

# Primjena višekriterijske ABC analize

---

Zavalić, Borna

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:917591>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-06-29**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -  
Institutional Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH  
ZNANOSTI**

**ZAVRŠNI RAD**

**VIŠEKRITERIJSKA ABC ANALIZA**

**MULTICRITERIA ABC ANALYSIS**

Mentor: prof. dr. sc. Mario Šafran

Student: Borna Zavalić

JMBAG:0135238762

Zagreb, rujan 2021.

Zagreb, 4. svibnja 2021.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**  
Predmet: **Upravljanje zalihama**

## ZAVRŠNI ZADATAK br. 6375

Pristupnik: **Borna Zavalić (0135238762)**  
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**  
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Primjena višekriterijske ABC analize**

### Opis zadatka:

Primjena ABC analize postala je standard u domeni upravljanja zalihama.  
Svrishodnost upotrebe ove metode postaje veća ukoliko se nadogradi sa primjenom većeg broja kriterija koji se koriste za provođenje ABC analize.  
Navedeno je potrebno prikazati na konkretnom primjeru i komentirati dobivene rezultate primjene višekriterijske ABC analize.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

---

prof. dr. sc. Mario Šafran

## SAŽETAK

Upravljanje zalihama jedan je od najvažnijih pojmova s kojima se poduzeće susreće. Za dobro poslovanje je od iznimne važnosti dobro upravljanje zalihama i odabir pravog modela za upravljanje i kontrolu zalihama. ABC analiza je alat koji govori koji je artikl od najveće važnosti i daje poduzeću uvid u važnost svakog pojedinog proizvoda. Izričito je bitna, međutim neka poslovanja žele detaljniji uvid u važnost artikla i zato uvode druge kriterije važnosti. Koristeći AHP metodu, ABC analiza dobiva još više na bitnosti jer ne samo da ispituje kriterij prihoda pojedinog artikla, već može klasificirati proizvode i po ostalim faktorima.

**KLJUČNE RIJEČI:** zalihe, upravljanje zalihama, klasifikacija zaliha, ABC analiza, AHP metoda

## ABSTRACT

Inventory management is one of the most important terms for positive business, but its extremely important to do quality inventory management and choosing the right model for inventory control and inventory management. ABC analysis is a tool which is used for classification inventory and its very important because it tells importance of each and every product. Its very important analysis, however, some businesses maybe want a little bit more detailed insight of how important which product is. By using AHP method, ABC analysis can classificate products by other factors which are important for the company.

**KEY WORDS:** stocks, inventory management, inventory classification, ABC analysis, AHP method

<b>1. Uvod</b>	1
<b>2. Pojam zaliha</b>	3
<b>3. Vrste zaliha</b>	6
3.1 Minimalne zalihe	7
3.2 Maksimalne zalihe	8
3.3 Optimalne zalihe	9
3.4 Prosječne zalihe	10
3.5 Sigurnosne zalihe	10
3.6 Špekulativne zalihe	11
3.7 Sezonske zalihe	11
3.8 Nekurentne zalihe	12
<b>4. Modeli nadzora i kontrole zaliha</b>	13
4.1. Tradicionalni modeli upravljanja zalihama	13
4.1.1 Kontinuirani sustav nadzora zaliha	13
4.1.2 Periodični sustav nadzora zaliha	14
4.2 Suvremeni modeli upravljanja zalihama	16
4.2.1 Metoda planiranja potreba za materijalom-MRP I (Material requirements planning)	16
4.2.2 Metoda planiranja proizvodnih kapaciteta. MRP II	17
4.2.3 Planiranje resursa distribucije-DRP (Distribution resources planning)	17
4.2.4 Just in time-JIT	18
4.2.5 Kanban sustav	19
<b>5. Tradicionalna ABC analiza</b>	21
<b>6. Klasifikacija zaliha pomoću višekriterijske ABC analize</b>	23
6.1 Višekriterijski model skladištenja	24
6.2 AHP metoda	25
<b>7. Studija slučaja</b>	28

<b>8. Zaključak</b>	33
LITERATURA	34
POPIS SLIKA	36
POPIS TABLICA	37

## 1. Uvod

Upravljanje zalihama je jedan od najvažnijih pojmova s kojima se poslovanje susreće. Vrlo je važno iz razloga što poduzeće ostvaruje profit ili trošak sa neadekvatnim upravljanjem zalihama. Međutim, za poslovanje je isto tako jako bitno znati koji artikl donosi najviše zarade.

ABC analiza ili Pareto analiza ima široko područje primjene i daje odgovor na pitanje koji proizvodi su više ili manje bitni za poslovanje poduzeća. Karakteristika ABC analize je jednostavnost, to znači da sagledava samo jedan segment koji je najčešće zarada. Logično je da se poduzeća baziraju na proizvode koji donose najvišu zaradu i iz tog razloga samo jedan kriterij odlučivanja nekim tvrtkama nije dovoljan.

Svrha završnog rada naslova: „Višekriterijska ABC analiza“ jest prikazati, analizirati i usporediti višekriterijsku ABC sa klasičnom ABC analizom. Rad je podijeljen u osam cjelina:

1. Uvod
2. Pojam zaliha
3. Vrste zaliha
4. Modeli nadzora i kontrole zaliha
5. Tradicionalna ABC analiza
6. Klasifikacija zaliha pomoću višekriterijske ABC analize
7. Studija slučaja
8. Zaključak

U drugom i trećem poglavlju objašnjen je pojam zaliha i njihova važnost, te su navedene i objašnjene vrste zaliha i pripadajući izrazi. Četvrto poglavlje obuhvaća modele nadzora i kontrole zaliha. Metode su podijeljene u tradicionalne i suvremene, te su objašnjene.

Peto poglavlje je od iznimne važnosti jer se ulazi u samu tematiku kriterijske klasifikacije. Tradicionalna ABC analiza je objašnjena i daje uvid u kriterijsko odlučivanje.

Sve dosada opisano je potrebno da bi se shvatilo sljedeće poglavlje, koje je ujedno i cilj istraživanja i ovog seminarskog rada. U ovom poglavlju objašnjava se model višekriterijskog

skladištenja i detaljno se prolazi kroz AHP metodu koja je ključna u ovom radu za izračun studije slučaja. Za izračun studije slučaja uzeti podaci su analizirani ABC analizom i AHP metodom višekriterijskog odlučivanja, te je rezultat iznešen u zaključku.

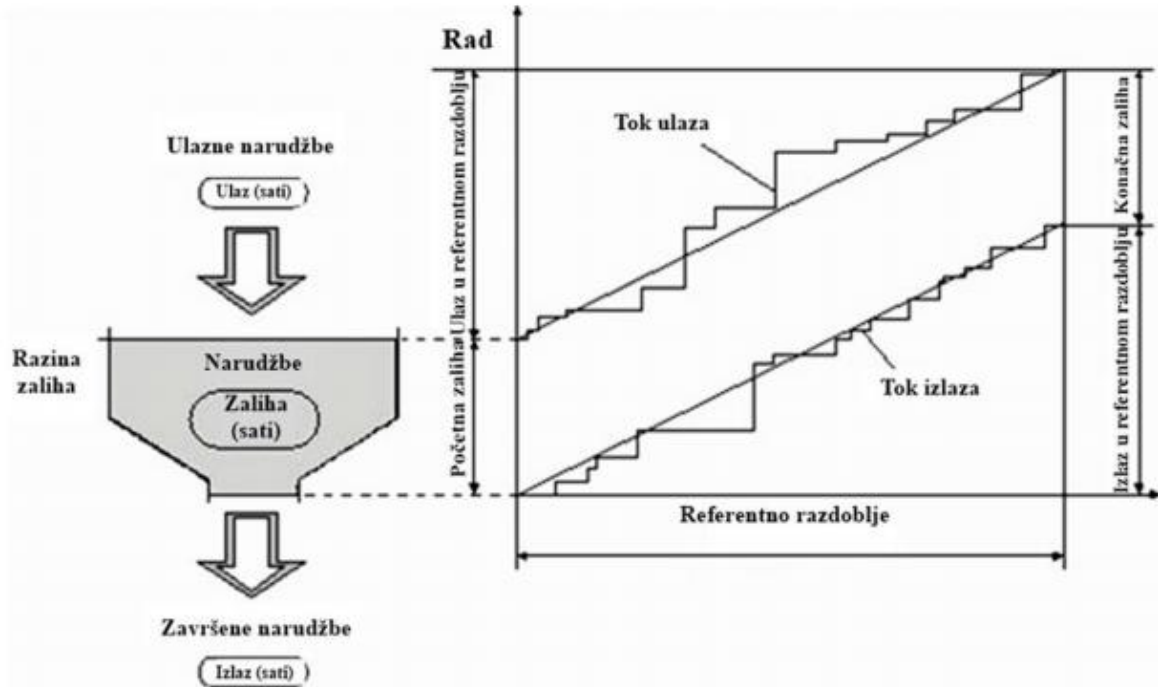


## 2. Pojam zaliha

U literaturi postoji više definicija zaliha. Prema Ammeru (Ammer, 1984) zalihe su vlastiti materijali koji se koristi u poslovanju, odnosno koji je namijenjen unutarnjoj potrošnji ili na prodaju, a uključuju sirovine (raw material), poluproizvode (intermediate products), materijal u radu (work-in-process WIP) i gotove proizvode (final product). Slična definicija nalazi se u literaturi (Majstorović, 2001), gdje se navodi da se pod zalihama podrazumijevaju uskladišteni materijali koji se koriste u cilju osiguranja normalne proizvodnje i zadovoljavanja potreba kupaca. [1]

Za prikaz zaliha najčešće se koristi model lijevka (Wiendahl, 1995), koji je prikazan na slici 1. Pretpostavka je da se analizira radno mjesto, koje može biti jedno radno mjesto, skupina radnih mjesta, odjel ili cjelokupna tvornica. Iz slike se vidi da određeni radni nalozi ulaze u sustav (ulaz), određeni su u stanju čekanja (zaliha), dok neki napuštaju sustav (izlaz). Kada se radno mjesto promatra dulje vremensko razdoblje, rezultati se mogu prikazati krivuljama.[2]

Na desnom dijelu slike 1 vidi se ulazni i izlazni tok. Za ulazni tok mora se odrediti količina rada koju treba obaviti na početku referentnog razdoblja (početna zaliha). Od ove točke krivulja je crtana sumirajući ulazne naloge (sa sadržajem rada danim u radnim satima) u odgovarajućim vremenima ulaza, sve do kraja referentnog razdoblja. Isto tako je određen izlazni tok, na način da se sumiraju završene narudžbe s njihovim sadržajima u odgovarajućim izlaznim vremenima, počevši od ishodišta koordinatnog sustava. S obzirom da obje krivulje zajedno opisuju prolaz narudžbi kroz sustav ovaj je prikaz nazvan dijagramom prolaska. Na kraju referentnog razdoblja također postoji određena zaliha, koja se naziva konačna zaliha. Ako se ova konačna zaliha prihvati kao početna za sljedeće referentno razdoblje, dijagram prolaska tada predstavlja kontinuirani opis radno mjesta. [2]



Slika 1:Konstrukcija dijagrama prolaska pomoću modela lijevka [2].

