



# Metode prometno – geografskog proučavanja

Predavanje 2

- Slijed proučavanja pojava i procesa u prometnoj geografiji

Analiza prometne mreže



Analiza prometnog sustava




Analiza faktora razvoja prom. mreža i sustava




Analiza utjecaja prometa



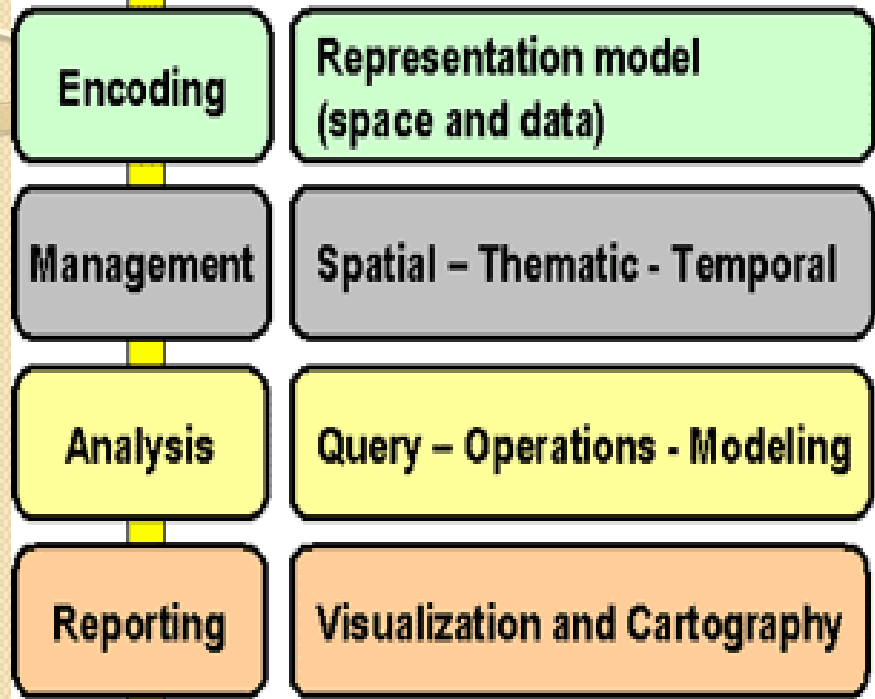
Regionalna diferencijacija

- 
- prilikom istraživanja u prometnoj geografiji koristimo različite metode poput:
    - metoda terenskog istraživanja
      - autopsija
      - kartiranje
    - statističkih metoda
    - metode anketiranja
    - kartografskih metoda
    - matematičkih metoda

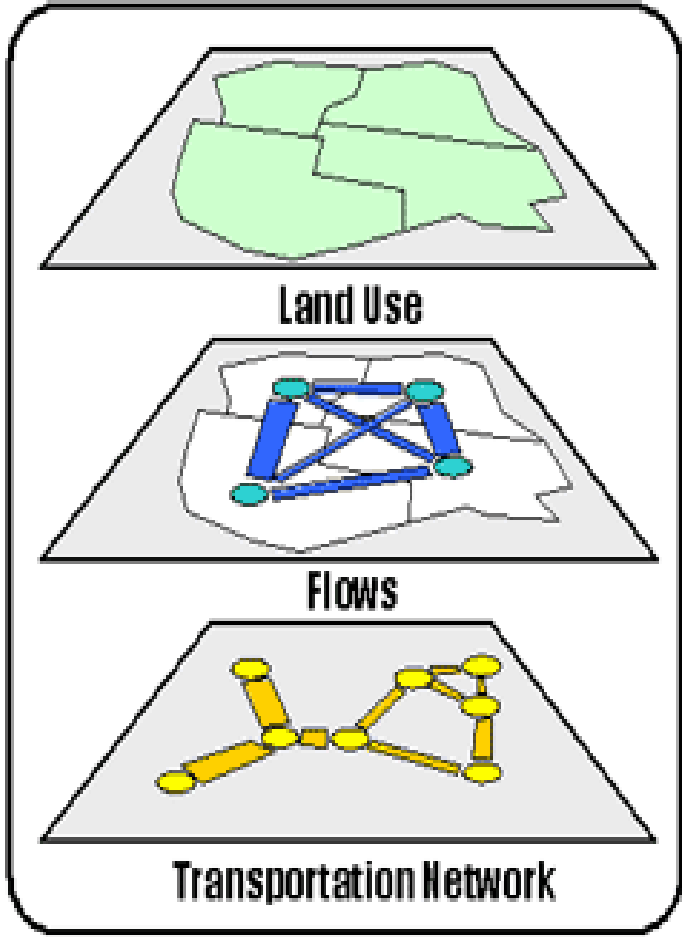
- 
- Prilikom analiza „Stvarni svijet“ svodimo na model kojim zatim upravljamo, kojeg analiziramo i kojeg u konačnici kartografski prikazujemo.
  - Sve te metode možemo primijeniti na različitim razinama od analize prometne mreže, prometnih tokova pa do analize namijene zemljišta.




**Real World**




**User**




**Layers**

- 
- Prilikom analiza krećem od analize prometne mreže.
  - **Prometna mreža** je skup pravaca i čvorova jedne vrste prometa.

- Geografi analiziraju prometne mreže iz različitih razloga:
  - kako bi objasnili razloge smještaj i pružanje prometne mreže tj. **lokacijske probleme** (location problem)
  - kako bi ispitali tokove koji se odvijaju na toj mreži i njihov obujam između dviju točaka ili čvorova– **probleme prostorne interakcije**- spatial interaction problem
  - Kako bi shvatili izbor ruta ili čvorova kojima se odvija promet – **problem dodjeljivanja pravca ili čvora** –choice assignment problem


- 
- Kako bi riješili problem slabe **dostupnosti pojedinih čvorova** – accessibility problem
  - Kako bi ustanovili razinu **povezanosti** unutar mreže – connectivity problem
  - kako bi ustanovili **raspored djelatnosti** duž mreže – network autocorrellattion problem



- 
- Prilikom analize prometne mreže prva i najčešće korištena metoda je matematička metoda.
  - Prilikom analize prvo izrađujemo model ili pojednostavljenu sliku stvarnosti (gravitacijski model, mrežni model).

