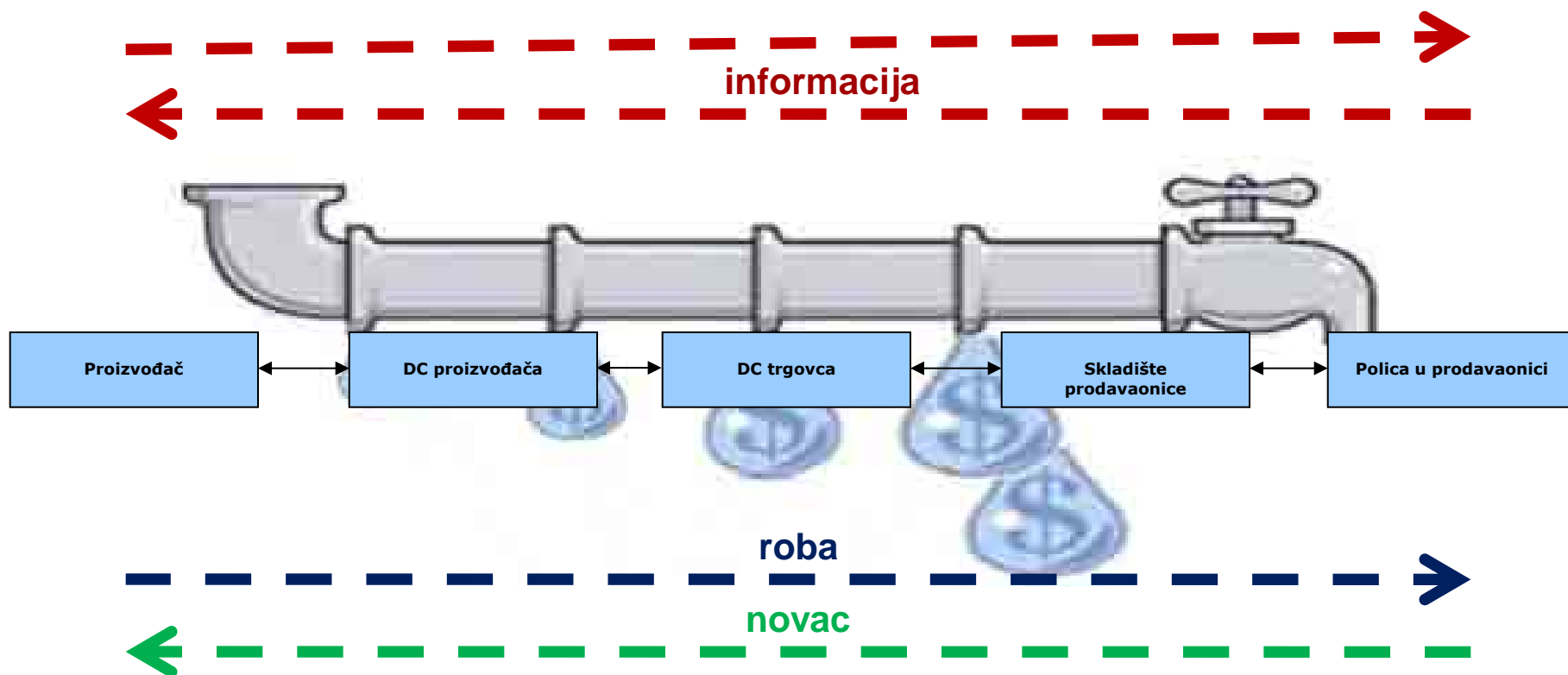


***Matematički alati u upravljanju  
lancem opskrbe***

Svibanj 2014.

Lanac opskrbe je protok roba, informacija i novca između kupca i dobavljača/proizvođača.

