopírovaniu hrotu nástroja na povrch obrobku, pričom participuje plastická deformácia povrchu a tribologické korelácie trúch sa plôch nástroja a obrobku. Výsledkom je zložitý tvar obrobenej plochy. Ak berieme do úvahy len geometrické zákonitosti interakcie nástroj – obrobok, možno odvodiť pomerne jednoduchý vzťah medzi posuvom a drsnosťou obrobeného povrchu, t. j.  $Rz = Rz(f)$ .

Závislosť drsnosti povrchu od reznej rýchlosti  $v_c$  a hĺbke rezu  $a_p$ , ktorá je  $Rz = Rz(v_c, a_p)$  sa geometricky nedá vyjadriť, pretože súvisí so zákonitosťami plastickej deformácie povrchu obrobku pri styku s rezným klinom. Takéto vzťahy sú však veľmi potrebné na optimalizáciu rezných podmienok. Jednou z ciest ich získania je experimentálne štúdium povrchu pri meniacich sa rezných pod-

*When assessing the roughness of the cut surface a simplified relationship is used representing the dependency of maximum deviation of a roughness and a representing feed in the form  $Rz = \frac{f^2}{8r_\epsilon}$ ,*

*where  $Rz$  is the roughness of the cut surface,  $f$  is a feed and  $r_\epsilon$  is a radius of the curving of the knife.*

*The latest approaches illustrate the inaccuracy of this dependency. On the basis of the experimental measurements the authors analyse new relationships between cutting conditions and roughness of the cut surface. These enable to predict morphology of the cut surface to the accession of the semi-product in the production facilities and to select optimal cut conditions of the aspect of the required quality of the surface.*

### 1. Introduction

Increase of the working reliability of machining systems requires the increase in the quality of the cut surface components. Requirements to improve the quality of machined surface evolve searching for new technological means to solve this problem. Reserves are in utilization of relations of the process of the creation of the cut surface with the cutting slice.

It is generally known that the cut surface is theoretically generated by moving the cutting slice according to kinematics of the machine. The tip of the tool is reproduces on the cut of the workpiece where the plastic deformation of the cut and the tribologic correlations of the areas of tool and workpiece participate. The result is complicated form of the cut plane. When we think of only geometric relationships of the interaction the tool – the work, we can deduce simple relationship within the feed and the roughness of the cut surface, i. e.  $Rz = Rz(f)$ .

The dependence of the roughness of the surface on the cut speed  $v_c$  and on the depth of the  $Rz = Rz(v_c, a_p)$  cut is impossible to be described geometrically, because it is related to the plastic deformation relationships of the surface while in touch with the cut slice. These relations are necessary to a great extent for optimum cutting conditions. One of the ways how to obtain them

\* Prof. Ing. Karol Vasilko, DrSc., PaedDr. Anna Macurová,

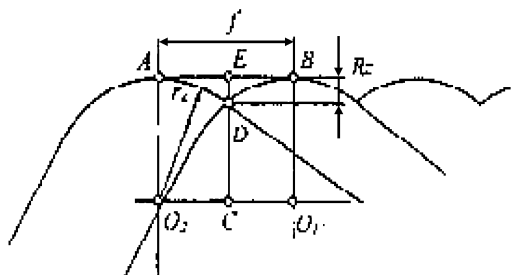
Fakulta výrobných technológií TU v Košiciach, so sídlom v Prešove, Plzenská 10, 080 01 Prešov, Tel.: ++421-91-7723012,  
E-mail: vasilko.karol@fvt.sk, macurova.anna@fvt.sk

mienkach. Nasledujúce analytické vzťahy sú získané uvedeným spôsobom. Príspevok je parciálnym výsledkom riešenia grantovej úlohy VEGA 1/7446/20

is the experimental study of the surface in the variable cutting conditions. The following analytic relations are obtained by the presented method. The paper is a partial result of the solution of the grant work VEGA 1/7446/20.

## 2. Charakter geometrie tvorby obrobeného povrchu

Ak analyzujeme exaktný geometrický vzťah medzi rezným klinom nástroja a obrobeným povrchom, možno drsnosť povrchu určiť z obr. 1.



Obr. 1. Interakcia zaobleného rezného klina a obrobku  
Fig. 1. Interaction of the curving knife and of the workpiece

## 2. Character of geometric creation of cutting surface

When we analyse an exact geometric relation between the knife of the tool and the cut surface it is possible to determine the roughness of the surface from the Fig. 1.

$$Rz = CE - DC = CE - \sqrt{DO_1^2 - CO_1^2}$$

ďalej platí

$$CE = DO_2 = DO_1 = r_e, CO_1 = \frac{f}{2}.$$

Odtiaľ

$$Rz = r_e - r_e^2 - \frac{f^2}{4}.$$

Po umocnení  $Rz^2 - 2Rzr_e + r_e^2 - \frac{f^2}{4} = 0$ . Ďalšie úpravy vedú ku kvadratickej rovnici  $Rz^2 - 2Rzr_e + \frac{f^2}{4} = 0$ .

Mnohí autori v snahe zjednodušiť tento vzťah zanedbávali člen  $Rz^2$ , čím vznikol frekventovaný vzťah:

$$Rz = \frac{f^2}{8r_e}. \quad (1)$$

Jeho grafická interpretácia vyjadruje parabolickú závislosť medzi posuvom a drsnosťou obrobeného povrchu. Z poslednej kvadratickej rovnice vyjadríme  $Rz$  vzťahom:

$$Rz = \frac{r_e \pm \sqrt{4r_e^2 - f^2}}{2},$$

kde  $4r_e^2 - f^2 \geq 0$ , teda  $r_e \geq \frac{f}{2}$ . Po úprave je

$$Rz = r_e \pm \sqrt{r_e^2 - \frac{f^2}{4}}. \quad (2)$$

Hodnota  $Rz = r_e + \sqrt{r_e^2 - \frac{f^2}{4}}$  nie je technicky možná. Preto platí vzťah pre drsnosť povrchu  $Rz = r_e - \sqrt{r_e^2 - \frac{f^2}{4}}$ , alebo po ďalšej úprave:

$$Rz = r_e - \frac{1}{2} \sqrt{4r_e^2 - f^2}. \quad (2a)$$

Nech nezávisle premenná je posuv  $f$ , môžeme zobraziť graf funkcie  $Rz = Rz(f)$  pre rozličné  $r_e$ , čo je znázornené na obr. 2.

$$Rz = CE - DC = CE - \sqrt{DO_1^2 - CO_1^2}$$

further holds

$$CE = DO_2 = DO_1 = r_e, CO_1 = \frac{f}{2}.$$

Hence

$$Rz = r_e - r_e^2 - \frac{f^2}{4}.$$

After squaring  $Rz^2 - 2Rzr_e + r_e^2 - \frac{f^2}{4} = 0$ . Next modifications lead to a quadric equation  $Rz^2 - 2Rzr_e + \frac{f^2}{4} = 0$ .

Many authors, trying to simplify this relation ignored the term  $Rz^2$ , which resulted in a frequent relation

$$Rz = \frac{f^2}{8r_e} \quad (1)$$

Its graphic interpretation expresses parabolic dependence between the feed and the roughness of the cut surface. We describe  $Rz$  from the last quadratic equation

$$Rz = \frac{r_e \pm \sqrt{4r_e^2 - f^2}}{2},$$

where  $4r_e^2 - f^2 \geq 0$  then  $r_e \geq \frac{f}{2}$ . After modification it is

$$Rz = r_e \pm \sqrt{r_e^2 - \frac{f^2}{4}}. \quad (2)$$

Value  $Rz = r_e + \sqrt{r_e^2 - \frac{f^2}{4}}$  is not possible technically.

Therefore the relation is valid for the roughness of the cut surface

$$Rz = r_e - \sqrt{r_e^2 - \frac{f^2}{4}} \text{ or after further modification}$$

$$Rz = r_e - \frac{1}{2} \sqrt{4r_e^2 - f^2} \quad (2a)$$

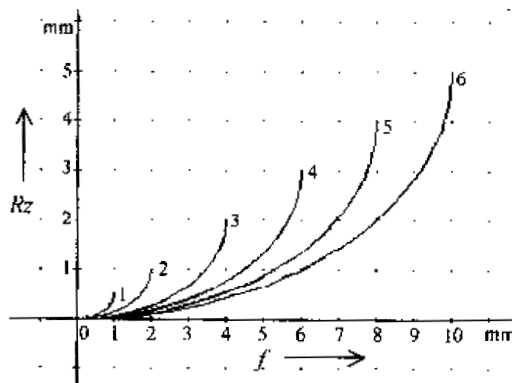
Let independent variable be the feed  $f$ , we can describe the graph of the function  $Rz = Rz(f)$  for various  $r_e$  what can be seen

Závislosť nie je parabolická, je vyjadrená časťami elips, dosahuje konečné hodnoty pre zvolené hodnoty parametra  $r_e$ . Technicky to znamená, že v okamihu, keď sa končí priebeh závislosti pre príslušné  $r_e$ , prichádza do záberu vedľajšia rezná hrana. Vzťah (2a) presnejšie vyjadruje závislosť  $Rz = Rz(f)$ , ako zjednodušený vzťah (1).

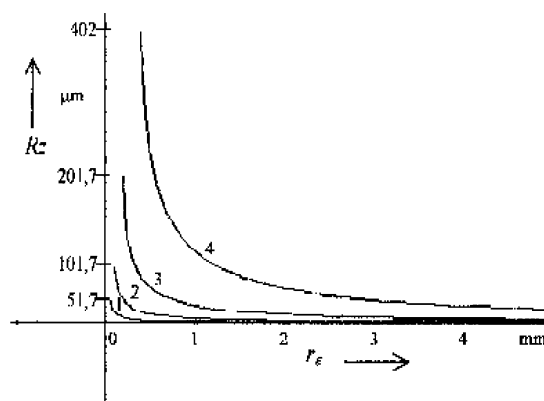
Na obr. 3 je graf funkcie  $Rz = Rz(r_e)$ . Systém závislosti je získaný na základe vzťahu (2a), kde predpokladáme, že posuv  $f$  je parameter. Závislosti sú ohraničené zhora. Pre  $r_e$  blížiac sa k 0,  $Rz$  veľmi rýchle rastie.

Z pôvodnej aj zo závislosti (1) pre drsnosť obrobeného povrchu vyplýva,  $Rz$  že veľmi rýchle rastie so zvyšovaním posuvu. Preto akékoľvek zvýšenie posuvu má nepriaznivý vplyv na morfológiu obrobeného povrchu. Z priestorového diagramu funkcie  $Rz = Rz(r_e, f)$  by bolo možné určiť hodnoty  $r_e$ , ktoré pri zvýšenom posuve dávajú rovnakú hodnotu  $Rz$ . Prakticky by to znamenalo pri každej zmene posuvu zmeniť polomer zaoblenia hrotu nástroja, čo však nie je možné. Výrobcovia rezných nástrojov vyrábajú rezné platničky s definovanými polomermi hrotu. Ako príklad možno uviesť výťah z normy ISO 1832, podľa ktorej napr. vyrába SANDVIK Coromant, kde pre vymeniteľné sústružnicke platničky sú definované polomery  $r_e = 0,4; 0,8; 1,2; 1,6$  a  $2,4$  mm. Okrem toho sa vyrábajú kruhové platničky s polomermi 8 a 12 mm. Ďalšie zväčšovanie polomeru hrotu noža nie je vhodné z dôvodu predĺžovania aktívnej dĺžky styku reznej hrany s obrobkom a sklonu ku kmitaniu technologickej sústavy. Preto zlepšovanie drsnosti povrchu je potrebné riešiť iným spôsobom.

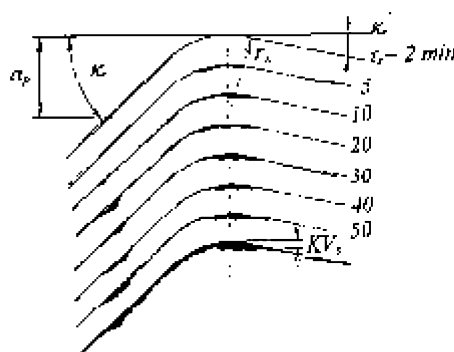
K modifikácii teoretických vzťahov pre drsnosť povrchu prispúja aj ďalšia skutočnosť. Reálny tvar hrotu nemá presný kruhový



Obr. 2. Graf funkcie  $Rz = Rz(f)$  pre  $r_e \in \{0,5; 1; 2; 3; 4; 5\}$  mm  
Fig. 2. Graph of function  $Rz = Rz(f)$  for  $r_e \in \{0,5; 1; 2; 3; 4; 5\}$  mm



Obr. 3. Graf funkcie  $Rz = Rz(r_e)$  zo vzťahu (2a).  
 $f \in \{0,1; 0,2; 0,3; 0,5\}$  mm  
Fig. 3. Graph of function  $Rz = Rz(r_e)$  of the relation (2a).  
 $f \in \{0,1; 0,2; 0,3; 0,5\}$  mm



Obr. 4. Postupná zmena profilu rezného klina s časom rezania  
Fig. 4. Consecutive change of the section of the cutting slice with the cutting time

in Fig. 2. The dependence is not parabolic, it is described by segments of the ellipses, it reaches final values for the selected values of the parameter  $r_e$ . Technically it means that in the moment when the relation for selected finishes  $r_e$  there side cutting edge comes to feed. The relation (2a) represents more precisely the dependence  $Rz = Rz(f)$  than the simplified relation (1).

In Fig. 3 there is a graph of the function  $Rz = Rz(r_e)$ . The system of dependencies is obtained by the following relation (2a) where we expect that the feed is a parameter. Dependencies are limited by the upper parameter. For  $r_e$  approaching 0,  $Rz$  increases very quickly.

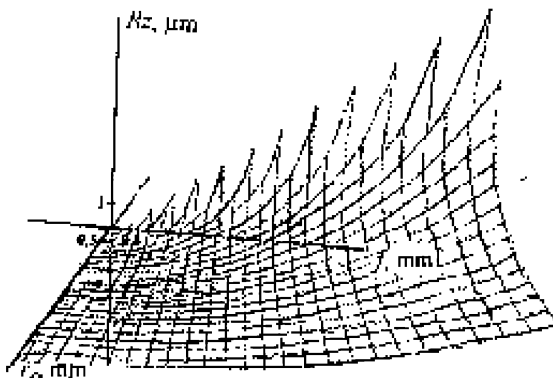
From the original and from the dependence (1) for the surface roughness of the cut it can be seen that  $Rz$  increases very quickly with increasing feed. Therefore any increase in feed has unfavorable effect on morphology of the cut surface. From the three dimensional graph of the function it would be possible to get the equivalent value  $Rz$ .

The producers of cutting tools produce cutting plates with a defined radius of the tip. As an example we can introduce a piece of ISO standard 1832 according to which, e. g. SANDVIK Coromant produce their goods, where for convertible lathe plates radiuses are defined  $r_e = 0,4; 0,8; 1,2; 1,6$  and  $2,4$  mm. Apart from it, round plates are produced with radiuses of 8 and 12 mm. Further increase of the radius of the tip of knife is not applicable due to the expansion of active contact of cutting edge with workpiece and of inclination to the vibration of the technological system. Therefore, the improvement of the roughness of the surface need to be solved in a different way.

Another fact joins the modification of theoretical relations for the surface roughness. The real shape of the tip is not of accurate round profile and with the wear it changes considerably. It is mainly the creation of a hole in side edge according to Fig. 4. This

profil a opotrebením sa značne mení. Ide najmä o vytváranie žliabku na vedľajšom chrbte podľa obr. 4. Pri malých opotrebeniach môže toto "prelomienie" vedľajšej reznej hrany viesť v niektorých prípadoch aj ku zahladzovaniu nerovnosti povrchu. Vzniká jeden, alebo viac ďalších hrotov. Pri vyšších opotrebeniach sa však tento efekt ruší a drsnosť povrchu s opotrebením rastie.

Ešte názornejšie vyjadruje sledovanú závislosť priestorový graf  $Rz = Rz(r_e, f)$  na obr. 5.



Obr. 5. Graf funkcie  $Rz = Rz(r_e, f)$   
Fig. 5. Graph of the function  $Rz = Rz(r_e, f)$

"snap through" of the subsidiary of the cutting edge allows to smooth the unevenness in some cases.

One or more tips occur. This effect, however, does not occur at higher wear and the roughness of the surface increases with the wear.

The three dimensional graph represents the observed dependence  $Rz = Rz(r_e, f)$  in Fig. 5.

### 3. Závislosť drsnosti obrobeného povrchu $Rz$ od reznej rýchlosti $v_c$ a posuvu $f$

Na určenie drsnosti obrábaného povrchu máme vzťah (1) a (2a). Pre závislosť drsnosti od reznej rýchlosti  $v_c$  teoretický vzťah neexistuje, preto ju možno zistiť experimentálne. Z experimentálnych hodnôt pri obrábanom materiáli: oceľ 12050.1, reznom materiáli SK P20 rezných podmienkach:  $r_e = 1$  mm,  $\gamma_0 = 10^\circ$ ,  $\kappa = 60^\circ$ ,  $\kappa_r = 30^\circ$  a z grafickej závislosti  $Rz = Rz(v_c)$  je možné vyjadriť vzťah

$$Rz = av_c^{-b}, \quad (3)$$

kde  $a$  a  $b$  sú konštanty, ktorých veľkosť sa mení so zmenou posuvu  $f$ .

Uvažujeme rovnosť (1) a (3), teda

$$\frac{f^2}{8r_e} = av_c^{-b},$$

z čoho

$$r_e = \frac{f^2}{8av_c^{-b}},$$

potom je:

$$Rz = \frac{f^2}{8av_c^{-b}} - \frac{1}{2} \sqrt{4 \left( \frac{f^2}{8av_c^{-b}} \right)^2 - f^2},$$

alebo

$$Rz = f \left( \frac{f}{8av_c^{-b}} - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{f^2 - 16a^2v_c^{-2b}}{16a^2v_c^{-2b}}} \right),$$

teda

$$\frac{f^2}{8r_e} = av_c^{-b},$$

z čoho

$$r_e = \frac{f^2}{8av_c^{-b}},$$

### 3. Dependence of the roughness of the cut surface $Rz$ on the cutting speed $v_c$ and on the feed $f$

To determine the roughness of the cut surface we have the relations (1) and (2a). For the dependence of the roughness on the cutting speed  $v_c$  the theoretical relation does not exist, therefore it is possible to find it experimentally. From the experimental values at the cutting material SK P20, cutting conditions:  $r_e = 1$  mm,  $\gamma_0 = 10^\circ$ ,  $\kappa = 60^\circ$ ,  $\kappa_r = 30^\circ$  and from the graphic dependence  $Rz = Rz(v_c)$  it is possible to define the relation

$$Rz = av_c^{-b}, \quad (3)$$

where  $a$  and  $b$  are constants, the value of which change with the feed  $f$ .