# Teorija grafa

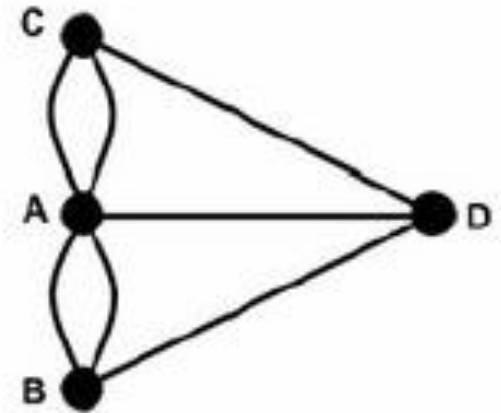
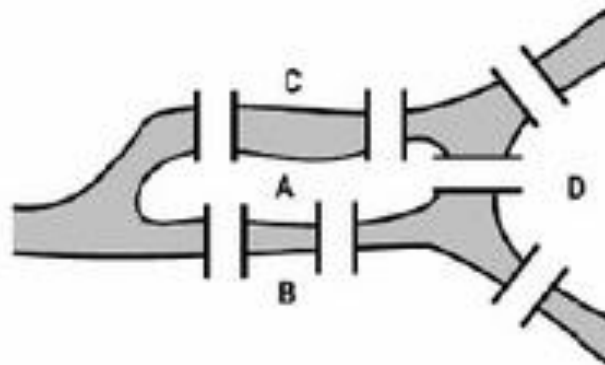
- Teorija grafa – mrežni model u kojem prometnu mrežu prikazujemo kao niz točaka ili čvorova međusobno povezanih crtama ili pravcima.
- Pri tome zanemarujemo osobine veza i čvorova poput duljine pravca, kvalitete pravca, broja stanovnika....
- Cilj je prikazati strukturu mreže.

- 
- Teorija grafa ima dugu povijest.
  - Prvi rad iz teorije grafova je Eulerovo rješenje pitanja šetnje koeningberškim mostovima iz 1736. godine.
  - Kao matematička disciplina počinje se razvijati '30-ih godina 20. stoljeća.

- Mjesto radnje Koeningsberg (Kaljiningrad)
- Pitanje : mogu li građani prošetati svojim gradom tako da svaki od 7 mostova pređu samo 1 i završe u početnoj točki.
- Leonhard Euler – matematička Ruske carske akademije u Petrogradu.
- Odgovor: Ne, takva šetnja je moguća samo ako imamo parni broj mostova.
- Kopno, obale i otoke prikazuje točkama, mostove vezama – prototip teorije grafa.

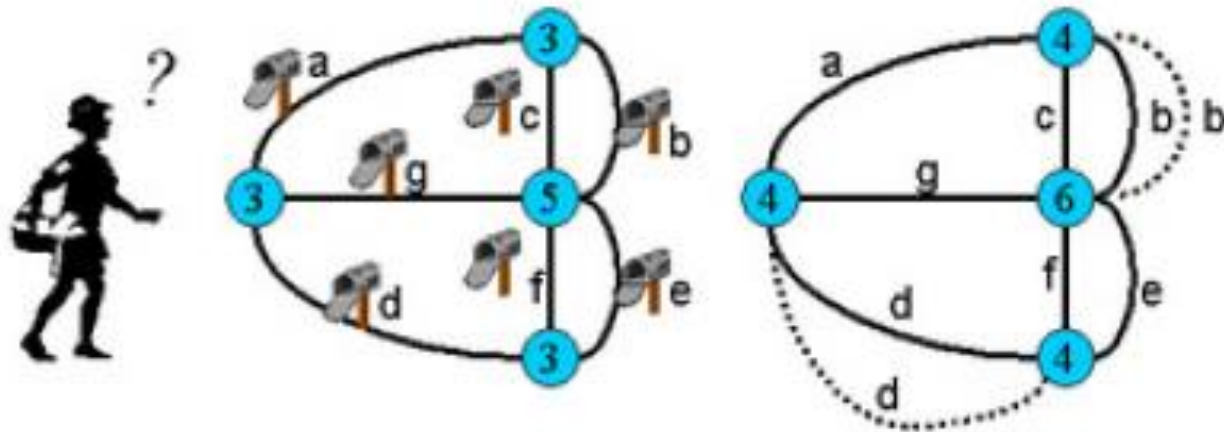


Slika 1: Koenigsberški mostovi




Slika 2: Shematski prikaz

- Problem kineskog poštara – problem kombinatorike i optimizacije prijedene duljine puta.
- Pitanje – kako izaći iz poštanskog ureda, podijeliti poštu i vratiti se, a svakom ulicom proći barem jedanput i uz najkraći put?
- Meigu Guan ili Mei Ko Kwan (1960-ih)