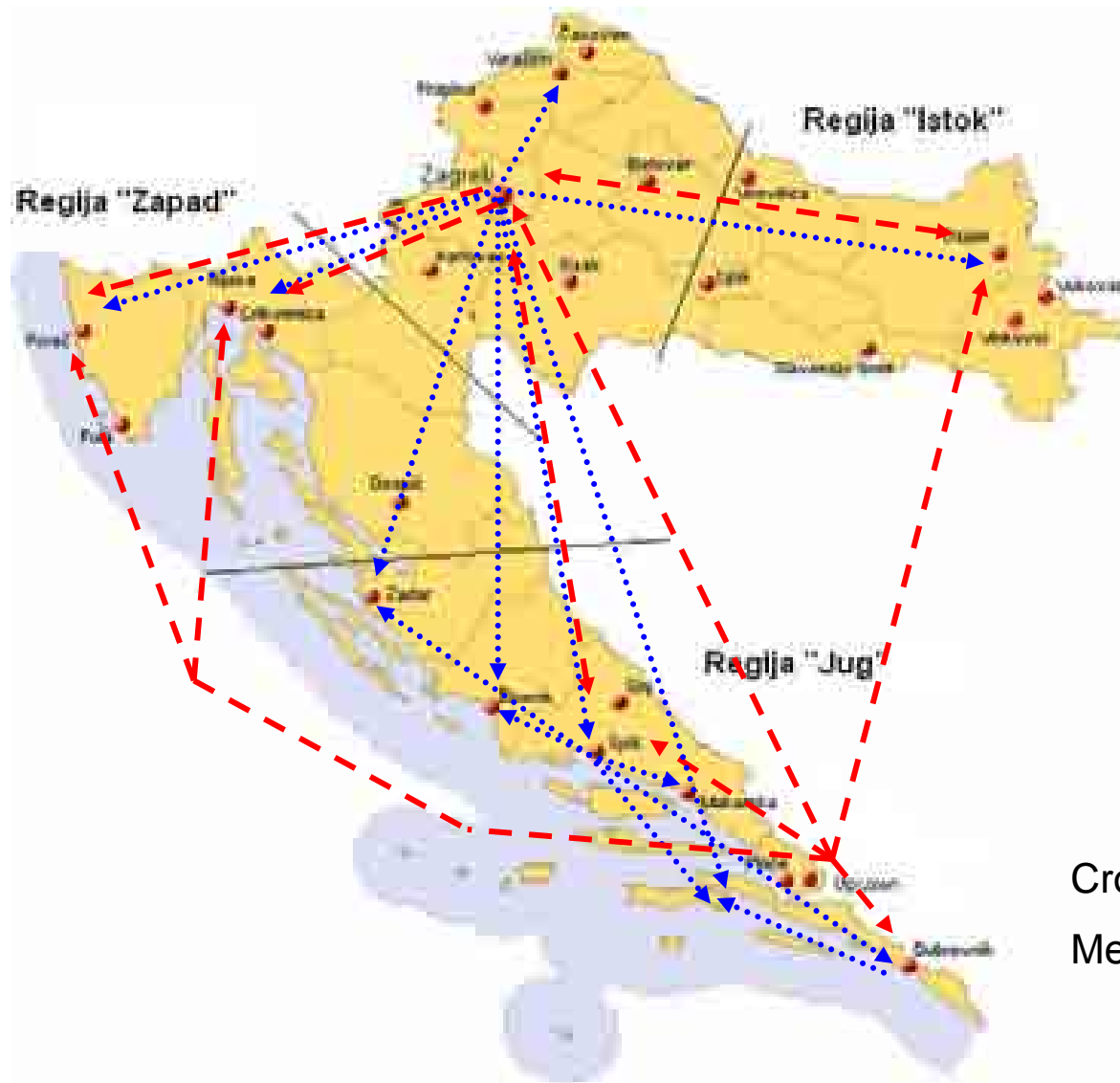


- dostaviti pravi proizvod
- na pravo mjesto
- u pravo vrijeme
- pod pravim uvjetima
- uz prave (minimalne) troškove

**Ostvariti ciljanu razinu usluge uz minimalan trošak**

1. Infrastruktura
  - Distribucijska mreža
  - Logistička mreža
2. Procesi i tehnologija
  - **Sustav za predviđanje potražnje**
  - **Upravljanje zalihama (naručivanje robe)**
  - Upravljanje radom u skladištima
  - Upravljanje radom u transportu
3. Ljudi
  - Odabir, razvoj znanja i vještina
4. Suradnja s dobavljačima
  - Zajedničko planiranje
  - K-link
  - Optimizacija pakiranja
  - Zajednički transport





2 DC-a  
8 xd-ova

145.000 m<sup>2</sup>  
150 kamiona  
1.200 djelatnika

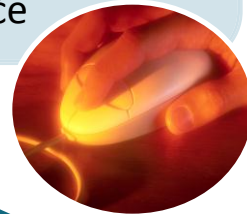
**3.000.000 prod/artikl  
kombinacija za  
opskrbu**

Cross - Dock .....>

Međuskladišnica - - ->

## Automatsko naručivanje robe

- Automatsko naručivanje od dobavljača do centralnih skladišta
- Automatsko naručivanje od centralnih skladišta prema prodavaonicama (maloprodaja i veleprodaja)
- Automatsko naručivanje za ambulante dobavljače

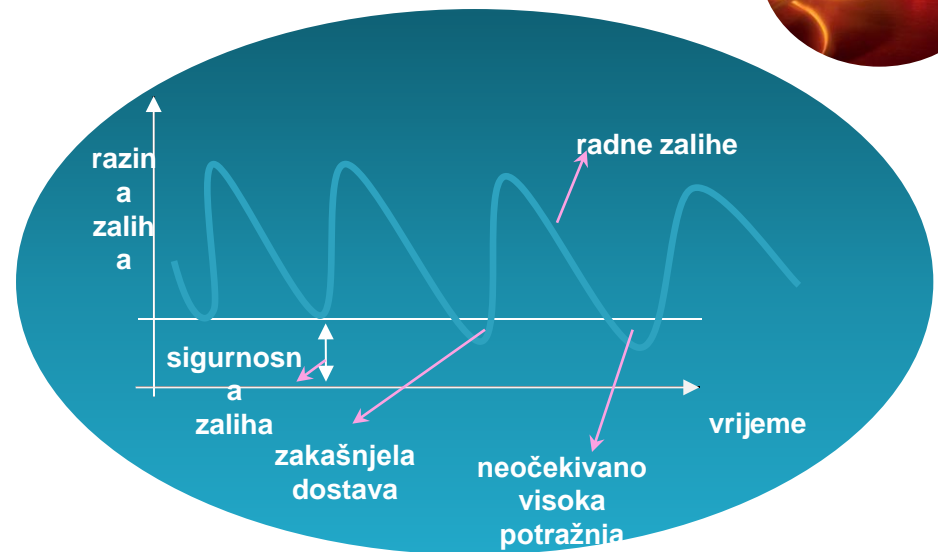


Glavni parametri:

- **Zaliha u prodajnom mjestu ili skladištu**
- **Predviđanje potražnje**
- Raspored narudžbi
- Logistički uvjeti naručivanja

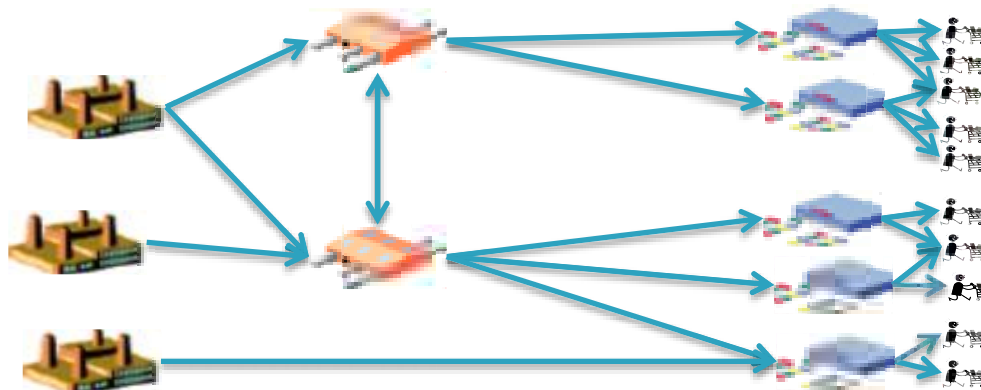
Ključni pokazatelji uspješnosti:

- OOS u maloprodaji (sistemska nedostupnost robe)
- Razina zalihe i prekomjerne zalihe



## Naručivanje robe prema informatičkom modelu višerazinske opskrbe mreže

### Upravljanje narudžbama



Narudžba za prodavaonice radi se na temelju:

- Trenutno stanje zalihe u prodavaonici i već naručenoj robi (roba u dolasku).
- Koji mu je čvor izvor nabave
- Raspored naručivanja
- Parametri narudžbe: minimalna zaliha, maksimalna zaliha, sigurnosna zaliha, logistički uvjet naručivanja, ABC dopuna,...
- **Predviđene potražnje kupaca**

Narudžba za skladišta radi se na temelju:

- Trenutno stanje zalihe na skladištu i već naručenoj robi (roba u dolasku)
- Koji mu je čvor izvor nabave
- Raspored naručivanja
- Parametri narudžbe: minimalna zaliha, maksimalna zaliha, sigurnosna zaliha, logistički uvjet naručivanja, ABC dopuna,...
- Predviđenih izlaza prema ostalim čvorovima (prodavaonice i(li) skladišta).

