

Modeliranje konfiguracije logističke mreže u lancima snabdevanja

Literatura

1. Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., and E. Simchi-Levi, 2000., Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies, Irwin McGraw Hill, Boston, MA,
2. Stadler, H., Kilger, C., 2002., Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software and Case Studies, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg,
3. Gyuricza J., Strategic Logistics Network Design Modeling, prezentacija
4. Chopra D., Designing the Distribution Network in a Supply Chain, prezentacija
5. Ballou R.,H., Basic Business Logistics: Transportation, Materials Management and Physical Distribution, Prentice-Hall, Inc.,
6. Semal P., Distribution Networks, UCL School of Management, Belgium, IFG Logistics, September, 2000.

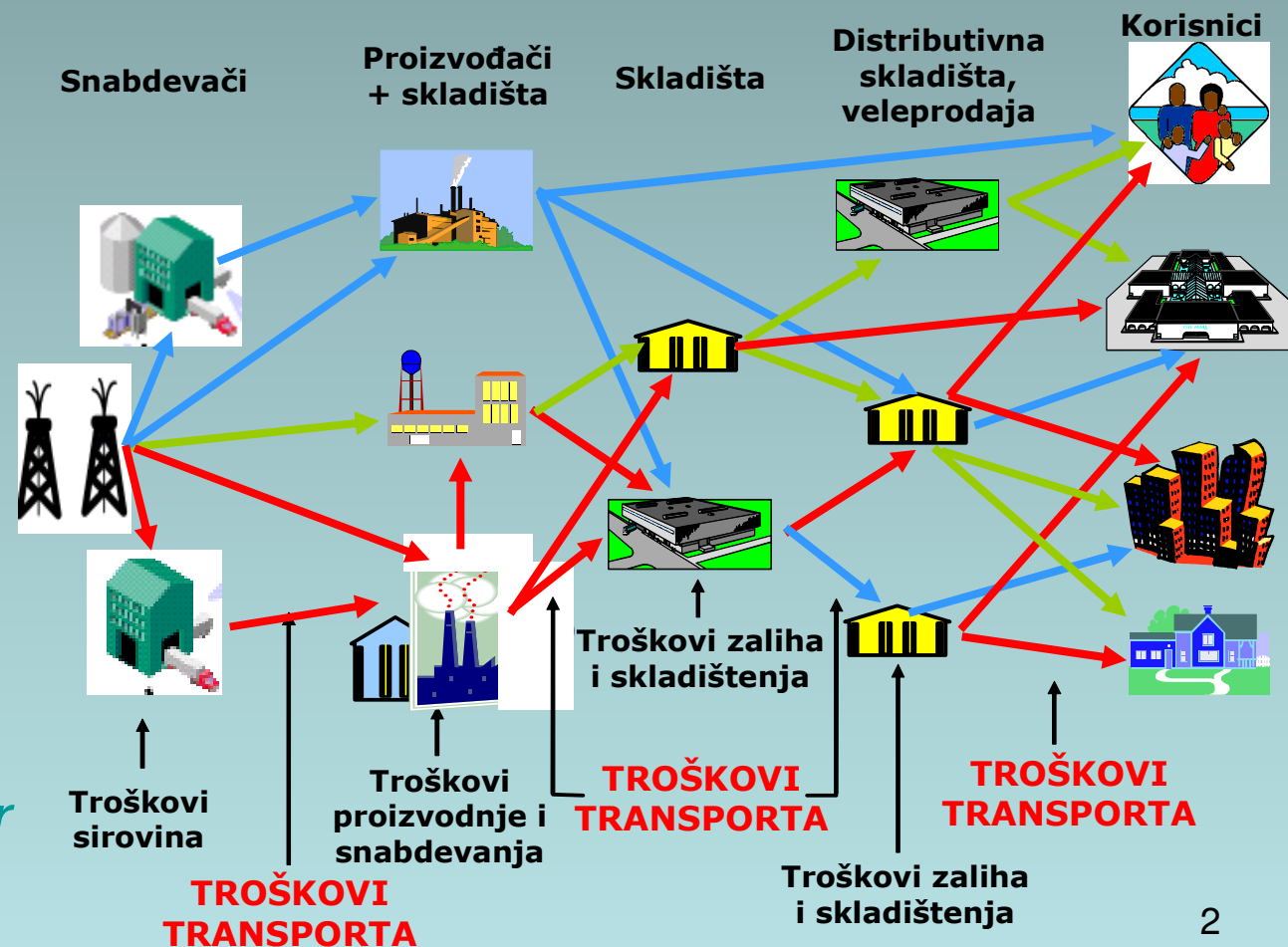
Šta je logistička mreža?

Logistička mreža – *struktura kroz koju se realizuju tokovi robe od njihovog izvorišta do destinacije*

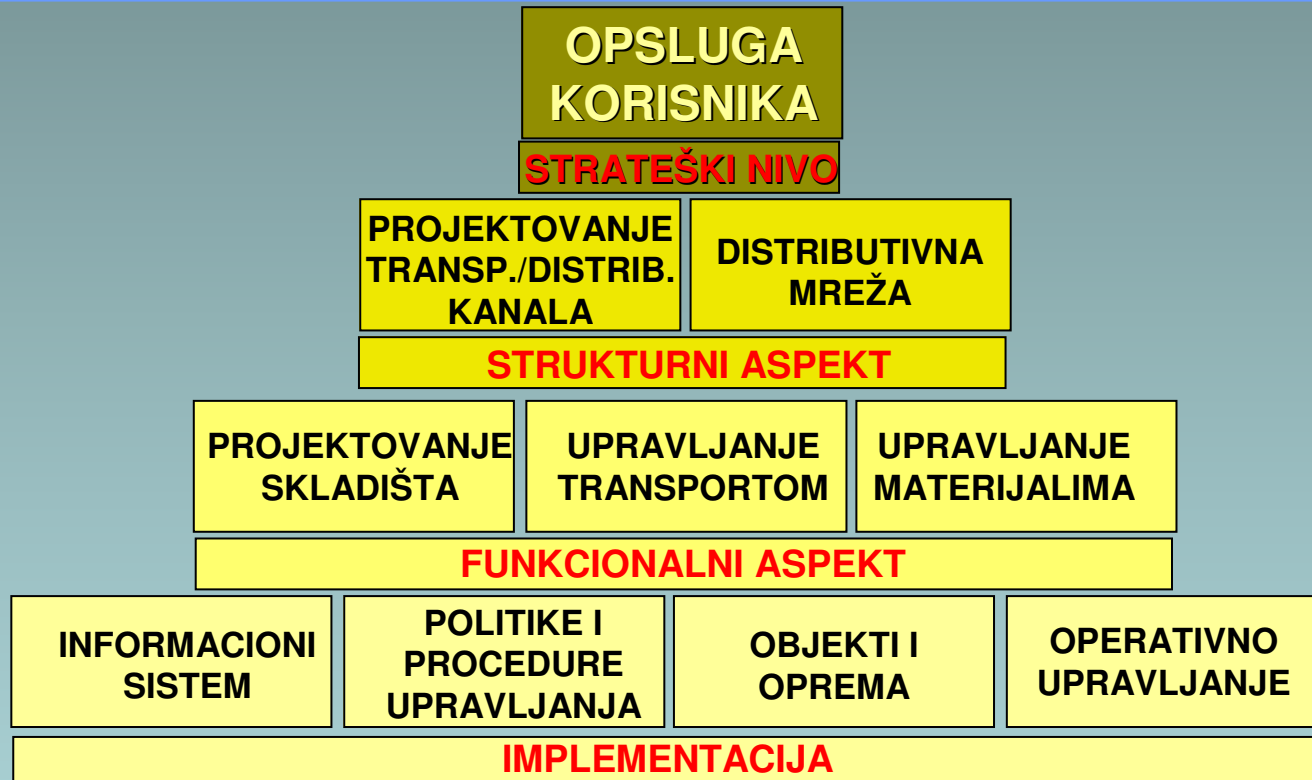
Logistička mreža može da ima različite oblike!!!

Jedna kompanija može imati različite oblike mreža za svoje proizvode!!!

Slika: Opšti primer logističke mreže



Modeliranje logističke mreže - metodologija



Gruba metodologija za modeliranje distributivne mreže

“Andersen Consulting: service Mark, 1989” - identifikacija 10 komponenti logističkog sistema svrstanih u četiri nivoa

Samo potpuna koordinacija i integracija ovih komponenti može da ostvari najbolje performanse lanca (u distributivnom domenu - od proizvodnje do krajnjeg korisnika)

Modeliranje logističke mreže – *strateški nivo*

OPSLUGA
KORISNIKA

STRATEŠKI NIVO

Korisnici – osnovni pokretači u lancu snabdevanja (gledano od isporuke, preko proizvodnje do početnog snabdevanja sirovinama)

⇒ *potrebno je identifikovati šta to korisnici žele!!!!*

- **PROBLEM** – različiti korisnici *imaju različite želje*
- **REŠENJE** – identifikovati sve želje korisnika i *formirati odgovarajuće grupe korisnika* (segmente) sa aspekta njihovih želja; na taj način, kompanija može da razvije odgovarajuće *strategije opsluge korisnika* i potom da adekvatno rasporedi svoje resurse.

Izbor strategije zavisi od toga:

Kakve *performanse sistema* su potrebne da bi se *ispunili zahtevi korisnika*?

Kako će logistički sistem ostvariti *kompetitivnu (konkurentsku) prednost*?

Cilj ovog koraka je da se *definišu kvalitativne i kvantitativne performanse logističkog sistema da bi on mogao da zadovolji svaku grupu korisnika.*

Modeliranje logističke mreže – *strukturni nivo*

CILJ ⇒ projektovanje sistema kako bi mogao da ispuni postavljene zahteve!

- ❑ Smanjenje troškova da bi se održala konkurentnost lanca
- ❑ Održavanje fleksibilnosti da bi lanac pravovremeno reagovao na promene



- Karakteristike mreže (koliko objekata, kog tipa, na kojim lokacijama)?
- Kakav je tok proizvoda kroz mrežu?
- Kakav je informacioni i povratni tok?
- Da li projektovati direktan kanal? (bez veleprodaje, posrednika, ...)
- Ako kanal nije direktan, koje su funkcije tih posrednika u dostizanju željenog nivoa opsluge?