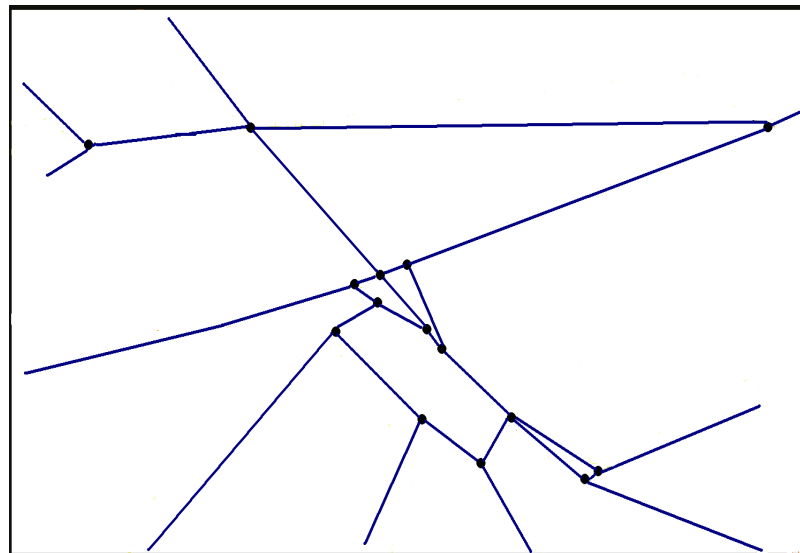
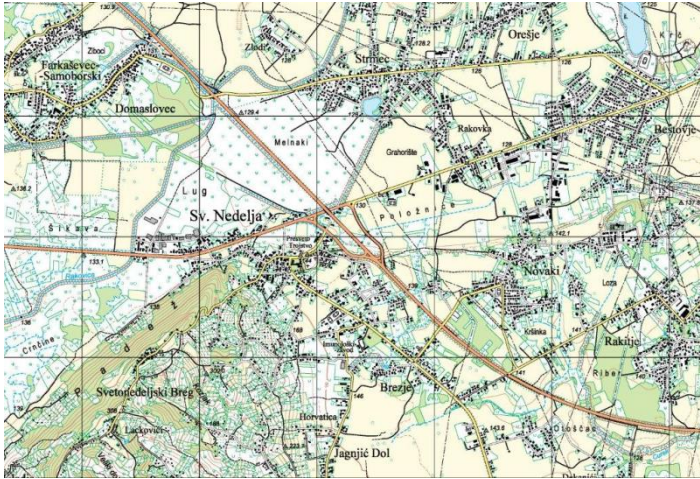
Slika 3: Poštarova tura

- Matematički topološki graf definirano kao skup bridova koji povezuju određeni broj vrhova. Bridovi se nazivaju pravci, a vrhovi čvorovi.
  - $G=(V,E)$   $V=V(g)$  skup vrhova / točki / vertex  
 $E=(E(G))$  skup bridova / linija / edges
  - Za čvorove kažemo da su susjedni ako postoji veza između ta dva čvora

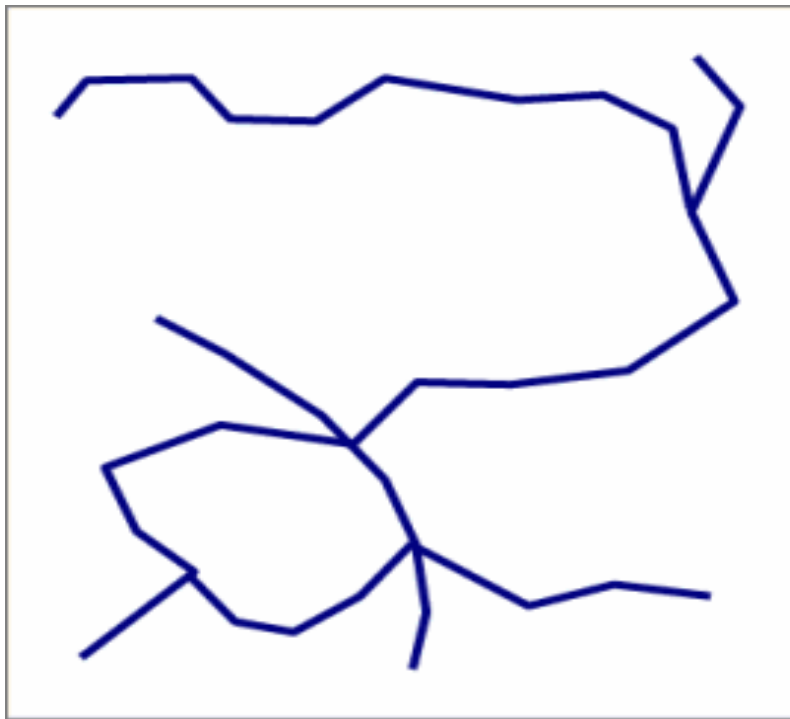
- 
- Grafovi mogu biti konačni ili beskonačni. U prometnoj geografiji analiza prometne mreže provodi se na konačnim grafovima.
  - Grafovi mogu biti planarni i neplanarni.



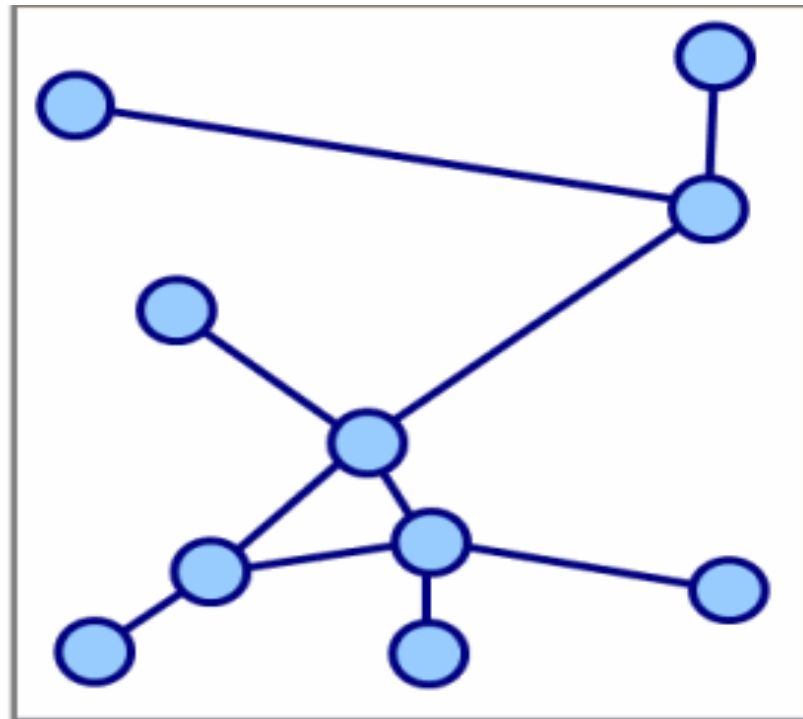
- Izrada topološkog grafa prometne mreže