U principu poduzeće mora raspolagati određenom količinom zaliha kojom se osigurava normalno poslovanje. U slučaju velikih zaliha povećavaju se troškovi, blokirana su obrtna sredstva, potrebna su velika skladišta itd. druge strane, u slučaju premalih zaliha postoji opasnost od preliida proizvodnje, a time i povećanja troškova. U smislu mogućnosti i prihvatljivosti odvijanja procesa, svrha je zaliha u sljedećem:

- zaštititi poslovanje i proizvodnju u uvjetima neizvjesnosti,
- omogućiti ekonomičnu nabavu i proizvodnju,
- pokriti anticipirane promjene u ponudi i potražnji,
- omogućiti tok materijala unutar proizvodnog odnosno poslovnog sustava.

Kada bi se neizvjesnost u poslovanju i proizvodnji mogla odstraniti, zalihe bi bile nepotrebne. Međutim, neizvjesnost je prisutna u određenoj mjeri, kako na strani ponude i potražnje, tako i u samom proizvodnom procesu. Zalihe su prema tome, u uvjetima neizvjesnosti, s obzirom da se ne može u potpunosti odstraniti, javljaju sa zadaćom da štetne utjecaje svedu na najmanju moguću mjeru. Zalihe koje se javljaju u takvoj ulozi nazivaju se sigurnosnim zalihama.[2]

Zadaće zaliha odnose se na odlučivanje vezano uz odgovore na sljedeća pitanja:

- koje proizvode i/ili materijala treba skladištiti?
- koju količinu tih dobara treba držati na zalihi?
- koju količinu treba naručiti za popunjavanje zaliha?
- kada naručiti za popunu zaliha?

Ovo su osnovna pitanja u vezi utvrđivanja visine zaliha. Prvenstveno se utvrđuje za koja materijalna dobra treba držati zalihe, a zatim koju količinu držati na zalihi te kako popunjavati zalihe. Da bi odredili približno potrebe zaliha nužno je utvrđivanje potreba. To se smatra temeljem za utvrđivanje daljnjih zaliha. Utvrđivanje ovisi o vrsti potrebe.[3] Potrebna količina zaliha na skladištu ovisi o brojnim činiteljima, među njima najrelevantniji su:

- opseg proizvodnje, odnosno dogovorene isporuke robe kupcima,
- broj skladišta u distributivnoj mreži,
- uvjeti skladištenja i stručnost skladišnog osoblja,
- uvjeti transporta (kvantiteta i kvalitete transportnih sredstava, osoblja i putne mreže),
- uvjeti na domaćem i stranom tržištu,
- učestalost naručivanja,
- karakteristike uskladištene robe (brzina kvarenja, tehnološka zastara robe i sl),
- kamatna stopa za kreditiranje obrtnih sredstva,
- porezna opterećenja zaliha robe, itd.[2]

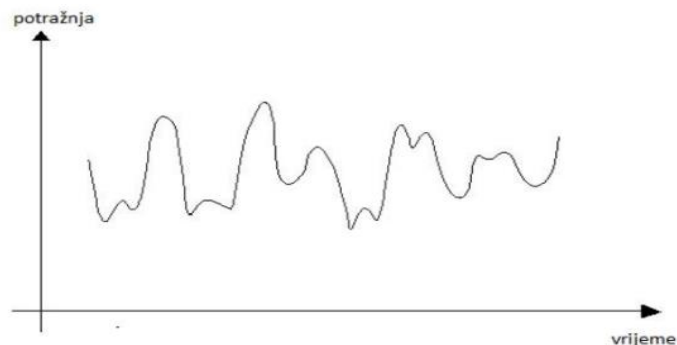
### 3. Vrste zaliha

Prema mjestu nastajanja zaliha u procesu proizvodnje, možemo ih podijeliti u tri osnovne vrste:

1. Zalihe materijala i sirovina – materijali i sirovine koje se nalaze u prirodi u izvornom obliku ili se nabavljaju od dobavljača, procesom proizvodnje transformiraju se u željeni oblik, te postaju dio gotovog proizvoda.
2. Zalihe dijelova i poluproizvoda – predstavljaju predmete na kojima je u okviru proizvodnog procesa izvršena neka obrada, odnosno promjena. Unutar ove grupe zaliha razlikujemo :
  - Zalihe nedovršene proizvodnje
  - Zalihe gotove robe drugih proizvođača
  - Zalihe gotovih proizvoda – predstavljaju izlazni proces proizvodnje. Takva roba je namijenjena prodaji čime se nastoji zadovoljiti potražnja tržišta. [4]

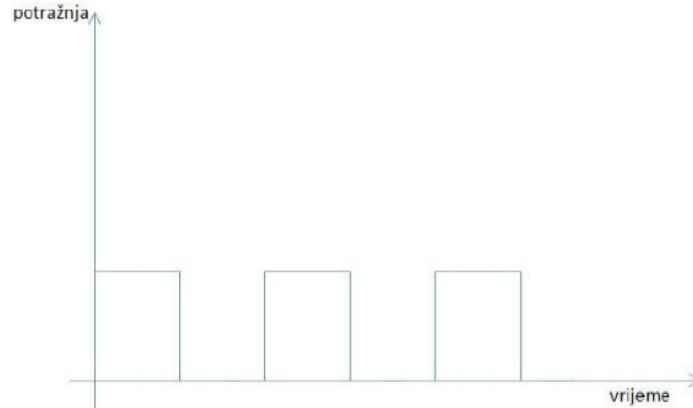
Također zalihe možemo razlikovati i prema stupnju zavisnosti potražnje:

1. Zalihe s nezavisnom potražnjom – zalihe za kojima se potražnja formira izvan proizvodnog procesa. Obično su to zalihe gotovih proizvoda te zalihe rezervnih dijelova namijenjenih za zamjenu neispravnih dijelova nekog proizvoda. Takvim zalihama potražnja često varira u vremenu što je prikazano slikom 2. [4]



Slika 2: Nezavisna potražnja [4]

2. Zalihe sa zavisnom potražnjom – zalihe čija potražnja ovisi o potrebi za nekim dijelovima ili komponentama. Specifičnost ovakvih zaliha je da se proizvodnja odvija u serijama. Potražnja je lakše predvidiva, ima pravilnija odstupanja u odnosu na nezavisnu potražnju, što je prikazano slikom 3. [4]



Slika 3. Zavisna potražnja [4]

### 3. Podjela zaliha prema stvarnoj planiranoj količini

S obzirom na plan i stvarno stanje zaliha robe u skladištu, zalihe mogu biti:

1. planirane,
2. stvarne zalihe. [2]

S obzirom na planirani normativ, kao i pretpostavku za kontinuirano odvijanje procesa proizvodnje, odnosno prodaje, zalihe se mogu podijeliti na:

- minimalne,
- maksimalne,
- optimalne,
- prosječne,
- sigurnosne,
- špekulativne,
- sezonske,
- nekurentne. [2]

#### 3.1 Minimalne zalihe

Minimalna zaliha je najmanja količina robe potrebna za pravovremeno zadovoljenje obveze poduzeća po količini i asortimanu. Manjak robe u skladištu predstavlja rizik i opasnost za proces proizvodnje, odnosno cjelovitu opskrbu kupaca. Za utvrđivanje minimalne količine zaliha potrebno je utvrditi dnevnu potrošnju ili prodaju robe (ovisno o tome radili se o proizvodnji ili distribuciji) i rokove nabave. S obzirom da se izračunavanje minimalnih zaliha temelji se na prosječnoj dnevnoj potrošnji ili

prodaji robe, stoga držanje minimalnih zaliha ima smisla kad je riječ o proizvodnom ili trgovačkom poduzeću, koje u poslovanju nema sezonskih oscilacija. Isto tako je važno osigurati pouzdane dobavljače, na koje se uvijek može računati po pitanju sigurnosti isporuke naručene robe. [5].

Da bi se utvrdila minimalna količina zaliha, potrebno je utvrditi dnevnu potrošnju ili prodaju robe i rokove nabave. Formula (1) za izračun glasi :

$$\text{Formula glasi: } Z_{\min} = \frac{Q_{\text{god}} \cdot V_{\text{nab}}}{D} \quad (1)$$

$Q_{\text{dn}}$  – dnevna (prosječna) potrošnja

$Q_{\text{god}}$  – godišnja (prosječna) potrošnja

$V_{\text{nab}}$  – vrijeme nabave

$D$  – broja radnih dana u godini



Slika 4: Minimalne zalihe [1]

### 3.2 Maksimalne zalihe

Maksimalna zaliha predstavlja gornju granicu količine robe u skladištu iznad koje se ne smije u određenom razdoblju nabavljati roba jer je ekonomski neopravdano i štetno. Držanje maksimalnih je opravdano kada proizvodnja ili narudžbe kupaca osciliraju tijekom godine, pa se poduzeće držanjem maksimalnih zaliha osigurava od nestašice robe. Previsokim zalihama smanjuje se ekonomičnost poslovanja jer rastu troškovi skladištenja i držanja zaliha. Također, postoji opasnost od zastarijevanja, kvarenja ili gubitka materijala na zalihama. Takvo poslovanje vrlo lako može za posljedicu imati osnovni problem prilikom skladištenja zaliha, a to je pojava nekonkurentnih, prekonornnih i nedostatnih zaliha. [4]

Najčešće se koristi način po kojem se vrijednost najveće planirane prodaje podijeli s danima odabranog ili planiranog razdoblja i rezultat pomnoži s norma danima (broj dana u kojima poduzeće

mora imati odgovarajuću količinu zaliha robe), pa formula (2) glasi:

$$Z_{\max} = \frac{\text{Vrijednost najveće planirane prodaje}}{\text{dani odabranog razdoblja za koji se traži normativ maksimalne zalihe}} * \text{norma dani} \quad (2)$$

### 3.3 Optimalne zalihe

Optimalne zalihe predstavljaju robu koju treba naručivati povremeno i u dovoljnim količinama, odnosno ona količina materijala ili robe za koju su ukupni troškovi nabave, dopreme, skladištenja i zaliha najmanji, odnosno optimalni. Utvrđuju se analizom troškova nabave i troškova skladištenja. To je najpoželjnija količina zaliha jer je za trgovinu i proizvodnju najekonomičnija. Kod određivanja optimalne zalihe potrebno je utvrditi i pratiti kretanje troškova za:

- potrebe određene potrošnje,
- određene količine nabave,
- određeni broj nabava.