U ovom slučaju, neophodan je određen nivo integracije (snabdevači sa proizvodnjom, kompanija sa nekim od posrednika...) jer se samo tako može postići željeni nivo opsluge korisnika.

Potrebno je identifikovati učesnike lanca između proizvođača i krajnjeg korisnika.

Dobra konfiguracija logističke mreže može doneti godišnje uštede od 5 -15 % u ukupnim logističkim troškovima!!!

Modeliranje logističke mreže – *funkcionalni nivo*

Na *funkcionalnom nivou*, posmatra se svaka komponenta logističkog sistema!!!!

Kako skladište treba da funkcioniše, sa aspekta organizacije, upravljanja???

Kako vršimo izbor, raspoređivanje i upravljanje sistemom transporta???

Kako funkcioniše tok materijala/robni tok u lancu snabdevanja???

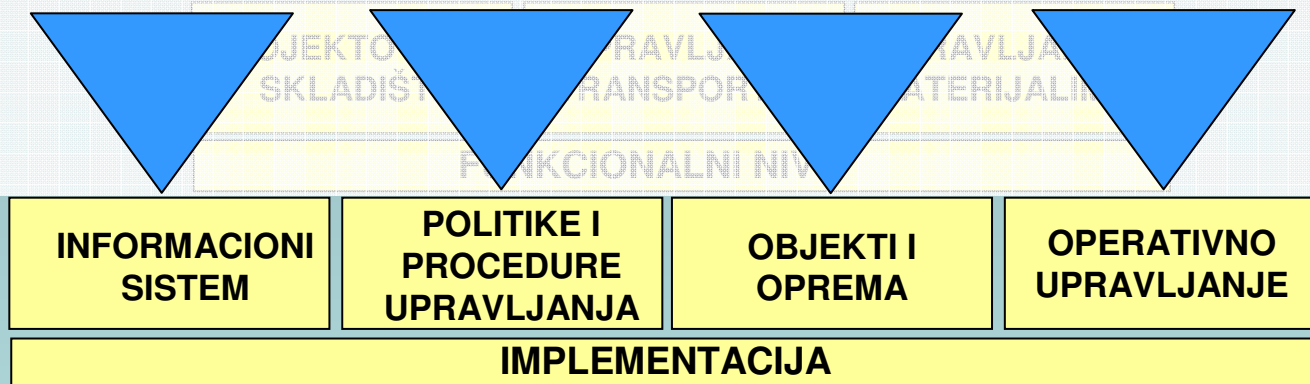


Individualne performanse ovih komponenti nisu bitne ako nisu podređene postizanju boljih performansi celog lanca snabdevanja!!!!

Planski period – taktički do strateški (*mesečni, pa do 2 godine*)

Modeliranje logističke mreže - *implementacija*

Na *nivou implementacije* se sprovode operative odluke/upravljanje i to u nekoliko domena:



Operativni planski period: *dnevni do nedeljni*

(na primer, planiranje otpreme, dispečiranje, raspoređivanje segmenata proizvodnih procesa, raspoređivanje radne snage na aktivnosti...)

CILJ MODELIRANJA LOGISTIČKE MREŽE

Naći **optimum** između:

- ❑ zadovoljenja zahteva korisnika davanjem usluge (**NIVO USLUGE**)
- ❑ troškova usluge korisnicima (**TROŠKOVI**)

KOJA SU TIPIČNA PITANJA?

- 1) Određivanje broja objekata nekog od učesnika u lancu snabdevanja (**npr. broja skladišta, fabrika, veleprodajnih centara, maloprodajnih objekata...**)
- 2) Određivanje lokacije nekog od učesnika u lancu snabdevanja (**na pr. lokacije skladišta, fabrika, veleprodajnih centara, maloprodajnih objekata...**)
- 3) Određivanje kapaciteta nekog od učesnika u lancu snabdevanja (**npr. kapaciteta skladišta, fabrika, veleprodajnih centara, maloprodajnih objekata...**)
- 4) Dodeljivanje skladišnog prostora proizvodima koji će se u njemu čuvati
- 5) Dodeljivanje korisnika učesniku lanca snabdevanja koji će ih opsluživati (**na pr. koje skladište će opsluživati koje korisnike - alokacija**)

Primer

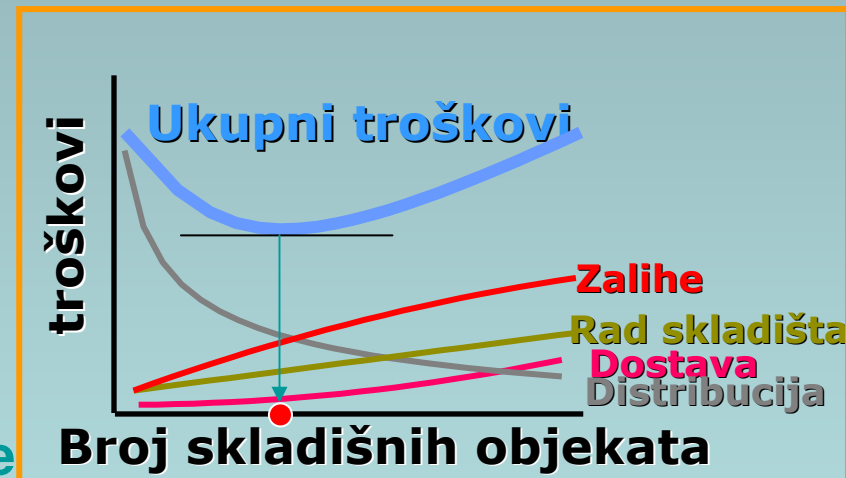
Ako posmatramo samo skladišta u logističkoj mreži, pretpostavljamo da se karakteristike i broj ostalih učesnika u lancu ne menjaju - strateško je pitanje:

koliki je optimalan broj skladišta?

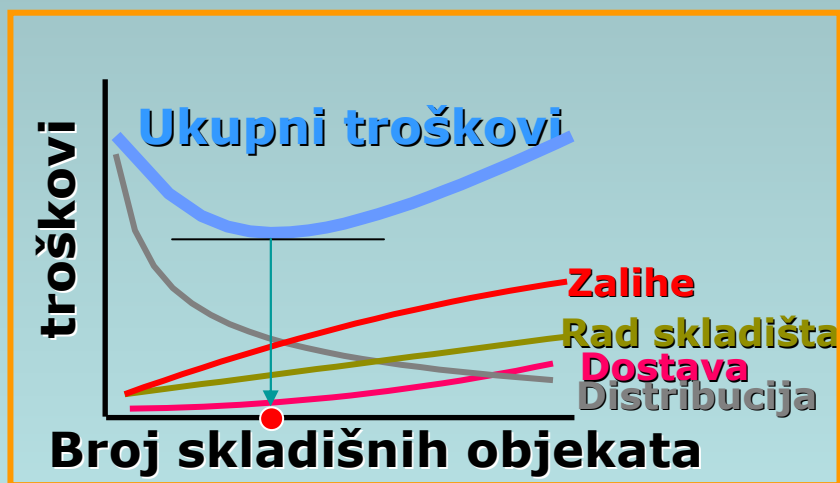
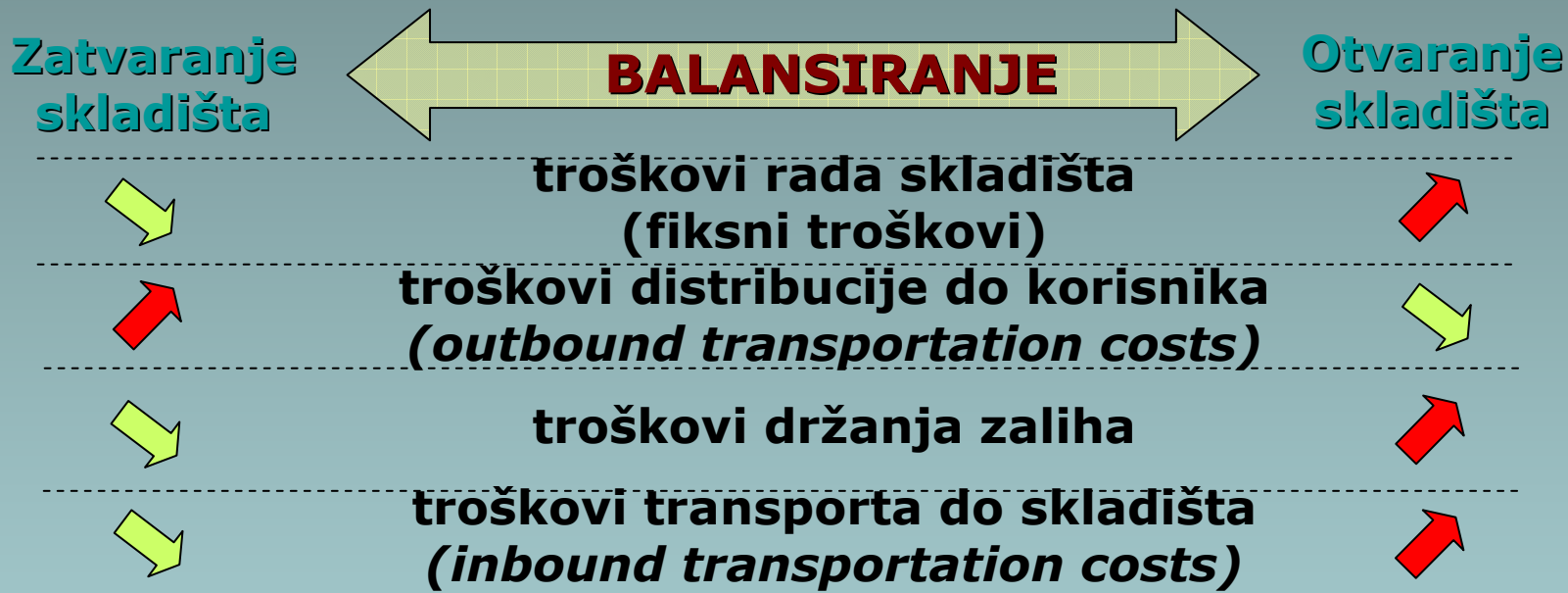
Cilj – (re)konfigurisati logističku mrežu tako da se **minimiziraju godišnji ukupni troškovi**, a koji sadrže troškove:

- transporta do skladišta
- rada skladišta (fiksni troškovi),
- držanja zaliha,
- distribucije do korisnika,

za različite nivoe tražene usluge korisnicima (servis stepena)



Nastavak primera - komentar:



Motivi za re(konfiguraciju) logističke mreže *re(projektovanje)*

□ *Promene:*

- **u vlasništvu** (pri razvijanju kompanija se kupuju novi objekti, pravi nova infrastruktura, kupuju ili prodaju pojedini delovi kompanije itd.)
- **na tržištu** (na primer, pri osvajanju novih tržišta potrebno je sagledati postojeću konkurenciju, karakteristike korisnika itd; na već osvojenim tržištima može doći do promena – može se pojaviti neki nov konkurent, mogu se izmeniti neke karakteristike korisnika (promena u demografskoj strukturi, kupovnoj moći i sl.)
- **u kvalitetu usluge korisnika** (logistički sistem se mora menjati kako se menjaju zahtevi i preferencije njegovih korisnika; konkurentnost mora da se održava)

□ *Potreba za smanjenjem troškova*

Smanjenje troškova u sistemu se mora raditi kontinualno. U logističkom sistemu, cilj se smanjivati troškove skladištenja, zaliha, transporta i sl.

□ *Konkurencija*

Opstanak kompanije na tržištu zavisi od njene konkurentnosti ...

Projektovanje mreže: opšti pristup

- ❑ Projektovanje distributivne mreže se nalazi na strukturnom nivou
 - detaljnije o strateškom i strukturnom nivou
 - grube informacije o nižim nivoima
- ❑ Teorijski gledano, bitne su sve navedene komponente logističkog sistema. To znači da se ne može menjati ni jedna komponenta, a da to ne utiče na ostale komponente ⇒ projektovanje distributivne mreže može predstavljati jako težak, ako ne i nemoguć zadatak jer svaki element sistema mora biti optimiziran u isto vreme, što je po pravilu u praksi nemoguće.
- ❑ Prethodno data metodologija prikazuje komponente po određenoj hijerarhiji. Ovakav pristup smanjuje dimenzije problema i zato je uobičajen.
- ❑ **Najveću važnost ima nivo opsluge korisnika (nema smisla projektovati distributivnu mrežu ako se ne zna koje ciljeve treba da ispuni ta mreža)**. Ista logika važi za projektovanje kanala. Prvo treba da se zna ko treba da se opsluži, pa se onda da počinje sa planiranjem mreže.
- ❑ Međutim, moraju da se ispituju i ostale komponente pre projektovanja mreže (npr. poznavanje tipa informacionog sistema se koristi ili se može koristiti, da li nam je potrebna informacija u realnom vremenu ili ne itd.

Projektovanje mreže: Opsluga korisnika

Šta je **opsluga** korisnika?

Predstavlja **“izlaz”** iz logističkog sistema

U suštini, kompletan logistički sistem je projektovan i radi sa ciljem da opsluži korisnika po njegovoj želji (šta, gde, kada)

U suštini je povezana sa raspoloživosti proizvoda ili usluge

Može biti prikazana (opisana) kao:

- **Niz aktivnosti** (sve aktivnosti potrebne za prijem i obradu narudžbina, kao i naplatu i ispravku greški).
- **Niz mera performansi** (mere mogu biti različite – više o tome u nastavnoj jedinici “Analiza lanca snabdevanja”)
- **Niz praktičnih pokazatelja** (za primenu u upravljanju i kontroli logističkih aktivnosti)
- **Filozofija korporacije** (sve aktivnosti koje vode ka zadovoljenju zahteva korisnika i unapređivanju ciljeva kompanije)

Projektovanje mreže:

Postavljanje ciljeva opsluge korisnika

Nakon identifikacije šta korisnici žele, mogu se definisati osnovni koraci za izbor ciljeva koje treba da ostvari logistički sistem.

Tipični koraci – *dolaženje do potrebnih podataka:*

1. Identifikacija potreba korisnika, performansi kompanije i njenih konkurenata
2. Analiza ponašanja korisnika
3. Analiza: troškovi/prihod
4. Primena ABC (Pareto) ili neke druge klasifikacije
5. Analiza okruženja (tržišta)
6. Analiza vizije i misije kompanije

Projektovanje mreže:

Postavljanje ciljeva opsluge korisnika

1. Identifikacija potreba korisnika, performansi kompanije i njenih konkurenata

U literaturi poznato kao *external customer service audit*. Korisnici se razlikuju među sobom, pa se razlikuju i njihovi zahtevi – potrebno je razlikovati šta zapravo korisnici očekuju od onoga što mi mislimo da očekuju.

□ **Identifikacija ključnih elemenata opsluge korisnika**

Korisnici ne pridaju istu važnost pojedinim karakteristikama proizvoda kao snabdevači/proizvođači. Iz tog razloga, potrebno je **identifikovati faktore koji utiču na odlučivanje** korisnika o kupovini proizvoda. Pored toga, potrebno je **znati ko donosi odluke o kupovini**, jer je to osoba od koje treba da se prikupljaju podaci.

Projektovanje mreže: Postavljanje ciljeva opsluge korisnika

Primer ključnih elemenata opsluge korisnika:

<i>Ciklus narudžbine</i>	<i>Kvalitet dokumentacije</i>	<i>Uslovi naručivanja</i>	<i>Tehnička podrška</i>
Koji rok isporuke se može garantovati?	Otpremnice, otpremnice-fakture, fakture...		
<i>Raspoloživost zaliha</i>	<i>Procedure reklamacija</i>	<i>Frekvencija isporuke</i>	<i>Informacije o statusu narudžbine</i>
Verovatnoće nedostatka zaliha			
<i>Ograničenja u veličini narudžbine</i>	<i>Potpuna opsluga korisnika</i>	<i>Pouzdanost isporuke</i>	<i>Pravovremenost isporuke robe</i>
Kolika su ograničenja? Da li je system fleksibilan?	Koji je procenat potpune opsluge korisnika?	Koji je procenat i pravovremenih i potpuno opsluženih korisnika?	Koji je procenat pravovremenih isporuka?

Projektovanje mreže: Postavljanje ciljeva opsluge korisnika

□ **Utvrđivanje relativne važnosti utvrđenih elemenata**

Anketiranjem korisnika i statističkim analizama na primer, se dobijaju odgovori o relativnoj važnosti utvrđenih elemenata. Međutim, moraju se postaviti i pitanja:

- Koliko je bitna usluga korisnika u poređenju sa ostalim elementima marketing miksa (4P: product, price, promotion, place – proizvod, cena, promocija, mesto)?
- Kolika je relativna važnost različitih elemenata usluge korisnika?

Identifikacija klastera (grupa) korisnika sa sličnim očekivanjima

Formiranje klastera i njihova analiza se radi da bi se napravila razlika između grupa, a time i odredila važnost elemenata usluge korisnika.

Poređenje mogućnosti kompanije sa onim šta korisnici očekuju da dobiju uslugom, kao i sa mogućnostima konkurenata

- Velika važnost – mala važnost
- Nizak nivo performansi – visok nivo performansi
- Prednosti – slabosti
- Korisno – beskorisno

ALAT – istraživanje tržišta

Tehnike – anketni upitnici, test grupe, telefonska anketa,

Projektovanje mreže: Postavljanje ciljeva opsluge korisnika

2. Analiza ponašanja korisnika

- ❑ Analiza ponašanja korisnika se mora izvršiti sa nekoliko aspekata – kakve su njihove preferencije, kako će reagovati u slučaju nedostatka zaliha, izmeštanja maloprodajnog objekta, ograničenih uslova nabavke (sa aspekta vremena naručivanja, količina koje se naručuju, proizvoda koji se mogu naručiti i sl.);
- ❑ Posebna analiza se realizuje da se utvrdi koji učesnik iz lanca snabdevanja ima najveću štetu (maloprodaja, proizvodnja, snabdevači...)

3. Analiza: troškovi/prihod

- ❑ Gledano sa ekonomskog aspekta, potrebno je utvrditi troškove opsluge, kakva je profitabilnost po plasiranom proizvodu i po opsluženom korisniku.
- ❑ Profitabilnost po opsluženom korisniku: utvrđuje se primenom Paretovog zakona – 80 % profita dolazi od 20 % korisnika, i 80 % troškova nastaje od 20 % korisnika.
- ❑ Troškovi održavanja određenog nivoa opsluge: ovi troškovi zavise od troškova čuvanja zaliha, transportnih troškova, troškova skladištenja, obrade narudžbine i sl.

...

Projektovanje mreže: Postavljanje ciljeva opsluge korisnika

4. Izvođenje ABC (Pareto) klasifikacije

Paretova kriva pokazuje da se za različite proizvode mogu odrediti različiti nivoi opsluge;

□ **ABC klasifikacija proizvoda (Paretova kriva)**

Paretova kriva bi trebala biti bazirana na profitu, mada se u mnogim slučajevima koriste i druge veličine, kao što su obrt zaliha, frekvencija isporuke, obim prodaje i sl.

- **Strategije upravljanja zalihama** – različiti proizvodi daju različite profite, što znači i da ne moraju svi proizvodi da imaju istu raspoloživost;
- **Lokacije zaliha** – neki proizvodi se mogu centralizovano razmeštati, a drugi decentralizovano (više o tome u nastavnoj jedinici Risk pooling)
- **Obrt zaliha** – uparivanjem informacija o obrtu proizvoda na zalihama i o profitu koji oni donose mogu se doneti određeni zaključci:
 - Nizak profit – mali obrt: razmotriti postojanje !?
 - Nizak profit – visok obrt: utvrditi da li ima mogućnosti za smanjenje troškova
 - Visok profit – nizak obrt: utvrditi da li odgovara JIT strategija
 - Visok profit – visok obrt: potrebna visoka raspoloživost proizvoda

Projektovanje mreže: Postavljanje ciljeva opsluge korisnika

5. Analiza okruženja (tržišta)

- Konkurencija u okruženju?*
- Tehnologija u okruženju*

Ovaj aspekt je često zanemaren. Mnoge promene u informacionim i komunikacionim tehnologijama utiču na projektovanje i rad logističkog sistema (tipičan primer je virtuelno skladište, u kome se razmenjuju informacije umesto robe!!!).