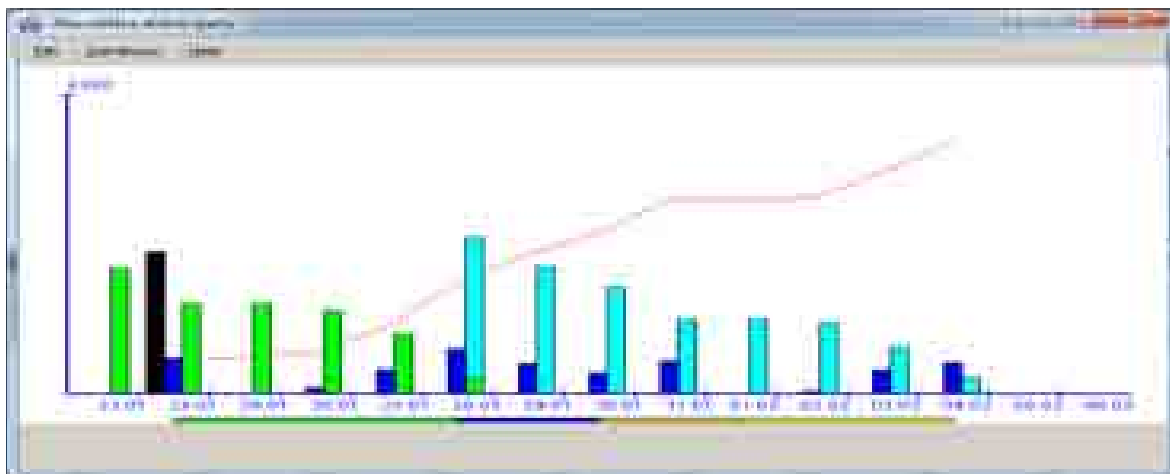




**Aplikacije za naručivanje robe prema informatičkom modelu opskrbe mreže – aplikacija za ulazne narudžbe na skladište.**

The screenshot shows a software application window with a data table. The table has several columns and rows, with some cells containing numerical values. The interface includes a menu bar at the top and a sidebar on the left with various options.

Item	01-01-2011	01-02-2011	01-03-2011	01-04-2011	01-05-2011	01-06-2011	01-07-2011	01-08-2011	01-09-2011	01-10-2011	01-11-2011	01-12-2011
Item 1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Item 2	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Item 3	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Item 4	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Item 5	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Item 6	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Item 7	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
Item 8	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
Item 9	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
Item 10	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000



## Planiranje

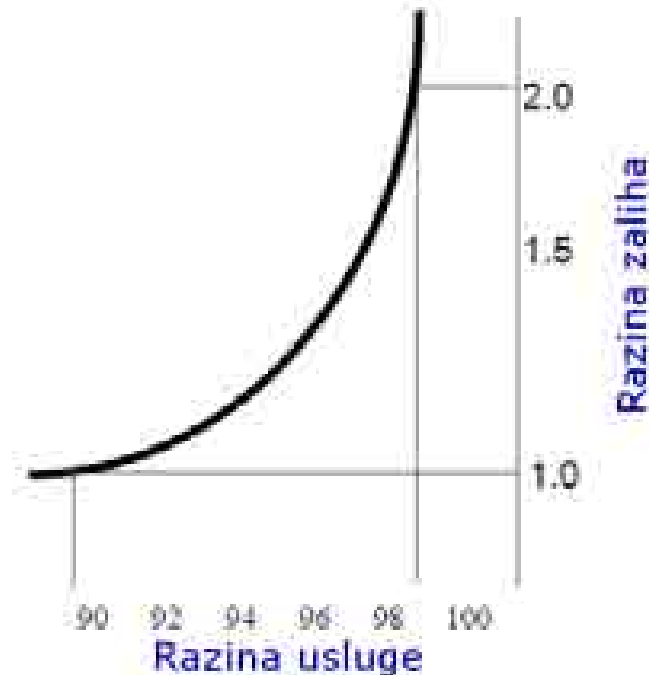
- **Predviđanje buduće potražnje (sezonski efekti, akcije, nivo...)**
- Implementacija predviđanja buduće potražnje u sustav automatske narudžbe
- Upravljanje sustavima naručivanja roba
- Suradnja s dobavljačima
- Procjena skladišnih /transportnih kapaciteta