We consider equation (1) and (3), therefore

$$\frac{f^2}{8r_e} = av_c^{-b},$$

from which

$$r_e = \frac{f^2}{8av_c^{-b}},$$

then

$$Rz = \frac{f^2}{8av_c^{-b}} - \frac{1}{2} \sqrt{4 \left( \frac{f^2}{8av_c^{-b}} \right)^2 - f^2}$$

or

$$Rz = f \left( \frac{f}{8av_c^{-b}} - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{f^2 - 16a^2v_c^{-2b}}{16a^2v_c^{-2b}}} \right)$$

thus

$$\frac{f^2}{8r_e} = av_c^{-b},$$

from which

$$r_e = \frac{f^2}{8av_c^{-b}},$$

potom je:

$$R_z = \frac{f^2}{8av_c^{-b}} - \frac{1}{2} \sqrt{4 \left( \frac{f^2}{8av_c^{-b}} \right)^2 - f^2},$$

alebo

$$R_z = f \left( \frac{f}{8av_c^{-b}} - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{f^2 - 16a^2v_c^{-2b}}{16a^2v_c^{-2b}}} \right),$$

teda

$$R_z = \frac{f}{8av_c^{-b}} (f - \sqrt{f^2 - 16a^2v_c^{-2b}}). \quad (4)$$

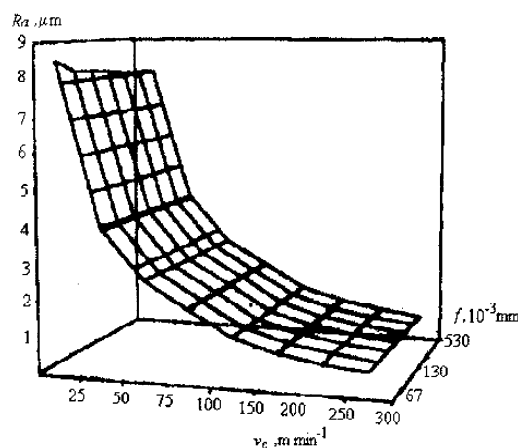
Existencia výrazu vo vzťahu (4) je zaručená pre hodnoty posuvu a rezných rýchlostí, ktoré spĺňajú nerovnosť

$$f^2 - 16a^2v_c^{-2b} \geq 0,$$

pričom uvažujeme len technicky realizovateľné hodnoty, teda  $f \geq 4av_c^{-b}$ .

Pre  $a = 200,78$  a  $b = 0,9995$  máme grafickú závislosť na obr. 6. Graf je podľa vzťahu (4) upravený na  $Ra = Ra(v_c, f)$ .

Experimentálnym štúdiom závislosti drsnosti povrchu od hĺbky rezu  $a_p$  je závislosť takmer lineárna, s malým poklesom  $R_z$  smerom k vyšším hĺbkam rezu. Preto nie je potrebné tento parameter uvažovať.



Obr. 6. Graf závislosti drsnosti  $Ra$  od rezných rýchlostí  $v_c$  a od posuvu  $f$

Fig. 6. Graph of the dependence of roughness  $Ra$  on the cutting speed  $v_c$  and on the feed  $f$ .

#### 4. Záver

Poznanie zákonitostí vzniku drsnosti obrobeneho povrchu dáva reálnu možnosť optimalizovať rezné podmienky vo vzťahu k požadovanej kvalite povrchu súčiastok. Výrazná zmena  $R_z$  v závislosti  $v_c$  na žiada pri obrábaní oceli vyššie rezné rýchlosti. Zvyšovanie posuvu je jednoznačne nepriaznivé a musí sa realizovať iba pri súčasnej úprave geometrie rezného klina (zväčšovanie polomeru zaoblenia hrotu). Závislosť drsnosti obrobeneho povrchu od hĺbky rezu je nevýrazná, napriek tomu bude analyzovaná v nadväzných prácach.

then it is

$$R_z = \frac{f^2}{8av_c^{-b}} - \frac{1}{2} \sqrt{4 \left( \frac{f^2}{8av_c^{-b}} \right)^2 - f^2}$$

or

$$R_z = f \left( \frac{f}{8av_c^{-b}} - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{f^2 - 16a^2v_c^{-2b}}{16a^2v_c^{-2b}}} \right)$$

so

$$R_z = \frac{f}{8av_c^{-b}} (f - \sqrt{f^2 - 16a^2v_c^{-2b}}) \quad (4)$$

The existence of the term in the relation (4) is guaranteed for the values of the feed and cutting speed that satisfy the inequality

$$f^2 - 16a^2v_c^{-2b} \geq 0,$$

when we consider only the technically possible values, so  $f \geq 4av_c^{-b}$ .

For  $a = 200.78$  and  $b = 0.9995$  we have a graphic dependence in Fig. 6. The graph is adjusted by the relation (4) to  $Ra = Ra(v_c, f)$ .

With experimental study of the dependence of the roughness of the cut surface on the depth of the cut  $a_p$  the dependence is almost linear, with the short regress  $R_z$  in the direction of bigger depths of the cut. Therefore, it is not necessary to consider this parameter.

#### 4. Conclusion

Knowledge of the relations of the formation of the roughness of the cut surface gives a real possibility to optimize cutting conditions in relation to the required quality of the surface of components. A considerable change  $R_z$  in the dependence on the  $v_c$  requires higher cutting speeds in machining steels. The increase in the feed is thoroughly unfavourable and must be realised only when geometry of the cutting slice is adjusted (increase of the radius of tip curving). The dependence of the roughness of the cut surface on the depth of the cut is dull, in spite of this it will be analysed in further works.

#### Literatúra - References

- [1] BUMBÁLEK, B., ODVODY, V., OŠTÁDAL, B.: *Drsnost povrchu*. Praha SNTL, 1989, 338 s.
- [2] GRZESIK, W.: *Podstawy skrawania materiałów metalowych*. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne 1998, 380 s.
- [3] KALPELJAN, S.: *Manufacturing Engineering and Technology*. Addison-Wesley Publishing Company. USA 1989, 1199 s.
- [4] MIKO, E.: *Monitoring of the microroughness of surfaces face-milled with round ceramic blades*. In: Science Report: Geometrical Surface Structure of Machine Parts. CEEPUS PL-1, Kielce, 2001, s.137-146.
- [5] VASILKO, K., MACUROVÁ, A., VASILKOVÁ, D.: *Nová metóda na zlepšenie drsnosti obrobeneho povrchu pri pri sústružení*. Acta Mechanica Slovaca 2/1999, s. 17-30

Marek Kopiński – Andrzej Surowiecki \*

## VYBRANÉ PROBLÉMY MECHANIKY SPEVNENÝCH ZEMÍN

### SELECTED PROBLEMS OF REINFORCED SOIL MECHANICS

*Uvádžajú sa vybrané problémy mechaniky sypkého zemného prostredia, na príklade výskumu zmeny tvaru pravouhlých vzoriek zaťažených zvislým statickým osovým symetrickým tlakom. Vzorky boli vystužené vodorovne rozmiestnenými sieťkami. Popisuje sa spolupôsobenie elementov spevnenej zeminy, menovite charakteristiky vzájomného vplyvu zemného prostredia a spevnenia na rozmer pásma spolupôsobenia.*

*Pri hodnotení vplyvu spevnenia zemného prostredia bolo uvažované stredné vodorovné napätie a odvodený koeficient bočného tlaku.*

*Selected problems of the mechanics of a loose soil medium, illustrated with tests of cuboidal specimens loaded with a vertical, static, axial symmetric pressure, have been presented. The specimens were reinforced with inserts (nets) situated horizontally, i.e. perpendicular to the plane of loading. The interaction between reinforced soil components, in particular the influence of soil and reinforcement related factors on the size of an interaction zone, was discussed.*

*An average horizontal stress and an experimental coefficient of lateral pressure were taken into account when assessing the effect of reinforcement on the deformability of soil.*

#### 1. Introduction

Reinforced soil has been used as material in various civil engineering structures for over 30 years. The introduction of soil reinforcement into engineering practice opened up a new field: reinforced soil mechanics, covering three major groups of problems: proper choice of reinforcement, description of the mechanical properties of a considered composite material and the interaction between a reinforced-soil structure and the medium [5].

The Polish Academy of Sciences Institute of Hydro-Engineering in Gdańsk has contributed significantly to the development of reinforced soil mechanics [2, 4, 5] by creating rigid-elastic and elastoplastic models of reinforced soil, working out the slope's and the retaining wall's load bearing capacity and the static and kinematic solutions of the limit load capacity of loose subsoil loaded with foundations, etc.

In laboratory testing three main areas relating to: the reinforcement's mechanical properties, the interaction between reinforced soil components and the testing of reinforced soil treated as a composite can be distinguished [5]. As is stated in handbook [5], divergences of opinion about a proper theoretical approach to reinforced soil's function can be successfully settled through experimentation.

This paper deals with an experimental analysis of the behaviour of large-size specimens of reinforced loose soil (a laboratory model) loaded vertically with a static pressure. The vertical (settlement) and horizontal (lateral pressure) deformations were measured and

the performance of the reinforcement and changes in the values of the soil specimen's mechanical properties versus the adopted parameters relating to the test conditions (load), the soil medium (compaction), the number and location of reinforcing inserts were assessed. The reinforced subsoil behaviour model consists of: coarse river sand and horizontally placed plastic nets (denoted by ST) and steel net (denoted by SS) with a mesh size of  $30 \times 30$  mm. The soil specimens were tested in two states of compaction: as loosely heaped up sand (1<sup>st</sup> loading cycle) and precompacted soil (9<sup>th</sup> loading cycle). The cuboidal test specimens were placed in a  $0.54 \times 0.54$  m in plane and 0.42 m high container. Seven model wall measurement levels were distinguished:  $z_1 = 0.03$  m;  $z_2 = 0.09$  m;  $z_3 = 0.15$  m;  $z_4 = 0.21$  m;  $z_5 = 0.27$  m;  $z_6 = 0.33$  m;  $z_7 = 0.39$  m.

#### 2. Interaction between reinforced soil components

Under vertical static loading  $q = 0.24$  MPa the lateral pressure of reinforced loosely heaped up sand along the model's height as a function of the number of net ST inserts is as shown in Fig. 1. A single reinforcement at measurement level  $z_4$  (curve 1), a double (two nets) reinforcement at depth  $z_{3/4} = 0.18$  m and  $z_{5/6} = 0.30$  m; a triple reinforcement at levels  $z_2$ ,  $z_4$  and  $z_6$  and a multilayer reinforcement (spaced evenly at every  $\Delta = 0.06$  m along the height) at levels  $z_1$ ,  $z_2$ ,  $z_3$ ,  $z_4$ ,  $z_5$ ,  $z_6$ ,  $z_7$  were used.

The tests were comparative in nature: the results were compared with the results obtained for reference specimens, i.e. unreinforced sand.

\* Dr Ing. Marek Kopiński, Dr. hab. inż. Andrzej Surowiecki

Institute of Civil Engineering, Wrocław University of Technology, Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Poland

T. Kościuszko Military University, Department of Military Engineering, Obornicka 108, 50-961 Wrocław, Poland

Agriculture University of Wrocław, Institute of Building and Landscape Architecture, Pl. Grundwaldzki 24, 50-363 Wrocław, Poland

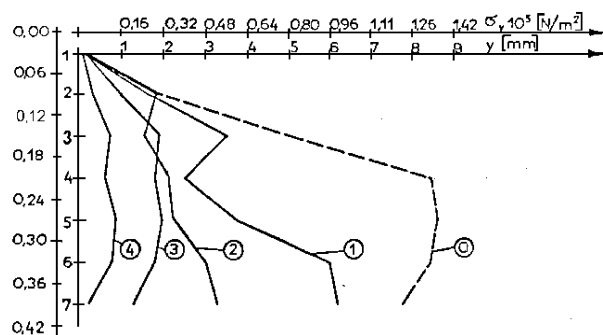


Fig. 1. Graphs of horizontal sand specimen pressure as function of number of reinforcing inserts; 0 - specimen without reinforcement (reference standard), other denotations in text.

A reinforcement influence zone, i.e. a zone of insert influence on soil grains, is visible in the graphs. Previously carried out laboratory tests showed that the extent of this zone depends on:

- the magnitude of the external load (reinforcement is a passive component and it begins to interact with soil grains as a result of loading) and the history of loading,
- the kind of inserts (the mesh size of the nets, the tensile strength of the material) and their location.

The medium-reinforcement interaction is satisfactory if the insert does not stratify the soil, is rigid enough, resists pulling out and is situated in the zone where maximum lateral pressure data occur. It has been found that if the medium is reinforced with two or more inserts, it is possible to control the deformability of the models by changing the location of the individual inserts. Even slight vertical dislocations of the inserts are reflected in the redistribution of horizontal earth pressure. If two inserts are situated too close to each other, the resulting earth pressure distribution is similar to that characteristic of soil reinforced with one net. In extreme cases, the effects may be even worse (loss) than for a single reinforcement.

### 3. Effect of reinforcement on soil deformability

An average horizontal stress and an experimental coefficient of lateral pressure were used to determine the effect of reinforcement on soil deformability. The state of limit active pressure (resulting from load  $q = 0.24$  MPa) was deemed proper for the analysis of the behaviour of reinforced soil. Experimental investigations showed a state of static pressure in the (loosely poured) sand specimens not subjected to loading.

Graphs of the average horizontal stress in sand specimens reinforced with one ST net, two nets, three nets or seven nets are shown in Fig. 2. The location of the reinforcement is the same as in Fig. 1.

Experimentally determined horizontal stresses  $\sigma_{sr}$  were used to determine the experimental coefficients of lateral pressure for specimens with and without reinforcement (fig. 3):

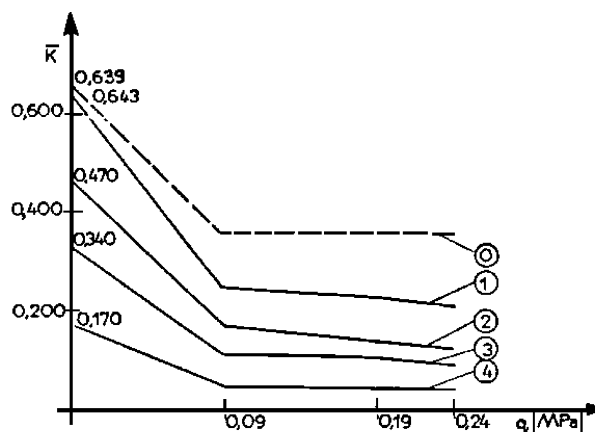


Fig. 2. Graphs of average horizontal stress in specimens of loosely heaped up sand reinforced with ST nets. Commentary in text.

$$K = \sigma_{y, sr} \cdot (\sigma_z)^{-1}; K^* = \sigma_{y, sr}^* \cdot (\sigma_z)^{-1} \quad (1)$$

where:  $\sigma_{y, sr}$  - an average horizontal stress in soil without reinforcement,  $\sigma_{y, sr}^*$  - an average horizontal stress in reinforced soil,  $\sigma_z$  - vertical stress determined in a simplified way on the basis of experiments.

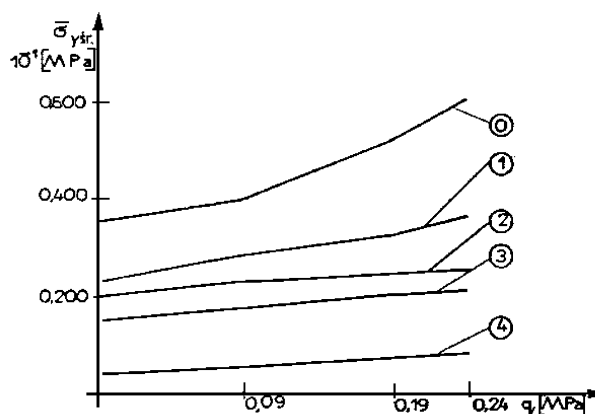


Fig. 3. Experimental coefficient of horizontal pressure for loosely heaped up sand reinforced with ST nets as function of number of inserts. Load  $q = 0.24$  MPa. Symbols: 0 - reference standard, 1 - single net at level  $z_4$ , 2 - two nets at levels  $z_{3/4}$  and  $z_{5/6}$ , 3 - three nets at levels  $z_2$ ,  $z_4$  and  $z_6$ , 4 - seven nets vertically spaced at every  $\Delta z = 0.06$  m.

The following conclusions emerge from the authors' investigations:

- As the load increases, the pressure coefficient values in a specimen of loosely heaped up sand and precompacted sand approach a certain constant, which they can reach when the upper limit of the applied load is exceeded. This applies to sand with and without reinforcement. The value which coefficients  $K$  and  $K^*$  approach is the lower, the more precompacted (i.e. subjected to

loading and unloading cycles) the sand was. For upper limit load  $q = 0,24$  MPa:

$$K^{IX} < K^I \text{ and } K^{*IX} < K^{*I} \quad (2)$$

- For reinforced sand the lateral pressure coefficient values are markedly lower than for (precompacted or loosely heaped up) unreinforced sand:

$$K^{*I} < K^I, K^{*IX} < K^{IX} \quad (3)$$

It is proposed to determine coefficient  $K^*$  as function  $K^* = f(\lambda, m_z, r_z)$  where  $\lambda$  is a reinforcement material parameter (e.g. Young's modulus or Poisson's ratio),  $m_z$  - the amount of reinforcement in the soil medium,  $r_z$  - the spacing of the reinforcement along the height of the soil layer (spacing  $\Delta z$  of inserts or the depth at which insert  $z_k$  is situated in the case of a single reinforcement).

#### 4. Reinforced soil behaviour model - proposal of analytical representation

Reinforcement favourably affects the soil medium's material characteristics, taking over some stresses  $\sigma_2$  produced by lateral pressure. The taken over part of the stresses in the horizontal plane, expressed as  $\Delta\sigma_{2,k}$ , is directly proportional to original stress  $\sigma_2$  (i.e. in unreinforced soil):

$$\Delta\sigma_{2,k} = f(\sigma_2), 0 \leq \Delta\sigma_{2,k} < \sigma_2 \quad (4)$$

In a particular soil medium, stress  $\Delta\sigma_{2,k}$ , further referred to as "compressing" stress, generally depends on: the magnitude of the load, the loading history and the reinforcement's parameters. Two main variants of the state of stress in reinforced soil are proposed for the theoretical model.

*Variant 1.* It is assumed that the soil medium's parameters do not change. The specimen is in three-dimensional state of principal stress:  $\sigma_1$  (vertical stress induced by loading)  $> \sigma_2 = \sigma_3$  is a horizontal stress induced by the passive pressure of the neighbouring zones of the soil medium. It is assumed that the reinforcement causes an increase of  $\Delta\sigma_{2,k}$  (compressing a soil element) in the horizontal stress resulting from the passive pressure of the adjacent zones of the medium. Thus the passive-pressure stress acting on a reinforced soil element (the equation of the reinforced soil behaviour model) is as follows:

$$\sigma_2^* = \sigma_2 + \Delta\sigma_{2,k} \quad (5)$$

*Variant 2.* The part of stress  $\sigma_2$  taken over by the reinforcement is  $\Delta\sigma_{2,k}$  and the model equation (a relation for calculating horizontal stress in a reinforced-soil element) is as follows:

$$\sigma_2^* = \sigma_2 - \Delta\sigma_{2,k}, 0 \leq \Delta\sigma_{2,k} < \sigma_2 \quad (6)$$

The two hypothetical models can be presented graphically using limit Mohr's circles (relating to limit states of active earth pressure) in a medium with and without reinforcement.

#### 5. Material parameters of reinforced soil

The basic strength features of a reinforced soil medium include: modulus of elasticity  $E_0^*$ , internal friction angle  $\varphi^*$ , anisotropic cohesion  $c^*$  (according to [3, 6]) and coefficient of lateral pressure  $K^*$ .

In the limit state of active earth pressure value the following relation can express  $K$ :

$$K_{min}^* = K_{min} - \Delta K_{max} = \operatorname{tg}^2(45^\circ - 0.5\varphi) - \Delta K_{max} \quad (7)$$

where:  $\Delta K_{max}$  is a reduction in the coefficient of lateral pressure owing to reinforcement. The N.T. Long and F. Schlosser formula [3], which defines the anisotropic cohesion of reinforced soil, has this form:

$$c^* = 0.5 \cdot R_r(\Delta z)^{-1} \cdot \operatorname{tg}(45^\circ + 0.5\varphi) \quad (8)$$

where:  $\Delta z$  - the vertical spacing of the planes of reinforcement,  $R_r$  - a unit tensile strength of a reinforcement plane [N/m].