6. Pravni uslovi

Ovaj aspekt takođe može biti od velikog značaja – na primer, regulative u oblasti emisije izduvnih gasova mogu uticati na transportni sistem. Ovaj aspekt mora biti u potpunosti sagledan (transportno pravo, špeditersko pravo, pravila u vezi transporta, pretovara i skladištenja opasnih materija i sl.).

7. Analiza vizije i misije kompanije

Vizija i misija kompanije moraju biti u skladu sa ciljevima vezanim za opslugu korisnika.

Projektovanje mreže: Postavljanje ciljeva opsluge korisnika - zaključak

Razvijanje procesa baziranog na ovim podacima rezultuje

- ❑ **jasnom specifikacijom za strukturu kanala**
- ❑ **jasnom specifikacijom za projektovanje mreže sa aspekta:**
 - Nivoa opsluge korisnika
 - Troškova
 - Fleksibilnosti

Projektovanje mreže: Struktura kanala

- ❑ Izbor strukture kanala je izuzetno važan, jer u većini slučajeva su nakon implementacije veoma teške i skupe modifikacije.
- ❑ U principu, struktura kanala je u skladu sa izabranom distributivnom strategijom:
 - da li se roba direktno otprema od proizvođača do korisnika ili ne,
 - ako se ne otprema direktno, preko kojih članova kanala, da li se primenjuje cross-docking i sl.

(više o tome u nastavnoj jedinici “Distributivne strategije”)

Koraci pri (re)konfigurisanju/(re)projektovanju logističke mreže

- ❑ KORAK 1: *Definisanje obuhvatnosti projekta mreže*
- ❑ KORAK 2: *Opis mreže*
- ❑ KORAK 3: *Izbor i primena metoda/tehnika za analizu ili modeliranje logističke mreže*
- ❑ KORAK 4: *Analiza i prezentacija rezultata/rešenja konfiguracije logističke mreže*

Navedeni koraci mogu u sebi da sadrže više podkoraka – u zavisnosti od vrste i obuhvatnosti problema i kvaliteta dobijenih podataka !!!

Korak 1- Definisavanje obuhvatnosti

- ❑ Pitanja
 - Struktura sistema (*ko su članovi, njihov broj, gde su locirani, ...*)
 - Vlasništvo i misija
 - Poslovno okruženje
 - Osetljivost na promene
- ❑ Definisavanje obuhvatnosti sa logističkog aspekta
 - Npr. dato je: distribucija gotovih proizvoda
 - Opciono: detalji vezani za proizvodnju
 - Opciono: detaljni vezani za snabdevanje
- ❑ Kvantitativni pokazatelji
 - Vremenski periodi
 - Protokol
 - Jedinični troškovi

Korak **2** - Opis mreže

(PRIKUPLJANJE PODATAKA)

PODACI

- **Lokacija** korisnika, maloprodajnih objekata, postojećih skladišta, distributivnih centara, proizvodnih objekata i snabdevača
- **Asortiman i karakteristike proizvoda** (količine, potrebe za specijalnim uslovima tokom skladištenja, transporta...)
- **Zahtevi** za svakim proizvodom u odnosu na lokaciju korisnika
- Učešće pojedinih **vidova transporta i transportni troškovi** (tarife)
- **Troškovi skladištenja** (rada, držanja zaliha...)
- Veličine i količine pošiljki u **otpremi** za korisnike
- Troškovi obrade **narudžbine**
- Zahtevi i ciljevi **opsluge korisnika**
- ...

Korak 2 - Opis mreže

(PRIKUPLJANJE PODATAKA)

Veliki broj različitih podataka

(primer - distributivni sistem za skladišta osvežavajućih pića može imati više hiljada korisnika; veliki trgovački centri mogu imati više desetina hiljada proizvoda)



**AGREGIRANJE
PODATAKA**

KRITERIJUMI na osnovu kojih se vrši agregiranje:

- Korisnici su blizu jedni drugima sa aspekta traženog nivoa usluge, frekvencije isporuke, rastojanja – primena različitih tehnika (na primer - *Clustering tehnika* (svi korisnici unutar jednog klastera se tretiraju kao jedan koji se smešta u centar klastera (“zona korisnika”)))
- Proizvodi se agregiraju u grupe sa aspekta zahteva prema distribuciji (svi proizvodi koji se snabdevaju sa jednog mesta i otpremaju u jednu “zonu korisnika” se smeštaju u jednu grupu), vrste proizvoda ...

PRAKTIČNE PREPORUKE na osnovu kojih se vrši agregiranje:

- ❑ Agregiranje korisnika u zone – za datu teritoriju se mora naći odgovarajući broj zona (za velike teritorije (Evropa, SAD...) se preporučuje od **150 – 200** zona). Ako se korisnici agregiraju u odnosu na tražen nivo usluge ili frekvenciju isporuke u svakoj zoni treba da bude od **150 – 200** korisnika
- ❑ Svaka zona treba da ima aproksimativno jednak broj korisnika (ali zone mogu biti po veličini različite)
- ❑ Agregirana tačka se smešta u centar zone
- ❑ Pri agregiranju proizvoda u jednoj grupi treba da bude od **20 – 50** proizvoda; klasifikacija - prema zahtevima za distribucijom, klasama roba (tarife)...
- ❑ Izvori podataka – poslovni dokumenti, finansijski izveštaji, javne informacije, procene stručnjaka,...

■ Zašto agregiranje podataka?

PRIMER – PODACI O PRODAJI ROBE IZ MALOPRODAJNIH OBJEKATA (M.O.)

GODINA	1998	1999	2000	2001	2002	2003
M.O. 1	2560	2450	1450	2800	2780	3000
M.O. 2	1500	1600	1800	2000	2200	2500
M.O. 3	1800	2100	2200	1700	2100	2400
M.O. 4	1520	1320	1600	1800	2200	2000
SUMA	9378	9469	9050	10301	11282	11903

	ARITM. SR.	ST. ODST.	K. VAR
M.O. 1	2506.667	552.582	0.220
M.O. 2	1933.333	377.712	0.195
M.O. 3	2050.000	258.844	0.126
M.O. 4	1740.000	324.715	0.187
SUMA	10230.500	1149.617	0.112

DOKAZANO:

- AGREGIRANJEM PODATAKA SE
SMANJUJE KOEFICIJENT
VARIJACIJE

- AGREGIRANJEM OD 150 – 200
PODATAKA OSTVARUJE SE
GREŠKA MANJA OD 1%

➤ Geografsko agregiranje (Geocoding)

Zahtevi korisnika – **ID** preko njihove **adrese** (geografska baza podataka)

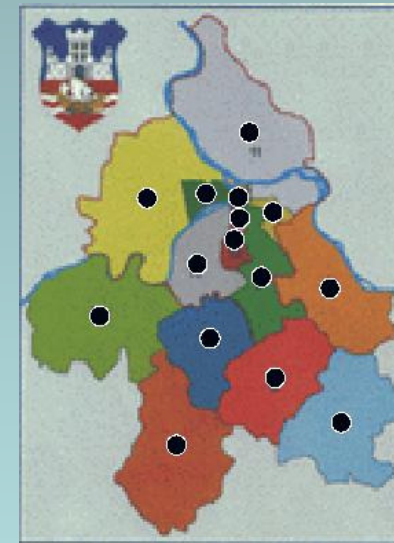
Načini dobijanja geografskih podataka:

- Postavljanje *linearne mreže* preko mape; gustina mreže – balans između nivoa detaljnosti i nivoa tačnosti
- Korišćenje geografske dužine i širine (*GPS*)

Primer agregiranja maloprodajnih objekata u gradu Beogradu



Lokacija maloprodajnih objekata u gradu Beogradu



Agregiranje maloprodajnih objekata u odnosu na rastojanje od DC u gradu Beogradu 29

➤ Geografsko agregiranje - nastavak

Za svaku agregiranu grupu korisnika:

		Proizvodi						
		1	2	3	4	5	...	N
Korisnik (Kanal)	1							
	2		x					
	3							
	4							
	5							
	:							
	M							

Zahtev korisnika izražen u

- Težini
- Zapremini
- Jedinicama
 - kutije
 - pakovanja
 - palete
 - ...