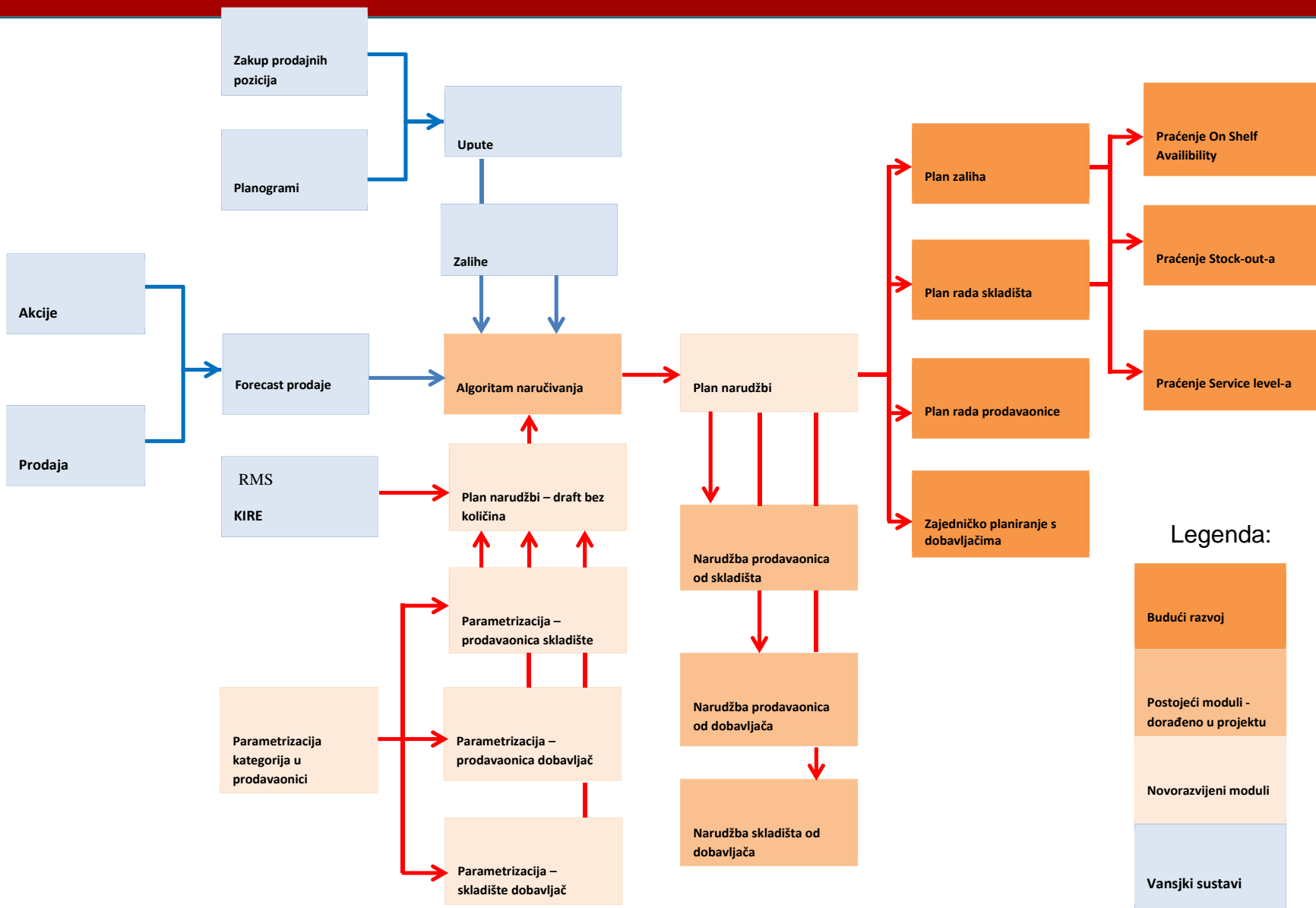


Osnovni zadatak planiranja i upravljanja zalihama je  **smanjiti zalihe**  uz istovremeno  **povećanje razine usluge/dostupnosti**  proizvoda prema krajnjima kupcima .

Taj cilj je moguće postići:

- **povećanjem točnosti predviđanja potražnje**
- povećanjem broja isporuka
- smanjivanjem troškova nabave
- povećanjem vidljivosti zaliha
- smanjivanjem troškova držanja zalihe





1. Priprema podataka u svrhu predviđanja i naručivanja
  - a. Statistička detekcija lažne pozitivne zalihe
  - b. Priprema baze povijesnih podataka o prometu (vremenskih nizova)
2. Predviđanje redovne potražnje
3. Predviđanje akcijske potražnje



### Mogući uzroci prazne police:

- Krivo stanje zalihe u prodavaonici (krađa, zamjena, lom,...).
- Roba je u skladištu, nije na polici.
- Robe nema niti sistemski na zalihi.

## IDEJA



mjeriti trajanje neprodavanosti artikla i procjeniti da li je ta neprodavanost neuobičajeno duga.

## Metodologija:

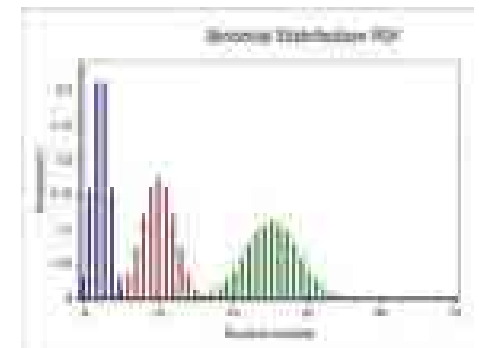
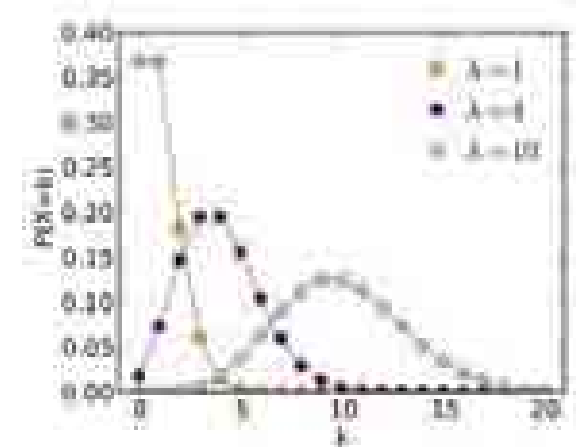
• pretpostavljamo da broj kupaca (računa) artikla u jednom danu pripada poznatim statističkim distribucijama Poissonovoj ili Negativnoj Binomnoj Distribuciji (koriste se za modeliranje: broj pacijenata u bolnicama, broj posjeta web stranici,...). Za artikle koji imaju veću varijabilnost prodaje koristimo NBD.

• Ako je  $Y$  slučajna varijabla koja ima Poissonovu distribuciju,  $Y \sim Pois(\lambda)$ , tada vjerojatnost da se nije dogodila kupnja u  $t$  vremenskih trenutaka iznosi:  $e^{-\lambda t}$ , gdje  $\hat{\lambda} = \bar{y}$ .

• Ako je  $Y$  slučajna varijabla koja ima NBD distribuciju,  $Y \sim NBD(p, r)$ , tada vjerojatnost da se nije dogodila kupnja u  $t$  vremenskih trenutaka iznosi:  $(p^r)^t$ , gdje  $\hat{r} = \frac{\bar{y}^2}{\hat{\sigma}^2 - \bar{y}}$  i  $\hat{p} = \frac{r}{r + \bar{y}}$ .