Ukupne troškove počevši od nabavne cijene robe, pa do posljednjeg troška u vezi sa skladištenjem, moguće je podijeliti u dvije grupe:

1. troškove nabave ( $T_n$ ),
2. troškove držanja zaliha ( $T_{dz}$ ).

Najvažniji stavci troškova nabave su troškovi naručivanja i dopreme. Troškovi skladištenja su svi troškovi koji nastaju od trenutka kad roba uđe u skladište do trenutka njezina izdavanja, zakupnina skladišnog prostora, troškovi održavanja opreme, troškovi rada, troškovi manipulacije administrativni troškovi. Značajne komponente troškova držanja zaliha su tzv. oportunitetni troškovi i troškovi zastarijevanja. Zbroj ovih troškova čini konačnu cijenu robe, a optimalnom količinom zaliha smatra se ona količina kod koje je ovaj skup troškova najniži, tj. najpovoljniji.[6]

Formula koja se najčešće koristi za izračun optimalne količine nabave glasi (3):

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot C_o}{Ch}} \quad (3)$$

D = godišnja potrošnja robe

Ch = trošak skladištenja

C<sub>o</sub> = trošak pojedine nabavke

Q = optimalna količina nabave.

### 3.4 Prosječne zalihe

Prosječne zalihe čini prosjek stanja zaliha robe tijekom određenog vremenskog razdoblja, najčešće godine. Prosječne zalihe u praksi se izračunavaju tako da se stanje zaliha krajem svakog mjeseca zbroji i podijeli sa 12. Prosječne zalihe mogu se izračunati korištenjem formule (4):

$$Z_{\text{prosječno}} = \frac{1/2(Z_1) + (Z_2) + (Z_3) + \dots + (1/2Z_n)}{n-1} \quad (4)$$

### 3.5 Sigurnosne zalihe

Sigurnosna zaliha može biti definirana kao određena količina robe na zalihama za udovoljavanje potreba u slučaju povećane potražnje, u slučajevima kašnjenja isporuka ili neispravnih isporuka, te ako je zbog gubitaka i krađa stvarna zaliha manja nego što je pokazuju podaci u evidenciji. Sigurnosna zaliha služi za zaštitu poslovanje od rizika. Uz nepostojanje iste često dolazi do smetnji ili zastoja u odvijanju procesa reprodukcije. Optimalno rješenje kod količine sigurnosne zalihe je izjednačenje troškova skladištenja i zaliha s troškovima nedostatne zalihe. Pokretanje narudžbe slijedi u onom trenutku kada razina zaliha dostigne točku ponovne nabave R, što je vidljivo na slici 5. Također je vidljivo da ukoliko se potražnja ne poveća za vrijeme isporuke L, neće biti potrebno koristiti sigurnosnu zalihu. Međutim, ako bi se potražnja ipak povećala, tada bi došlo do potrošnje sigurnosne zalihe, sukladno čemu bi sljedeća narudžba trebala biti veća. Veličina sigurnosne zalihe ovisi o razini usluge koja želi biti održana.[7]

Formula za izračun sigurnosnih zaliha glasi (5):

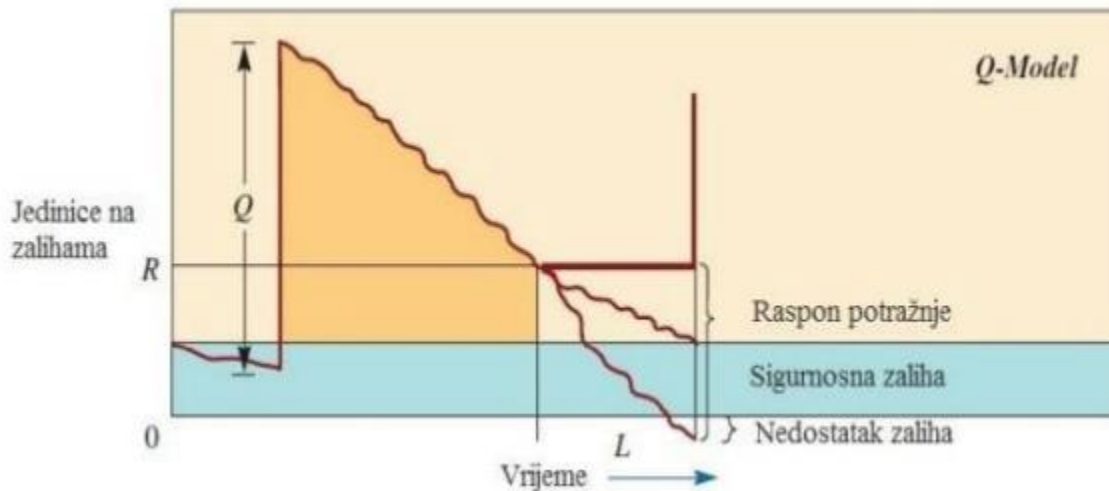
$$S_s = z \cdot \sigma \sqrt{dL} \quad (5)$$

gdje je: z - faktor sigurnosti ili usluge



$\sigma$  - standardna devijacija

$dL$  - faktor vremena isporuke



Slika 5: Sigurnosne zalihe [8]

### 3.6 Špekulativne zalihe

Špekulativne zalihe su zalihe koje se ne drže zbog zadovoljavanja trenutne potražnje. Na primjer, sirovine se mogu kupiti u količini većoj od potrebne zbog dobivanja količinskog popusta ili zbog predviđene nestašice te sirovine. Također, razlog može biti i kupovina po nižoj cijeni, dok se očekuje rast cijene u budućnosti. Troškovi koji nastaju kupnjom špekulativnih zaliha, „vraćaju“ se tijekom određenog razdoblja kada se događaji promjene na tržištu, odnosno rast cijena proizvoda. Pri ovome se očekuje da će taj profit biti veći od povećanih troškova čuvanja prekomjernih zaliha. Primjer za ovakve situacije je nafta tijekom kriznih događanja u nekoj zemlji koja je veliki proizvođač nafte.[9]

### 3.7 Sezonske zalihe

Sezonske zalihe su količina zaliha proizvedena i prikupljena u nekom razdoblju, da bi se isporučivala u budućem razdoblju za buduću potražnju. Sezonskim zalihama se želi iskoristiti ekonomija razmjera ili obujma, ali slaganje ovih zaliha zahtijeva od nas točnost u predviđanju potražnje. Sezonske zalihe su oblik špekulativnih zaliha koje nastaju akumulacijom artikala prije početka sezone prodaje. Primjer sezonskih zaliha su poljoprivredni proizvodi. Modna industrija često koristi ovu vrstu zaliha zbog mijenjanja „mode“ nekoliko puta godišnje.[1]

### 3.8 Nekurentne zalihe

Nekurentne zalihe često predstavljaju problem, jer su takve zalihe definirane kao količina zaliha koja nema dovoljan koeficijent obrtaja, zalihe koje se ne mogu prodati ili se mogu prodati po znatni sniženoj cijeni. To su zalihe robe u skladištu koja se ne može prodati zbog zastarjelosti, demodiranosti, pokvarljivosti, loma itd., a karakterizira ju vrlo mali koeficijent obrtaja (0-2).[10]

## 4. Modeli nadzora i kontrole zaliha

Među glavnim i vodećim zadaćama logističkog menadžmenta nalazi se upravljanje zalihama. Temeljna ideja logističkog upravljanja zalihama je da one budu što manje, ali uvijek dovoljne za ispunjavanje potreba kupaca, potrošača, korisnika. Prevelike količine zaliha rezultiraju visoke troškove držanja zaliha, a premalena količina zaliha implicira brojne probleme, poteškoće i štetne posljedice u proizvodnji, trgovini i distribuciji.

Upravljanje zalihama s obzirom na primjenu određenih modela dijelimo u dvije skupine:

1. primjena tradicionalnih modela upravljanja zalihama
2. primjena suvremenih modela upravljanja zalihama.

U nastavku će biti objašnjeni pojedinačno, međutim ona najveća razlika između tradicionalnih i suvremenih modela upravljanja zaliha je u tome što se tradicionalni modeli fokusiraju na jedan element što je najčešće optimiziranje nabave i zaliha u svrhu smanjenja ukupnih troškova poslovanja. Suvremeni modeli upravljanja zalihama, za razliku od tradicionalnih modela, pregledavaju cjelokupno vođenje poslovanja, procese i postupke unutar proizvodnje, distribucije i prodaje.