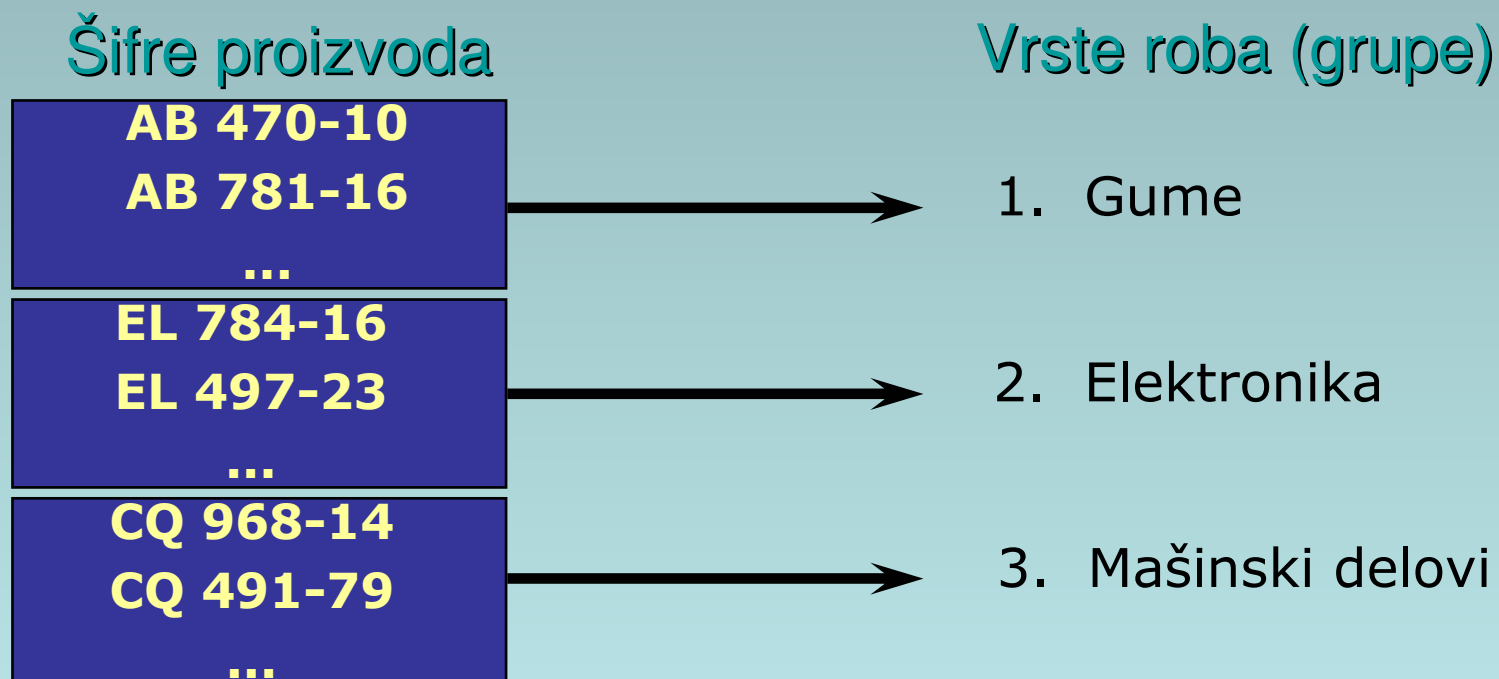
➤ Agregiranje podataka o proizvodima

Proizvodi – podaci o relevantnim karakteristikama proizvoda dobijeni:

- **ručnim unosom** (šifriranje proizvoda),
- **elektronskim očitavanjem** (primena bar kodova ili neke druge IT)

Agregiranje proizvoda u razuman broj grupa; uobičajeno je da u analizi mreže bude manje od **20** grupa proizvoda;

Primer agregiranja podataka o proizvodima po vrsti roba



■ Vidovi transporta i transportni troškovi (tarife)

Rangiranje vidova transporta prema troškovima po tkm i performansama

VID TRANSPORTA	TROŠKOVI PO tkm	PERFORMANSE			GUBICI I ŠTETA
		PROSEČNO VREME ISPORUKE OD VRATA DO VRATA	ODSTUPANJE OD VREMENA ISPORUKE		
			APSOLUTNO	% a)	
	1 = najveći	1=najbrži	1=najmanje	1=najmanje	1=najmanje
ŽELEZNIČKI	3	3	4	3	5
DRUMSKI	2	2	3	2	4
VODNI	5	5	5	4	2
CEVNI	4	4	2	1	1
VAZDUŠNI	1	1	1	5	3

Izvor - Ballou

a) Odnos apsolutnog odstupanja od vremena isporuke i prosečnog vremena isporuke

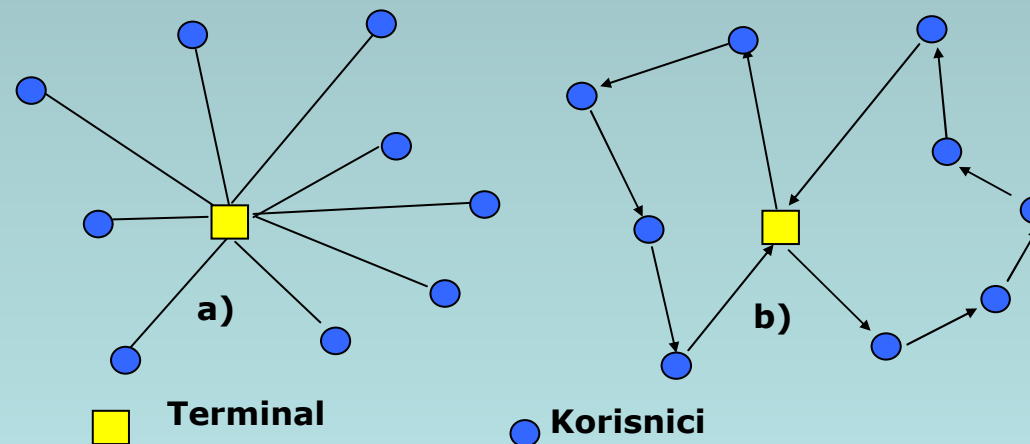
- Vidovi transporta i transportni troškovi (tarife) - nastavak

Proračun troškova transporta zavisi od svojine voznog parka!!

➤ Vozni park u privatnom vlasništvu

Troškovi **drumskog transporta** zavise od:

- *Operativnih troškova* (plate vozača, održavanje vozila, osiguranje, takse, amortizacija i ostali troškovi)
- *Pređene kilometraže* (zavisi od načina rutiranja vozila varijante a) i b) na narednoj slici)



■ Vidovi transporta i transportni troškovi (tarife) - nastavak

Određivanje pređenog puta pri planiranju logističke mreže

U nekim zemljama postoje tabele rastojanja između gradova
Često ne postoje potrebni podaci – različiti načini proračunavanja rastojanja!!!

Izračunavanje *pravolinijskog* rastojanja od A do B (mreža preko karte):

$$D_{A-B} = K \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2}$$

x_A, x_B, y_A, y_B – koordinate tačaka

K – korektivni faktor

K = 1,21 – za kretanje vozila na autoputevima, na primer

K = 1,24 – za kretanje železničkih vozila

K = 1,41 – za kretanje vozila po gradskim saobraćajnicama

■ Vidovi transporta i transportni troškovi (tarife) - nastavak

Određivanje pređenog puta pri planiranju logističke mreže

Problem – tačnost mapa, zakrivljenost zemljine kugle pri proračunu velikih rastojanja \Rightarrow primena GPS podataka

$$D_{A-B} = 3959 \times 1.609 \left\{ \arccos \left[\sin(LAT_A) \times \sin(LAT_B) + \cos(LAT_A) \times \cos(LAT_B) \times \cos |LONG_B - LONG_A| \right] \right\}$$

LAT – geografska širina (izražena u radijanima)

LONG – geografska dužina (izražena u radijanima)

(Voditi računa kada dve tačke nisu na istoj hemisferi (jedna ima predznak – minus)

Za tačniji proračun pređenog rastojanja, i u ovom slučaju se koristi korektivni faktor K

K = 1,17 – za kretanje vozila na drumskim saobraćajnicama

K = 1,20 – za kretanje železničkih vozila

■ Vidovi transporta i transportni troškovi (tarife) - nastavak

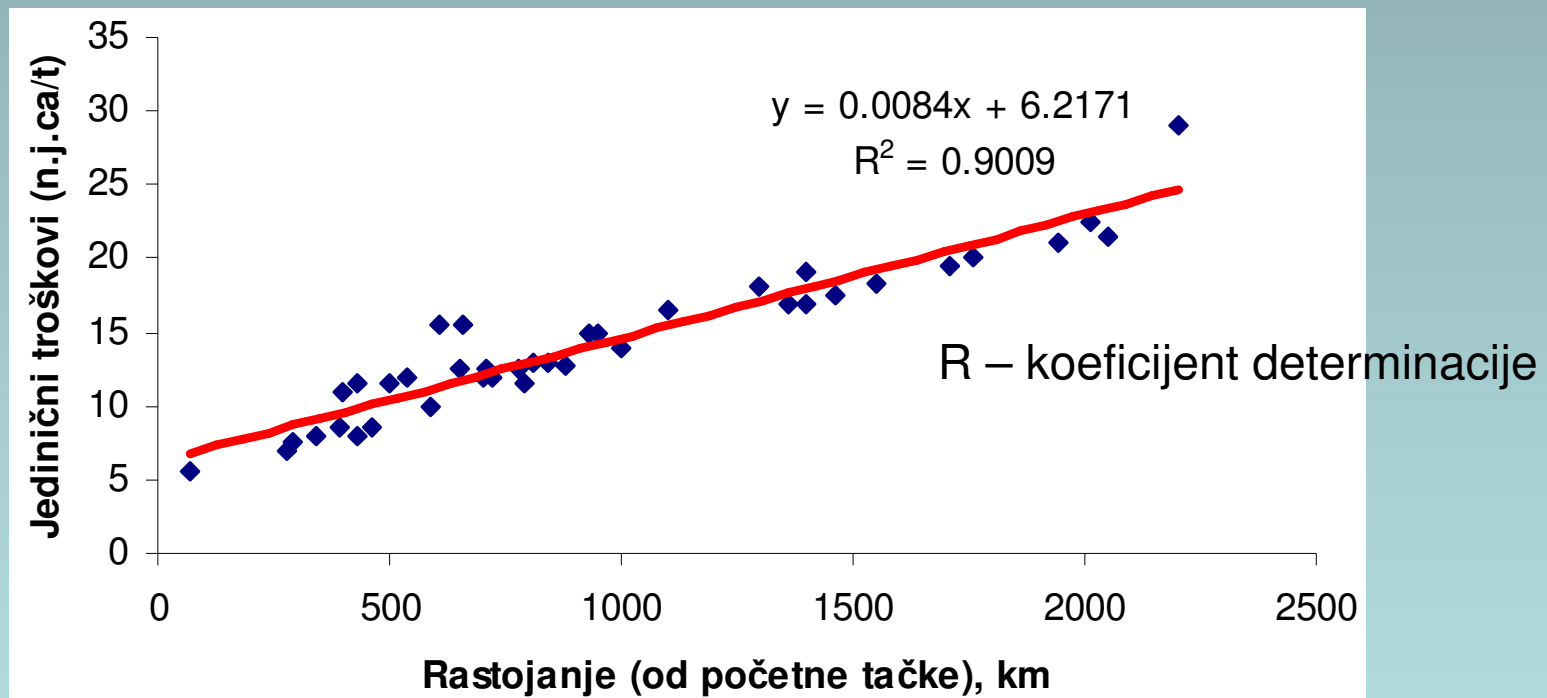
➤ Iznajmljivanje – davalac transportne usluge

Troškovi transporta zavise od:

- *Vrste i količine tereta* koji se prevozi (teret se obično svrstava u odgovarajuću klasu na železnici)
- *Pređene kilometraže* vozila (troškovi su obično linearni sa pređenim rastojanjem)
- *Detalja ugovora* koji se sklopi sa davaocem transportne usluge: rok isporuke, popusti na količinu (iskorišćenje nosivosti transportnog sredstva), ...