## Rezultati (kvantitativni):

Radom na terenu utvrdili smo da se točnost izvještaja kreće oko 30%. Dakle, otprilike svaki treći - četvrti artikl sa izvještaja zaista nije na polici.



## Izvori podataka:

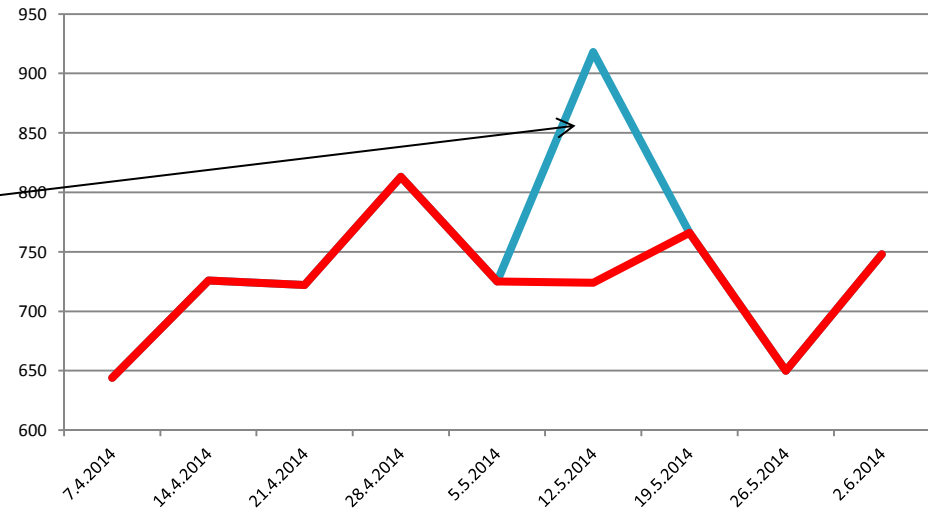
- ✓ Prometi
- ✓ Zalihe
- ✓ Akcije

## Klasifikacija podataka:

- ✓ OOS
- ✓ Akcija

## Obrada podataka:

- ✓ Dvostrano eksponencijalno izgladivanje



$$s_0 = x_0$$

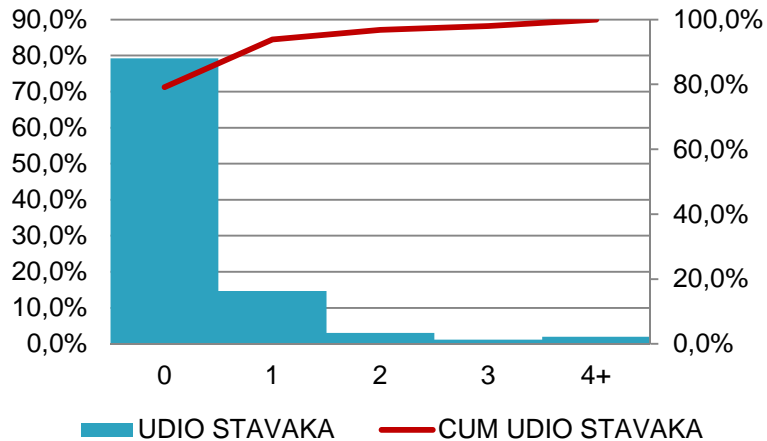
$$s_t = \alpha x_t + (1 - \alpha)s_{t-1}, \quad t > 0$$

where  $\alpha$  is the smoothing factor, and  $0 < \alpha < 1$ .

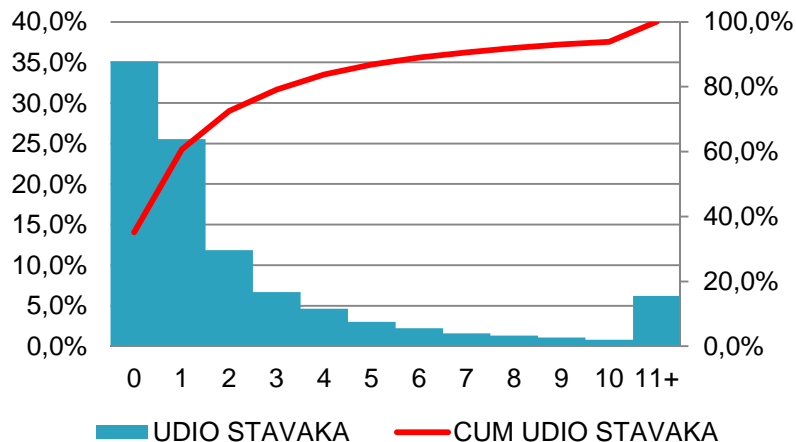
***SUSTAV ZA PREDVIĐANJE BUDUĆE REDOVNE POTRAŽNJE***



**UDIO STAVAKA PO RAZREDIMA  
PROSJEČNE DNEVNE PRODAVANOSTI**



**UDIO STAVAKA PO RAZREDIMA  
PROSJEČNE TJEDNE PRODAVANOSTI**



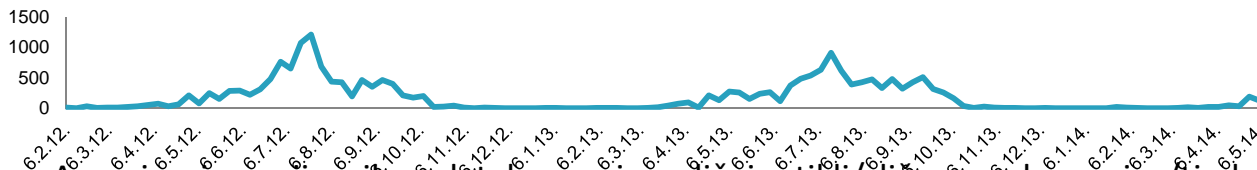
niska prosječna prodavanost!!!