### 4.1. Tradicionalni modeli upravljanja zalihama

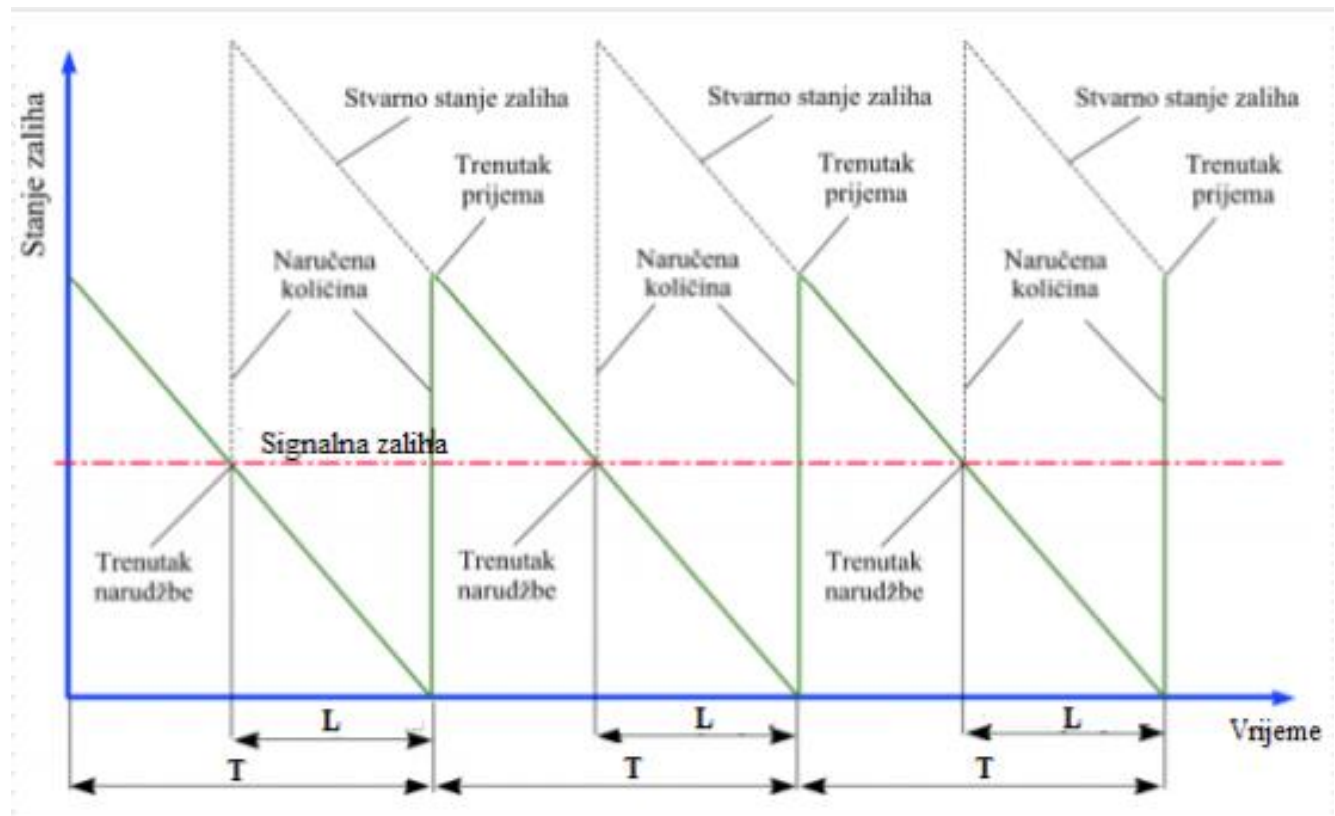
Jedan od poslova tvrtke je osigurati neprekidnu opskrbu zaliha za proizvodnju. Da bi ostvarili ovaj zadatak, tvrtka mora nadzirati razine zaliha i redovito obavljati narudžbe. Dva pitanja koja se javljaju su - kada treba obaviti narudžbu, te koje količine naručiti? S obzirom da se u redovnom poslovanju postojeće zalihe troše, u cilju održavanja kontinuiteta proizvodnje ili prodaje, stanje zaliha je potrebno nadzirati. Općenito, u literaturi se opisuju dva glavna sustava za kontrolu zaliha [9]:

1. Kontinuirani sustav za kontrolu zaliha (Q-sustav)
2. Periodični sustav za kontrolu zaliha (P-sustav)

#### 4.1.1 Kontinuirani sustav nadzora zaliha

Kod kontinuiranog sustava nadzora razine zaliha, naručuje se unaprijed određena količina zaliha u trenutku kada količina postojećih zaliha padne na razinu signalne ili sigurnosne ili minimalne

zalihe, odnosno točke ponovne nabave. Ove količine predstavljaju onu količinu zaliha koliko je procijenjeno prema potražnji tijekom vremena isporuke. Kontinuiranim nadzorom se mjeri razina zaliha u trenutku kada se ista troši, te čim razina zaliha dostigne razinu točke ponovne nabave (R), naručuje se količina nabave (Q) sukladno politici zaliha. Točka ponovne narudžbe, R, uvijek je određen broj jedinica zaliha na stanju. Odlučujuće varijable u ovom sustavu su (R) točka ponovne nabave i količina nabave (Q).



Slika 6: Kontinuirani sustav nadzora zaliha [4]

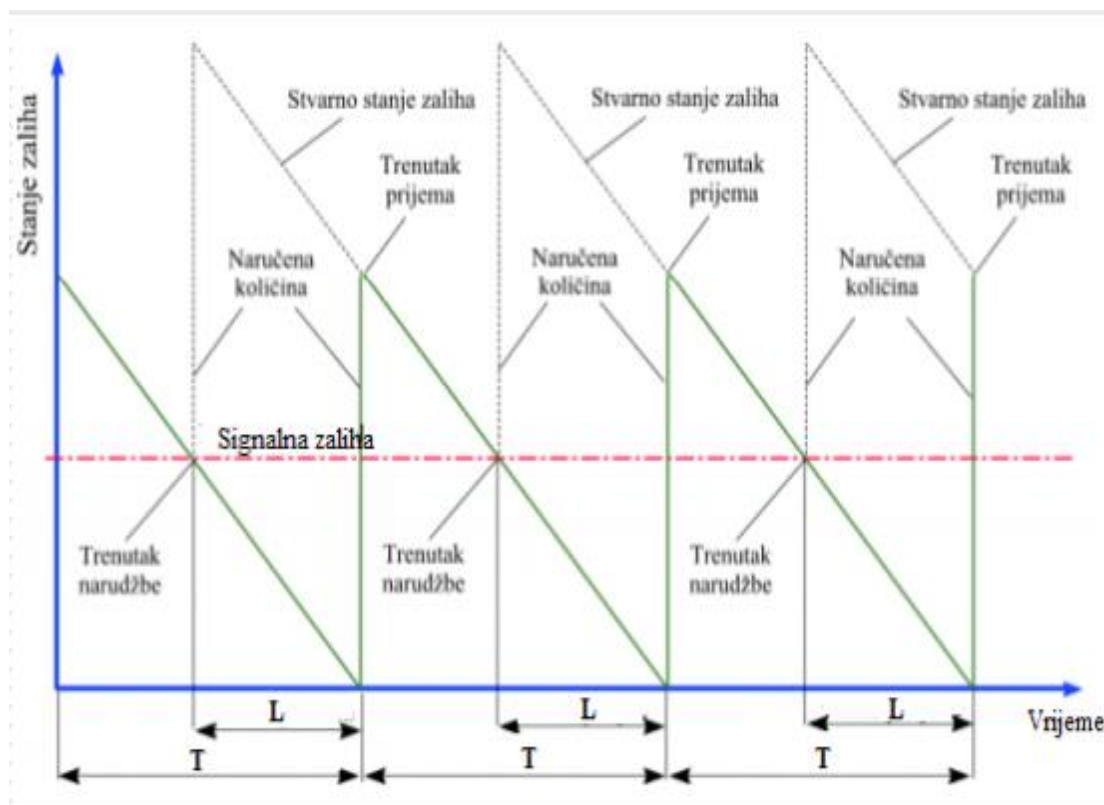
#### 4.1.2 Periodični sustav nadzora zaliha

Periodični sustav nadzora razine zaliha je sustav u kojem se naručuje ona količina zaliha koja je potrebna da se postigne postavljena maksimalna količina zaliha na stanju. Kod periodičnog sustava nadzora zaliha, količine zaliha se provjeravaju u određenom vremenskom trenutku, svaki tjedan ili svaki mjesec. Provjeravanje količina zaliha i periodično naručivanje primjenjivo je kada prodavač ima rutinske narudžbe od kupaca, najčešće jednako vremenski raspodijeljene ili u slučaju naručivanja

kompletne linije proizvoda, te kod slučaja kada kupac želi kombinirati narudžbe u cilju smanjenja transportnih troškova.

Kod periodičnog sustava količina nabave varira od perioda do perioda, ovisno u stopi korištenja, odnosno potražnje za proizvodom. Ono najčešće zahtjeva veću razinu sigurnosne zalihe od kontinuiranog nadzora. Za razliku od kontinuiranog nadzora koji konstantno prati razinu zaliha, periodični nadzor podrazumijeva provjeravanje količina zaliha u određenom trenutku koji je unaprijed određen. U tom slučaju može doći do velike potražnje koja razinu zaliha može dovesti do nule, odnosno nedostatka zaliha. Ovo stanje može biti neopaženo sve do sljedećeg perioda provjere zaliha. Stoga, sigurnosna zaliha kod ovog sustava mora štiti poslovanje tijekom perioda narudžbi i tijekom perioda isporuke novo naručene količine robe.

Na Slici 7. može se zamijetiti da se zalihe smanjuju kroz vrijeme. Kada prođe određeno vrijeme ( $T$ ), prebroji se stanje zaliha, te naruči količina koja nedostaje do ciljane količine zaliha koja uvijek može biti različita.



Slika 7: Periodični sustav nadzora zaliha [4]

## 4.2 Suvremeni modeli upravljanja zalihama

U suvremenim sustavima je unaprijed poznat plan proizvodnje, odnosno prodaje i određeni su normativi utroška materijala za svaki proizvod. Za suvremene modele upravljanja zalihama može se reći da su zapravo nadograđeni tradicionalni modeli. Suvremeni modeli upravljanja se razvijaju iz dana u dan, prilagođavajući se bržem i nepredvidivom toku materijala u nabavnom lancu. Najpoznatiji modeli upravljanja zalihama su model planiranja materijalnih potreba ili MRP I (Material Requirement Planning), planiranje materijalnih resursa ili MRP II (Manufacturing resource planning), planiranje resursa distribucije ili DRP (Distribution Resource Planning), planiranje resursa poduzeća ili ERP (Enterprise Resource Planning) i sustav „točno na vrijeme“ ili JIT (Just in time).

### 4.2.1 Metoda planiranja potreba za materijalom-MRP I (Material requirements planning)

Nakon 1950. godine podaci su se počeli obrađivati računalno, te se tako omogućilo izvršavanje kompleksnih računanja i obrada velike količine podataka, te je po prvi puta u upravljanju zalihama uveden čimbenik vremena. Sustavi MRP-a rade na bazi postojanja tzv. “time-phased”, faze potražnje i čimbenika vremena u kontroliranju zaliha. MRP obuhvaća mnoge tehnike informacijske znanosti za planiranje nabavke materijala (ulaz potrebnih sirovina i dijelova) i proizvodni postupak na temelju utvrđenog proizvodnog plana za gotove proizvode, a proizvodni se plan utvrđuje na temelju tržišnih i prodajnih očekivanja. Isto tako, sastav svakog proizvoda je poznat i utvrđena je sastavnica materijala. U utvrđeni proizvodni program za određeni period, planer koristi MRP-I da izračuna koji su dijelovi potrebni, u kojim količinama, i u koje vrijeme, ispitivanjem vremena protoka (“lead time”) ili vremena isporuke dijela (određivanje rokova). [4]

Prednosti MRP-a su:

- poboljšani poslovni rezultati
- poboljšani rezultati izvedbe proizvodnje
- poboljšani nadzor nad proizvodnjom kroz točnije i pravodobne informacije
- smanjenje zalihe, što vodi smanjenju zastarjelosti
- veća spremnost za isporuku u skladu s potražnjom, budući da narudžbe upravljaju proizvodnim procesom
- niži proizvodni troškovi zbog povećane učinkovitosti [4].