After the transformation of the basic equation of principal stress in the limit state of active earth pressure (derived from the theory of limit states) and the substitution of expression (8) we get:

$$K_{min}^* = \operatorname{tg}^2(45^\circ - 0.5\varphi) - \cos\varphi^* \cdot [(1 + \sin\varphi^*) \cdot \sigma_{1,gran}^* \cdot \Delta z]^{-1} \cdot R_r \cdot \operatorname{tg}(45^\circ + 0.5\varphi) \quad (9)$$

Taking into account the results of model tests carried out by the author [7, 8, 9, 10], the effects of reinforcement were expressed by parameter  $\Delta K$ :

$$\Delta K = (\operatorname{tg}\varphi)^{-1} \cdot E\mu \cdot g(n) \quad (10)$$

where:  $g(n) = W$  is a correction factor (describing the experiment-theory relationship) having a functional form.

Adopting a distance sum square minimum as the criterion for the selection of function  $g(n)$ , the latter was defined as power dependence  $g(n) = \eta \sqrt[n]{n}$  where  $n$  is a number of horizontal reinforcement layers. Then formula (10) assumes this particular form:

$$\Delta K = (\operatorname{tg}\varphi)^{-1} \cdot E\mu\eta \cdot \sqrt[n]{n} \quad (11)$$

In the literature on soil mechanics one can find relations for the internal friction as a function of soil compaction degree  $I_D$ , e.g. the Szaraniec or Weissenbach formulas [1]. When the Weissenbach relation is put into formula (11), we get:

$$\Delta K = (0.58 + 0.5I_D)^{-1} \cdot E\mu\eta \cdot \sqrt[n]{n} \quad (12)$$

The following exponential relation can describe the above formula as a function of the degree of soil compaction:  $y = ba^x$ . If the parameters in formula (11) are assumed to have the following values: percentage of reinforcement  $\mu = 0.384$ , factor adjusting



experimental results to those obtained from formula (10)  $W = g(n) = 1.0 \cdot 10^{-5} [\text{MPa}]^{-1}$ , the reinforcing insert's Young's modulus  $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$ , then this relation assumes the following particular form:

$$\Delta K = f(I_D) = 1.389 \cdot a^x \quad (13)$$

Allowing for the possibility of introducing number  $m$  of degrees of soil medium compaction (in range  $I_D = 0.0 - 1.0$ ), a set of base-of-power values  $a = 1.0 - 0.537$  is obtained. If formula (13) is to be fairly universal, average value  $a_{sr} = 0.491$  should be assumed.

Reinforcement effectiveness ratio  $\Delta K$  for specimens of different kinds of loosely heaped up and precompacted soil depending on number  $n = 1 - 7$  of reinforcing inserts (nets ST) is shown in Fig. 4.

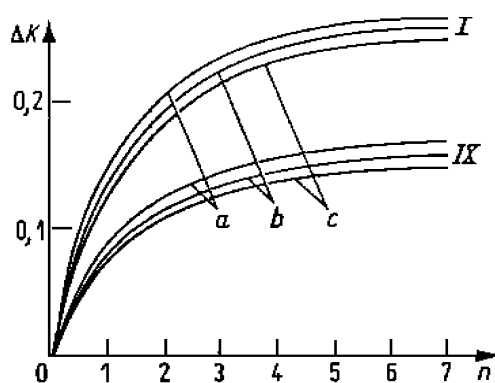


Fig. 4. Parameter  $\Delta K$  for soil specimens depending on number  $n = 1 - 7$  of reinforcing nets ST. Consistency of loosely heaped up soil (I) and precompacted soil (IX): a - sand, b - valley gravel, c - basaltic grit.

The anisotropic cohesion of reinforced soil leads to increased shear strength defined by the following equation [11]:

$$\tau_f = p_z \cdot \operatorname{tg} \varphi + c \quad (14)$$

in which, acc. to [3, 4, 6], for reinforced soil:

$$p_z = p_y \operatorname{tg}^2(45^\circ + 0.5\varphi) + p_0 \quad (15)$$

$p_y$  - vertical stress (perpendicular to a plane of reinforcement),  
 $p_0$  - additional horizontal stress in the state of damage of a reinforced soil specimen, expressed by this relation:

$$p_0 = 2c \cdot \operatorname{tg}(45^\circ + 0.5\varphi) \quad (16)$$

If the settlement of a reinforced soil specimen is  $\Delta h$  and it is caused by vertical compressive stress  $p_z$ , effective strain  $E_0$  is expressed by:

$$E_0 = p_z h (\Delta h)^{-1} \quad (17)$$

a soil (sand) specimen's strength parameters as a function of the quantity of reinforcement measured by percentage  $\mu$  are presented in Fig. 5.

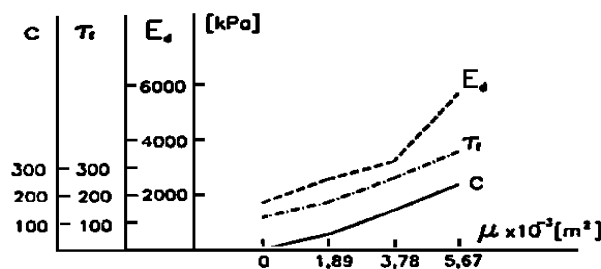


Fig. 5. Soil specimen's strength parameters as function of reinforcement quantity ( $\mu$  - percentage of reinforcement); c - cohesion,  $\tau_f$  - shear strength,  $E_0$  - modulus of elasticity.

## 6. Conclusion

Selected problems of the mechanics of a loose soil medium, illustrated with tests of cuboidal specimens loaded with a vertical, static, axial symmetric pressure, have been presented. The specimens were reinforced with inserts (nets) situated horizontally, i.e. perpendicular to the plane of loading.

The interaction between reinforced soil components, in particular the influence of soil and reinforcement related factors on the size of an interaction zone, was discussed.

An average horizontal stress and an experimental coefficient of lateral pressure were taken into account when assessing the effect of reinforcement on the deformability of soil. The limit state of active pressure was adopted for the analysis of the behaviour of reinforced soil specimens. From empirical observations conclusions regarding the coefficient of lateral pressure in a reinforced soil specimen were drawn.

Two versions of a reinforced soil behaviour model were considered and an analytical representation was proposed for them. Taking account of the experimental results, relations for the calculation of:

- lateral pressure coefficient  $K$  in a limit active state and
  - reinforcement effectiveness expressed by reduction  $\Delta K$  of the pressure coefficient (for variable features of the soil and the reinforcement inserts)
- were derived.

The graph of soil specimen strength parameters versus percentage of reinforcement demonstrates the widely recognized (for over thirty years) advantages of reinforced soil.

## Literatúra – References

- [1] HUECKEL S.: *Marine Structures* (in Polish), Vol. II, Wyd. Morskie, Gdańsk, 1974.
- [2] LEŚNIEWSKA D., KULCZYKOWSKI M.: *Fundamentals of Design of Structures Made of Reinforced Soil by Composite Methods* (in Polish), IBW-PAN, Gdańsk, 1995.
- [3] LONG N.T., SCHLOSSER F.: *Working Principle and Behaviour of Reinforced Soil* (in Polish), Wybrane Zagadnienia Geotechniki, PAN-IBW, pp. 157-184, Ossolineum, Wrocław, 1978.
- [4] SAWICKI A.: *Statics of Reinforced Soil Structures* (in Polish), IBW PAN, Biblioteka Nauk, Hydrotechnika, No. 20, Gdańsk, 1995.
- [5] SAWICKI A., LEŚNIENSKA D.: *Reinforced Soil – Theory and Application* (in Polish), IPPT, PAN, PWN, Warsaw, 1993.
- [6] SCHLOSSER F.: *Reinforced Soil in Civil Engineering* (in Polish), Arch. Hydrotechn., Vol. XXI, No. 2, pp. 299-336, 1974.
- [7] SUROWIECKI A.: *Model Testing of Mechanical Features of Bidirectionally Reinforced Loose Medium* (in Polish), Inż. Morska i Geotechn., R. 16, No. 1, pp. 22-26, 1995.
- [8] SUROWIECKI A.: *Mechanische Eigenschaften der mit Vliesstoff bewehrten Sandschicht*, Tiefbau Ingenieurbau Strassenbau, No. 8, pp. 596-598.
- [9] SUROWIECKI A.: *Laboruntersuchungen von mechanischen Eigenschaften bewehrter lockerer Bodenschichten*, Bautechnik, Vol. 71, No. 11, pp. 707-711, 1994.
- [10] SUROWIECKI A.: *Interaction between Reinforced Soil Components*, Studia Geotechnica et Mechanica, Vol. XX, No. 1-2, pp. 43-61, 1998.
- [11] WIŁUN Z.: *Outline of Geotechnics*, WKiŁ, Warsaw, 1989.

L. Grabowski – S. Kobiela – Z. Zamiar – M. Jagiello \*

# INŠTALÁCIA BUNIEK NA MERANIE TLAKU ZEMINY V STAVEBNÝCH KONŠTRUKCIÁCH

## INSTALLATION OF SOIL PRESSURE CELLS IN CIVIL ENGINEERING STRUCTURES

Článok sa zaoberá problémom inštalácie buniek určených na meranie pôdného tlaku v rôznych stavebných konštrukciách. V článku sú uvedené príklady aplikácie okrajového typu tlakových buniek používaných na meranie tlaku zeminy pôsobiaceho na okrajových povrchoch takých stavebných konštrukcií, ako sú základy budov, tunely, šachty, piloty a oporné múry, ako aj vsadeného typu tlakových buniek používaných na zaznamenávanie tlaku v zemine násypov ciest alebo priehrad. Pri inštalácii tlakových buniek určených na takéto merania by sa mal použiť vhodný spôsob inštalácie, aby sa minimalizoval rušivý vplyv základovej pôdy v okolí tlakových buniek, ktorý značne ovplyvňuje ich údaje. V práci boli prezentované rôzne spôsoby inštalácie buniek.

The paper deals with the problem of cells installation encountered with the measuring of soil pressure in different civil engineering structures. In the paper are given application examples of boundary type of pressure cells used to pressure soil measurement acting on boundary surfaces of such civil engineering structures as building foundation, tunnels, shafts, piles and retaining walls as well as embedded type pressure cells applied to stress record within soil of road or dam embankments. When pressure cells are installed for such measurements suitable installation techniques should be used to minimise ground disturbance in the vicinity of the pressure cells which affects considerably their indications. In the work different techniques of the cells installation have been presented.

### 1. Introduction

To evaluate the behavior of any engineering structures such as buildings, bridges, highways, tunnels, retaining walls, culverts or dams it is necessary to know the pressure distribution occurring in the contact plane between those particular structures or their

elements (e.g. foundations) and the soil media surrounding them as well as the stresses inside these media. The pressure in the contact plane is measured by means of boundary cells (Fig. 1a), and inside the media – by means of sondes (buried cells, Fig. 1b). The basic way to obtain information about the values and the distribution of soil pressure is its direct measurement by means of pressure cells.

In order to obtain reliable pressure measurement results it is necessary to:

- use adequate cells, characterized by reliable operation and stable indications in long-term measurements as well by being resistant to moisture and corrosion [11], [16], [22],
- minimize ground disturbances in the vicinity of the pressure cells by using suitably their installation (placement) procedures [9], [11], [12], [26].

This work focuses primarily on the analysis of the effect of pressure cell placement on the value of the recorded stresses and then the ways of cell installation have been presented both in made ground (e.g. in road and dam embankments), in virgin soil (e.g. motorway, railway and subsoil) and on the boundary surfaces of such structures as tunnels, shafts, piles, and retaining walls.

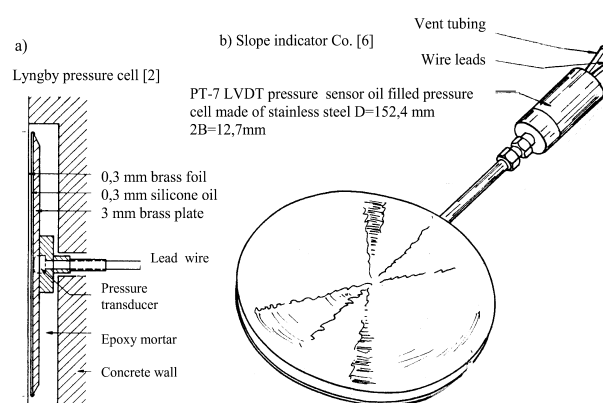


Fig. 1. Examples of a) boundary and b) buried type of pressure cells

\* <sup>1</sup>Col. Dr Eng. L. Grabowski, <sup>2</sup>Dr Habil. Eng., Assoc. Prof. S. Kobiela, <sup>3</sup>Col. Dr Eng. Z. Zamiar, <sup>4</sup>Maj. M.Sc. M. Jagiello

<sup>1</sup>Professor of Military Engineering College im. T. Kościuszki in Wrocław, Poland

<sup>2</sup>Technical University of Wrocław, Poland

<sup>3</sup>Professor of Military Engineering College im. T. Kościuszki in Wrocław, Poland

<sup>4</sup>Military Engineering College im. T. Kościuszki in Wrocław, Poland

## 2. Effect of the technique the pressure cells is installed on their response

The identical soil pressure cells, placed in the same stress field do not necessarily have to record same stresses. One of the basic factors – apart from the characteristics of the cell itself (shape, relative rigidity, sensitive and total surface, transverse sensitivity, bulk density, free vibration frequency, sensitivity to temperature changes, and water tightness) that affects considerably the pressure cell indications – is the technique the cell is placed and how it is situated in relation to the structure walls.

Taylor [24] in 1947 and Monfore [15] in 1950 found out that in order to obtain a reproducible accurate pressure measurement, the cell rigidity should be equal or much larger than that (modulus) of the surrounding ground. Taylor [24] in the description of the phenomenon he called “pocket action” was the first to notice that if the material in the vicinity of the pressure cell (pocket) is less compact than the surrounding soil, then the pocket will be under-loaded and the cell will over-register pressure values.

This finding has been confirmed by Krizek et al. [13] and by Audibert and Tavenas [3] who evaluated by means of the MES

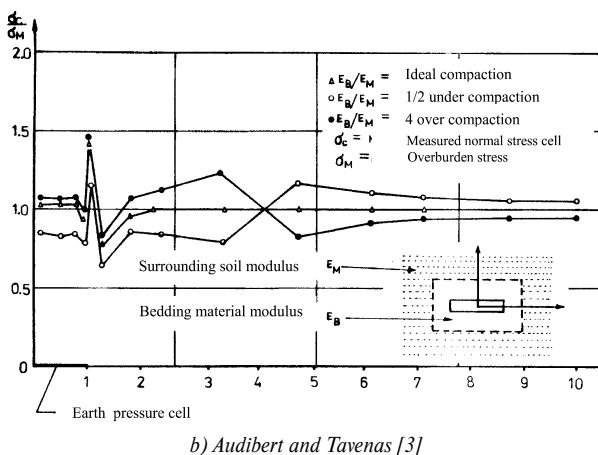
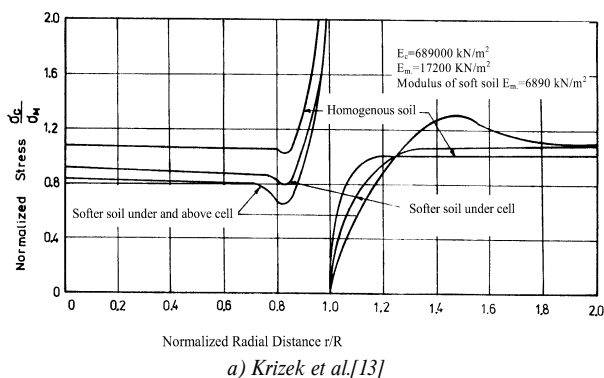


Fig. 2. Effect of the compactness degree of the bedding material on stress distribution in the vicinity of pressure cell after theoretical investigation of Krizek et al. [13] as well as Audibert and Tavenas [3]

analysis the effect of the degree of the compactness of the soil filling the pocket on stress distribution disturbance (Fig. 2a and b).

From Fig. 2b it follows among other things that for the pressure cells to register actual pressure values the material compactness both in the pressure cell and in the bulk should be identical. This evidences the necessity to apply a proper way of placing the pressure cells.

Hadala [9] carried out comprehensive investigations on this issue for diaphragm and column cells (Fig. 3 a and b), both in laboratory and field conditions.

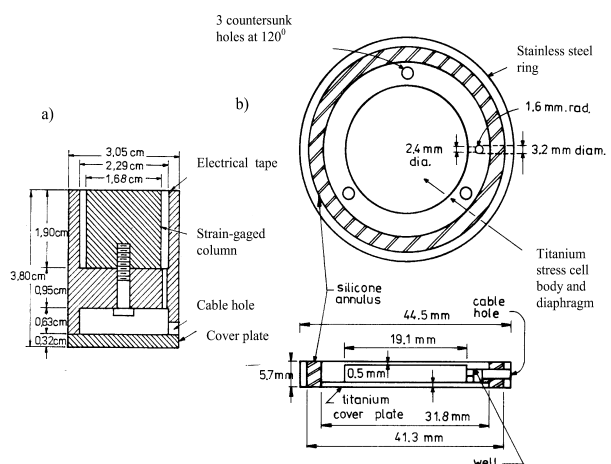


Fig. 3. Basic types of soil-stress cells [14] a) column type b) diaphragm type

He found out that even in the case of testing the pressure cells in the laboratory where there are better conditions to achieve repeatability of particular technique of installation as well as homogeneity of the hole medium and its particular layers, the alterations of cell indications reached even 40 %. A uniform repeatable method of stress cell installation affects to a decisive degree the reduction of an accidental error in soil stress measurements. Much less favorable conditions to achieve repeatable cell readings occur in stress measurements in field conditions where there is need of placing the pressure cells in excavations or drilled holes (pits). In this case the in situ material properties should be determined before a cell is installed, so that after its installation the pit could be backfilled with soil with maintaining its original properties in particular layers. In the case of placing diaphragm cell in soil, the best stress measurement accuracy is achieved when the method of placing the cell on the ground surface with subsequent burying it and leveling the ground [9]. Two other ways technique of the cell installation are: a) driving in b) making a pit. Investigations concerning the evaluation of the methods of installation of column cells where the thickness (distance between end faces) is larger than in the case of diaphragm cells are presented in [19]. A wider handling of the method of installation of diaphragm and column cells and of the effect of their number on measurement accuracy has been presented in [12], [27]. An important factor affecting the accuracy of measurement of bulk material stresses is the proxim-

ity of the structure and clearance between adjacent cells. To avoid a measuring error resulting from the distribution of cells being too dense there should be clearance maintained between the cells vertical spacings of 4 cell diameters, horizontal distance 1-0.5 cell diameter. The latter is in the light of investigations [9] a larger distance and amounts to 3.5 cell diameters (Fig. 2b).

### 3. Installation of pressure cells in embankments

The requirements that should be met when pressure cells are to be installed in embankments are the following:

- suitable compactness of bulk material in the vicinity of pressure cells,
- selection of other material properties in the vicinity of the cell to minimize ground structure disturbance and to ensure a proper contact on the pressure cell-soil boundary.