- Apstraktan prikaz prometne mreže:

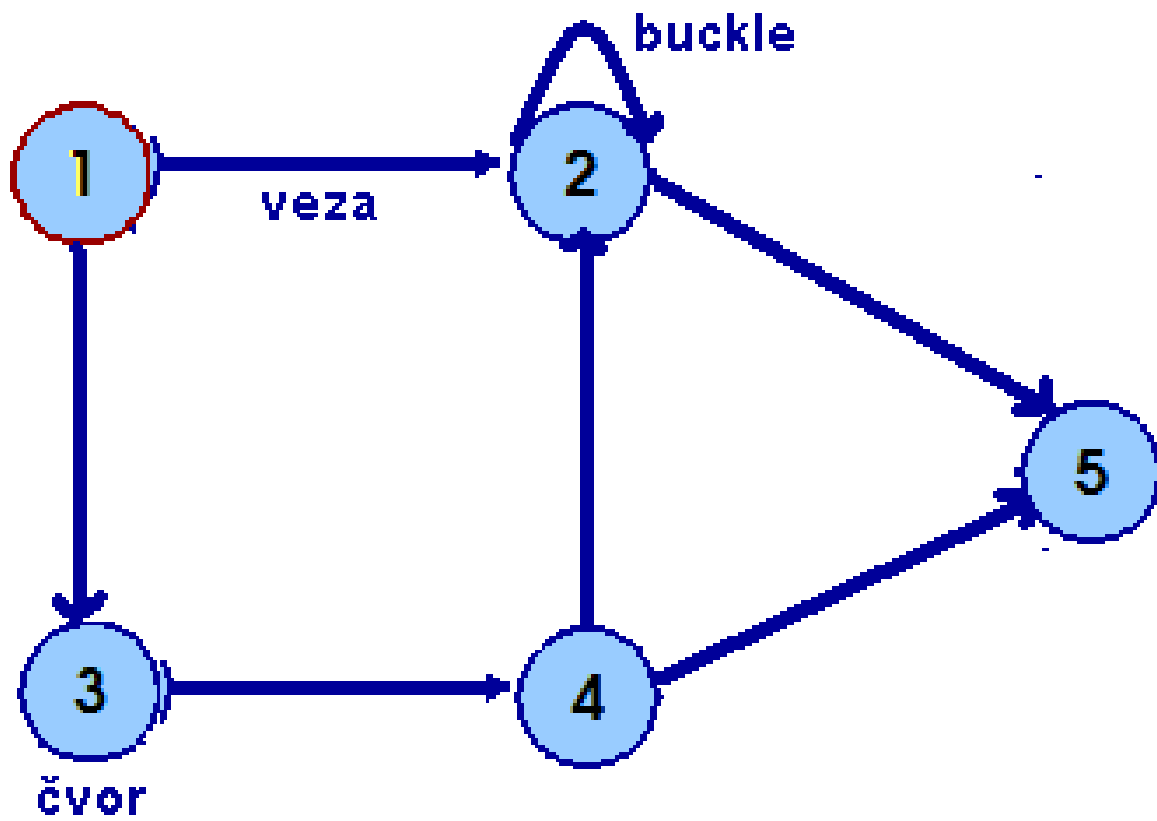


**Stvarna mreža**



**Topološki graf**

- Osnovni elementi svakog topološkog grafa su:
  - graf – skup čvorova povezanih vezama
  - čvor (v) – nodus, node, vertex, junction, intersection, knoten
  - veza (l) linija, link, line, edge, segment, route
  - regija – prostor koji zatvara određeni broj veza
  - pod graf (sub-graph) (p) – svaki prometni sustav dio je većeg prometnog sustava
  - buckle – ispupčenje – kopča – veza koja počinje i završava u istom čvoru



- Planarni graf - prilikom križanja dvaju veza nastaje novi čvor. Topologija je dvodimenzionalna. npr. cestovna mreža, željeznička mreža.
- Neplanarni graf - prilikom križanja dvaju pravaca ne nastaje novi čvor. Postoji treća dimenzija koja omogućava „premošćivanje“ dvaju prometnih pravaca. Npr. zračna mreža.
- Osnovni elementi svakog topološkog grafa i time i svake analize prometne mreže su veze i čvorovi.

# Definicija čvora

- Čvor – što je čvor i kada neki grad ili nekog mjesto možemo smatrati čvorom u prometnoj mreži?
- Definicija je mnogo:
  - 1. Čvorom u prometnoj mreži možemo smatrati bilo koje mjesto koje generira promet.
    - Problem ove definicije je što je izrazito pojednostavljena i površna.
  - 2. Čvor je mjesto križanja dvaju prometnih pravaca.
    - No postoje i slijepi čvorovi. Tako da niti ova definicija nije u potpunosti zadovoljavajuća. Krajnji, slijepi ili rubni čvor – čvor na kojemu završava prometni pravac.

- Značenje čvora:
  - broj pravaca koji vode prema određenom čvoru
  - značenja prometnih pravaca
  - veličina gravitacijskog područja (zaleđa)
- Način definiranja čvorova često ovisi o vrsti analize tj. da li ćemo analizirati lokaciju, tok, neke druge oblike mrežne analize.


- Prilikom analize prometnog toka pri čemu analiziramo obujam prometa između dviju točaka (političkih, administrativnih – popisna područja, regije, države, prometne zone itd.) čvorove možemo definirati na dva načina.
- 1. Čvor predstavlja geometrijsku sredinu nekog područja iz kojeg se generira promet.
- 2. Čvor predstavlja približni centar područja iz kojeg se generira promet.