Glavni nedostatak MRP modela je taj što se previše pažnje pridaje materijalu, a zanemaruju se ostali resursi proizvodnje, posebno kapacitet.

#### 4.2.2 Metoda planiranja proizvodnih kapaciteta. MRP II

Metoda planiranja proizvodnih kapaciteta (eng. Manufacturing Resources Planning – MRP II) nadogradnja je MRP metode. MRP II za razliku od prve metode, kojom se samo planirala potreba materijala, uvodi u postupak planiranja i ostale cjeline poslovnog sustava poput financija, razvoja proizvoda i nabave. Svrha ovakve nadogradnje je odrediti potrebne kapacitete proizvodnje, upravljati tijekom proizvodnje i odrediti uvjete za nesmetanu proizvodnju. MRP II metoda utječe na procese planiranja proizvodnje, čime i na upravljanje zalihama, kontrolu kvalitete, računovodstvo i financije te ljudske resurse.

Najveća prednost MRP II sustava u odnosu na MRP je mogućnost određivanja zauzetosti kapaciteta proizvodnje. Prilikom rada sustava često dolazi do uskih grla. U tom slučaju MRP II sustav planiranja utvrdi preopterećenje proizvodnih kapaciteta tijekom realizacije plana, odnosno konkretan razlog ili nedostatak zbog koje usko grlo nastaje, te se upravo zbog može na vrijeme izvršiti reorganizacija poslovanja. Međutim, ovo nije jedina prednost ovog sustava. Uz mogućnost točnog planiranja potreba za radnom snagom, uz precizno definirani proizvodni sustav te poznavanje plana proizvodnje, sustav ne računa samo broj potrebnih djelatnika po danima već ima i mogućnost odrediti i potrebnu stručnu spremu i vještine zaposlenika u budućem razdoblju. To značajno olakšava i povećava sigurnost u procesu zapošljavanja i planiranja budućih potreba za zaposlenicima. MRP II sustav planiranja razvijen je s ciljem uvođenja reda i osiguranja kontinuirane proizvodnje u složenim proizvodnim sustavima. S obzirom na to da je razvijen po principu MRP sustava, što znači da koristi zastarjele metode, jedina razlika u usporedbi s prijašnjom proizvodnjom je činjenica kako sada postoji mogućnost relativno lakog otkrivanja neučinkovitih metoda proizvodnje te lakog utjecaja na njih. MRP II omogućuje donošenje taktičkih, ali ne i strateških odluka. [10]

#### 4.2.3 Planiranje resursa distribucije-DRP (Distribution resources planning)

Metoda planiranja potreba distribucije (Distribution resource planning - DRP) predstavlja općenito prihvaćenu i tehniku snažnog potencijala čija je svrha određivanje optimalne razine zaliha u području vanjske logistike. Korištenjem ove metode omogućeno je poboljšanje servis isporuke, smanjenje ukupne razine gotovih proizvoda, smanjenje transportnih troškova i poboljšanje provođenja

raznih operacija u distribucijskim centrima. Ovakav pristup poslovanju javlja se sedamdesetih godina prošloga stoljeća, te je vrlo brzo prihvaćen u poslovnoj praksi, da bi osamdesetih postali standardnim pristupom u planiranju i kontroli aktivnosti distribucijske logistike. DRP modeli razvijaju projekciju za svaki proizvod na zalihama i temelje se na:

- predviđanju potražnje za svakim proizvodom pojedinačno
- trenutnoj razini zaliha svakog proizvoda
- ciljanim sigurnosnim zalihama
- preporučenoj količini popunjavanja
- vremenu isporuke. [10]

#### 4.2.4 Just in time-JIT

Sustav proizvodnje “točno na vrijeme“ (eng. Just in Time – JIT) značajno se razlikuje od tradicionalnog načina proizvodnje s ciljem smanjenja svakog oblika viška materijala (škarta) nastalog u proizvodnji pri čemu dolazi do promjena u pristupu kada se posluje sa zalihama. Glavni čimbenik ovakvog sustava je pouzdanost, krenuvši od dobavljača sirovina, repromaterijala i sl., pa sve do kraja opskrbnog lanca, odnosno same proizvodnje. Sustav u cijelosti obuhvaća proizvodnju sirovina i poluproizvoda kod dobavljača, izvršavanje narudžbe u određeni sustav te cjelokupan plan proizvodnje u njemu. Kašnjenje je nedopustivo jer bi u takvoj situaciji došlo do zastoja u proizvodnji, sukladno čemu u obzir dolaze samo pouzdani dobavljači. Dobava sirovina se više ne vrši na ulazno skladište nego izravno u proizvodne pogone, stoga ne postoji potreba za ulaznim skladištem i kontrolom kod ugradnje. Kako bi isporuke sirovina bile cjelovite, dogovorene kvalitete u određenoj količini i dinamici, cijeli proces nadgledaju i vode nadzorni inženjeri. Važnu ulogu ima i naručitelj, koji redovito i pravovremeno savjetuje i nadzire proizvodni proces, kao i prilagodbu istog s ciljem osiguranja tražene kvalitete manjeg postotka škarta.

U ovakvom sustavu prvi i najvažniji korak je pronaći pouzdanog dobavljača. Nakon pronalaska dobavljača koji odgovara opisu, odnosno potvrđenog kao dobavljača kvalitetnih proizvoda uz pravovremenu dobavu, tvrtka ugrađuje sustav obavještanja kojemu je namjena informiranje dobavljača o količini i vrsti proizvoda koje treba isporučiti. Sljedeći korak JIT sustava je skraćivanje pripremnih vremena proizvodnih kapaciteta. Ovaj sustav temelji se na osnovnom principu skraćivanja rokova izmjena i podešavanja proizvodnih kapaciteta. Nakon postizanja takvih rezultata moguće je proizvoditi manje serije s niskim troškovima po jedinici proizvoda. Taj postupak se najčešće izvodi na



način da se prati originalna izmjena ili podešavanje koje tim osposobljenih inženjera analizira i pregledava snimke, te donosi zaključke koji su temelj unaprjeđenja. Uobičajeno se nakon određenog broja iteracija, postupci za koje su prije bili potrebni sati skraćuju na minute. [12]

#### 4.2.5 Kanban sustav

Kanban predstavlja pojam Japanskog porijekla koji znači, kartica. Predstavlja način upravljanja protokom zaliha unutar postojećeg JIT sustava. Kanban sustav se može definirati kao metoda Just- in-time proizvodnje koja koristi standardizirane posude, kontejnere ili slično, označene karticama. To je metoda u kojem proizvodnja signalizira potrebu za povlačenjem nove količine materijala od odgovarajućih izvora i dobavljača. Dobavljač je stoga obavezan dostaviti traženi materijal u odgovarajućoj količini unutar naznačenog vremena dostave. Kanban princip funkcionira putem kartica, kada je razina zaliha u proizvodnji ili skladištu niska, netko od zaposlenika odnosi karticu sa Kanban spremnika u cilju ponovne nabave. Danas naravno, razvojem informatike i računalnih znanosti, Kanban sustav u modernim poduzećima ne koristi kartice nego se sve obavlja računalnim online putem. Kanban je “Pull” metoda povlačenja zaliha, za razliku od MRP ili ERP koji su “Push” sustavi koji „guraju“ količine materijala u skladište te stvaraju veliku zalihu kako bi omogućili kontinuiranu proizvodnju ili opskrbu potrošača uslijed promjene potražnje. Kanban se smatra jednom od metoda koje smanjuju nepotreban rad. Jedan od načina smanjenja nepotrebnog rada predstavlja proizvodnja koja stvara nove proizvode, ali tek kada se za to iskaže kupčeva želja ili nalog. Kanban sustavom se upravlja proizvodnjom sukladno stvarnim tržišnim zahtjevima. Prednost Kanbana su kartice koje omogućuju vizualni doživljaj stanja u proizvodnji i skladištu. U svakom trenutku vidljiva je količina zaliha i za razliku od nominalne metode, u Kanban sustavu nije potrebno svakodnevno prebrojavanje kako bi se ustvrdila trenutna količina zaliha. [12]

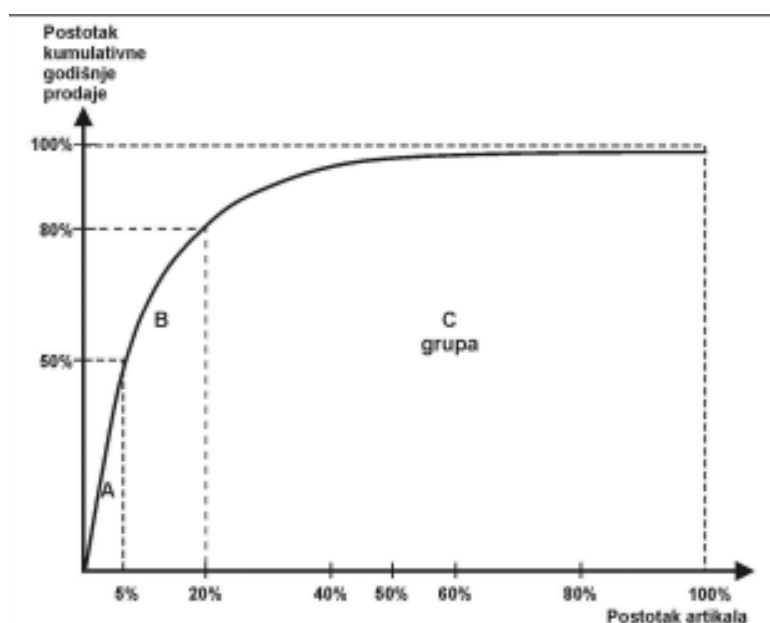
Kanban najbolje funkcionira u primjeni kada su budući zahtjevi za materijalom predvidljivi. Na odluku o isplativoj primjeni Kanban sustava utječu brojni faktori, kao primjerice, ukupni troškovi, potrebna količina na godinu, vrijeme dostave i veličine serija narudžbi. Nadalje, kompanije trebaju imati neke od prije određene elemente JIT sustava kako bi implementacija Kanbana bila uspješna kao i održavanje nakon implementacije. Kanban je u osnovi sistem baziran na točki ponovne nabave kojim korisnik određene zalihe signalizira dobavljaču kada nastane potreba za novim količinama. Upravo taj signal znači Kanban i najčešće je u obliku kartice. U pravilu, Kanban kartice sadrže informacije o dobavljaču, vrsti robe, količini pri kojoj je potrebno obaviti narudžbu, vrijeme dostave i ukupnoj