Installation of cells to measure vertical stresses with regard to the above requirements has been illustrated with three examples of embankments: 1) road embankment made from a homogeneous material (Fig. 4), 2) dam (Fig. 5), and 3) highway (Fig. 6)

#### 3.1. Installation of pressure cells in road embankments

The procedure of the installation of pressure cells in the case of a road embankment runs as follows [23]. When the cells have been laid on the sand layer (pocket), but before pouring the covering sand layer, reading is made in order to check the correctness of the cell performance. Walking over the area performs initial compactness of the sand layer over the cells laid at suitable intervals. To make treading down the sand layers easier they are sprinkled with water. Then 30 cm of the same material is placed, watered and compacted with a hand-guided impact compactor. Readings are again obtained from the cells to ensure that the backfilling has not damaged them and to obtain a zero reading. The cells are monitored until the readings become constant indicating that the cells have reached equilibrium temperature with the surrounding soil. In this manner, no temperature correction is required for the zero reading. Any load registered above this equilibrium reading is considered as soil pressure. As the fill progresses in height, readings are taken at increments of 6m of fill. When the fill reaches the profile grade, the readings are obtained at longer intervals to check cell stability.

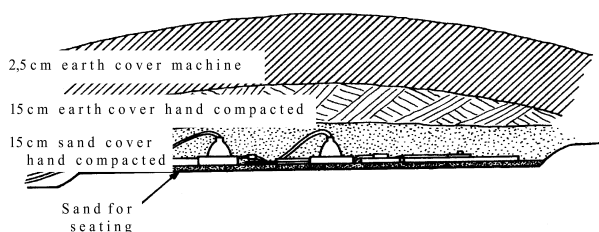


Fig. 4. Cell placement in test sites [23]

#### 3.2. Installation of pressure cells at dams

A dam embankment consisting of a few layers each of which consists of bulk material of different properties requires an individual technique of pressure cell installation (Fig. 5).

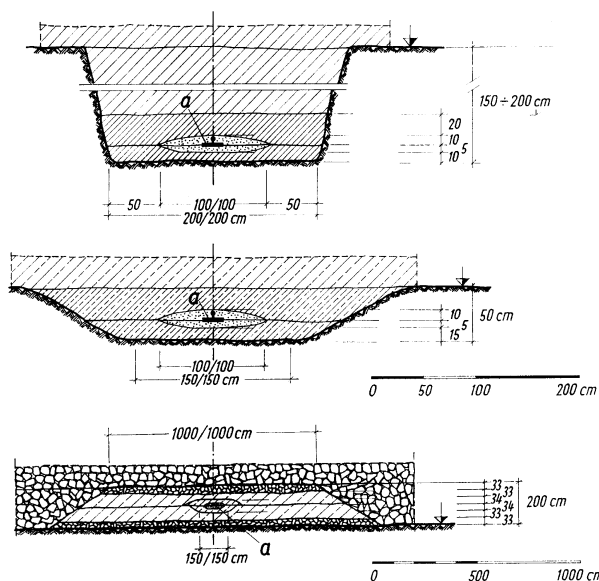


Fig. 5. Installation of the cells in zones of dam embankment [21]:

- a) core zones of talus material and boulder clay b) transition zone of river deposit c) shell zone of quarry run and river deposits;  
1 - pressure cell, 2 - sand 0-3mm, 3 - core material 0-80mm, 4 - core material 0-30mm, 5 - gravel 0-200mm, 6 - gravel 0-30mm, 7 - rock fill 0-1000mm, 8 - rock fill 0-300mm, 9 - compacted surface.

Figure 5 shows the structure of fill-lenses at the zone of installation. From this figure, it can be seen that pits up to 200cm in depth had to be excavated in the fine grained not very flexible core material cross-sections (Fig. 5a) - to protect the cells against damage because of compaction with 40-t rubber-tired rollers. Similarly, in order to protect against damage resulting from passing of 60 t transportation trucks, more rigid gravel is put in two layers at the bottom of a 50 cm excavation (Fig. 5b) In turn, in the protective zone (Fig. 5c) the cells were placed in the middle of an excavation of the projection 10 × 10 m after which its compaction was performed by means of a 80 kN weight of vibratory roller. In each of these three cases of cell installation a pocket was used in order to eliminate any bridging action.

#### 3.3. Pressure cells installation in excavation pit in the soil adjacent to pipe placed below the surface of highway

The example concerns soil instrumentation of a gas pipe 40.6 cm in diameter ( Fig. 6). The pipe is placed 90 cm to 150 cm below the surface of finished highway. Both the soil stress cells and the

soil strain gauges were manually implanted to ensure the proper location and alignment with reference to the pipe. The placement is accomplished in successive layers of lifts each of approximately 30 cm thick. The soil for each lift must be compacted by hand in the proximity of the gauges and their lead wires. A U-shaped picket provides a protective channel for lead wires as they pass through each successive lift. For the horizontal run to the readout station a conduit protects the lead wires.

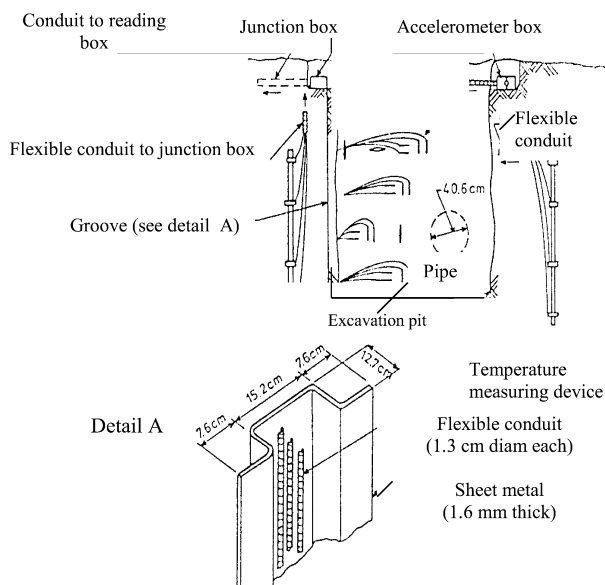


Fig. 6. Placement of soil pressure cell in fill of excavation pit [18]

### 3.4. Installation of cells in order to determine the plane state of stress in embankments and culverts

The techniques of cell installation discussed above concerned a measurement of one (vertical) component. And to determine the plane state of stress, in a plane three differently sloping cells should be placed (Fig. 7), in turn, establish the full state of stress – six cells. To accommodate a cell cluster, individual pockets for each cell are hand dug at the correct locations with flat faces at the required inclinations. The excavation as a whole should be stable with side slopes as necessary, and of dimensions not less than  $4 \times 4 \times 2$  m deep. The cell pockets should be excavated with extreme care to avoid disturbance to the soil, each being of size approximately twice that of the cell.

Such pressure cell installing can take place in the practice of constructing highway embankments (Fig.8).

Below, a description is given of two major types of studies of soil stress in embankments [22]: (1) those involving measurements of the magnitude and direction of the principal stress within an embankment and (2) those involving measurements of the magnitude and distribution of earth pressures acting on culverts underneath fills. Figure 8a shows the instrumentation of type (1) of

stress measurement on the embankment. The number in parentheses following the pressure cell cluster identification indicates the number of cells installed on that site to measure the components of earth pressure. Figure 8b shows the location of pressure cells placed in the type (2) of stress measurements in the embankments.

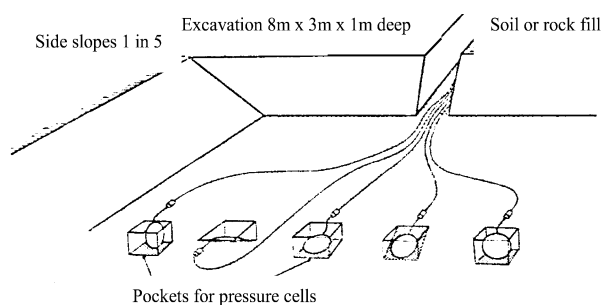


Fig. 7. Arrangement of pressure cells in pockets on the bottom of excavation to determine stress state in a single plane [7]

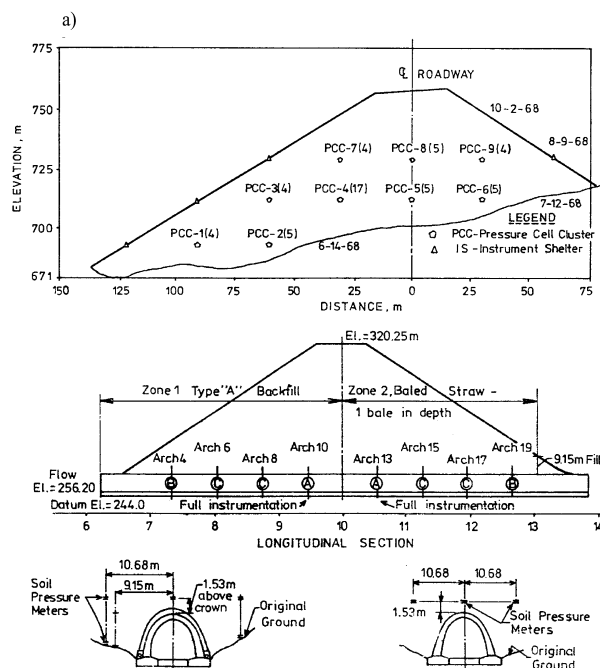


Fig. 8. Location of pressure cells placed in the embankments for measuring (Smith et al. [23]): a) stresses within embankment, b) pressures acting on culverts

The pressure cells were installed above the crown of the culvert and on the original ground near the footing in a  $1.50 \text{ m} \times 3.00 \text{ m}$  pit with sloping sides approximately 30 cm deep. A 60 cm square portion in the center of this area was prepared by removing all projecting rocks and by leveling the surface. A 60 to 90 cm layer of soil from the embankment material was then hand compacted on the prepared pressure cell site. After being placed, the cells were covered by another 7.5 to 10 cm layer of the same material, which

was also hand compacted. A 15cm to 30 cm layer of selected material passing through a 2.0 cm sieve was then hand compacted over the site, followed by 60 to 90 cm layer of embankment material, compacted with a hand operated impact compactor. The lead wires from each pressure cell were encased in a flexible metal conduit passing from the cell through an opening in the culvert wall. The leads were then routed through a junction box and connected a cable raceway to a data collection point at the culvert crown.

#### 4. Installation of pressure cells in virgin soil

In virgin soil the pressure cells are installed after a cavity is made in it or an opening drilled, and then the pit is backfilled with the removed soil with maintaining its physical features in situ in particular layers. In order to minimize the changes of the physical features of soil in the vicinity of the cell and to reduce the resulting erroneous readings, often departing from real stress values the applied techniques of installation of cells in virgin soil have been presented.

##### 4.1 Pressure cell installation in virgin soil at an inconsiderable depth

To install the cells in a vertical and horizontal position at not a large depth, hand made pits of a diameter a little deeper than that of the pressure cell are used. The installation procedure by means of this method is illustrated in Fig. 9.

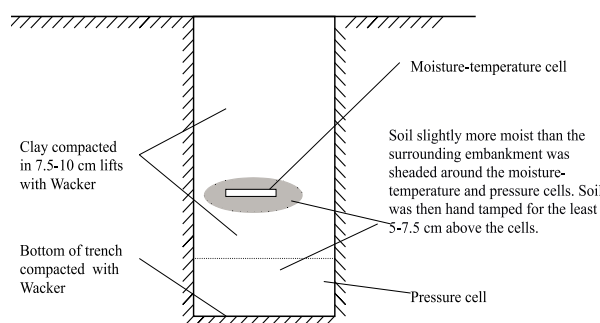


Fig. 9. Pressure cell installation detail in railway subgrade [6]

##### 4.2 Pressure cell installation in virgin soil at a large depth

In the case of placing the pressure cells at the depth larger than 1.0 meter, the method of drilling an opening is used. Instances of the installation of pressure cells in bored holes have been presented in Fig. 10 and 11. In the former an opening 225 mm in diameter and 360 mm deep was bored first of all, above the foreseen location of the pressure cell center.

Soil from the borehole was placed in tight-closed plastic bags. To make a slot for placing the cells at a required depth, specially

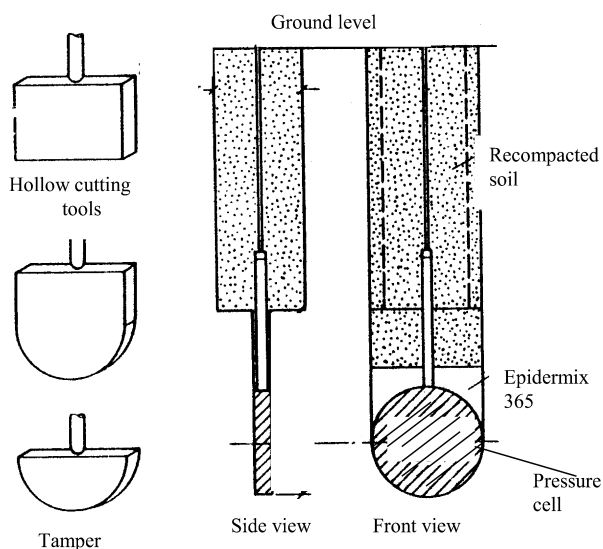


Fig 10. Procedure and tools to install gauges for horizontal pressure measurement in clay soil in situ [4]

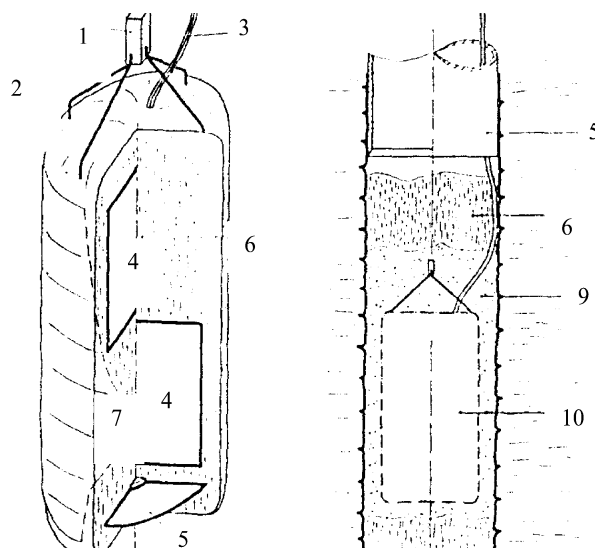


Fig 11. Installation of "Glotz" cells in a borehole (Sauer and Sharma) [20]: a) cells oriented and fixed, covered with a clay cylinder, b) lowering of the cylinders in the borehole 1 - metal block, 2 - wire frame, 3 - connection pipe, 4,5 - pressure cells, 6 - clay, 7 - gauze, 8 - casing pipe, 9 - sand, 10 - clay cylinder with cells.

constructed instruments were used of their horizontal section the same as that of the cells.

Final leveling of the slot bottom was carried out by means of a half-round cutting tool of a radius equal to that of the pressure cell, a then the performed half-round surface was packed by means of a same shape disc, in order to make the cell not lie on loose ground. After the cell had been leveled, 1 l of epoxy resin was

poured into the slot through a pipe. The amount of resin had been selected so that after the installation of the cell the slot should be filled approximately up to the level of 50 mm above the upper edge of the cell. The pressure cell was inserted into the slot by means of a rod ended with a grip matching the cell geometry. The next day the remaining part of the opening above the resin already solidified was filled up with soil of the properties possibly close to those in the untouched state. The inside of the pressure cells remained in the conditions of atmospheric pressure. In the case of a considerable sinking of the cells installed in boreholes, the method of so-called initial wrapping (prepacking) the cells up is used by Triandafilidis as well as by Sauer and Sharma [20] (Fig.11).

The installation takes place after the previous boring of holes at a required depth with the usage of steel protective pipes. The cells foreseen to be installed in a given place of the opening are fixed to a framework made from wire (Fig.11a), and then the pressure cells become wrapped up cylinder-shaped with virgin soil taken from the installation place and from the outside covered with gauze. These cylinders, 17.0 cm in diameter, with the pressure cells inside, were lowered down the pipe, filling their surroundings with sand, and above them – with virgin soil, i.e. in this case with clay. The method of initial packing ensures a minor scatter of measurement results. It can be applied as deep as 30 m [26].

## 5. Installation of pressure cells at the interface between soil and concrete

The measuring surface of the pressure cells applied to measure the pressure acting on the walls of such structures as tunnels, shafts, foundations and piles can in general find itself at an inconsiderable distance off the wall or strictly in the wall face. Soil pressure acting on the inwards withdrawn surface sensitive towards the structure wall face will be less than that resulting from the overlay weight and vice versa, a cell pushed forward outside the wall face will register a larger pressure than that resulting from the overlay weight. In order to obtain accurate pressure measurements the cells should be situated strictly in the boundary surface. In general there are two procedures of pressure cell installation in structure walls. The first is when there is a direct access to measuring surfaces of pressure cells and another one when there is no such access.

### 5.1. Installation of pressure cells with direct access to their measuring sensitive surfaces

Installation of pressure cells with direct access to their measuring surfaces is characterized by a relatively cheap and fast installation of the cells with a possibility of making the external surface corresponding to the wall structure (Fig.1a and 12.). Figure 1a shows a typical pressure cell installation in reinforced concrete wall. The layers of epoxy and epoxy-mortar are kept as thin as possible, and the free surface is given a roughness comparable to that of the surrounding concrete even though the measuring signal from the cell is almost insensitive to deviations in roughness.

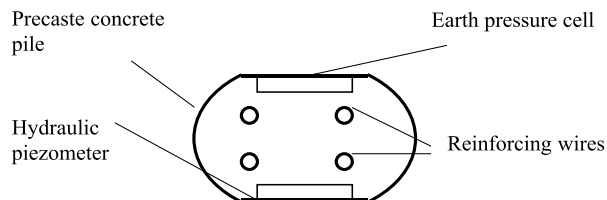


Fig 12. Instrumented cross-sections of a precast concrete pile (Gegersen et al. [8])

Figure 12 shows installation of cells in 8 m and 16 m long precast concrete piles driven into a very loose deposit of homogeneous sand [9]. The typical piles have a circular cross-section but the instrumented piles were specially made with flat surfaces on the opposite sides in order to install a row of vibrating-wire contact pressure cells and piezometers.

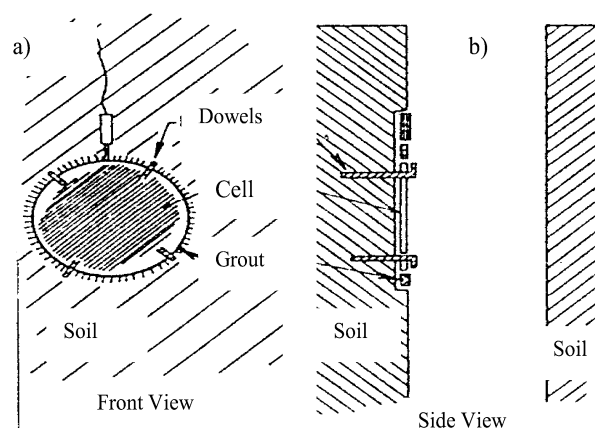


Fig 13. Determining of stress around drilled shaft (Wright et al. [28]): a) location of pressure cells on the shaft, b) installation method for pressure cells.

Figure 13 shows the installation method used in drilled shaft supporting underground structure [28], [17]. The cells were embedded in soil prior to placing the concrete. A cavity was cut in the side of the hole and the cell was placed against the soil. Dowel pins were used to hold the cell in place. Grout was packed around the periphery of the cell to prevent intrusion of concrete at the interface of the soil and of the back surface of the cell. A thermocouple was placed near each cell. Before the test shaft was installed, it was believed that some method of shoring the shaft excavation would be needed. The shoring was necessary due to the length of time required for the installation of pressure cells and because of the caving potential of the slickensided clay below 3.05m depth. Tying 6.10 m long boards to the outside of the reinforced cage shored the excavation. When placing cells adjacent to culverts, tunnels or other structures, the cells may be embedded in the backfill a short distance away from the structure (Fig. 14). The contact between the cell and the backfill material should be effected by means of a layer of fine-grained material as previously described.