=>

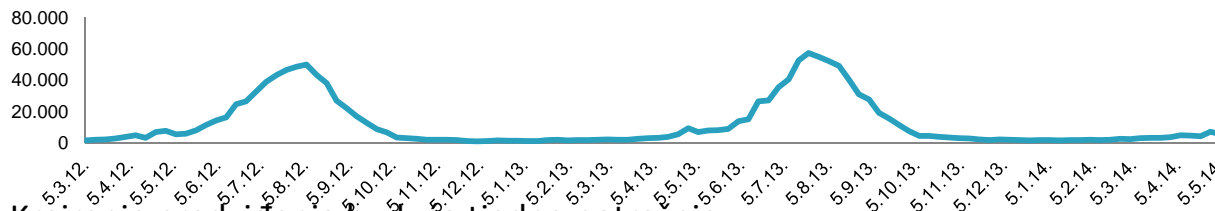
Ne mogu se primjenjivati složenije metode niti na nivou prod/artikl/tjedan.

prodavaonice  
 artikli  
 vrijeme  
**Moramo agregirati vremenske nizove po sve tri dimenzije**

1. Agregiranje povijesnih podataka na nivo: prod/artikl/tjedan – „OSNOVNI NIVO”

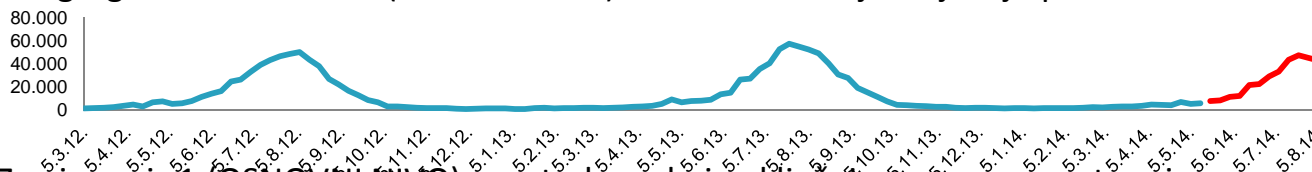


2. Agregiranje povijesnih podataka na nivo: slični artikli/slične prodavaonice/tjedan – „GRUPNI NIVO”

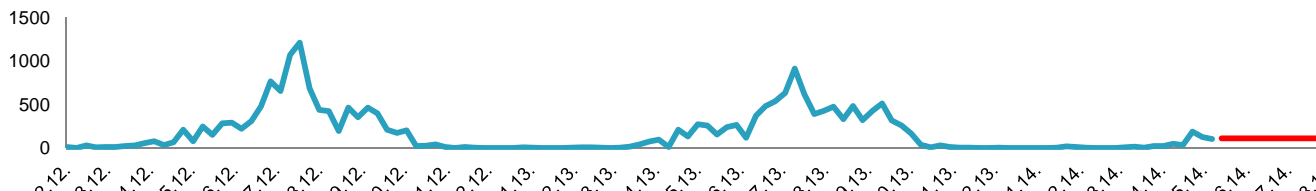


3. Kreiranje predviđanja buduće tjedne potražnje:

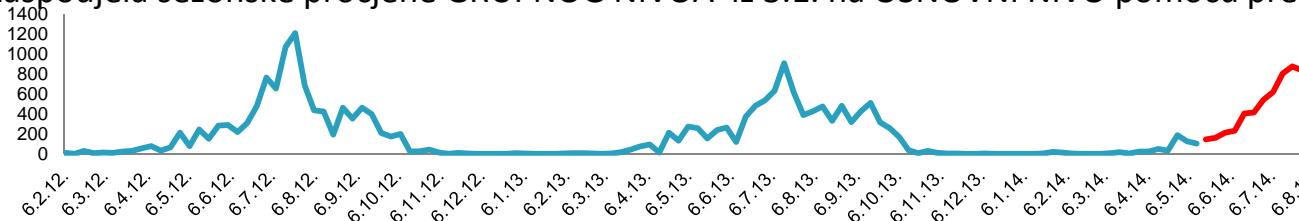
1. Za agregirane nizove iz 2. (GRUPNI NIVO) s metodama koje uključuju parametre sezonskih efekata



2. Za nizove iz 1. (OSNOVNI NIVO) s metodama koje uključuju samo parametar nivoa.

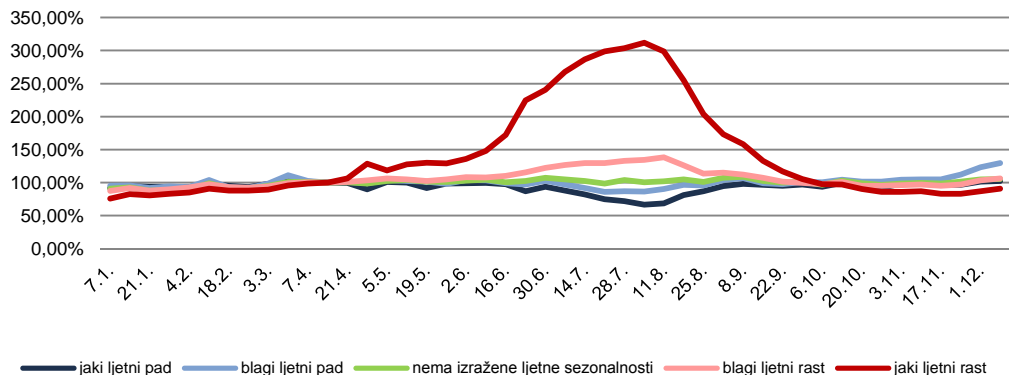


3. Raspodjela sezonske procjene GRUPNOG NIVOa iz 3.1. na OSNOVNI NIVO pomoću predviđanja iz 3.2.





### Klasteri prodavaonica po tipu ljetne sezonalnosti



U tablici: prikaz klastera po regijama:

#prodavaonica u klasteru	regija							
klaster sezonalnosti	REGIJA CENTRAL	REGIJA ISTOK	REGIJA JUG 1	REGIJA JUG 2	REGIJA SJEVER	REGIJA ZAGREB	REGIJA ZAPAD	ukupno
jaki ljetni pad	1	9				1	85	96
blagi ljetni pad	9	31	6	23	28	39	2	138
nema izražene ljetne sezonalnosti	10	17	7	27	59	24	10	154
blagi ljetni rast			13	32	1	1	19	66
jaki ljetni rast			20	28			40	88
<b>ukupno</b>	<b>20</b>	<b>57</b>	<b>46</b>	<b>110</b>	<b>89</b>	<b>149</b>	<b>71</b>	<b>542</b>

### METODOLOGIJA:

1. korelacija povijesnih prometa prodavaonica
2. mjera udaljenosti
3. hijerarhijski klastering
4. smještanje negrupiranih i novih prodavaonica u postojeće klasterne