količini materijala u posudama. Kada pristignu nove zalihe prethodno naručene putem Kanban kartica, pridodaju se odgovarajućim karticama i spremaju na skladište. Količina zaliha, preostala u posudama u trenutku ponovne nabave, mora biti dovoljna za pokrivanje potražnje tokom vremena dostave. Ukoliko se javi potreba za materijalom vanjskog dobavljača, a vrijeme dostave traje nekoliko dana ili čak tjedan ili više, uprava, odnosno operator mora poslati dobavljaču Kanban signal dovoljno ranije, kako bi naručeni materijal stigao na vrijeme. Nadalje mora postojati i određena količina sigurnosne zalihe, kako bi se pokrila eventualna varijabilna potražnja tokom vremena isporuke. Iz ovih razloga logistički operatori bi trebali u planiranje uključiti i same dobavljače kako bi se uspješno premostile sve eventualne promjene u vremenu isporuke, greške u predviđanju potrošnje i slično. Također je od kritične važnosti uključiti i same dobavljače u način signaliziranja potrebe za novim materijalom. [12]

## 5. Tradicionalna ABC analiza

ABC analiza je metoda kojom se materijali klasificiraju u skupine od kojih svaka ima drugačije značenje i važnost za poslovanje. Prema važnosti pojedinog materijala ili robe se određuje i njihov tretman. Svrha korištenja ovakve metode je integracija djelotvornog sustava kontrole i upravljanja predmetima iz područja nabavnog, prodajnog i skladišnog poslovanja provođenjem različitih postupaka radi postizanja što veće ekonomičnosti i produktivnosti poslovanja. Klasifikacijom materijala nastaju kategorije zaliha A, B ili C te im pridajemo pažnju na osnovu njihove važnosti. A artikli su najvažniji te se njima pridaje veća važnost i pažnja pri samoj analizi.

Svaka od grupa karakterizira udio u ukupnoj vrijednosti prodaje (nabave) koji može biti velik, srednji, mali i udio u ukupnoj vrijednosti zaliha koji isto tako može biti velik, srednji ili mali (slika 8.). Tim načinom došlo se do saznanja da oko 10% vrsta proizvoda (materijala) predstavlja oko 75% vrijednosti obujma prodaje (nabave), odnosno skladišnih zaliha koji su svrstani u grupu A. Skupinu B tvori oko 25% vrsta proizvoda čija vrijednosti iznosi oko 20%, a grupu C čini oko 65% vrsta proizvoda čija ukupna vrijednosti iznosi svega 5%. Prilikom donošenja odluka o kontroli, velika pažnja se poklanja grupi A, mala grupi B, a grupa C može se gotovo i zanemariti. [11]



Slika 8: Grafički prikaz ABC analize [15]

ABC analiza sastoji se od tri koraka:

1. Prikupljanje podataka o godišnjoj prodaji ili potrošnji materijala prema vrsti, te izračunavanje iznosa potrošnje ili prodaje. Taj iznos računa se umnoškom broja prodanih ili potrošenih pojedinih materijala i njihovih nabavnih ili maloprodajnih cijena.
2. Sortiranje materijala prema postotnom udjelu u godišnjoj prodaji ili potrošnji, na način da se proizvodi sortiraju prema padajućem slijedu.
3. Daljnjom analizom postotnih udjela u godišnjoj prodaji ili potrošnji određuje se kategorija robe, pri čemu ona s najvećim udjelom predstavlja A, pa nadalje B i C kategoriju. [10]

Važno je odrediti koja roba stvara najviše troškove držanja zaliha. ABC analizom proizvodi se svrstavaju u A, B i C skupinu. U svaku skupinu se svrstavaju određeni proizvodi po određenim pravilima:

- A skupina: proizvodi vrlo važni u poslovanju tvrtke. Zbog svoje visoke vrijednosti za poslovanje tvrtke zahtijevaju čestu kontrolu zaliha. S obzirom na navedeno, tvrtka mora odabrati prikladan obrazac po kojem naručuje (npr. Just-in-time) kako bi se izbjegao nepotreban višak zaliha.
- B skupina: upravljanje proizvodima skupine B može se poistovjetiti kao i s proizvodima skupine A uz određene promjene. Upravljanje se može automatizirati i time racionalno upravljati vremenom. Za ovu skupinu proizvoda rijetko su potrebne korekcije te se time stvara dodatna pretpostavka o maksimalnom usmjeravanju pažnje na proizvode skupine A.
- C skupina: proizvodi skupine C imaju veliku zastupljenost u ukupnom broju artikala no vrlo malu vrijednost. Prilikom upravljanja ovim artiklima potrebno je odrediti veću razinu sigurnosne zalihe te minimizirati ukupan broj narudžbi. Važno je napomenuti kako proizvodi skupine C utječu na vrlo mali udio prihoda, svega oko 5%. [13]

## 6. Klasifikacija zaliha pomoću višekriterijske ABC analize

Višekriterijska ABC analiza je složenija varijacija ABC analize. Dok standardna ABC analiza prati samo novčanu vrijednost zaliha, u višekriterijskom odlučivanju ima nekoliko faktora. Prvo je potrebno definirati prioritete nabave zaliha prateći pritom na kriterije rangiranja, koji su:

1. Rangiranje prema vrijednosti: Zalihe se klasificiraju klasičnom ABC analizom objašnjenom u prethodnom poglavlju.
2. Rangiranje prema kritičnosti: Najčešće se zalihe klasificiraju u 3 skupine:
  - kritični - V skupina (eng. "Vital spares")
  - bitni - E skupina (eng. "Essential spares")
  - poželjni - D skupina (eng. "Desirable spares").

Postoje razni parametri na osnovu kojih se ocjenjuje kritičnost rezervnih dijelova i komponenti prikazani slikom 9. [13]



Slika 9: Kritičnost zaliha [13]

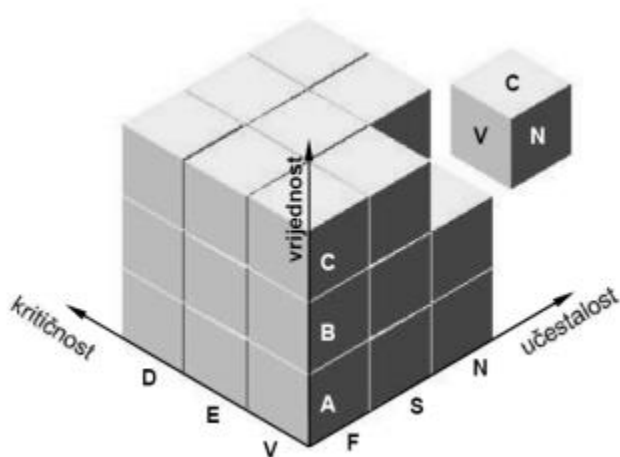
3. Rangiranje prema učestalost potražnje: Značajnu ulogu u izboru modela skladištenja zaliha igra učestalost potražnje. Bitno je svrstati zalihe u iste skupine. Broj skupina može biti proizvoljan, a obično se svrstava u tri skupine. Prvu skupinu čine artikli koji se učestalo koriste - F skupina (eng. "fast moving items"), drugu skupinu čine artikli koji se rjeđe koriste - S skupina (eng. "slow moving items"), a treću skupinu čine artikli koji se vrlo rijetko koriste - N skupina (eng. "non-moving items"). Potražnja artikla N skupine je jedan komad u nekoliko godina. [13].

## 6.1 Višekriterijski model skladištenja

Višekriterijski način znači da se svaki artikl analizira prema određenim kriterijima i na osnovu analize joj se pridružuje odgovarajuća politika upravljanja zalihama. Kriteriji na osnovu kojih će se pridruživati politike upravljanja zalihama su:

- vrijednost rezervnog dijela (pripadnost A, B, C skupini),
- kritičnost (pripadnost V, E, D skupini),
- učestalost potražnje (pripadnost F, S, N skupini).

Svaki artikl je opisan sa tri parametra: vrijednost, kritičnost i učestalost potražnje. Parametri mogu poprimiti tri vrijednosti pa je ukupni broj mogućih kombinacija 27. Vizualno se može prikazati kao trodimenzionalni model kocke (slika 11.).



Slika 11: Moguće kombinacije parametara zaliha u trodimenzionalnom modelu kocke

Kako bi se shvatio trodimenzionalni model kocke potrebno je objasniti politike upravljanja zalihama. Postoje tri osnovne politike: bez držanja zaliha, jedan komad na zalihi, više komada na zalihi.

- Politika upravljanja zalihama „bez držanja zalihe“ podrazumijeva nabavu zaliha upravo u vrijeme potražnje. Ovo je najpoželjniji pristup jer angažira najmanje kapitala i najmanje prostora za skladištenje. Da bi se ovaj pristup primijenio potrebno je imati pouzdane dobavljače.
- Politika upravljanja zalihama „jedan komad na zalihi“ podrazumijeva da se zalihe naručuje u trenutku kada zalihe padnu na minimalne.

- c) Politika upravljanja zalihama „više komada na zalih“ podrazumijeva da se na zalih nalazi više komada istih artikla (EOQ model).

Količina na zalih, sigurnosna zaliha, vrsta nadzora stanja zaliha, te vrijeme naručivanja određuje se prema pripadnosti pojedinoj skupini artikla u matrici odlučivanja. Najbolja kombinacija je ADF, što znači da je artikl visoke vrijednosti, poželjne kritičnosti i velike potražnje. Najgora kombinacija je CVN što znači da artikl ima nisku vrijednost, kritičan je i jako male je potražnje.

Kao primjer uzima se kombinacija CVN što znači mala vrijednost (skupina C), kritična skupina (V skupina kritičnosti) i niska potražnja (N skupina potražnje). Primjer pokazuje da je artikl male vrijednosti, potražnje te visoke kritičnosti i najbolje bi bilo koristiti politiku “jedan komad na zalih”.