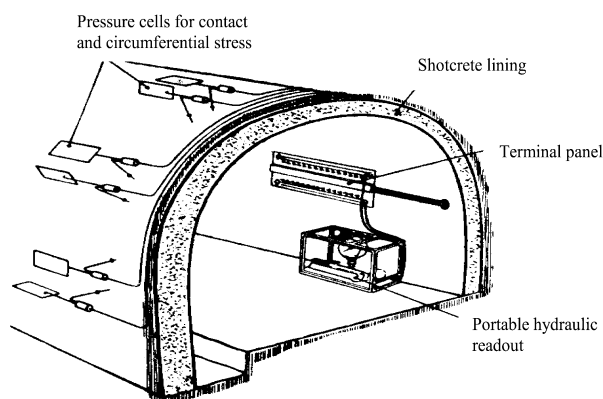


Fig 14. Installation of pressure cells in a tunnel lining [7]

## 5.2. Installation of pressure cells without direct access to their measuring surfaces

Pressure cell placement is more difficult, when there is no access to sensitive surface of the cells from the side of the surrounding ground. This kind of installation occurs e.g. when installed are the cells measuring the pressure acting on a conduit structure (Fig. 15) or the pressure acting on an excavated tunnel (Fig.16).

## 6. Conclusions

1. Cell placement plays an important role in cell response. The same soil pressure cells, placed in the same stress field do not necessarily have to record identical stresses.

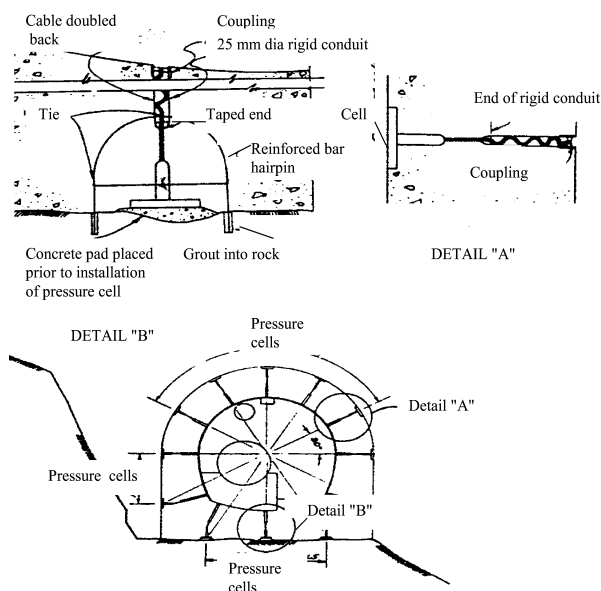


Fig 15. Pressure cells installation against the conduit foundation and outside conduit surface facing the embankment fill [16]

2. Uniform placement technique is necessary to reduce the data scatter.
3. A stress measurement from a single cell should not be relied on as being representative of stress field.
4. An important factor affecting the accuracy of measurement of stresses within soil is the proximity of the structure and clearance distance between adjacent cells

## Literatura - References

- [1] ABBOTT, P. A.: *Arching for vertically buried prismatic structures*. J. Soil Mech. Foundation Div. ASCE 93 SM 5, 233-255, 1967.
- [2] ASKEGAARD, V.: *Design and application of stress and strain cells with small measuring errors*, NDT International, Oct. 1981, p. 271-277.
- [3] AUDIBERT, J. M. E., TAVENAS, F. A.: *Discussion paper* [13] J. Geotech. Eng. Div. ASCE, vol. 101, No. GT7 July 1975 p. 705-707.
- [4] BRACKLEY, I. J. A., SANDERS, P. J.: *In situ measurement of total natural horizontal stresses in an expansive clay*, Geotechnique 42, No. 2, pp 443-451.
- [5] DIBIAGIO, E.: *Field instrumentation-a geotechnical tool*, NGI Publication No 115, Oslo, 1977.
- [6] *Embankment support for a railroad test track construction report*, Shannon and Wilson, San Francisco 1972.
- [7] FRANKLIN, J. A.: *Rock mechanics review. The monitoring of structures in rock*, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. and Geomech. Abstr. 14, 1977, pp 163-192.
- [8] GREGERSEN, O. S., AAS, G., DIBIAGIO, E.: *Load tests on friction piles in loose sand*, NGI Publication No. 99, Oslo, 1973.
- [9] HADALA, P. F.: *The effect of placement method on the response of soil-stress gages*, Proc. of the Symp. on Wave Propagation and Dynamic Properties of Earth Materials, University of New Mexico, 1967
- [10] JACKURA, K. A.: *Instruments for determining stress-displacements in soils*, California Department of Transportation, Rep. FHWA/CA/TL - 81/09, July 1981.
- [11] KOBIELAK, S.: *Application of pressure cells in civil engineering*, Scientific Papers of the Institute of Building of Technical University of Wrocław. Monographs 1991
- [12] KOBIELAK, S.: *Przyrządy i metodyka pomiaru materiałów rozdrobnionych w zbiornikach*, Prace Naukowe Instytut Budownictwa Politechniki Wrocławskiej, Monografie, Wrocław 1990.
- [13] KRIZEK, R. J., FARZIN, M. H., WISSA, A. E. Z., MARTIN, R. T.: *Evaluation of stress cell performance*, J. Geotech Eng. Div. ASCE, Vol. 100 No GT 12, Dec. 1974, p. 1275-1295.

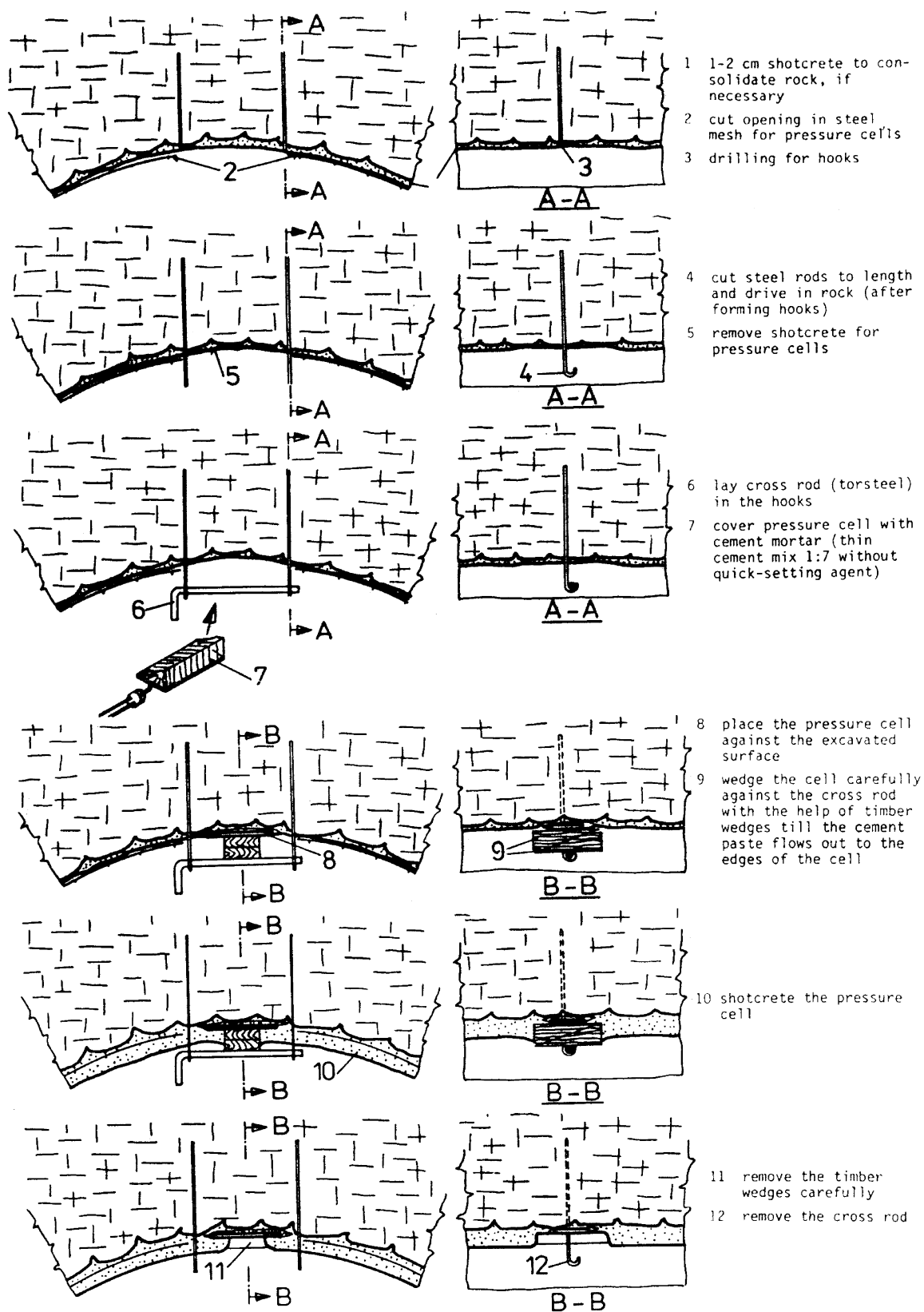


Fig. 16. (to be continued)

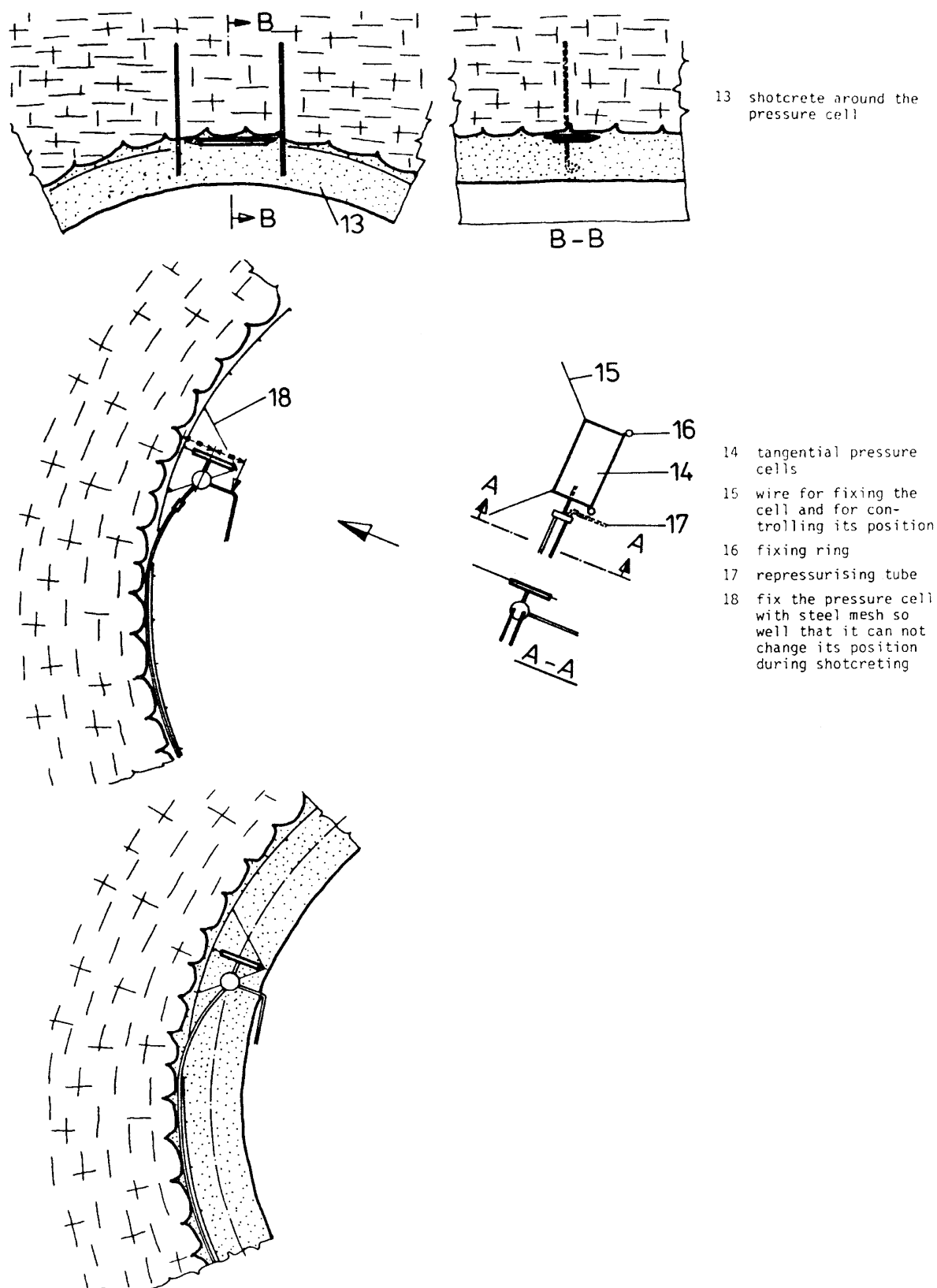


Fig. 16. Schema for installation of radial and tangential cells (Sauer and Sharma [20])

- [14] LYNCH, R. E.: *Development of the University of New Mexico soil stress gage*, AF WL-TR-65-104, Kirtland Air Force Base, N. M., Aug., 1966.
- [15] MONFORE, G. E.: *An analysis of the stress distribution in and near stress gauges embedded in elastic solids*, Report SP 26 Washington: US Bureau of Reclamation, 1950.
- [16] O'ROURKE, J. E.: *Soil stress measurement experiences*, J. Geotech Eng. ASCE Vol.104 No. GT 12, Dec. 1978 pp. 1501–1514.
- [17] PENMAN, A. D. M., CHARLES, J. A.: *Deformations and stresses in rockfill over a rigid culvert*, Building Research Station, Rec. 1975.
- [18] Raport on Racine Site, Design of field experiment III. Institute of Technology, Chicago, 1982.
- [19] REIFF, C. M., LINGER, D. A.: *Investigation on buried domes-phase evaluation of instrumentation and preliminary tests*, Techn. Rep. AFWL-TR-67-110, Air Force Weapons Laboratory, Kirtland Air Force Base, N.M. 1967.
- [20] SAUER, G. , SHARMA, B.: *A system for stress measurement in construction in rock*, Field Measurements in Rock Mechanics, Int. Symposium Zurich, 1977, pp 317–329.
- [21] SCHOBER, W.: *Large scale application of Gloetzl type hydraulic stress cells at the Gepatsch Rockfill Dam Austria Baumesstechnik*, Spezial-Informationen uber baustatische Messungen, 1965.
- [22] SMITH, T., NORDLIN E.: *Evaluation of commercial soil pressure cells*, State of California Highway Research Rep. No. M. and R. 636342, 1968.
- [23] SMITH, T., SHIRLEY, E., FRAZIER, CH., BOSS, J. F.: *Field performance of soil pressure cells*, State of California, Department of Public Works, Interim Res. Rep. 638-954-1, May 1971.
- [24] TAYLOR, D. W.: *Review of pressure distribution theories*, Earth pressure cell investigation, Rep. WES, 1947.
- [25] TRIANDAFILIDIS, G. E., CALHOUN, D. E.: *Simulation of air blast-induced ground motion at Mc Cormick Ranch Test Site*, AFWL-TR-68-27, Vol.: Kirtland Air Force Base, N. M. 1970.
- [26] TRIANDAFILIDIS, G.E.: *Soil-stress gage design and evaluation*, Journal of Testing and Evaluation, Vol. 2, No.3, May 1974 pp. 146–158
- [27] WEILER, W. A., KULHAWY, F. H.: *Factors affecting stress cell measurements in soil*, J.Geotechn. Eng. Div. Proc. ASCE, Vol. 108, GT 12, Dec. 1982, p. 1529–1548.
- [28] WRIGHT, W. V., COYLE, H. M., BARTOSKEWITZ, R. E., MILBERGER, L. J.: *New retaining wall design criteria based on lateral earth pressure measurements*, Res. Rep. No. 169–4F, Texas Transportation Institute, 1975.

Katarína Šlopková \*

## TRVANLIVOSŤ POLYMÉRBETÓNOV

## DURABILITY OF POLYMER CONCRETES

*Článok sa zaoberá vplyvmi zvýšenej teploty, odolnosti voči mrazu, vody a chemických médií na pevnosť polymérbetónov pri rôznom obsahu spojiva.*

## 1. Úvod

Polymérbetóny patria ku kompozitným materiálom, ktorých význam a rozsah použitia vo výrobnej praxi stále narastajú. Viaceré výhodné vlastnosti týchto materiálov, najmä rýchly nárast pevnosti a vysoké konečné pevnosti, ich veľká húževnatosť, vysoká odolnosť proti vonkajším agresívnym vplyvom, predurčujú ich k efektívnemu využitiu pre rozličné špecifické účely a konštrukcie.

V súčasnosti sú už pomerne dobre preskúmané niektoré základné vlastnosti polymérbetónov, vyrobených na báze rôznych druhov živíc. Relatívne málo spoľahlivých informácií je však zatiaľ o dlhodobej trvanlivosti týchto materiálov po ich vystavení účinkom vyšších teplôt, dlhodobom účinku vody alebo opakovanom pôsobení mrazu.

Náš výskum sme zamerali na podrobnejšie preskúmanie vplyvu zvýšenej teploty, opakovaného pôsobenia mrazu a dlhodobého pôsobenia vody a chemických médií na zmeny základných vlastností polymérbetónov s rôznym obsahom spojiva.

## 2. Použité materiály

Pri výskume sme použili polymérbetóny vyrobené s epoxidovou živcou ChS EPOXI 1505 ako spojivom. Plnivo bolo normový kremičitý piesok troch frakcií PG I, PG II a PG III a andezitová múčka z lokality Badín s  $D_{max} = 0,25$  mm v hmotnostných pomeroch miešania vypočítaných na základe Fullerovej krivky zrnitosti, a to

| PG I   | PG II  | PG III | andezitová múčka |
|--------|--------|--------|------------------|
| 32,5 % | 14,7 % | 34,6 % | 18,2 %           |

Normový kremičitý piesok sa použil pre jeho štandardné vlastnosti a andezitová múčka na vylepšenie granulometrického zloženia plniva.

*Decrease of the compressive strength and the flexural strength of polymer concretes based on an epoxy resin as a result of repetitive effect of frost, increased temperatures 40 °C and 80 °C and long-term water effect.*

## 1. Introduction

The polymer concretes belong to composite materials, whose importance and range of application in production are still increasing. These materials are predetermined for their effective application for various specific purposes and constructions by many of their advantageous properties as are fast growth of the strength and high final strength, the great ductility and high resistance against the external aggressive effects.

Nowadays, some of the basic properties of the polymer concretes, which are made on the base of various kind of epoxy resin, are quite well investigated. Nevertheless, there is a relative shortage of reliable information about the long-term durability of these materials after their exposing to effects of increased temperatures, the long-term water effect or the repetitive effects of frost.

The research was oriented on a detailed survey of increasing temperature influence, the repetitive effects of frost of chemical medium and the long-term water effect on changes of basic properties of polymer concretes with various contents of binder.