■ Vidovi transporta i transportni troškovi (tarife) - nastavak

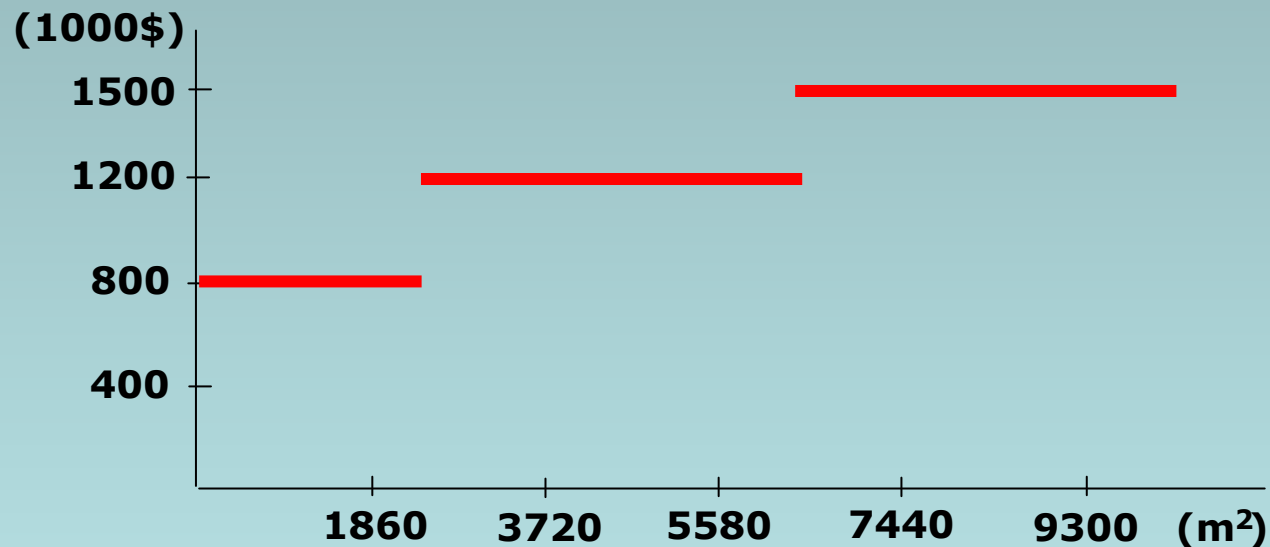
Karakteristično – jedinični troškovi n.j.ca./tkm su linearni sa pređenim rastojanjem \Rightarrow moguće formiranje funkcije namenjene proceni jediničnih troškova u odnosu na pređeno rastojanje



■ Troškovi skladišta?

Razdvajaju se na (prema Simchi-Levi, 2000):

- *Troškove rukovanja materijalima* (obuhvataju troškove rada, korišćenje angažovanih tehnoloških elemenata koji su proporcionalni godišnjem prometu kroz skladište,...)
- *Fiksne troškove* (takse, porezi, amortizacija, ...) – troškovi koji su obično proporcionalni kapacitetu ili površini skladišta, ali ne linearno)



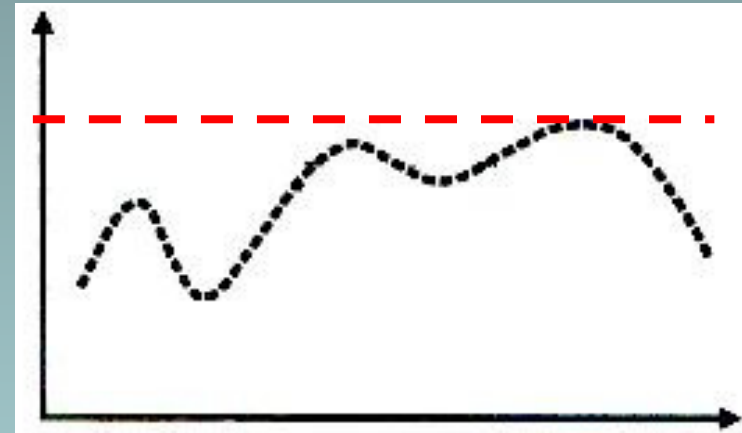
Fiksni troškovi skladištenja u funkciji od površine skladišta

■ Troškovi skladištenja? (nastavak):

➤ *Troškovi skladištenja*

(obuhvataju troškove držanja zaliha koji su proporcionalni srednjem nivou zaliha)

Godišnji promet kroz skladište i srednji nivo zaliha ne govore ništa o tome koliko nam je prostora potrebno za zalihe, jer je potreban prostor proporcionalan vršnim zalihama (*ako je zahtev da se dimenzioniše kapacitet skladišta tako da se smeste sve zalihe*)



Primer dimenzionisanja kapaciteta skladišta prema navedenom zahtevu

OBRT ZALIHA = GODIŠNJI PROMET / SREDNJI NIVO ZALIHA

SREDNJI NIVO ZALIHA = GODIŠNJI PROMET / OBRT ZALIHA

$$\text{GODIŠNJI TROŠKOVI SKLADIŠTENJA} = \text{SREDNJI NIVO ZALIHA} \times \text{TROŠKOVI DRŽANJA ZALIHA}$$

■ Odnos zaliha i propusne moći (prometa) skladišta

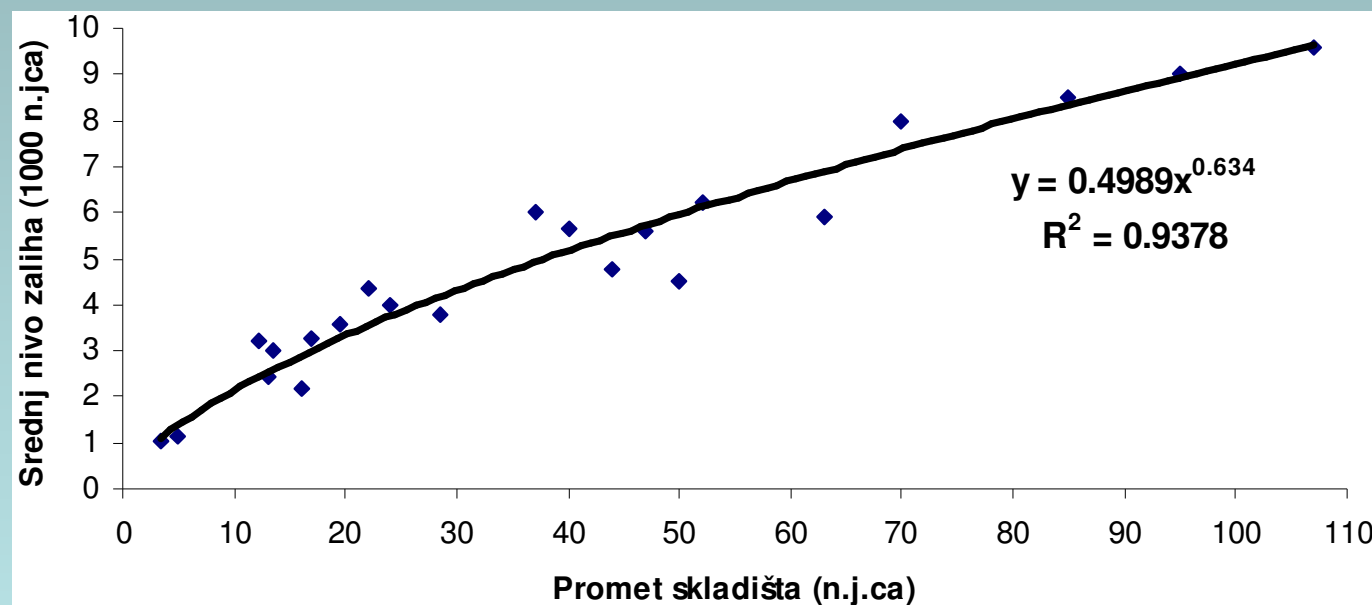
- Kako nivo zaliha u mreži utiče na broj, lokaciju i veličinu skladišta?
- Kako alocirati korisnike na skladišta – uvideti vezu između propusne moći skladišta (zahteva prema skladištu) i nivoa zaliha
- *jedan način* – iznalaženje odnosa između propusne moći skladišta i nivoa zaliha iz sagledavanja strategije upravljanja zalihama (na primer, mogući cilj skladišta je da ostvari 8 obrta zaliha godišnje),

OBRT ZALIHA = GODIŠNJI PROMET/SREDNJI NIVO ZALIHA

- *drugi način* – utvrđivanje kako menadžment upravlja zalihama na bazi podataka o mesečnom nivou zaliha i otpreme iz svakog skladišta; za mrežu – za svako skladište se iznalazi srednji nivo zaliha i sumiraju se količine koje se otpreme

■ Odnos zaliha i propusne moći (prometa) skladišta

- ako se za svako skladište u mreži utvrdi srednji nivo zaliha i promet skladišta, dobijaju se tačke (predstavljeno grafikom) za koje se može utvrditi matematička funkcija tj. kriva koja najviše odgovara tim podacima
- Iz matematičke funkcije, na bazi poznatog godišnjeg prometa postojećeg skladišta (ili prognoziranog godišnjeg prometa za novo skladišta) može da se proceni srednji nivo zaliha za svako skladište



■ Odnos zaliha i propusne moći (prometa) skladišta

➤ u slučaju

- da postoji više skladišta koja poseduju relevantne podatke
- da se strategije upravljanja zalihama razlikuju od skladišta do skladišta tako da se agregiranjem podataka dobija veća greška
- da će se promeniti strategije upravljanja zalihama može biti potrebno da se proceni srednji nivo zaliha po proizvodima pojedinačno

treba primeniti *metod procene – simulacijom* tražnje po pojedinačnim proizvodima i nakon toga *agregiranjem* nivoa zaliha za sve proizvode (upravljanje zalihama svakog pojedinačnog proizvoda se odražava na ukupan nivo zaliha); raspodeljivanjem zahteva između skladišta mogu se opet dobiti podaci kao na prethodnom grafiku.