ALATI: pl sql, R project

### Klasteri sezonalnosti



- Klasteri sezonalnosti
1. jaki ljetni pad
  2. blagi ljetni pad
  3. nema izražene ljetne sezonalnosti
  4. blagi ljetni rast
  5. jaki ljetni rast

$$F_t = \alpha \frac{y_t}{S_{t-s}} + (1-\alpha)(F_{t-1} + T_{t-1})$$

~~$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1}$$~~

$$S_t = \gamma \frac{y_t}{F_t} + (1-\gamma)S_{t-s}$$

$$0 < \alpha < 1 \quad 0 < \beta < 1 \quad 0 < \gamma < 1$$

$$F_{t+\tau} = (F_t + \tau T_t) S_{t+\tau-s}$$

Prognostičke vrijednosti za jedno razdoblje nakon tekućega (jedno razdoblje unaprijed), unutar vremenskog niza utvrđuju se izrazom:

$$F_{t+1} = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha)F_t \quad 0 < \alpha < 1$$

$\alpha$  - konstanta izgladivanja

$F_1$  - prognostička vrijednost za prvo razdoblje, inicijalna prognostička vrijednost (najčešće je jednaka prvoj stvarnoj vrijednosti ili aritmetičkoj sredini niza).

$$F_{t+1} = \alpha \cdot (1 - \alpha)^0 y_t + \alpha \cdot (1 - \alpha)^1 y_{t-1} + \alpha \cdot (1 - \alpha)^2 y_{t-2} + \alpha \cdot (1 - \alpha)^3 y_{t-3} + \dots$$

✓ Postignuti rezultati:

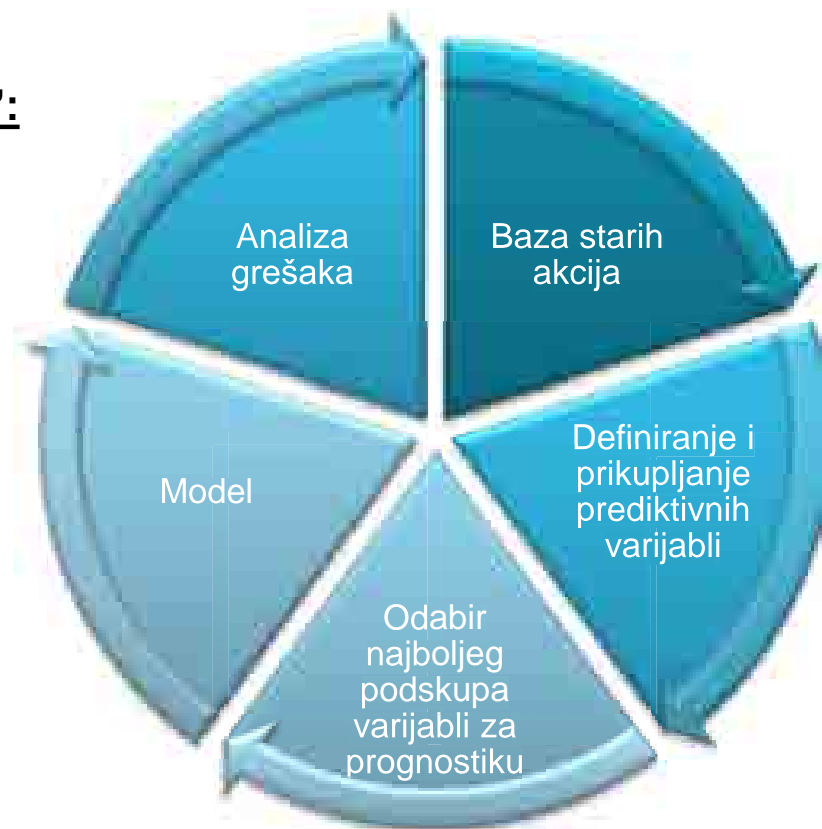
- ✓ Smanjenje sistemskog OOS-a (PH i N1) za **35%**.
- ✓ Prekomjerne zalihe za **40%** (za PH i N1).
- ✓ Smanjenje pogreške predviđanja redovne potražnje na nivou prod/art i do **50%** u periodima s izraženim sezonskim oscilacijama prometa.
- ✓ Smanjenje pogreške predviđanja ukupne potražnje za artiklom i **do 65%** u periodima s izraženim sezonskim oscilacijama prometa.
- ✓ Povećana produktivnost referenta za **3,5x** u broju prodavaonica te **7x** u količini robe koja ide preko centralnih skladišta.

***SUSTAV ZA PREDVIĐANJE BUDUĆE AKCIJSKE POTRAŽNJE***



## Proces dobivanja modela za kupnu akcijsku prodavanost – „krovnu brojku”:

- baza povijesnih akcija
- automatsko prikupljanje prediktivnih varijabli
- regresijska analiza i odabir najboljeg podskupa atributa i najboljeg modela
- analiza pogrešaka
- razvoj analitičara za modeliranje



Nekoliko puta smo prošli proces. Rezultat: pročišćena baza, puno stabilnije procjene, manje pogreške

- Prikupili smo i unijeli u skladište podataka akcije iz proteklih godinu i pol dana. Izvori podataka: excel datoteke, skladišta podataka,...
- Definirali smo i prikupili ukupno 28 varijabli za koje vjerujemo da bi mogle biti prediktivne. Možemo ih grupirati u sljedeće grupe:
- BASELINE (procjena redovne prodaje na temelju nivoa, sezonalnosti i trenda) – varijable koje mjere baseline na svim hijerarhijskim nivoima i u dvije mjere (količina i nv), zahvaljujući njima model će uhvatiti i sezonalnost artikala.
- CIJENA – cijena prije i u akciji te apsolutna i relativna promjena cijene.
- ASORTIMAN – varijable koje mjere koliko je artikl spušten u asortiman za vrijeme akcije.
- MJERA KONKURENCIJE ARTIKLA – koliko se sličnih tj. zamjenskih artikala pojavljuje na istoj akciji.
- 
- LIFTOVI ( porast akcijske prodaje u odnosu na redovnu ) – varijable koje mjere liftove sličnih artikala u starim akcijama
- TRAJANJE AKCIJE
- OGLAŠAVANJE – da li je artikl oglašen na TV-u, novinama, naslovnici,...,FORMAT OGLAŠAVANJA – formati u kojima je oglašen artikl.
- ODJEL ARTIKLA
- **Prikupljanje novih varijabli i unapređivanje već postojećih je proces koji još uvijek traje i koji nema kraja!**