- Pri analizi lokacije mreže čvor se najčešće poistovjećuje s nodalnim čvorom te će pojednostavljeno glasiti da je neka mreža  $G^t$  funkcija njenih čvorova u nekom vremenu.
- $G^t = f(n^t)$

- Čvorovi i mreže nastaju u određenom vremenu kao rezultat potreba u tom vremenu tako da je onda ispranije reći da je

$G^t = f(n^{t-1}, n^{t-2}, \dots, n^{t-m})$  i čiji se razvoj odvija tijekom vremena, a najčešće se radi o intervalima u trajanju od 10 godina.

- 
- Ukoliko kao kriteriji definiranja čvora uzmemo da je to točka iz koje se generira promet tada je slijedeće pitanje:
    - koliko taj promet mora biti tj. koliko ljudi mora određeno mjesto imati da bi privuklo prometnu liniju i postalo čvor u prometnoj mreži.

- Jedan od načina je da se ispitaju svi čvorovi koji se nalaze u nekoj mreži u određenoj fazi razvoja.
  - Prvo odrediti kada je nastala mreža,
  - Konstruirati kartu svih mjesta za koje postoje podaci o broju stanovnika tijekom vremena u čitavoj regiji bez obzira jesu li na mreži ili nisu,
  - Ta mjesta podijeliti u dvije skupine od kojih je jedna skupina onih mjesta koja su se nalazila na mreži u vremenu nastanka mreže u određenoj fazi.
- Odrediti prosječan broj stanovnika za sve skupine te ih zbrojiti i podijeliti s 2.

- 
- U konačnici naselja s većim brojem stanovnika vjerojatno će se nalaziti na mreži dok se manja naselja mogu i ne moraju nalaziti na mreži.
  - Također možemo pretpostaviti da će čvorovi koji nisu na mreži stagnirati tijekom vremena.

- Svaki čvor i veza imaju određene attribute.
- To su prije svega njihovi ID brojevi (imena) te kod čvorova geografske koordinate.
- Ostale podatke možemo podijeliti na prometne podatke i ostalo.
- Od ostalih podataka vezanih uz čvorove to su broj stanovnika, podaci o zaposlenosti, ...
- Od prometnih podataka to su podaci o postojanju ili nepostojanju pojedine vrste prometnih usluga npr. putničkog željezničkog ili teretnog zračnog prometa...zatim podaci o broj ulaza s autoceste (tzv. highway degree) ili broj gradova s kojima je ta luka povezana(airport degree).

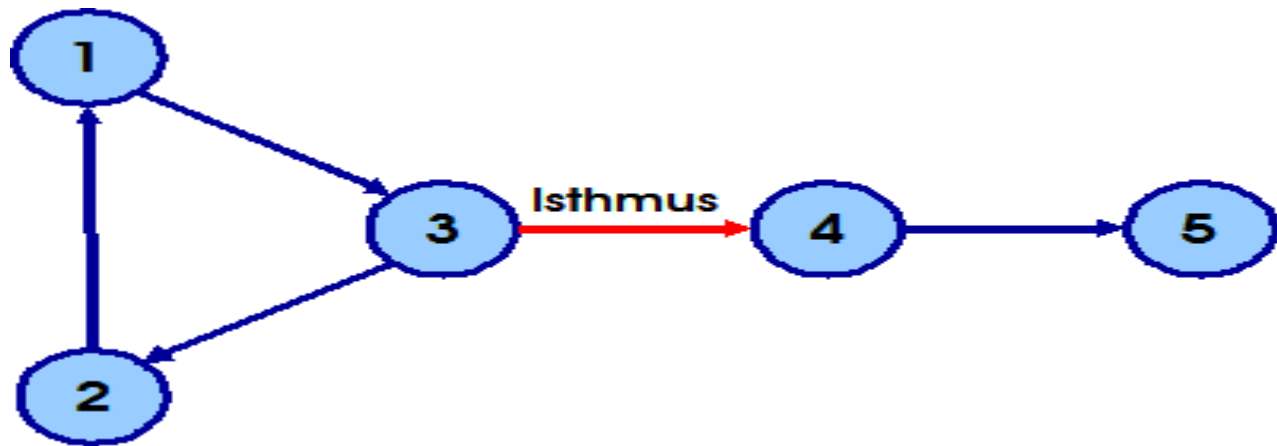
- Važan atribut svakog čvora je njegova dostupnost.  
Dostupnost čvora - udaljenost određenog čvora od ostalih čvorova izražena u određenim jedinicama.
- Dostupnost može biti:
  - teorijska ili topološka – izražena na bazi broja potrebnih veza da se dođe do određenog čvora
  - stvarna ili realna dostupnost


# Definicija veza ili pravaca

- **Veza je pravac koji spaja dva čvora.**
- Pitanje : koliko pravci mogu biti udaljeni od središta čvora da bi se smatralo da se taj čvor nalazi na tom pravcu.
- Vrijednosti su različite i ovise o vremenskom razdoblju. prema nekim izvorima ako pravac prolazi u blizini čvora ili u njegovom razvojnom području treba smatrati da je taj čvor na tom pravcu.



- Prometna veza je pravac koji povezuje dva prometna čvora.
- posebno važan pravac bez kojeg bi došlo do pucanja mreže u dva dijela naziva se isthmus ili prevlaka.



- 
- Na koji način tretirati slijepo pravce ili ogranke na kojima nema većih čvorova?
    - Npr. mreža ogranaka u nekadašnjim kolonijama koji su vodili prema rudnicima ili plantažama, a koji su ubrzo ukinuti i napušteni.

- Atributi veza biti će početna i završna točka nekog čvora te svoj ID broj.
- zatim udaljenost  $d_{ij}$  i duljina  $l_{ij}$ .
- Razlika između ove dvije vrijednosti:
  - što se  $d_{ij}$  računa kao udaljenost dviju koordinata
  - $l_{ij}$  kao stvarna udaljenost.
- Važna varijabla su troškovi koji se vrlo često izražavaju upravo kroz duljinu puta budući da su o njoj često i izravno ovisni iako ne proporcionalno.