Kao drugi primjer uzima se kombinacija CDN, odnosno skupina artikla male vrijednosti (C), skupina poželjnih (D) i skup niske potražnje (N). Ova kombinacija pokazuje da ako je stavka male vrijednosti, niske potražnje, ali je poželjna, najbolje koristiti politiku “bez držanja zaliha”.

Kao treći primjer uzet će se kombinacija CVF, odnosno skup artikla male vrijednosti (C), skup kritičnih (V) i skup velike potražnje (F). Ova kombinacija pokazuje da ako je stavka male vrijednosti, visoke potražnje i kritična, najbolje je koristiti politiku “više komada na zalih”.

## 6.2 AHP metoda

Jedna od najpoznatijih i najviše korištenih metoda za višekriterijsko odlučivanje je upravo AHP metoda. U prijevodu AHP znači: analitički hijerarhijski proces. Za AHP metodu može se reći da je ona nadogradnja SAW metode jer se kod te metode težine prioriteta izračunavaju tako da se uspoređuju u parovima, a pri čemu je model problema strukturiran kroz hijerarhiju. Problem odlučivanja dekomponira se na podprobleme koji se nezavisno analiziraju. Na određenoj razini hijerarhije svaki se element uspoređuje sa svakim elementom te iste razine. Rezultati usporedbe po parovima prikazuju se kvadratnom matricom usporedbi, matricom  $A$  reda  $m$ , gdje je  $m$  broj promatranih kriterija ili alternativa.

Metoda AHP sastoji se od 4 koraka:

Korak 1: Uvjet reciprociteta. Kada se uspoređuju dva elementa iz para, ako prvi dominira nad drugim intenzitetom  $x$  prema Saatyjevoj skali (tablica 1), tada drugi element dominira nad prvim intenzitetom  $\frac{1}{x}$  (ako je A 5 puta teži od B, onda B čini  $\frac{1}{5}$  težine A).

Korak 2: Homogenost. Usporedba ima smisla samo ako su elementi usporedivi. Kada se uspoređuju dva elementa po Saatyjevoj skali, ona mora biti dovoljna da se na njoj napravi usporedba, odnosno napravi konzistentna tablica usporedbi.

Korak 3: Zavisnost. Uspoređivanje elemenata u parovima s jedne razine hijerarhije moguće je samo u odnosu na elemente više razine hijerarhije. Obrnuta situacija moguća je u metodi sustavu koji se zove povratna veza (engl. feedback) u metodi AHP, tj. metodi ANP.

Korak 4: Očekivanje. Svaka promjena u strukturi hijerarhije zahtjeva ponovno računanje prioriteta u novoj hijerarhiji.

Tablica 1: Saatyeva skala

Intenzitet važnosti	Definicija	Opis
1	Jednaka važnost	Oba elementa su jednako važna
3	srednja važnost	Jedan element je važniji od drugog
5	jaka važnost	Jedan element je puno važniji od drugog
7	dokazana važnost	Element je puno važniji od drugog, te je njegova važnost demonstrirana u praksi
8	ekstremna važnost	jedan element je dokazano važniji od drugoga

Ideja AHP metode je prvo postaviti cilj, zatim odrediti kriterije koji mogu zadovoljiti taj isti cilj, a bitno utječu na konačnu odluku donositelja. Kriteriji se mogu razvrstati u jednu ili više razina čime se postiže hijerarhija. Kriteriji se mogu odnositi na bilo kakav aspekt problema odlučivanja, materijalan ili nematerijalan, pažljivo mjeren ili grubo procijenjen, dobro ili loše shvaćen.

Nakon napravljene hijerarhije, donositelj odluke ocjenjuje kriterije i potkriterije uspoređujući ih međusobno u parovima.



Bit AHP metode je da i ljudski sud utječe na procjenu prioriteta, a ne samo temeljne informacije.

Neka je  $n$  broj kriterija (ili alternativa) čije težine (prioritete)  $w_i$  treba odrediti na temelju procjene vrijednosti njihovih omjera koji se označavaju  $a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}$ . Prioriteti elemenata mogu se smatrati komponentama vektora prioriteta  $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ .

Problem rješavanja težina može se riješiti kao problem rješavanja matrične jednadžbe (6):

$$A w = \lambda w, \quad \lambda \neq 0. \quad (6)$$

Budući da je suma svojstvenih vrijednosti pozitivne matrice jednaka tragu te matrice, ili sumi dijagonalnih elemenata, ne nulta svojstvena vrijednost ima vrijednost  $n$ ,  $\lambda_{max} = n$ .

Ukoliko matrica  $A$  sadrži nekonzistentne procjene vektor težina  $w$  može se dobiti rješavanjem sljedećeg sustava jednadžbe (7).

$$(A - \lambda_{max} I) w = 0, \quad \sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (7)$$

gdje je  $\lambda_{max}$  najveća svojstvena vrijednost matrice  $A$ .

Uzevši u obzir gore navedene jednadžbe slijede izrazi:

$$A w = n w \quad (8)$$

$$\sum_j^n a_{ij} w_j = n w_i \quad (9)$$

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (10)$$

Vrijedi da je

$$\sum_i^n a_{ij} = \frac{w_1 + w_2 + \dots + w_n}{w_j} \quad (11)$$

$$w_j = \frac{w_1 + w_2 + \dots + w_n}{\sum_i^n a_{ij}} \quad (12)$$

## 7. Studija slučaja

Studija slučaja se izrađuje da bi se vidjelo ima li razlike između kriterija važnosti. Prvo je potrebno prikupiti podatke koji će se obrađivati, te od kojih će se kasnije raditi višekriterijska ABC analiza. U ovom slučaju su uzeti podaci male prodavaonice rezervnih dijelova koji žele ostati anonimni radi očuvanja privatnosti poslovanja. Podaci su navedeni u tablici 2.

Tablica 2: Podaci prodaje

	Broj prodanih artikla (kom)	Jedinična cijena artikla (kn)
Artikl 1	700	30
Artikl 2	500	50
Artikl 3	400	35
Artikl 4	400	15
Artikl 5	2500	30
Artikl 6	800	40
Artikl 7	1500	10
Artikl 8	2200	30
Artikl 9	3700	20

Prvo je potrebno izračunati ukupnu godišnju vrijednost prodaje, te sortirati artikle prema godišnjoj prodaji od najveće do najmanje. Nakon toga je potrebno izračunati ukupnu prodaju svih artikla, te se na temelju toga izračunava udio u prodaji pojedinog artikla i kumulativ kako bi se saznalo kojoj grupi koji artikl pripada. Ukoliko je artiklu kumulativna vrijednost do 70%, znači da spada u skupinu A, ukoliko je vrijednost između 70% i 90% spada u skupinu B, a ukoliko je iznad 90% onda spada u skupinu C. Klasifikacija artikla po ABC analizi prikazana je na tablici 3.

Tablica 3: Podaci klasificirani po ABC analizi

	Ukupna vrijednost prodaje(kn)	Udio u prodaji	Kumulativ	Kategorija
Artikl 5	75000	22.87	22.87	A
Artikl 9	74000	22.56	45.43	A
Artikl 8	66000	20.12	65.55	A
Artikl 6	32000	9.76	75.30	B
Artikl 2	25000	7.62	82.93	B
Artikl 1	21000	6.40	89.33	B
Artikl 7	15000	4.57	93.90	C
Artikl 3	14000	4.27	98.17	C
Artikl 4	6000	1.83	100.00	C

Nakon što se izradila ABC analiza, potrebno je odabrati kriterije koji će nam kasnije pomoći u odabiru najboljeg dizajna. Odabrani kriteriji su: faktor kritičnosti, popravljivost, izdržljivost, pouzdanost, vrijeme isporuke i godišnja prodaja . Izrađuje se matrica koja se sastoji od n elemenata gdje je n broj kriterija, u ovom slučaju će to biti 6×6 matrica prikazana tablicom 4.

Izrađuje se matrica uspoređivanja kriterija [C] sa definiranim kriterijima kojoj se proizvoljno dodjeljuje vrijednost po Saatyjevoj skali s obzirom na procijenjenu važnosti u odnosu na drugi kriterij (tablica 4).

Tablica 4: Matrica uspoređivanja kriterija

	Faktor kritičnosti	Popravljivost	Izdržljivo st	Pouzdanost	Vrijeme isporuke	Godišnja prodaja
Faktor kritičnosti	1	0.33	0.2	0.11	0.14	3.00
Popravljivost	3.00	1	0.33	0.14	0.33	3.00
Izdržljivost	5.00	3.00	1	0.20	0.20	3.00
Pouzdanost	9.00	7.00	5.00	1	3.00	7.00
Vrijeme isporuke	7.00	3.00	5.00	0.33	1	9.00
Godišnja prodaja	0.33	0.33	0.33	0.14	0.11	1

Uspoređujući kriterije, na primjer izdržljivost kao kriterij A i faktor kritičnosti t kao kriterij B dolazi se do zaključka da je izdržljivost po Saatyjevoj skali 9 što govori da je izdržljivost dokazano važniji kriterij u ovom modelu.

Nakon izradbe matrice uspoređivanja kriterija, zbrajaju se sve vrijednosti stupaca matrice te se matrica uspoređivanja kriterija normalizira što podrazumijeva da će se svaki element iz stupca, podijeliti sa ukupnim zbrojem stupca. Postupak je dobro učinjen, ako je zbroj svakog novog dobivenog stupca jednak 1 kao u tablici 5.

Tablica 5: Normalizirana [C] matrica

Suma stupaca	25,333	14,667	11,867	1,930	4,787	26,000
	Faktor kritičnosti	Popravljivost	Izdržljivo st	Pouzdanost	Vrijeme isporuke	Godišnja prodaja
Faktor kritičnosti	0.039	0.023	0.017	0.058	0.030	0.115
Popravljivost	0.118	0.068	0.028	0.074	0.070	0.115
Izdržljivost	0.197	0.205	0.084	0.104	0.042	0.115
Pouzdanost	0.355	0.477	0.421	0.518	0.627	0.269
Vrijeme isporuke	0.276	0.205	0.421	0.173	0.209	0.346
Godišnja prodaja	0.013	0.023	0.028	0.074	0.023	0.038

Sljedeće što je potrebno napraviti jest izračunati prosječnu vrijednost svakog reda, što se inače zove težina kriterija ( $W$ ). Težina kriterija je potrebna za provjeru konzistentnosti vrijednosti, a konzistentnost se provjerava tako da matricu [C] pomnožimo sa težinom kriterija i dobijemo novi vektor  $W_s$ . Nakon što se dobio  $W_s$ , može se izračunati vektor konzistentnosti po formuli (13):

$$Con = Ws * \frac{1}{w} \quad (13)$$

Slijedi izračun  $\lambda$  tako što se računa prosječna vrijednost elemenata Con i napokon se dolazi do formule za izračun faktora konzistentnosti (14)

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (14)$$

Gdje je  $n$  broj kriterija, u ovom slučaju 6. Izračunom formule (7) CI je jednak 0.1219 i uvrštavamo u formulu za izračun omjera konzistentnosti (15):

$$CR = CI/RI \quad (15)$$

Gdje je CR omjer konzistentnosti, a RI indeks slučajnosti koji iznosi 1.25 za matricu 6\*6. Uvrštavanjem vrijednosti u formulu (8) dobivamo vrijednost od 0.0975 što znači da je matrica konzistentna jer je vrijednost manja od 0.1.