- BROJ ATRIBUTA → 28
- BROJ RAZLIČITIH KOMBINACIJA ATRIBUTI  
270.000.000
- BROJ FUNKCIONALNIH FORMI → 2
- UKUPNO BROJ KOMBINACIJA → 540.000

- linearni model
- log log model

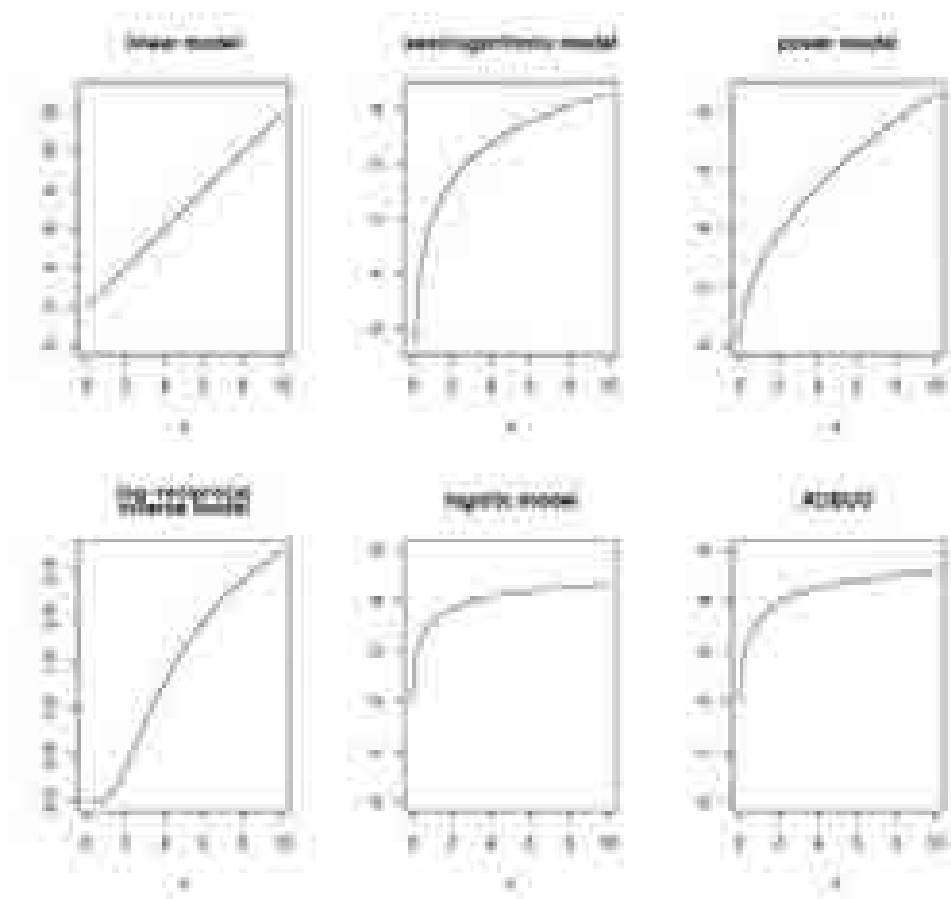


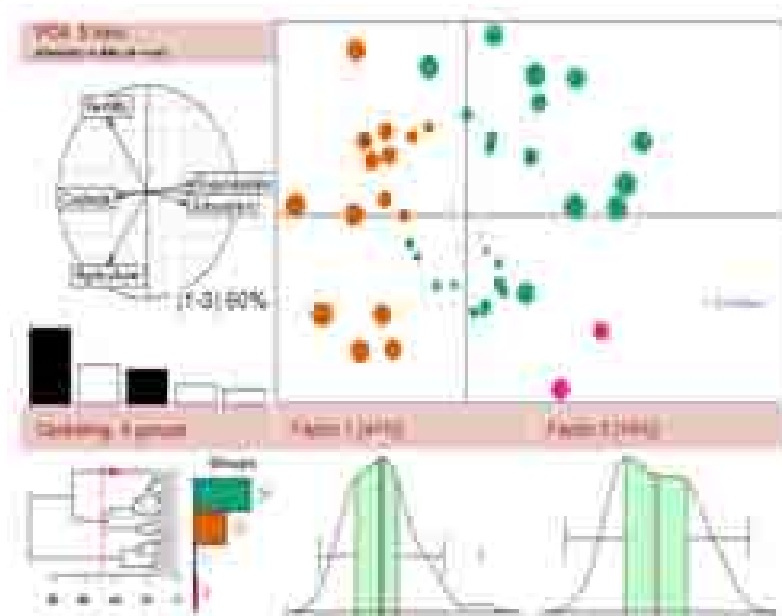
Figure 2.4: Results of different models for predicting action demand



- multiplikativni model
- Pakirana hrana → 19 varijabli
- Neprehrana 1 → 17 varijabli

varijabla	koef	model id
intercept	-0,2229	20
BASELINE_ART_JM	0,50284	20
BASELINE_ART_NV	0,17377	20
BASELINE_KAT_JM	0,45302	20
BASELINE_KAT_NV	0,43942	20
BASELINE_PK_JM	0,40076	20
BASELINE_PK_NV	0,53891	20
BASELINE_GR_NV	0,15832	20
ARTIKL_CIJENA_KZG	2,63502	20
ARTIKL_AKCIJSKA_CIJENA	-2,96288	20
MJERA_PROMJ_ASORT	1,67929	20
TRAJANJE_AKC_ART	-0,10302	20
BROJ_ARTIKALA_PODGRU PA	-0,27568	20

## Besplatni softver R!!



### - Pogreška

WMAPE	TRADING	SL PLANIRANJA
PAKIRANA	69%	38%
NEPREHRANA 1	92%	24%

- Sistemski OOS  
smanjen za 40%

Call centar: smanjio se broj  
primjedbi na akcijski OOS za  
40%!

- Prekomjerna zaliha smanjena za 40%

## Hvala na pažnji!



Ivana Pežak  
Jelena Milojević  
Marina Pleša  
Željka Seničić  
Adrian Alajković

*Služba planiranja  
Poslovno područje logistike i lanca  
opskrbe*