- Troškovi mogu biti: troškovi prijevoza, izgradnje, putovanja
- Troškovi ne rastu proporcionalno duljini putovanja budući postoje i terminalni ili fiksni troškovi poput troškova ukrcaja i iskrcaja, taksi, administrativnih troškova itd.
- Cijena će se u konačnici formirati kao rezultat troškova i zarade prijevoznika.
- Ovim troškovima trebalo bi pridodati i posredne troškove koji nastaju po utjecajem prometa poput troškovi zagađenja zraka, buke...

- Atributi veza su ograničenje brzine kretanja.
- Atributi veze su i circuity  $k_{ij}$  i indeks obilaska ili route factor  $q$ .
- **Circuity (kružnost/kruženje)** je razlika između geometrijske udaljenosti dvaju krajnjih točaka i stvarne duljine puta. Kako bi se omogućila usporedba izražavamo ga indeksom

$$k_{ij} = (l_{ij} - d_{ij}) / l_{ij}$$

- Kao mjera circuity koristi se i **route indeks (indeks obilaska)** koji se računa prema formuli

$$q = l_{ij} / d_{ij}$$

- 
- Važan atribut je i obujam prometa ili obujam toka.
  - Obujam prometa se iskazuje mjerama ko što su broj putnika, broj vozila, količina robe, broj pismovnih pošiljki, broj telefonskih poziva...
  - Prosječan godišnji dnevni promet, prosječan dnevni ljetni promet, prosječan mjesečni dnevni promet.

- Prosječni godišnji dnevni promet (PGDP), predstavlja prosječnu, dnevnu količina prometa u odnosu na ukupno ostvareni promet tijekom cijele godine, na autocesti ili njezinom dijelu.
- Prosječni ljetni dnevni promet (PLDP), predstavlja prosječnu, dnevnu količina prometa u odnosu na ukupno ostvareni promet tijekom ljetnog perioda u godini (od 1.srpnja do 31.kolovoza), na autocesti ili njezinom dijelu.
- Prosječni mjesečni dnevni promet (PMDP), predstavlja prosječnu, dnevnu količina prometa u odnosu na ukupno ostvareni promet tijekom pojedinog mjeseca u godini, na autocesti ili njezinom dijelu.

- PGDP i PDLDP na odabranim prometnicama u RH

Mjerna postaja	PGDP	PLDP
Lučko jug	24577	42889
Zgb obilaznica	33589	46818
Riječka obilaznica	21938	35993
Velika Mlaka	41901	40247



- Promet na autocestama u nadležnosti HAC-a u lipnju 2013.

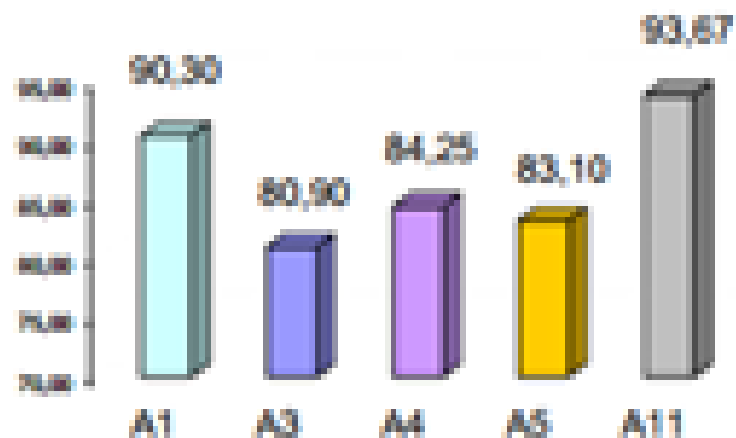
Autocesta		OSTVARENI PROMET					Usporedba 2013./2012.		
oznaka	duljina u km	broj motocikala	broj lakih vozila	broj teških vozila	ukupno 2013.	ukupno 2012.	*PMDP 2012.	*PMDP 2013.	odnos prometa 2013./2012.
A1	399,8	2.962	352.277	34.899	390.138	378.859	12.629	13.005	2,97%
A3	306,4	2.115	406.316	93.838	502.269	505.314	16.844	16.742	-0,60%
A4	96,4	2.495	279.296	49.702	331.493	322.644	10.755	11.050	2,74%
A5	53,6	302	62.850	12.476	75.628	75.063	2.502	2.521	0,76%
A11	9,0	295	50.873	3.142	54.310	60.307	2.010	1.810	-9,93%

<http://www.hac.hr/hr/promet-i-sigurnost/promet/brojanje-prometa/pmdp/>

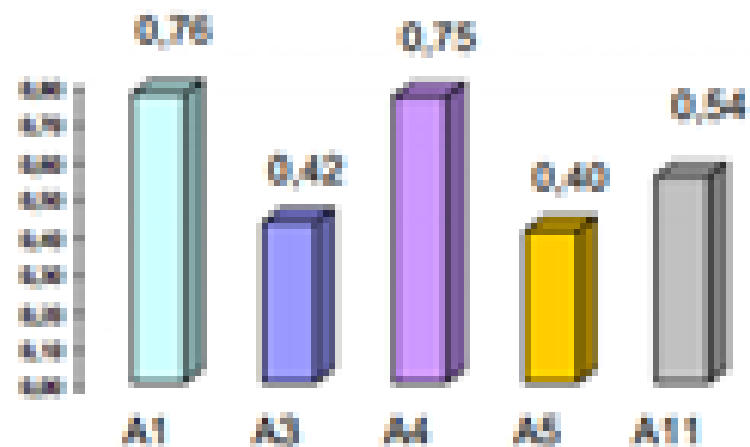
Udio vozila po kategorijama			
oznaka	laka vozila (%)	teška vozila (%)	motocikli (%)
A1	90,30	8,95	0,76
A3	80,90	18,68	0,42
A4	84,25	14,99	0,75
A5	83,10	16,50	0,40
A11	93,67	5,79	0,54