Tablica 6: Izračun omjera konzistentnosti

							Težina kriterija (W)	Ws	Con
	Faktor kritičnosti	Popravljivost	Izdržljivost	Pouzdanost	Vrijeme isporuke	Godišnja prodaja			
Faktor kritičnosti	0.039	0.023	0.017	0.058	0.030	0.115	0.047	0.286	6,093
Popravljivost	0.118	0.068	0.028	0.074	0.070	0.115	0.079	0.515	6,526
Izdržljivost	0.197	0.205	0.084	0.104	0.042	0.115	0.124	0.839	6,742
Pouzdanost	0.355	0.477	0.421	0.518	0.627	0.269	0.445	3,090	6,950
Vrijeme isporuke	0.276	0.205	0.421	0.173	0.209	0.346	0.272	1,908	7,022
Godišnja prodaja	0.013	0.023	0.028	0.074	0.023	0.038	0.033	0.210	6,324
								$\lambda_{pr} =$	6,610
								CI =	0.1219

Dobivene težine kriterija su  $B_1=0.047$ (težina kriterija faktora kritičnosti),  $B_2= 0.079$  (težina kriterija popravljivosti),  $B_3=0.124$  (težina kriterija izdržljivosti),  $B_4=0.445$  (težina kriterija pouzdanosti),  $B_5= 0.272$  (težina kriterija vremena isporuke),  $B_6=0.033$  (težina kriterija godišnje prodaje). Prema početnom postavljenom modelu, ispada da je kriterij pouzdanosti najvažniji. Zbog većeg broja alternativa (9) usporedba modela je zahtjevna.

Skalarna vrijednost j-tog kriterija, za i-tu alternativu je pomnožena s težinskim faktorom j-tog kriterija. Zbroj pomnožene skalirane vrijednosti i pondera za sve kriterije predstavlja ukupnu ocjenu za svaku stavku. Alternativa sa maksimalnim rezultatom je na vrhu, dok je alternativa sa minimalnim rezultatom na dnu ljestvice. Tako dobivamo novu klasifikaciju prikazanu tablicom 7.

Tablica 7: Kategorizacija artikla prema AHP metodi

	Ukupna vrijednost prodaje(kn)	Udio u prodaji	Kumulativ	Kategorija	Vrijeme isporuke (h)	Vr.isp*težina kriterija	AHP kategorija
Artikl 5	75000	22.87	22.87	A	24	12.7	B
Artikl 9	74000	22.56	45.43	A	18	9.52	B
Artikl 8	66000	20.12	65.55	A	48	25.4	C
Artikl 6	32000	9.76	75.30	B	10	5.29	A
Artikl 2	25000	7.62	82.93	B	30	15.87	B
Artikl 1	21000	6.40	89.33	B	18	9.5	A
Artikl 7	15000	4.57	93.90	C	24	12.7	B
Artikl 3	14000	4.27	98.17	C	14	12.7	A
Artikl 4	6000	1.83	100.00	C	3	1.58	A

S obzirom da je početni model postavljen tako da je kriterij godišnje prodaje najmanje bitan (što u praksi nije tako) vršila se AHP metoda po kriteriju vremena isporuke. Vrijeme isporuke je izabrano jer se zna da nije jedan od najbitnijih kriterija poslovanja, ali je postavljen tako da bude jedan od najvažnijih. Iz tablice 7 se vidi razlika između klasifikacije preko osnovne ABC analize i AHP metode. Uzmimo za primjer artikl 3, po kriteriju ukupne godišnje prodaje ABC analiza nam daje do znanja da nam taj proizvod nije bitan, međutim uzimajući u obzir samo vrijeme isporuke, taj artikl nam dobiva najviše na važnosti.

## 8. Zaključak

U današnje vrijeme zalihe su jedan od najvažnijih faktora poslovanja poduzeća koja se bavi takvom djelatnošću. Zbog toga poduzeća moraju odabrati tip zaliha koji najbolje odgovara njihovom načinu poslovanja, te se moraju sve više posvetiti troškovima zaliha i skladištenja.

Iz tog razloga je upravljanje zalihama vrlo bitno za svako poduzeće. Pravilnim upravljanjem zalihama mogu se izbjeći veliki troškovi, a samim time i ostvariti veća dobit poslovanja.

Uzevši u obzir navedeno, ABC analiza je odličan alat pri izradi optimalne količine zaliha. Njezinom primjenom tvrtka dobiva uvid u to koji artikl joj donosi najviše zarade, te samim time uvid u to kojem artiklu trebaju davati najviše važnosti (skupina A). Upravo tim artiklima koji spadaju u A skupinu, tvrtka će obavljati češću i detaljniju analizu s ažurnim podacima i novim tehnologijama. Za artikle skupine B dovoljno bi trebalo biti obaviti kontrolu i jednostavniju analizu jednom mjesečno, dok je artikle skupine C najčešće dovoljno kontrolirati periodički.

Modernim tvrtkama osnovna ABC analiza nije dovoljna iz razloga što uzima u obzir samo novac kao kriterij. Iz tog razloga se odlučuju na višekriterijsku ABC analizu koja uz novac, obuhvaća i još nekoliko drugih kriterija koji su bitni toj tvrtci za poslovanje. Naravno, najbitnija je stvar da tvrtka zna koji su joj kriteriji važni. Najčešće se tvrtke koriste plaćenim softwareima poput STATISTICE, SAS-a ili SPSS-a koji složenu višekriterijsku ABC analizu odrade brzo i detaljno.

## LITERATURA

- [1] <https://www.scribd.com/doc/245598833/Upravljanje-Zalihama> (lipanj 2021)
- [2] [http://e-student.fpz.hr/Predmeti/U/Upravljanje\\_zalihama\\_\(1\)/Materijali/Predavanja\\_profsafran.pdf](http://e-student.fpz.hr/Predmeti/U/Upravljanje_zalihama_(1)/Materijali/Predavanja_profsafran.pdf) (lipanj 2021)
- [3] Segetlija, Z.: Uvod u poslovnu logistiku, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, 2002. Godine
- [4] Šafran, M.: Nastavni materijali iz kolegija „Upravljanje zalihama“, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2015.
- [5] [http://www.unizd.hr/portals/4/nastavni\\_mat/2\\_godina/menadzment/menadzment\\_07.pdf](http://www.unizd.hr/portals/4/nastavni_mat/2_godina/menadzment/menadzment_07.pdf) (lipanj 2021)
- [6] Renko, S.: Upravljanje zalihama, poslovna logistika, Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet, 2010
- [7] Ferišak, V.: Nabava: Politika- Strategija – Organizacija – Management, Tisak Grafos, Zagreb, 2002
- [8] Prester, J.: Upravljanje lancima dobave, Sinergija nakladništvo, Zagreb, 2012
- [9] Beker, I.: Upravljanje zalihama, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Novi Sad, 2011
- [10] Božić, D.: Nastavni materijali iz kolegija „Upravljanje zalihama“, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2015.
- [11] Zelenika, R., Pupovac, D.: Menadžment logističkih sustava, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, IQPLUS d.o.o. Kastav, 2008
- [12] <http://www.bms.co.in/explain-the-traditional-techniques-of-inventoryreplenishment-systems/> (lipanj 2021)
- [13] Žic, S.: Optimizacija upravljanja zalihama dobavljačkih lanaca, doktorska disertacija, Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet, 2014.
- [14] Ching-Wu Chu, Gin-Shuh Liang, Chien-Tseng Liao: Controlling Inventory by Combining ABC Analysis and Fuzzy Classifications, Computers & Industrial Engineering, Volume 55, 2008.
- [15] [https://www.researchgate.net/figure/Pareto-chart-of-ABC-classification-of-coagulation-and-hematology-reagents\\_fig1\\_256852552](https://www.researchgate.net/figure/Pareto-chart-of-ABC-classification-of-coagulation-and-hematology-reagents_fig1_256852552)
- [16] <http://vallisaurea.org/wp-content/uploads/2020/02/Bosnjakovic-Mladen-Cobovic-Mirko-Kulas-Anita-0129->



[0135.pdf?fbclid=IwAR0LC0XvOk1p5Q52zPZlcLHxjiwkkGjTOKsJl4ob9GzP6xj\\_QuwCM-qRWdg](#) (srpanj 2021)

## POPIS SLIKA

Slika 1:Konstrukcija dijagrama prolaska pomoću modela lijevka. ....	4
Slika 2: Nezavisna potražnja.....	6
Slika 3. Zavisna potražnja .....	7
Slika 4: Minimalne zalihe .....	8
Slika 5: Sigurnosne zalihe .....	11
Slika 6: Kontinuirani sustav nadzora zaliha .....	14
Slika 7: Periodični sustav nadzora zaliha .....	15
Slika 8: Grafički prikaz ABC analize .....	21
Slika 9: Kritičnost zaliha .....	23

## POPIS TABLICA

Tablica 1: Saatyeva skala .....	26
Tablica 2: Podaci prodaje .....	28
Tablica 3: Podaci klasificirani po ABC analizi .....	28
Tablica 4: Matrica uspoređivanja kriterija .....	29
Tablica 5: Normalizirana [C] matrica.....	30
Tablica 6: Izračun omjera konzistentnosti.....	31
Tablica 7: Kategorizacija artikla prema AHP metodi .....	32



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

### IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ završni rad  
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na  
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.  
Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz  
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.  
Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj  
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.  
Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu \_\_\_\_\_ završnog rada  
pod naslovom **Višekriterijska ABC analiza**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom  
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 9/9/2021

Student/ica:

*Zavati*

(potpis)