## 2. Applied materials and methodologies

Polymer concretes, which were made with epoxy resin ChS EPOXI 1505 as binder, were used in the research. The standard siliceous sand of three size fractions PG I, PG II and PG III and the andesite powder from the locality Badín with  $D_{max} = 0.25$  mm were used as a filler. The mix ratio was computed according to the Fuller's grading curve namely

| PG I  | PG II | PG III | andesite powder |
|-------|-------|--------|-----------------|
| 32.5% | 14.7% | 34.6%  | 18.2%.          |

The standard siliceous sand was applied owing to its known standard properties and the andesite powder was applied to upgrade the granulometric composition of filler.

\* Doc. Ing. Katarína Šlopková, CSc.

University of Žilina, Faculty of Civil Engineering, Department of Buildings Constructions, Komenského 52, 010 26 Žilina, Tel/Fax: ++421-89-7241868, E-mail: slopkova@fstav.uz.sk

Ako spojivo sa použila epoxidová živica ChS EPOXI 1505 v množstvách 7,5; 10; 12,5; 15; 17,5; 20; 22,5 a 25 % z hmotnosti plniva. Na vytvrdzovanie spojiva sa použilo tvrdidlo P-1 v pomere miešania S:T = 10:1, pričom proces vytvrdzovania prebiehal pri teplote 20 °C.

Z čerstvých kompozitných zmesí sa vyrobili sady vzoriek 40 × 40 × 160 mm. Po 7 dňoch tvrdnutia boli porovnávacie vzorky vložené do laboratórneho prostredia s teplotou 20 °C a relatívnou vlhkosťou vzduchu 70 %. Ďalšie sady vzoriek boli vložené do klimatizačnej komory s konštantnou teplotou 40 °C na čas 180 dní a ďalšie sady vzoriek vložené do klimatizačnej komory s konštantnou teplotou 80 °C na čas 180 dní. Pri štádiu opakovaného mrazu pozostával jeden zmrazovací cyklus zo zmrazovania počas 4 hodín pri teplote  $-20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  a z 2 hodín rozmrazovania vo vode s teplotou  $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ . Ďalšie sady vzoriek boli vložené do vodného kúpeľa s teplotou  $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  na čas 15 rokov.

Chemická odolnosť sa zisťovala po 7, 28 a 90 dňoch pôsobenia média.

Pórovitosť bola zisťovaná porozimetrickou analýzou pomocou porozimetra „carlo erba“.

Priebeh porušovania vzoriek sa určoval zo zmeny pevnosti pri ohybe (trojbodový ohyb) a zmeny pevnosti v tlaku na zostatkoch vzoriek po pevnosti pri ohybe na ploche 225 mm<sup>2</sup>.

### 3. Výsledky skúšok

Degradácia vlastností polymérbetónov vplyvom pôsobenia vyšších teplôt je uvedená na obr. 1 a 2. Výsledky potvrdzujú negatívny vplyv pôsobenia zvýšených teplôt na pevnosť v tlaku ako aj pevnosť v ťahu pri ohybe. Pokles pevnosti narastá so zvyšujúcou sa teplotou. Pri vzorkách vystavených pôsobeniu teploty 80 °C bol všeobecne o 14 až 40 % väčší ako pri zodpovedajúcich vzorkách vystavených teplote 40 °C.

The epoxy resin ChS EPOXI 1505 was used as a binder. Its content was 7.5; 10; 12.5; 15; 17.5; 20; 22.5 and 25 % from the weight of aggregate. The hardener P-1 was used for hardening of binder. The mix ratio of binder and hardener was B:H = 10:1 and the process of hardening was running over at temperature of 20 °C.

Series of specimens 40 × 40 × 160 mm were made of the young composite mixtures. The comparative specimens were stored in laboratory conditions with temperature of 20 °C and relative humidity of 70 % after 7 days of hardening. The next series of specimens were stored 180 days in a climatic box with temperature of 40 °C and other next series of specimens were stored 180 days in a climatic box with temperature of 80 °C. The specimens were exposed to repetitive effects of frost. One cycle of freezing consisted of 4 hours freezing with temperature  $-20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  and 2 hours defrosting in water with temperature  $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ . The next series of specimens were inserted into a water bath with temperature  $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  for time 15 years.

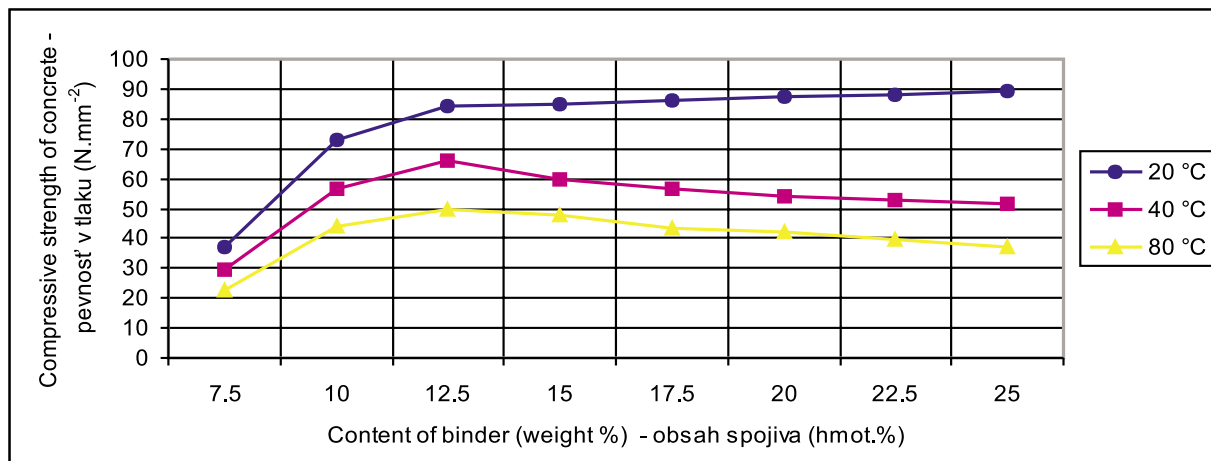
The resistance to chemical effects was found out after 7.28 and 90 days of medium acting.

The porosity was investigated by porosity analysis using porosimeter „carlo erba“.

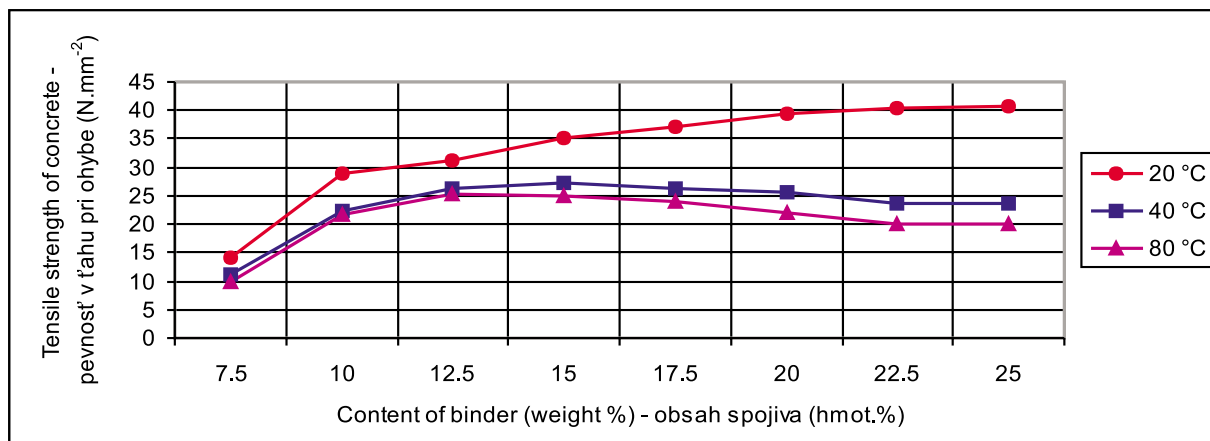
The process of specimen degradation was observed on the change of flexural strength (three-point bending) and from the change of compressive strength. The change of compressive strength was determined on the remains of specimens after flexural strength testing on the area of 225 mm<sup>2</sup>.

### 3. Test results

Deterioration of polymer concretes properties, which is influenced by effects of increased temperatures, is shown in the Fig. 1 and Fig. 2. The results confirm negative effects of increased temperatures on the compressive and tensile strength of concrete. Loss of strength increases with increasing of temperature. Loss of strength on the specimens exposed to 80 °C was in general higher by 14 – 40% than on the specimens exposed to 40 °C.



Obr. 1. Odolnosť polymérbetónov voči teplote  
Fig. 1. Temperature resistance of polymer concrete



Obr. 2. Odolnosť polymérbetónov voči teplote  
Fig.2. Temperature resistance of polymer concrete

Výsledky ďalej preukázali, že pokles pevnosti polymérbetónov vplyvom zvýšených teplôt veľmi závisí od obsahu spojiva v polymérbetóne. So zvyšujúcou sa dávkou spojiva významne narastá. Vzhľadom na uvedené skutočnosti možno degradácie pevnosti pôsobením zvýšených teplôt vysvetliť ako dôsledok ich tepelného starnutia. Prvým príznakom tohto tepelného starnutia je zmena farby polymérbetónu, ktorej intenzita narastá s obsahom spojiva v polymérbetóne.

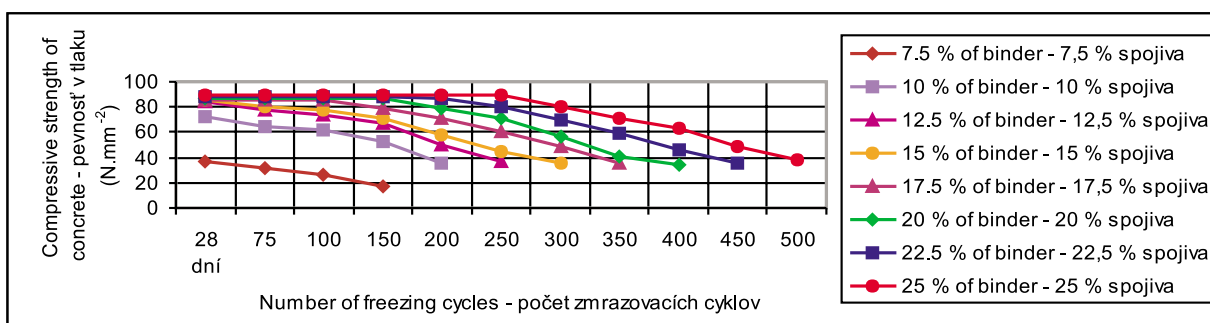
Výsledky skúšok vyjadrujúce vplyv opakovaného pôsobenia mrazu na pevnosti skúšaných vzoriek sú uvedené na obr. 3 a 4 a jednoznačne preukazujú, že poklesy pevnosti v tlaku a v ťahu pri ohybe významne závisia od obsahu spojiva v polymérbetóne. Zatiaľ čo pri polymérbetóne s obsahom spojiva 7,5 % sa dosiahol pokles pevnosti na približne 50 % pôvodnej hodnoty asi po 150 zmrazovacích cykloch, pri polymérbetóne s obsahom spojiva 25 % sa dosiahol rovnaký relatívny pokles pevnosti až po 500 zmrazovacích cykloch.

Dosiahnuté výsledky vedú k záveru, že nepriaznivý účinok opakovaného pôsobenia mrazu na polymérbetón je predovšetkým funkciou množstva kapilárnej vody v zatvrdnutom polymérbetóne, pričom toto množstvo rozhodujúco závisí od otvorenej pórovitosti kompozitu. Celková a otvorená pórovitosť sú potom predovšet-

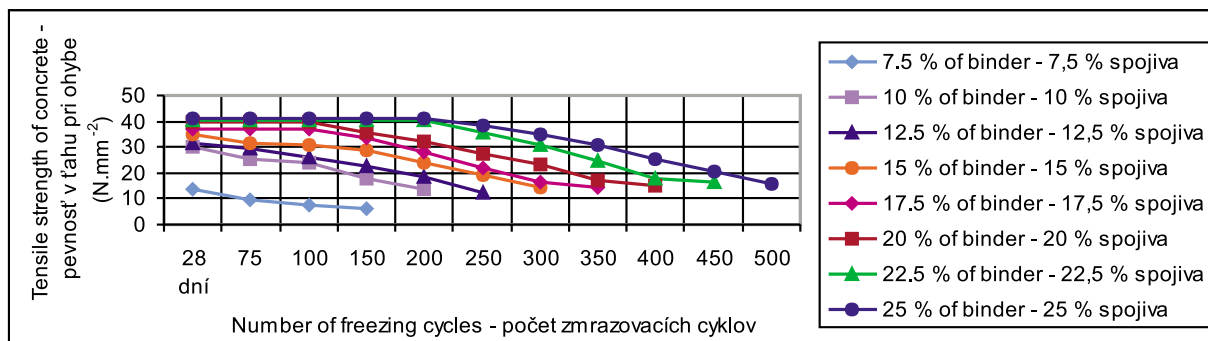
Moreover, the results of testing showed that loss of strength of polymer concretes due to increased temperatures depends on the content of binder in polymer concrete. Loss of content strength increases significantly with the increasing content of binder. From the viewpoint of content mentioned facts, deterioration of strength due to increased temperatures can be explained as a consequence of their temperature ageing process. The first sign of this temperature ageing process is a change of polymer concrete color. The intensity of color increases with content of binder in polymer concrete.

The test results, which represent the repetitive effects of frost on the tested specimens strength, are shown in Fig. 3 and Fig. 4. These results indicate definitely, that loss of compressive strength and tensile strength depends significantly on the content of binder in content polymer concrete. Whereas, loss of strength of polymer concrete with the content of binder of 7.5 % was 50 % of the native value after 150 freezing cycles and the same loss of strength of polymer concrete with content of binder of 25 % was even after 500 freezing cycles.

The results lead to conclusion that the negative repetitive effect of frost on polymer concrete is mostly a function of capillary water amount in hardened polymer concrete. This capillary water amount depends critically on the opened porosity of composite. The total and opened porosity are depended mostly on the content



Obr. 3. Odolnosť voči mrazu polymérbetónov  
Fig. 3. Frost resistance of polymer concrete

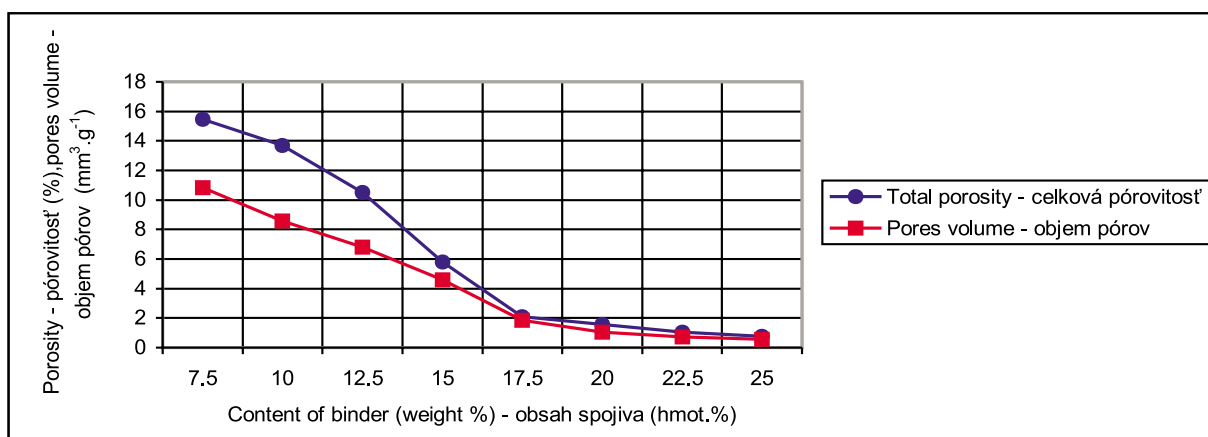


Obr. 4. Odolnosť polymérbetónov voči mrazu

Fig. 4. Frost resistance of polymer concrete

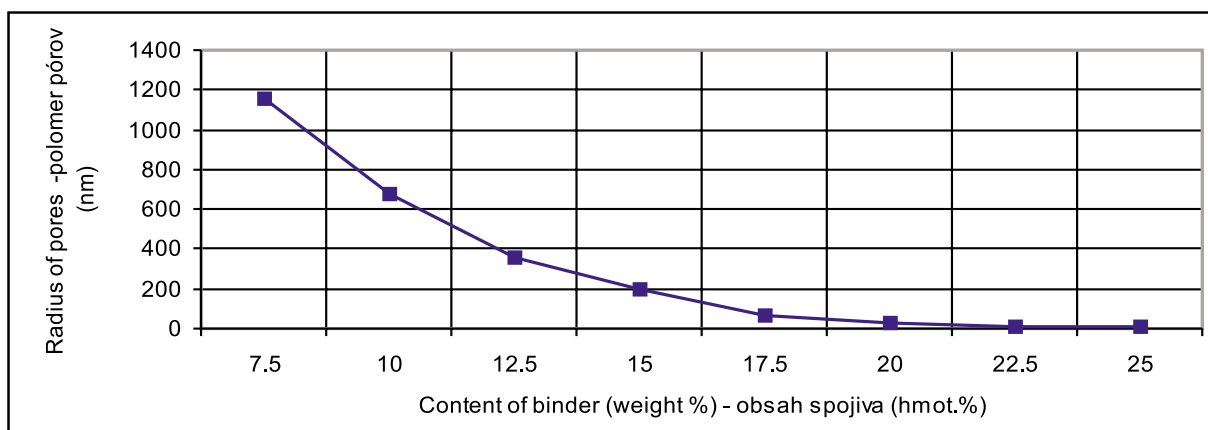
kým závislé od obsahu spojiva. Jednoznačne to preukazujú výsledky znázornené v obr. 5 a 6, ktoré vyjadrujú vzťah medzi celkovou pórovitosťou, objemom pórov a polomerom pórov vzoriek polymérbetónu a ich obsahom spojiva. Najvyššiu otvorenú pórovitosť majú polymérbetóny s najnižším obsahom spojiva. S rastúcim obsahom spojiva otvorená pórovitosť klesá, pričom pri obsahu

of binder. The results, which are shown in Fig. 5 and Fig. 6, definitely indicate this conclusion. These results represent relation among the total porosity, volume of pores and radius of pores of the polymer concrete specimens and their content of binder. The polymer concretes with the least content of binder have the most opened porosity. The opened porosity is decreased with an increas-



Obr. 5. Pórovitosť a objem pórov polymérbetónov

Fig. 5. Porosity and pores volume of polymer concrete



Obr. 6. Polomer pórov polymérbetónov

Fig. 6. Radius of pores of polymer concrete

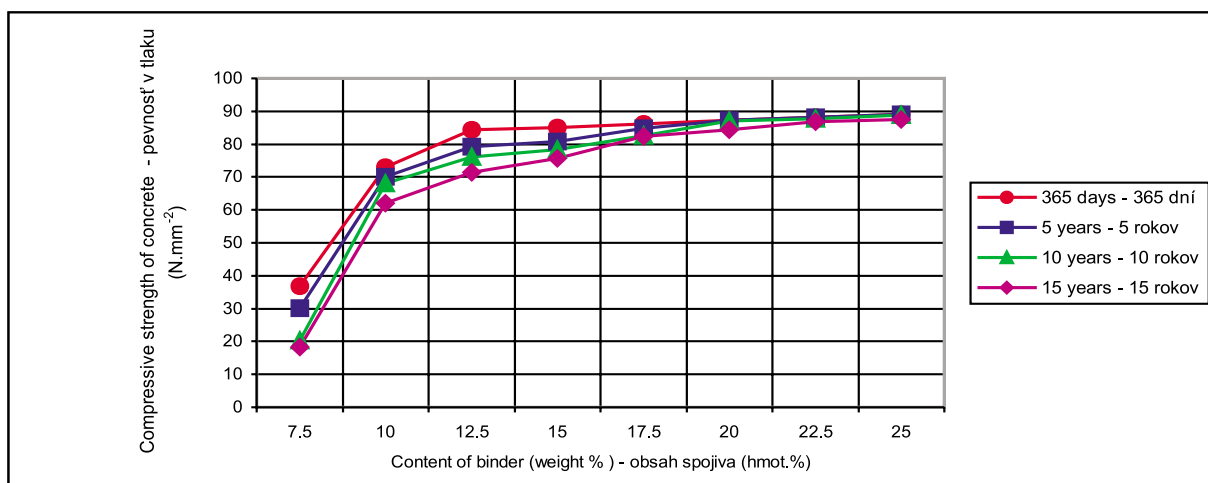


spojiva 20; 22,5 a 25 % sa prakticky blíži nulovej hodnote, rovnako ako polomer pórov a objem pórov.