<http://www.hac.hr/hr/promet-i-sigurnost/promet/brojanje-prometa/pmdp/>

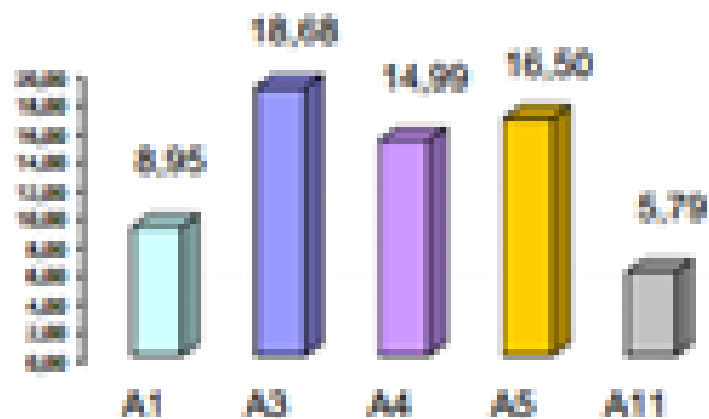
Udio lakih vozila na svim autocestama (%)



Udio motocikala na svim autocestama (%)



Udio teških vozila na svim autocestama (%)



# PLDP na autocestama u nadležnosti HAC-a




- <http://www.hac.hr/hr/promet-i-sigurnost/promet/brojanje-prometa/pldp/>

## PGDP na autocestama u nadležnosti HAC-a



<http://www.hac.hr/hr/promet-i-sigurnost/promet/brojanje-prometa/pgdp/>

- 
- Važan atribut je i kapacitet prometnice ili veze.
  - Kapacitet - maksimalan broj vozila, putnika ili robe koja se može prevesti određenim pravcem u danom vremenu u određenim vremenskim uvjetima.

- Analiza tehničkih osobina obuhvaća:
  - Kategoriju kolnika
  - Vrstu kolnika
  - Broj prometnih trakova
  - Brzinu
  - Broj kolosijeka
  - Širinu kolosijeka
  - Elektrificiranost mreže
  - Nosivost polovnog puta
  - Plovnost
  - Širinu puta
  - Zaleđenost

- Uz apsolutne podatke za usporedbu su nam važni i relativni pokazatelji.
- Relativni pokazatelji
  - daju konkretan prijevozni učinak
  - uključuju i duljinu prijevoza
  - najznačajniji relativni pokazatelji su:
    - putnički kilometri (broj \* km) p/km
    - tonski kilometri (tone \* km) t/km