■ Kapacitet skladišta?

Kapacitet skladišta i bilo kog drugog učesnika u lancu snabdevanja ima veliki uticaj na konfiguraciju logističke mreže (**POSTAJE MOGUĆE OGRANIČENJE!!!**)

U praksi, *ograničenja nisu apsolutna* – prevazilaženje problema: povećanje propusne moći, uvođenje nove smene, promena strategije upravljanja zalihama, prekovremeni rad, eventualne mogućnosti proširenja kapaciteta (kupovina tehnoloških elemenata, proširenje objekata), promena načina naručivanja...)

- Nivo usluge; Procena budućih zahteva

Nivo usluge se može definisati u različitim kontekstima – određivanjem najdaljeg korisnika od centra opsluge, određivanjem roka isporuke, ...

U praksi, *nivo usluge ne mora biti isti za sve korisnike* (na primer, rok isporuke za korisnike koji se nalaze u radijusu od 200 km iznosi 8h, isporuka od vrata do vrata samo za korisnika u radijusu od 50 km, definisanje najvišeg nivoa usluge za radijus koji pokriva 70% korisnika,...)

Procena budućih zahteva (strateški nivo odlučivanja za pitanja konfiguracije logističke mreže) – najčešća primena različitih scenarija prognoze u predviđenom planskom periodu (obično od 3 do 5 godina).

Korak **3** - Primena alata/tehnika za optimizaciju/analizu logističke mreže

Najčešće primena:

- *Intuitivnih tehnika* (procene na bazi iskustva, koje se potpomažu statističkim izveštajima, poređenjima sa sličnim sistemima, ...)
- *Optimizacionih modela* koji omogućavaju iznalaženje optimalnih rešenja
- *Heurističkih algoritama* koji omogućavaju pronalaženje dobrih (bliskih optimalnim ali ne optimalnih) rešenja
- *Simulacionih modela* (za vrednovanje alternativa konfiguracije logističke mreže)
- *Ekspertskih sistema*
- *Sistema za podršku odlučivanju (DSS)*

Primena različitih tehnika za optimizaciju / analizu logističke mreže može značajno da smanji ukupne troškove sistema!!!!

■ Optimizacioni modeli

Bazirani su na preciznim matematičkim pravilima za vrednovanje mogućih rešenja, pri čemu izlaz iz modela predstavlja optimalno rešenje

Optimizacioni modeli:

- *Modeli matematičkog programiranja* (linearno programiranje; nelinearno programiranje; dinamičko programiranje; celobrojno programiranje)
- *Enumeracija*
- ...

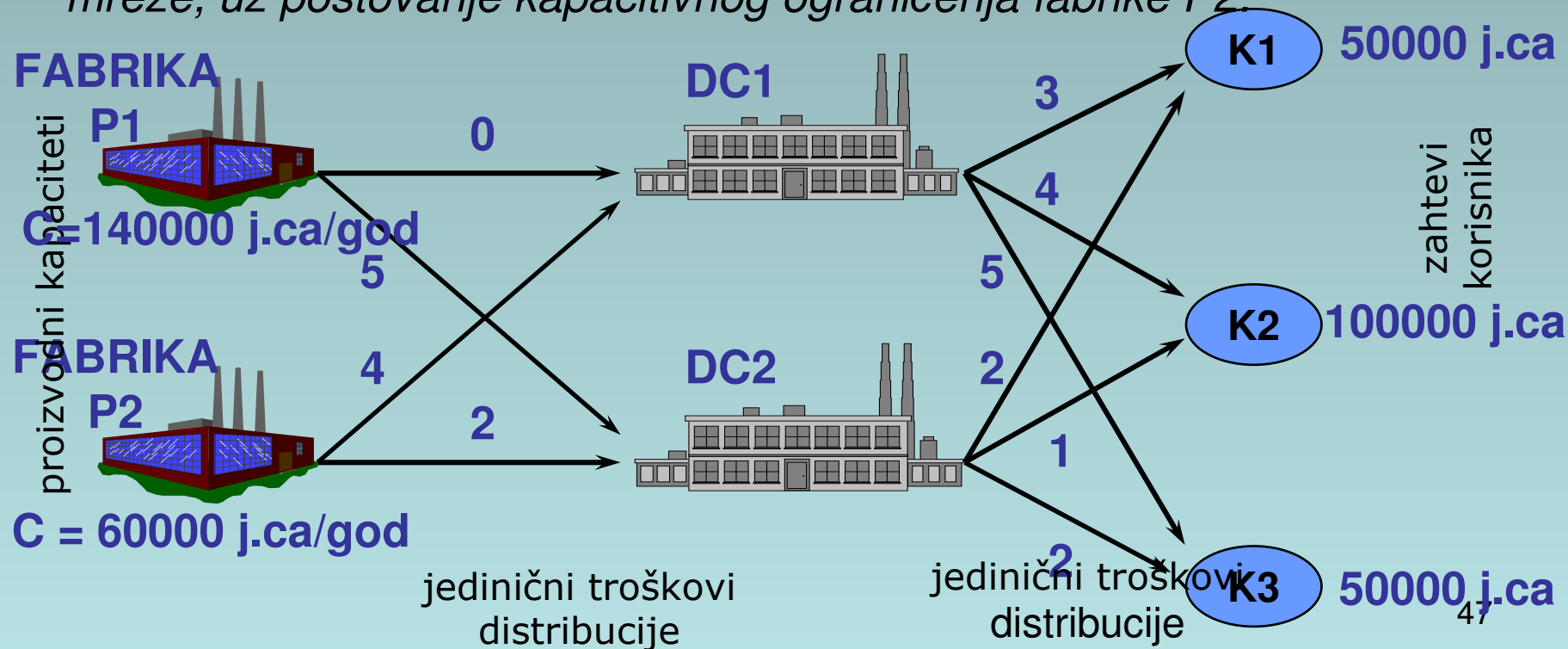
Nedostatak optimizacionih modela – sa povećanjem kompleksnosti problema dobijanje rezultata zahteva znatno veće računarsko vreme, memoriju i performanse računara

Moguće rešenje problema – deo optimizacionog modela se može koristiti u heurističkom modelu (optimizira se deo problema)

■ Optimizacioni modeli

Primer: konfiguracija logističke mreže za jedan proizvod

- Principi: Fabrike imaju iste proizvodne troškove; Distributivni centri imaju iste troškove rukovanja materijalima;
- Jedinični distributivni troškovi su dati na slici (iznad strelica)
- Konfigurisati logističku mrežu tako da tok robe od fabrika do korisnika zadovolji zahteve korisnika i minimizira ukupne troškove distributivne mreže, uz poštovanje kapacitivnog ograničenja fabrike P2.



■ *Linearno programiranje*

Optimalno rešenje sa aspekta minimalnih troškova \Rightarrow primena
LINEARNOG PROGRAMIRANJA

Ako su promenljive:

$X(P1, DC1)$, $X(P1, DC2)$, $X(P2, DC1)$, $X(P2, DC2)$, tokovi od proizvođača do DC
 $X(DC1, K1)$, $X(DC1, K2)$, $X(DC1, K3)$, tokovi od DC1 do korisnika
 $X(DC2, K1)$, $X(DC2, K2)$, $X(DC2, K3)$, tokovi od DC2 do korisnika

Funkcija cilja:

$F = 0 \cdot X(P1, DC1) + 5 \cdot X(P1, DC2) + 4 \cdot X(P2, DC1) + 2 \cdot X(P2, DC2) + 3 \cdot X(DC1, K1) + 4 \cdot X(DC1, K2) + 5 \cdot X(DC1, K3) + 2 \cdot X(DC2, K1) + 1 \cdot X(DC2, K2) + 2 \cdot X(DC2, K3) \rightarrow \text{MIN}$

Ograničenja:

$$X(P2, DC1) + X(P2, DC2) \leq 60000$$

$$X(P1, DC1) + X(P2, DC1) = X(DC1, K1) + X(DC1, K2) + X(DC1, K3)$$

$$X(P1, DC2) + X(P2, DC2) = X(DC2, K1) + X(DC2, K2) + X(DC2, K3)$$

$$X(DC1, K1) + X(DC2, K1) = 50000$$

$$X(DC1, K2) + X(DC2, K2) = 100000$$

$$X(DC1, K3) + X(DC2, K3) = 50000$$

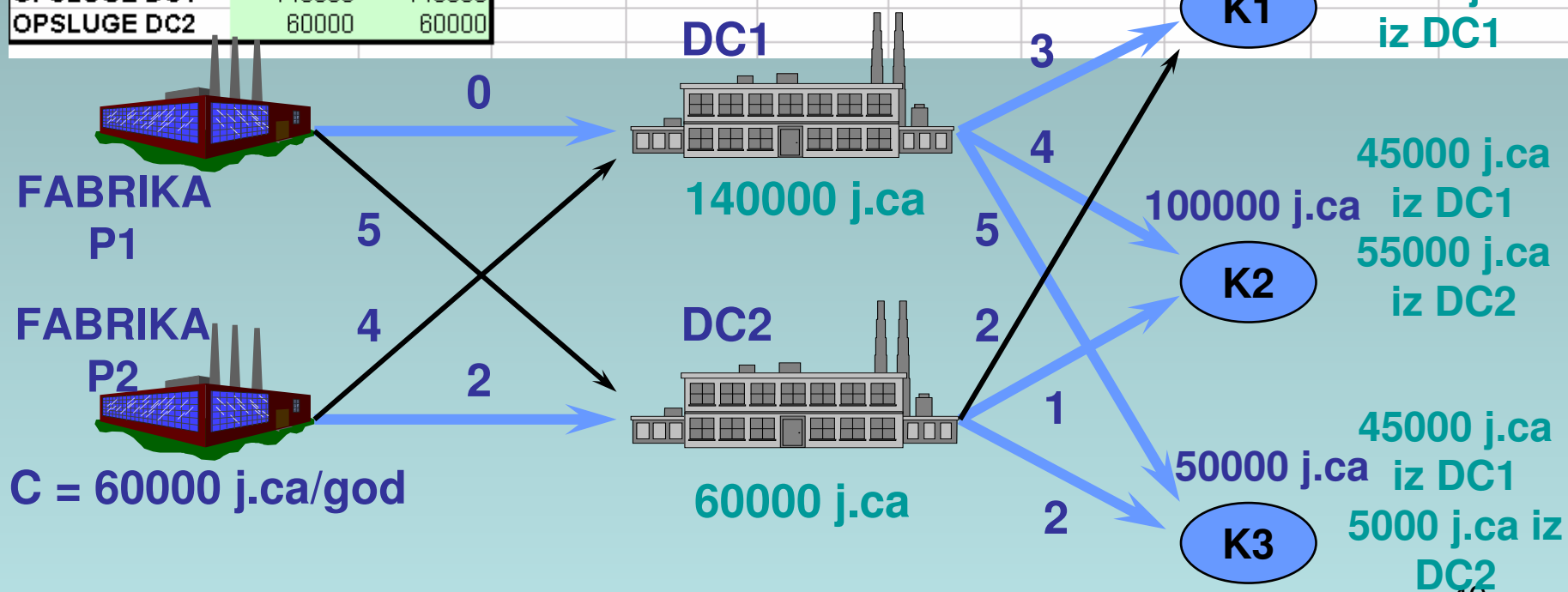
Linearno programiranje

	OD PROIZVODJAČA DO DC				OD DC1 DO KORISNIKA			OD DC2 DO KORISNIKA		
	X1 (P1, DC1)	X2 (P1, DC2)	X3 (P2, DC1)	X4 (P2, DC2)	X5 (DC1, K1)	X6 (DC1, K2)	X7 (DC1, K3)	X8 (DC2, K1)	X9 (DC2, K2)	X10 (DC2, K3)
TOKOVI	140000	0	0	60000	50000	45000	45000	0	55000	5000
JED. TROŠKOVI	0	5	4	2	3	4	5	2	1	2

OGRANIČENJA

PROIZVODNJE P1	140000	140000
PROIZVODNJE P2	60000	60000
TRAŽNJE K1	50000	50000
TRAŽNJE K2	100000	100000
TRAŽNJE K3	50000	50000
OPSLUGE DC1	140000	140000
OPSLUGE DC2	60000	60000

FUNKCIJA 740000 MINIMALNI TROSKOVI



■ Heuristički algoritmi

Predstavljaju praktičan, nekada jedini racionalan pristup, posebno za neke *najkompleksnije logističke probleme*; primenjuju se kada primena optimizacionih modela ne predstavlja najbolje rešenje (zahteva znatno pojednostavljenje modela)

Heuristika se može koristiti u vidu principa i koncepata koji se ugrađuju u model (softver) koji na bazi tih principa iznalazi rešenje.

Neki od principa mogu biti, na primer:

- Potencijalne lokacije skladišta su one koje se nalaze oko zona gde se pojavljuju najveći zahtevi korisnika za skladištenjem
- Direktno iz fabrike će se snabdevati samo korisnici koji naćuju tolike kolićine robe koje u potpunosti iskorićavaju nosivost transportnog sredstva
- Proizvod će se skladištiti ako razlika između transportnih troškova do i od skladišta opravdava troškove skladištenja

-

■ Heuristički algoritmi

Za korisnika **K1**:

P1 ⇒ **DC1** ⇒ **K1**: $0+3=3$

P1 ⇒ DC2 ⇒ K1: $5+2=7$

P2 ⇒ DC1 ⇒ K1: $4+3=7$

P2 ⇒ DC2 ⇒ K1: $2+2=4$

Za korisnika **K2**:

P1 ⇒ DC1 ⇒ K2: $0+4=4$

P1 ⇒ DC2 ⇒ K2: $5+1=6$

P2 ⇒ DC1 ⇒ K2: $4+4=8$

P2 ⇒ **DC2** ⇒ **K2**: $2+1=3$

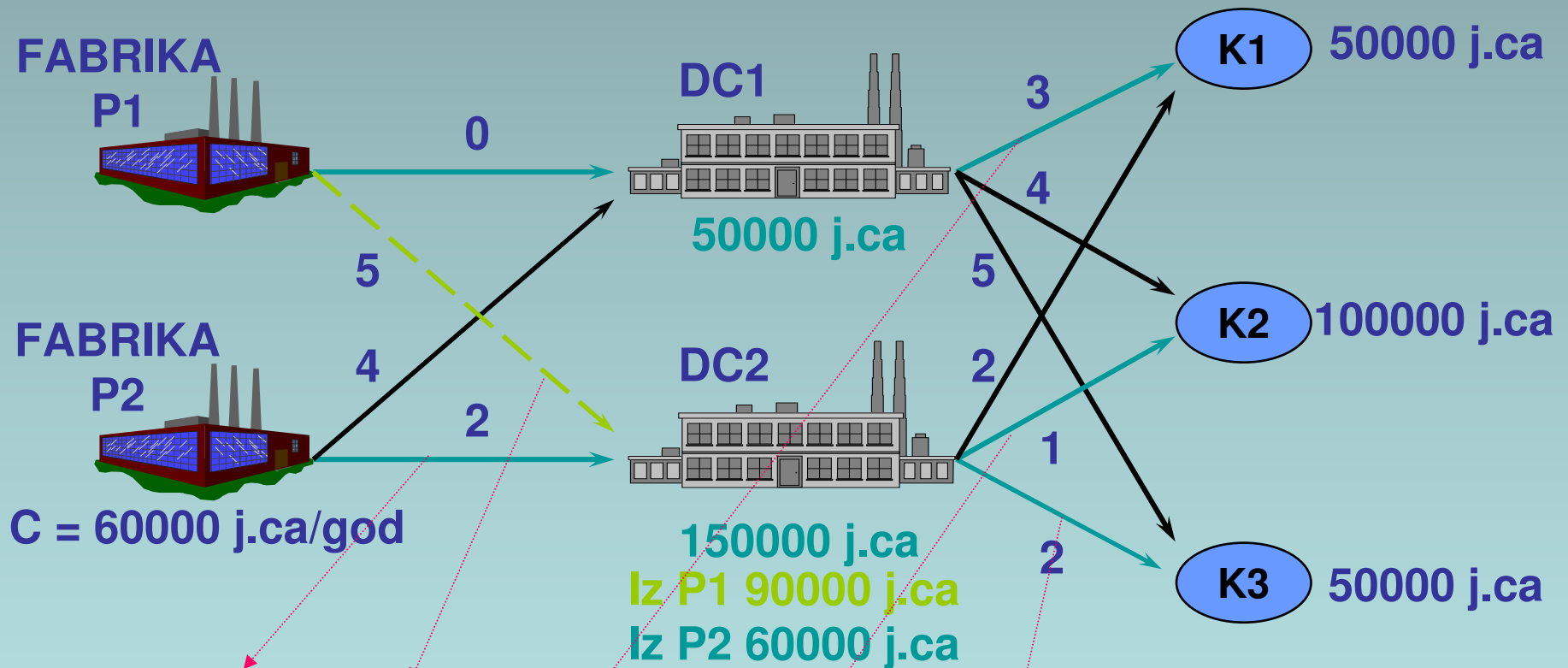
Za korisnika **K3**:

P1 ⇒ DC1 ⇒ K3: $0+5=5$

P1 ⇒ DC2 ⇒ K3: $5+2=7$

P2 ⇒ DC1 ⇒ K3: $4+5=9$

P2 ⇒ **DC2** ⇒ **K3**: $2+2=4$



$$T = 60000 \cdot 2 + 90000 \cdot 5 + 50000 \cdot 3 + 100000 \cdot 1 + 50000 \cdot 2 = \mathbf{920000 \text{ n. j.ca}}$$

■ Simulacioni modeli

Tehnike/modeli matematičke optimizacije imaju određena ograničenja – baziraju se na godišnjim ili prosečnim zahtevima, ne uzimaju u obzir varijante promena zahteva u vremenu!

Simulacioni modeli:

- uzimaju u obzir dinamiku sistema,
- mogu da prikažu performanse sistema za date situacije pri modelovanju
- omogućavaju izvođenje detaljnih analiza
- mogu da obuhvate - na primer, razne zakonitosti pojave zahteva, strategije/modele upravljanja zalihama, kretanje robe unutar skladišta itd.
- mogu da se koriste za procenu troškova koji zavise od određene/različite konfiguracije logističke mreže...

Nedostatak – mogu zahtevati znatno vreme razvoja simulacionog modela i računarsko vreme kako bi se dostigao željeni nivo tačnosti performansi posmatranog sistema

▪ Ostale tehnike/modeli

□ *Ekspertski sistemi*

“računarski program sa ugrađenom veštačkom inteligencijom koji rešava probleme na ekspertskom nivou primenom znanja i logike rešavanja problema ljudi - eksperata” Cook

- **Primena u logistici** – u domenu zaliha, transportnih problema i usluge korisnika

- **Prednosti** primene ekspertskih sistema – obrada i kvalitativnih i kvantitativnih informacija; korišćenje i neodređenih ili parcijalnih informacija za rešavanje problema: mogu brzo, sa malim troškovima i minimumom informacija dati rešenje...

□ *Sistemi za podršku odlučivanju*

Predstavljaju kombinaciju baza podataka i alata za sprovođenje analiza; korisnik DSS-a ima pristup bazi podataka, može da bira podatke za model i kreira različite oblike izveštaja

- Praktična primena tehnika/modela za analizu/optimizaciju logističke mreže

Uobičajena praksa:

1 korak – primena optimizacionog modela za generisanje određenog broja rešenja na makro-nivou koja su troškovno isplativa; uzimaju se u obzir najvažnije komponente troškova

2 korak – primena simulacionog modela za vrednovanje rešenja koja su generisana u koraku 1