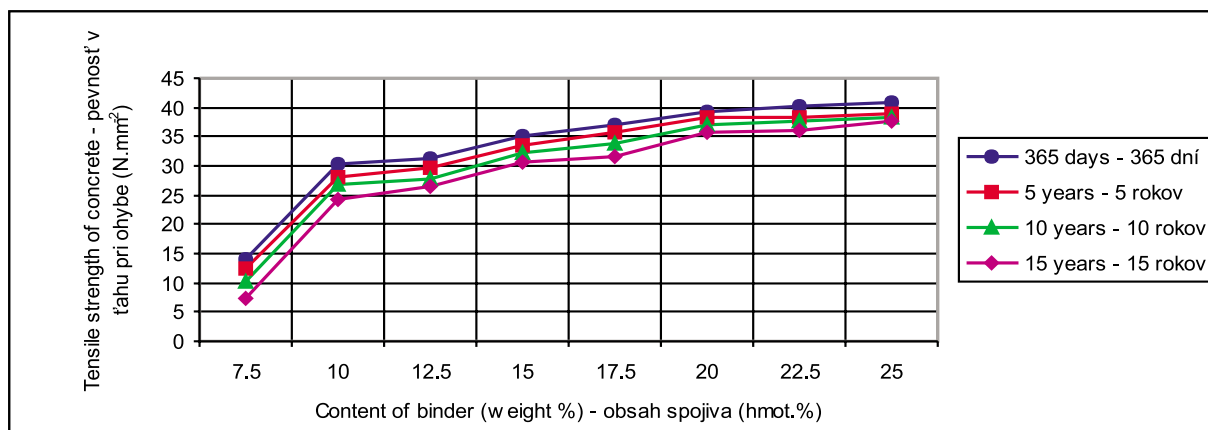
Degradácia vlastností polymérbetónov vplyvom dlhodobého pôsobenia vody (vzorky polymérbetónu ponorené vo vode 15 rokov). Po 15 rokoch pôsobenia vody bola zisťovaná pevnosť v ťahu pri ohybe a pevnosť tlaku. Výsledky sú uvedené na obr. 7 a 8. Dosiah-

ing volume of binder and it is closing to zero value with content of binder 20; 22.5 and 25 %. The same conclusion is valid for radius of pores and volume of pores.

Deterioration of polymer concretes properties (specimens dipped in water for 15 years), which is influenced by a long-term water effect, is shown in the Fig. 7 and Fig. 8. The compressive strength and the tensile strength of concrete were observed after 15 years



Obr. 7. Odolnosť voči vode polymérbetónov  
Fig. 7. Water resistance of polymer concrete



Obr. 8. Odolnosť voči vode polymérbetónov  
Fig. 8. Water resistance of polymer concrete

nuté výsledky vedú k záveru, že nepriaznivý účinok dlhodobého pôsobenia vody na polymérbetón je funkciou množstva spojiva. Zatiaľ čo pri polymérbetóne s obsahom spojiva 7,5 % sa dosiahol pokles pevnosti približne o 50 až 60 %, pri obsahu spojiva 20; 22,5 a 25 % bol pokles pevnosti minimálny.

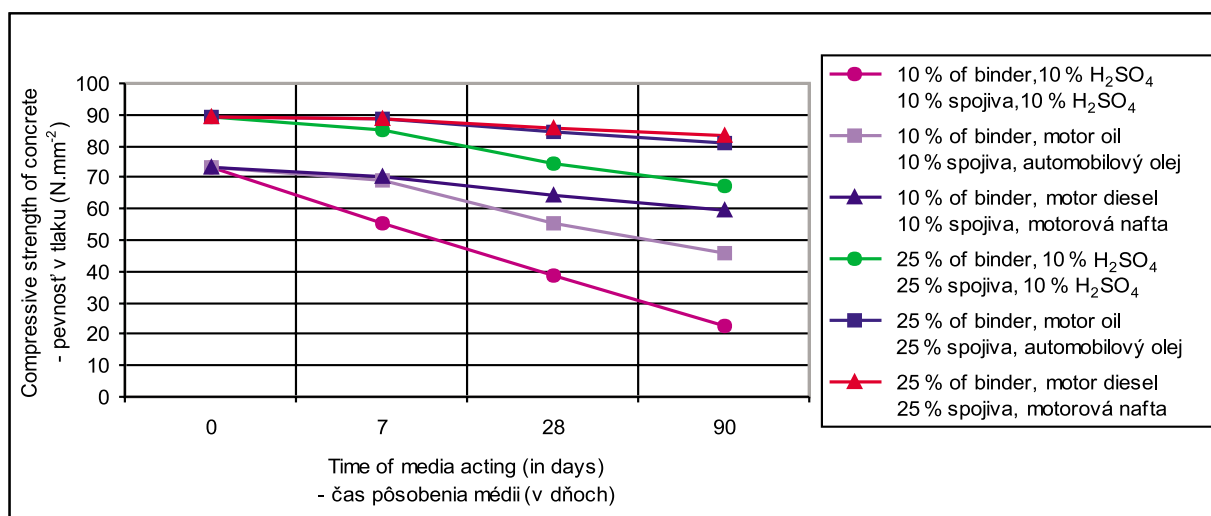
Pri zisťovaní chemickej odolnosti polymérbetónov sa ako chemické médium použila 10 %  $H_2SO_4$ , automobilový olej a motorová nafta. Chemická odolnosť polymérbetónov závisí hlavne od odolnosti jeho zložiek (plniva a spojiva) a tiež od hutnosti kompozitu. Z hľadiska dostatočnej chemickej odolnosti je najvhod-

of water effect. The results lead to a conclusion that the negative long-term water effect on polymer concrete is function of binder amount. Whereas, loss of strength of polymer concrete with content of binder 7.5 % was 50 - 60 % of the native value, the loss of strength of polymer concrete with content of binder 20; 22.5 and 25 % was minimum.

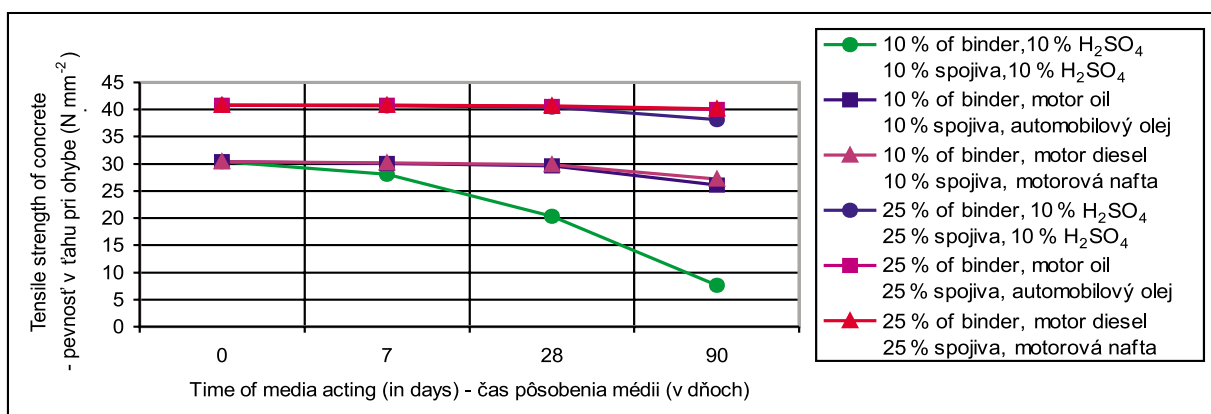
Motor oil, 10 %  $H_2SO_4$  and motor diesel were applied as chemical medium for observing the chemical resistance of polymer concretes. The chemical resistance of polymer concrete depends mostly on the resistance of concrete components (filler and binder) as well as on the composite density. In term of sufficient chemical

nejšie pre polymérbetóny používať inertné plniva s dostatočnou hutnosťou zmesi. Výsledky experimentov sú uvedené na obr. 9 a 10. Z výsledkov vyplýva, že pevnosť v tlaku a pevnosť v ťahu pri ohybe pri obsahu spojiva 10 % pôsobením skúšaných médií vykazuje podstatné zníženie pevnosti. Pri obsahu spojiva 25 % sú poklesy pevnosti v tlaku a v ťahu pri ohybe minimálne, čo vyplýva zo samotnej štruktúry kompozitu.

resistance, the inert fillers with sufficient density of mixture are the most convenient for applying. The results are shown in Fig. 9 and Fig. 10. It follows from the result analysis that the compressive and tensile strength of concrete are considerably reduced in the case of content of binder of 10 % from the aggregate weight. Loss of the compressive and tensile strength of concrete is minimal by the content of binder of 25 %. The conclusion follows from the composite structure.



Obr. 9. Chemická odolnosť polymérbetónov  
Fig. 9. Chemical resistance of polymer concrete



Obr. 10. Chemická odolnosť polymérbetónov  
Fig. 10. Chemical resistance of polymer concrete

#### 4. Záver

Výsledky experimentálneho výskumu vplyvu zvýšených teplôt do 80 °C, dlhodobého pôsobenia vody, opakovaného mrazu a chemickej odolnosti na základné vlastnosti polymérbetónov, vyrobených s odstupňovaným obsahom živice ChS EPOXI 1505 ako spojivom možno zhrnúť do nasledujúcich záverov:

#### 4. Conclusion

The results of experimental research of effects of increased temperatures up to 80 °C, the long-term water effect, repetitive effects of frost and resistance to chemical effects on a basic properties of polymer concretes (polymer concretes were made of resin ChS EPOXI 1505 as binder with graded content) can be summarized into the following conclusions:

1. Pôsobenie zvýšených teplôt zapríčiňuje zníženie pevnosti uvedených polymérbetónov, pričom dosiahnutý stupeň degradácie uvedených vlastností sa pri rovnakom čase pôsobenia zvýšenej teploty znižuje s obsahom spojiva v polymérbetóne. Pôsobením zvýšených teplôt sa významnejšie nemenia hmotnosť ani objemová hmotnosť polymérbetónu, a preto degradáciu jeho pevnosti možno vysvetliť tepelným starnutím jeho spojivovej fázy.
  2. Opakované pôsobenie mrazu zapríčiňuje pokles pevnosti polymérbetónov, ktoré sú pri rovnakom počte zmrazovacích cyklov nepriamo úmerné obsahu spojiva v polymérbetóne, resp. takmer priamo úmerné hodnote celkovej a otvorenej pórovitosti polymérbetónu. Polymérbetóny s obsahom spojiva nad 20 %, ktoré vykazovali iba nepatrnú otvorenú aj celkovú pórovitosť, preukázali až trojnásobne vyššiu mrazuvzdornosť v porovnaní s polymérbetónmi s nízkym obsahom spojiva.
  3. Dlhodobé pôsobenie vody zapríčiňuje zníženie pevnosti uvedených polymérbetónov, pričom dosiahnutý stupeň degradácie sa znižuje s obsahom spojiva v polymérbetóne. V prípade polymérbetónov so spojitou pórovitosťou dochádza k fyzikálnemu a fyzikálno-chemickému pôsobeniu vody na štruktúru polymérbetónu, čo spôsobuje zníženie pevnosti v tlaku aj pevnosti v ťahu pri ohybe.
  4. Chemická odolnosť polymérbetónov závisí predovšetkým od množstva spojiva, jeho chemickej odolnosti a od druhu použitého média. Difúzia agresívneho chemického média sa prejavuje zvlášť nepriaznivo, ak celý kompozitný systém sa vyznačuje malou hutnosťou a zvýšenou pórovitosťou.
1. The effects of increased temperatures decrease the strength of the observed polymer concretes. The achieved deterioration degree of presented properties decreases with the content of binder in polymer concrete considering the same time of effect of increased temperature. The effects of increased temperatures do not significantly change the weight and bulk density of polymer concrete, therefore, the strength decrease seems to be caused by temperature ageing its binder phase.
  2. The repetitive effects of frost decrease strength of presented polymer concretes. The losses of strength are indirectly proportional to the content of binder at the same number of freezing cycles or they are almost proportional to the value of total and opened porosity of polymer concrete respectively. The polymer concretes with content of binder over 20 % had only trivial total and opened porosity and they indicated even a three times higher frost resistance in comparison with polymer concrete with low content of binder.
  3. The long-term water effect decreases the strength of the observed polymer concretes and the deterioration degree decreases with the content of binder considering the same time of the long-term water effect. The compressive and tensile strength decrease in the case of polymer concrete with continuous porosity is caused by a physical and physical-chemical water effect on the polymer concrete structure.
  4. The chemical resistance of polymer concretes depends mostly on the content of binder, chemical resistance of binder and kind of used medium. The diffusion of aggressive chemical medium is especially negative, if the whole composite system has a low massiveness and increased porosity.

## Literatúra – References

- [1] ŠLOPKOVÁ, K.: *Durability of plastic concrete*, Journal building research, 34, No. 9, VEDA Bratislava 1986
- [2] BAREŠ, R. A.: *Composite materials*, SNTL Prague 1982
- [3] ŠLOPKOVÁ, K.: *Properties of polymer concretes*, Studies of VŠDS, Žilina 1987, Vol. 11
- [4] ŠLOPKOVÁ, K.: *Fracture surfaces of polymer concretes*, MATBUD 2000, International conference, Krakow 2000

ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE  
Strojnícka fakulta  
Katedra technologického inžinierstva

---

VPLYV REZNÉHO PROSTREDIA  
NA TECHNOLOGICKÉ CHARAKTERISTIKY  
PRI SÚSTRUŽENÍ LOŽISKOVEJ OCELE

doktorandská dizertačná práca

Vedný odbor:  
23-07-9 Strojárske technológie a materiály

Autor: Ing. Mária Číliková  
Školiteľ: doc. Ing. Stanislav Novák, CSc.

Žilina 2001

#### Názov doktorandskej

dizertačnej práce: Vplyv rezného prostredia na technologické charakteristiky pri sústružení ložiskovej ocele

Autor: Ing. Mária Číliková

Vedný odbor: 23 - 07 - 9 Strojárske technológie a materiály

Školiace pracovisko: Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta,  
Katedra technologického inžinierstva

Školiteľ: doc. Ing. Stanislav Novák, CSc.

#### Resumé:

Doktorandská dizertačná práca sa zaoberá skúmaním vplyvu rezného prostredia na technologické charakteristiky pri sústružení ložiskovej ocele.

Je v nej zahrnutý súhrn súčasných poznatkov o účinkoch rezného prostredia na rezný proces, o vlastnostiach rezných kvapalín, rozdelení rezných kvapalín, voľbe reznej kvapaliny podľa druhu obrábaného materiálu a podľa druhu operácie. Časť práce je venovaná technike používania rezných kvapalín, novým trendom vo vývoji rezných kvapalín. Uvedený je tu aj prieskum používania rezných kvapalín v niektorých závodoch na výrobu valivých ložísk.

Práca obsahuje experimentálne overenie vplyvu rezných kvapalín na proces sústruženia ložiskovej ocele 14209.3. Experimenty boli spracované na základe dvojúrovňového plánu experimentu. V práci je skúmaný vplyv štyroch rezných kvapalín: Cimstar MB 275, Ecocool 0055, Cimperial 900 a Emulzín H na rezný proces. Pre porovnanie boli všetky experimenty vykonané aj bez použitia rezných kvapalín. V práci je vyhodnotený vplyv rezných kvapalín na: reznú silu, drsnosť povrchu, tvorenie a tvarovanie triesky a trvanlivosť reznej hrany. V závere je uvedený technicko-ekonomický rozbor používania rezných kvapalín.

ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE  
Stavebná fakulta

---

PERSPEKTÍVNE METÓDY RIEŠENIA  
RÁZU PRI KOLÍZIÍ CESTNÝCH VOZIDIEL

doktorandská dizertačná práca

Vedný odbor:  
39-81-9 Súdne inžinierstvo

Autor: Ing. Pavol Kohút  
Školiteľ: prof. Ing. Gustáv Kasanický, CSc.

Žilina 2001

#### Názov doktorandskej

dizertačnej práce: Perspektívne metódy riešenia rázu pri kolízii cestných vozidiel

Autor: Ing. Pavol Kohút

Vedný odbor: 39-81-9 Súdne inžinierstvo

Školiace pracovisko: Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta

Školiteľ: prof. Ing. Gustáv Kasanický, CSc.

#### Resumé:

Problematica zrážky dvoch vozidiel je témou uvedenej doktorandskej dizertačnej práce. Autor v nej zahŕňa súčasné poznatky a metódy výpočtu rázu dvoch vozidiel založené na báze koeficientu reštitúcie i modely založené na silovom spôsobe výpočtu. Navrhnutý bol hybridný model rázu (vypracované boli dva varianty modelu výpočtu), využívajúci výhody silového výpočtu ako i výhody prístupu založeného na koeficiente reštitúcie. Bol zhotovený program pre overenie výpočtu pozostávajúci z modelu pohybu a rázu vozidla. Z vykonaných crashtestov a reálnych nehôd (vykonaný zber s podrobnou dokumentáciou, skonštruované bolo špeciálne zariadenie na meranie odporu vozidla po dopravnej nehode) bolo vykonané overenie modelu. Na základe tohto overenia bola konštatovaná dobrá zhoda skutočného priebehu pohybu vozidiel a vypočítaného pohybu (na základe navrhnutého modelu).

Práca sa tiež zaoberá problematikou pohybu vozidla, resp. popisom a modelovaním stochastických javov pri pohybe vozidla.

**Názov doktorandskej**

**dizertačnej práce:** Návrh modelu distribučnej logistiky

**Autor:** Ing. Martin Krajčovič

**Vedný odbor:** 62-90-9 Podnikový manažment

**Školiace pracovisko:** Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta,  
Katedra priemyslového inžinierstva

**Školiteľ:** Doc. Ing. Eva Slamková, CSc.

**Resumé:**

Doktorandská dizertačná práca sa venuje problematike návrhu modelu distribučnej logistiky s ohľadom na splnenie základného cieľa – uspokojenia požiadaviek zákazníkov pri prijateľnej úrovni vynaložených nákladov. Model distribučnej logistiky je v dizertačnej práci popísaný prostredníctvom troch základných prvkov: fyzickej štruktúry distribučného systému (sklady a doprava), systému riadenia materiálového toku v distribúcii (riadenie zásob) a spätnej väzby (monitorovanie výkonu distribučného systému). Dizertačná práca navrhuje postup vytvárania fyzickej štruktúry distribučného systému s využitím navrhnutého nákladového modelu, podáva systematický prehľad možností riadenia zásob v distribučnej sieti s rozšírením o vlastné návrhy autora v oblasti využívania ťahových systémov riadenia zásob a navrhuje systém monitorovania činností vykonávaných v distribúcii prostredníctvom sústavy merateľných ukazovateľov. V dizertačnej práci je zároveň uvedená aplikácia navrhovaných postupov v praxi.

ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE  
Strojnícka fakulta  
Katedra priemyslového inžinierstva

**NÁVRH MODELU  
DISTRIBUČNEJ LOGISTIKY**

doktorandská dizertačná práca

Vedný odbor:  
62-90-9 Podnikový manažment

Autor: Ing. Martin Krajčovič  
Školiteľ: Doc. Ing. Eva Slamková, CSc.

Žilina 2001

**Názov doktorandskej**

**dizertačnej práce:** Súčasná a perspektívne metódy výpočtu odhadnej hodnoty cestných vozidiel

**Autor:** Ing. Tibor Kubjatko

**Vedný odbor:** 39-81-1 Súdne inžinierstvo

**Školiace pracovisko:** Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta

**Školiteľ:** Doc. Ing. Štefan Liščák, CSc.

**Resumé:**

V dizertačnej práci je vypracovaná komplexná metodika ohodnocovania cestných vozidiel a výpočtu výšky škody na vozidlách, čo je z celospoločenského hľadiska veľmi významná úloha.

Metodika je založená na využití kategorizovaného etalónového spôsobu výpočtu hodnoty jednotlivých druhov vozidiel pri použití korekčných výpočtov reálneho technického zvyšku ich životnosti. Algoritmus výpočtu reálnej technickej výšky škody na vozidlách je zostavený na základe porovnania technických hodnôt vozidla pred a po oprave so súčasným vyhotovením dodatkových ekonomických parametrov. Metodika umožňuje pri minimálnej časovej i finančnej náročnosti výpočet všeobecnej hodnoty cestného vozidla, ako aj výšku technickej škody na ňom s presnosťou požadovanou pri väčšine právnych úkonov (odhad hodnoty vozidla pre potreby kúpy a predaja, exekučného konania, vyradenia vozidla z evidencie základných prostriedkov firmy, pre potreby zistenia výšky poisťného plnenia ukradnutých, poškodených a totálne zničených vozidiel, klasifikáciu trestných činov pri odcudzení, poškodení a neoprávnenom užívaní vozidiel a pod.).

Presnosť metodiky bola overená praktickými výpočtami a porovnaním s výsledkami ďalších metodík a je preukazné, že táto je pri nižšej časovej náročnosti vyššia.

Na jej základe bol vytvorený funkčný počítačový program, ktorý umožňuje prácu s rozsiahlymi databázami a využitím ďalších matematických modelov spresňujúcich výsledky svojich výstupov.

Základné princípy tejto metodiky sú postupne aplikované v odbornej znaleckej praxi, ako aj v oblastiach súvisiacich s týmto odborom (poisťovníctvo, bankovníctvo, finančné a leasingové inštitúcie, ekonomické, poradenské a plánovacie inštitúcie, predajcovia ojazdených vozidiel...). Rovnako dochádza k postupnému celoplošnému rozšíreniu vyvinutého softvéru Autotax na Slovensku a v ďalších európskych štátoch.

ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE  
Stavebná fakulta

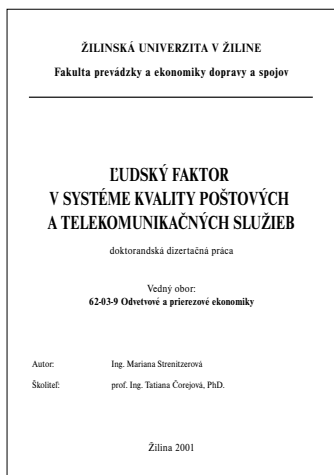
**SÚČASNÁ A PERSPEKTÍVNE METÓDY  
VÝPOČTU ODHADNEJ HODNOTY  
CESTNÝCH VOZIDIEL**

doktorandská dizertačná práca

Vedný odbor:  
39-81-1 Súdne inžinierstvo

Autor: Ing. Tibor Kubjatko  
Školiteľ: Doc. Ing. Štefan Liščák, CSc.

Žilina 2001



#### Názov doktorandskej

dizertačnej práce: **Ľudský faktor v systéme kvality poštových a telekomunikačných služieb**

Autor: **Ing. Mariana Strenitzerová**

Vedný odbor: **62-03-9 Odvetvové a prierezové ekonomiky**

Školiace pracovisko: **Žilinská univerzita, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov**

Školiteľ: **prof. Ing. Tatiana Čorejová, PhD.**

#### Resumé:

Základným cieľom doktorandskej dizertačnej práce bolo navrhnúť ucelený metodický postup diagnostikovania kvality ľudských zdrojov v podmienkach veľkých sieťových podnikov (SP, š. p. a ST, a. s.). Tento metodický postup umožní stanoviť skutočný stav v personálnej oblasti podniku vo vzťahu k normatívnemu, žiaducemu stavu; stanoviť riešenia, smery ďalšieho rozvoja, resp. postupy odstránenia nepriaznivého vývoja.

Z takto formulovaného základného cieľa vyplývajú čiastkové ciele doktorandskej dizertačnej práce:

- analyzovať zámer, postupy, prístupy, metódy riadenia kvality s osobitným dôrazom na otázky kvality ľudského činiteľa a systémov riadenia ľudských zdrojov v podmienkach veľkých sieťových podnikov (SP, š. p., ST, a. s.);
- aplikáciou manažmentu procesov uskutočniť podrobnú dekompozíciu základného procesu **Riadenie ľudských zdrojov** z hľadiska obsahu, z hľadiska činností (aktivít), ako aj z hľadiska jeho poslania a cieľov v systéme riadenia organizácie;
- definovať vstupy a výstupy základného procesu **Riadenie ľudských zdrojov**;
- uplatniť diagnostický prístup v skvalitňovaní procesov personálnych činností;
- stanoviť metodický postup pre diagnostikovanie kvality ľudských zdrojov.

Vytýčeným cieľom doktorandskej dizertačnej práce zodpovedali použité metódy a postup. Použité metódy vychádzali hlavne z poznatkov podnikovej diagnostiky, štatistických metód, hodnotového manažmentu a manažmentu procesov, ktoré sú vhodné na dosiahnutie stanoveného cieľa v oblasti dekompozície systému a aplikácie v podmienkach veľkých sieťových podnikov (SP, š. p., ST, a. s.).

#### Predložená doktorandská dizertačná práca:

- zahŕňa univerzálne poznatky a metódy, ktoré sa dajú aplikovať v podmienkach veľkých sieťových podnikov (SP, š. p., ST, a. s.);
- dekompozíciou základného procesu **Riadenie ľudských zdrojov** poskytuje prehľad základných personálnych činností a môže pomôcť pri diagnostikovaní porúch a ich príčin v jednotlivých fázach procesu, osobitne v podmienkach veľkých sieťových podnikov (SP, š. p., ST, a. s.);
- môže pomôcť veľkým sieťovým podnikom (SP, š. p., ST, a. s.) pri budovaní takejto sústavy riadenia kvality, ktorý nezohľadňuje len technickú, resp. prevádzkovú stránku kvality, ale ktorý značnú pozornosť venuje ľudskému rozmeru kvality.

#### K teoretickým prínosom doktorandskej dizertačnej práce patrí:

- rozbor teoretických a metodologických východísk riadenia ľudských zdrojov a koncepcie riadenia ľudských zdrojov, ich vývoj, využitie a možná aplikácia v podmienkach veľkých sieťových podnikov (SP, š. p., ST, a. s.);
- analýza základných nástrojov manažmentu kvality zohľadňujúcich ľudský faktor:
  - prístupy k riadeniu kvality vyzdvihujúce ľudský faktor
  - prístupy k zabezpečeniu kvality produktov vyzdvihujúce ľudský faktor
  - prístupy k zlepšeniu kvality procesov vyzdvihujúce ľudský faktor
  - postupy pri hodnotení kvality zohľadňujúce ľudský faktor
  - analytické nástroje manažmentu kvality (FMEA, Ishikawov diagram);
- vytvorenie metodiky diagnostikovania kvality ľudských zdrojov v podmienkach veľkých sieťových podnikov (SP, š. p., ST, a. s.), nakoľko tieto podniky sa vyznačujú určitými zvláštnosťami premiestňovacieho procesu, a preto diagnostikovanie kvality treba tiež skúmať v kontexte odvetvovej ekonomiky.

#### K praktickým prínosom dizertačnej práce patrí:

- podrobná dekompozícia základného procesu **Riadenie ľudských zdrojov** z rôznych hľadísk:
  - z hľadiska obsahu

- z hľadiska činností (aktivít)
- z hľadiska jeho poslania a cieľov v systéme riadenia organizácie;
- definovanie vstupov, výstupov a kritických faktorov úspechu jednotlivých čiastkových procesov základného procesu **Riadenie ľudských zdrojov**
- aplikácia diagnostického prístupu v skvalitňovaní procesov personálnych činností:
  - postupnosť a obsah diagnostických fáz - aplikácia na konkrétnu personálnu činnosť.

Diagnostický prístup v personálne-organizačnom systéme slúži ako systém včasného varovania - upozorňuje na kritické tendencie v základných oblastiach riadenia ľudských zdrojov a naznačuje hlavné smery ich odstránenia.

Na základe definovania vstupov, výstupov a kritických faktorov úspechu, dekompozície základného procesu **Riadenie ľudských zdrojov**, ako aj aplikáciou diagnostického prístupu pri skvalitňovaní procesov personálnych činností boli diagnostikované hlavné oblasti zlepšenia jednotlivých čiastkových procesov.

Nástroje a metódy manažérstva kvality umožňujú lepšie poznanie a preniknutie na koreň problémov a na súvislosti medzi nimi, získať čas namiesto zložitého postupu a dosiahnuť lepšie výsledky ako pri metóde pokusov a omylov. Preto by sa mali metódy udomáčniť aj vo veľkých sieťových podnikoch (SP, š. p., ST, a. s.) na všetkých úrovniach riadenia.

#### Názov doktorandskej

dizertačnej práce: **Diskrétné modely zhromažďovania**

Autor: **RNDr. Július Rebo**

Vedný odbor: **37-01-9 Dopravná a spojová technológia**

Školiace pracovisko: **Fakulta riadenia a informatiky Žilinskej univerzity**

Školiteľ: **doc. Mgr. Jiří Slavík, CSc.**

#### Resumé:

Doktorandská dizertačná práca sa zaoberá podrobnou analýzou diskretných procesov zhromažďovania so zameraním na dopravné procesy. Tým sú myslené systémy, v ktorých sú prichádzajúce elementy zastavené a zbierané po vopred stanovenú dobu až do ich ďalšej obsluhy, ktorá sa vykonáva po skupinách. Práca sa zameriava na dva základné modely zhromažďovania s konečným alebo nekonečným zhromažďovacím priestorom, pričom systém je riadený a sledovaný v diskretných časových okamihoch.

Vplyv vonkajších podmienok na tieto systémy a ich vývoj je modelovaný náhodným procesom pomocou vnorených Markovových reťazcov. Je analyzované správanie systémov ako v prechodnom, tak aj v stabilizovanom režime. Vety a ich dôkazy uvádzajú nutné a postačujúce podmienky prechodu uvažovaných systémov do stabilizovaného režimu činnosti.

Pre oba systémy sú podrobne uvedené metódy určenia pravdepodobností stavov a taktiež analýza charakteristík ich činnosti v stabilizovanom režime.

Dôležitou časťou sú navrhnuté metódy nákladovej a nenákladovej optimalizácie dĺžky periódy, t. j. optimálneho časového riadenia ukončenia akumulácie prichádzajúcich elementov. Získané výsledky sú uvádzané v explicitnom tvare umožňujúcom jednoduché stanovenie charakteristík procesov a ich využitie pri optimalizácii dĺžky periódy v závislosti od základných parametrov systémov.

ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE  
Fakulta riadenia a informatiky

#### DISKRÉTNÉ MODELY ZHROMAŽĎOVANIA

doktorandská dizertačná práca

Vedný odbor:  
37-01-9 Dopravná a spojová technológia

Autor: RNDr. Július REBO  
Školiteľ: doc. Mgr. Jiří Slavík, CSc.

Žilina 2001

## POKYNY PRE AUTOROV PRÍSPEVKOV DO ČASOPISU KOMUNIKÁCIE - vedecké listy Žilinskej univerzity

1. Redakcia prijíma iba príspevky doteraz nepublikované alebo inde nezaslané na uverejnenie.
2. Rukopis musí byť v jazyku slovenskom a anglickom (týka sa autorov zo Slovenska). Príspevok by nemal prekročiť 7 strán v každej jazykovej mutácii (formát A4, písmo Times Roman 12 bodové). K článku dodá autor **resumé** v rozsahu maximálne 10 riadkov v slovenskom a anglickom jazyku).
3. Príspevok prosíme poslať: **e-mailom**, ako prílohu spracovanú vo Worde, na adresu *holesa@nic.utc.sk* alebo *polednak@fsi.utc.sk* príp. *vrablova@nic.utc.sk* **alebo doručiť na diskete 3,5** vo Worde a **jeden výtlačok** článku na adresu Žilinská univerzita, OVA, Moyzesova 20, 010 26 Žilina.
4. Skratky, ktoré nie sú bežné, je nutné pri ich prvom použití rozpísať v plnom znení.
5. Obrázky, grafy a schémy, pokiaľ nie sú spracované v Microsoft WORD, je potrebné doručiť buď v digitálnej forme (ako GIF, JPG, CDR, BMP súbory), prípadne nakresliť kontrastne na bielom papieri a predložiť v jednom exemplári. Pri požiadavke na uverejnenie fotografie priložiť ako podklad kontrastnú fotografiu alebo diapozitiv. **Pre obidve mutácie spracovať jeden obrázok** s popisom v slovenskom a anglickom, resp. **len v anglickom jazyku**.
6. Odvolania na literatúru sa označujú v texte alebo v poznámkach pod čiarou príslušným poradovým číslom v hranatej zátvorke. **Zoznam použitej literatúry** je uvedený za príspevkom. Citovanie literatúry musí byť **podľa záväznej STN 01 0197 (ISO 690)** „Bibliografické odkazy“.
7. K rukopisu treba pripojiť **plné meno a priezvisko autora a adresu inštitúcie v ktorej pracuje, e-mail adresu** a číslo telefónu alebo faxu.
8. Príspevok posúdi redakčná rada na svojom najbližšom zasadnutí a v prípade jeho zaradenia do niektorého z budúcich čísel podrobí rukopis recenziám a jazykovej korektúre. Posledný obťah pred tlačou bude poslaný autorovi na definitívnu kontrolu.
9. Termíny na dodanie príspevkov do čísel v roku sú: 28. február, 31. máj, 31. august a 30. november.
10. V ďalších číslach budú tieto nosné témy jednotlivých čísel: Modelovanie komunikačnej obsluhy územného celku, Spôľahlivosť konštrukcii a Riešenie krízových situácií.

## COMMUNICATIONS - Scientific Letters of the University of Žilina Writer's Guidelines

1. Submissions for publication must be unpublished and not be a multiple submission.
2. Manuscripts written in English language must include abstract also written in English. The submission should not exceed 7 pages (format A4, Times Roman size 12). The abstract should not exceed 10 lines.
3. Submissions should be sent: **by e-mail** (as attachment in system Microsoft WORD) to one of the following addresses: *holesa@nic.utc.sk* or *vrablova@nic.utc.sk* or *polednak@fsi.utc.sk* **with a hard copy** (to be assessed by the editorial board) or **on a 3.5" diskette** in (Microsoft WORD) **with a hard copy** to the following address: Žilinska univerzita, OVA, Moyzesova 20, SK-10 26 Žilina, Slovakia.
4. Abbreviations, which are not common, must be used in full when mentioned for the first time.
5. Figures, graphs and diagrams, if not processed by Microsoft WORD, must be sent in electronic form (as GIF, JPG, CDR, BMP files) or drawn in contrast on white paper, one copy enclosed. Photographs for publication must be either contrastive or on a slide.
6. References are to be marked either in the text or as footnotes numbered respectively. Numbers must be in square brackets. The list of references should follow the paper (according to **ISO 690**).
7. The author's exact mailing address, **full names, e-mail address, telephone or fax number, and the address of the organisation where of the works** and contact information must be enclosed.
8. The editorial board will assess the submission in its following session. In the case that the article will be accepted for future volumes, the board submits the manuscript to the editors for review and language correction. After reviewing and incorporating the editor's remarks, the final draft (before printing) will be sent to authors for final review and adjustment.
9. The deadlines for submissions are as follows: February 28, May 31, August 31 and November 30.
10. This year, each of the issues will be dedicated to one of the following topics: Modelling of a Regional Communication Service, Construction Reliability and Crises Situation Solution.



VEDECKÉ LISTY ŽILINSKEJ UNIVERZITY  
SCIENTIFIC LETTERS OF THE UNIVERSITY OF ŽILINA

### Séfredaktor:

### Editor-in-chief:

Prof. Ing. Pavel Poledňák, PhD.

### Redakčná rada:

### Editorial board:

Prof. Ing. Ján Bujňák, CSc. - SK  
Prof. Ing. Karol Blunár, DrSc. - SK  
Prof. Ing. Otakar Bokúvka, CSc. - SK  
Prof. RNDr. Peter Bury, CSc. - SK  
Prof. RNDr. Jan Černý, DrSc. - CZ  
Prof. Ing. Ján Corej, CSc. - SK  
Prof. Eduard I. Danilenko, DrSc. - UKR  
Prof. Ing. Branislav Dobrucký, CSc. - SK  
Prof. Dr. Stephen Dodds - UK  
Dr. Robert E. Caves - UK  
Dr.hab. Inž. Stefania Grzeszczyk, prof. PO - PL  
PhDr. Anna Hlavňová, CSc. - SK  
Prof. Ing. Vladimír Hlavňa, PhD. - SK  
Prof. RNDr. Jaroslav Janáček, CSc. - SK  
Dr. Ing. Helmut König, Dr.h.c. - CH  
Prof. Ing. Gianni Nicoletto - I  
Prof. Ing. Ľudovít Parilák, CSc. - SK  
Ing. Miroslav Pfliegel, CSc. - SK  
Prof. Ing. Pavel Poledňák, PhD. - SK  
Prof. Bruno Salgues - F  
Prof. Andreas Steimel - D  
Prof. Ing. Miroslav Steiner, DrSc. - CZ  
Prof. Ing. Pavel Surovec, CSc. - SK  
Prof. Ing. Hynek Sertler, DrSc. - CZ  
Prof. Josu Takala - SU

### Adresa redakcie:

### Address of the editorial office:

Žilinská univerzita  
Oddelenie pre vedu a výskum  
Office for Science and Research  
Moyzesova 20, Slovakia  
SK 010 26 Žilina  
Tel.: +421/41/5620 392  
Fax: +421/41/7247 702  
E-mail: *polednak@fsi.utc.sk*, *holesa@nic.utc.sk*

Každý článok bol oponovaný dvoma oponentmi.  
Each paper was reviewed by two reviewers.

Časopis je excerptovaný v Compendexe  
Journal is excerpted in Compendex

Vydáva Žilinská univerzita  
v EDIS - vydavateľstve ŽU  
J. M. Hurbana 15, 010 26 Žilina  
pod registračným číslom 1989/98  
ISSN 1335-4205

It is published by the University of Žilina in  
EDIS - Publishing Institution of Žilina University  
Registered No: 1989/98  
ISSN 1335-4205

Objednávky na predplatné prijíma redakcia  
Vychádza štvrtročne  
Ročné predplatné na rok 2002 je 500,- Sk

Order forms should be returned to the editorial office  
Published quarterly  
The subscription rate for year 2002 is 500 SKK.

<http://www.utc.sk/komunikacie>