- Prijevozni učinak po vrstama prometa u putničkim i tonskim kilometrima

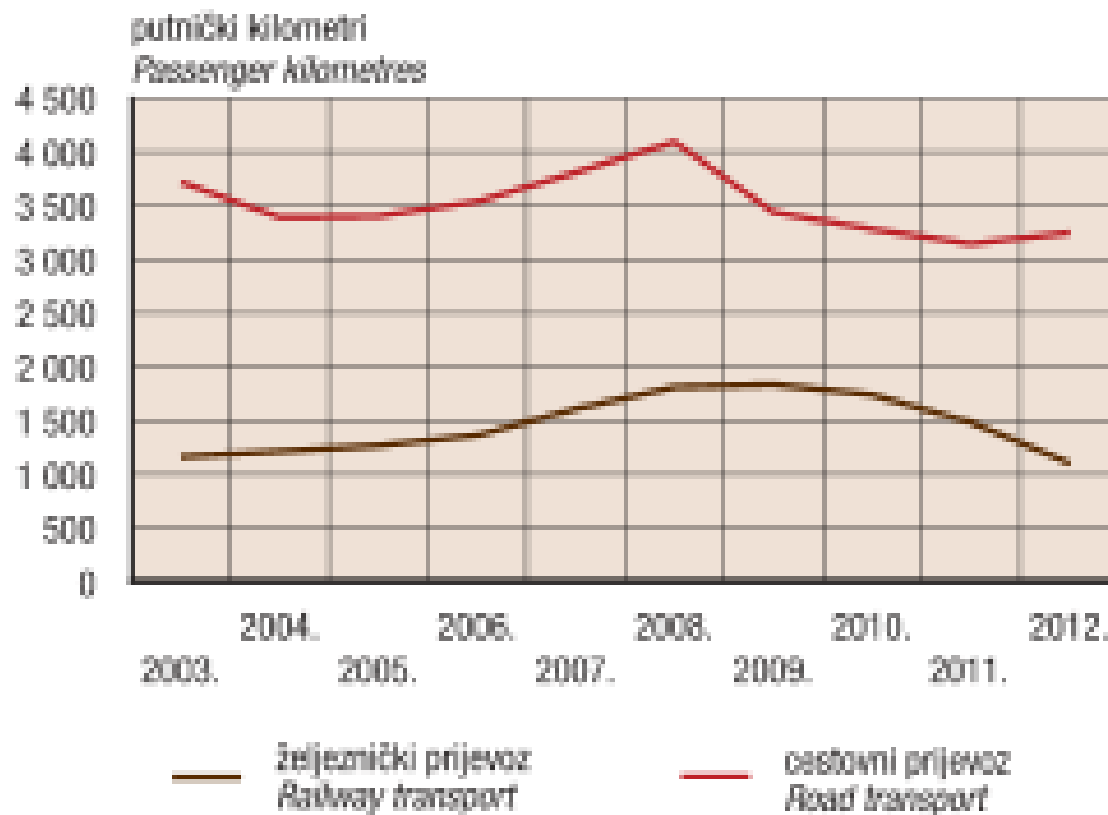
mil.  
Mln

	Željeznički prijevoz <i>Railway transport</i>		Cestovni prijevoz <i>Road transport</i>		Cjevovodni transport <i>Pipeline transport</i>	Pomorski i obalni prijevoz <i>Seawater and coastal transport</i>		Prijevoz na unutarnjim vodnim putovima <i>Inland waterway transport</i>	Zračni prijevoz <i>Air transport</i>	
	putnički kilometri <sup>1)</sup> <i>Passenger- kilometres<sup>1)</sup></i>	tonski kilometri <i>Tonne- kilometres</i>	putnički kilometri <i>Passenger- kilometres</i>	tonski kilometri <sup>1)</sup> <i>Tonne- kilometres<sup>1)</sup></i>	tonski kilometri <i>Tonne- kilometres</i>	putnički kilometri <i>Passenger- kilometres</i>	tonski kilometri <i>Tonne- kilometres</i>	tonski kilometri <sup>1)</sup> <i>Tonne- kilometres<sup>1)</sup></i>	putnički kilometri <i>Passenger- kilometres</i>	tonski kilometri <i>Tonne- kilometres</i>
2003.	1 163	2 487	3 717	8 956	1 623	418	130 090	100	1 228	4
2004.	1 213	2 493	3 390	9 547	1 841	433	134 464	179	1 460	4
2005.	1 266	2 835	3 403	10 244	1 774	431	126 064	119	1 989	4
2006.	1 362	3 305	3 537	11 096	1 533	453	136 994	117	1 959	3
2007.	1 611	3 574	3 808	11 429	1 781	490	137 474	109	2 055	3
2008.	1 810	3 312	4 093	11 042	1 677	491	142 972	843	1 945	3
2009.	1 835	2 641	3 438	9 429	1 797	496	137 345	727	1 636	3
2010.	1 742	2 618	3 284	8 780	1 703	493	162 751	941	1 510	2
2011.	1 486	2 438	3 145	8 926	1 477	583	155 437	692	1 591	2
2012.	1 104	2 332	3 249	8 649	1 216	602	125 678	772	1 451	3

- Izvor: Statistički ljetopis DZS 2013.

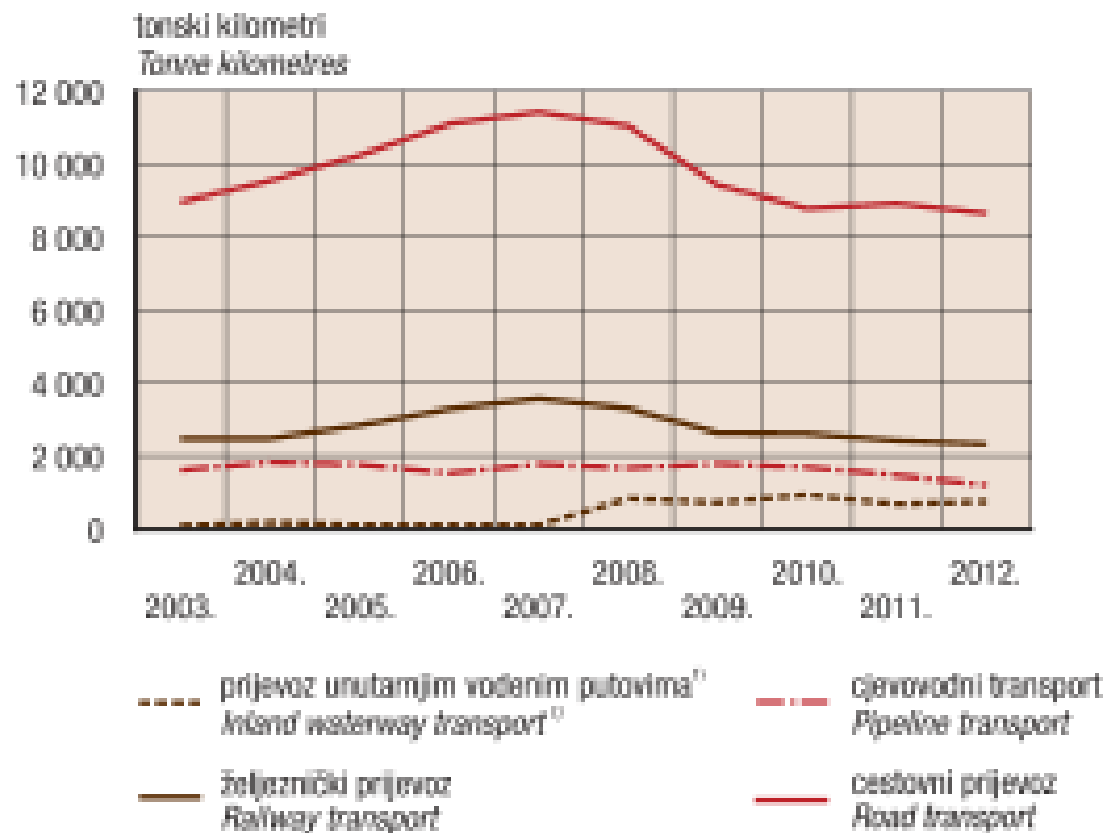


**G 21-1. KOPNENI PRIJEVOZ PUTNIKA PREMA VRSTAMA PRIJEVOZA  
OD 2003. DO 2012., PUTNIČKI KILOMETRI**  
*INLAND TRANSPORT OF PASSENGERS, BY TYPES OF TRANSPORT,  
2003 – 2012, PASSENGER KILOMETRES*




- Izvor: Statistički ljetopis DZS, 2013.

**G 21-2. KOPNENI PRIJEVOZ ROBE PREMA VRSTAMA PRIJEVOZA  
OD 2003. DO 2012., TONSKI KILOMETRI**  
*INLAND TRANSPORT OF GOODS, BY TYPE OF TRANSPORT,  
2003 – 2012, TONNE KILOMETRES*



1) Od 2008. uključen je i tranzit.  
1) Since 2008, transit has been included.

- Izvor: Statističkim ljetopis DZS, 2013.

- 
- Na osnovi tehniških karakteristika i analize prometnih tokova diferencirat će se prometni pravci na:
    - glavne = državne, magistralne, trunklines
    - sporedne = feederlines
    - mostne = bridgelines