

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Brigita Milić

ANALIZA UPRAVLJANJA ZALIHAMA U PROIZVODNJI

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2016

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

ANALIZA UPRAVLJANJA ZALIHAMA U PROIZVODNJI

ANALYSIS OF THE INVENTORY MANAGEMENT IN PRODUCTION

Mentor: Doc. dr. sc. Diana Božić

Student: Brigita Milić, 0135228701

Zagreb, 2016.

ANALIZA UPRAVLJANJA ZALIHAMA U PROIZVODNJI

SAŽETAK

U poslovanju poduzeća veliku ulogu imaju zalihe i način na koji se njima upravlja. Kako bi poduzeće ostvarilo što veći profit potrebno je osigurati optimalne količine zaliha. Jedna od metoda upravljanja zalihama i sirovinama unutar sektora proizvodnje je metoda planiranja potreba materijala, skraćeno PPM (eng. *Material Requirements Planning*, MRP). U ovom završnom radu opisane su specifičnosti i način rada navedene metode teoriji i kroz primjer zadatka. Kako bi se što bolje razumjela primjena PPM sustava napravljena je komparativna analiza tog sustava s ekonomskom količinom nabave i "upravo na vrijeme" (eng. *Just in time*, JIT) sustavom. Obradeni su primjeri planiranja zaliha, kapaciteta i vremena protoka u planiranju potreba materijala.

KLJUČNE RIJEČI: Upravljanje zalihama; modeli upravljanja; proizvodnja; planiranje materijala.

ANALYSIS OF THE INVENTORY MANAGEMENT IN PRODUCTION

SUMMARY

Inventory and inventory management play an important role in the business of a company. Ensuring the optimal amount of inventory (stock) is crucial for maximizing the profit of a company. One of the methods for managing stock and raw materials in the manufacturing sector is Material Requirements Planning (MRP). This thesis describes the specific details and implementation of this method in theory and through an example. A comparative analysis is made in order to better understand the application of the MRP system. The MRP system is compared with the economic order quantity and "just in time" system. Worked examples inventory planning, capacity and time flow planning requirements material.

KEYWORDS: Inventory management; model of inventory management; manufacturing, material planning.

SADRŽAJ:

1. Uvod	1
2. Općenito o važnosti upravljanja zalihama	2
2.1. Zalihe i njihova uloga	2
2.2. Razlog održavanja zaliha.....	3
2.3. Vrste zaliha	4
2.4. Modeli potražnje	7
2.4.1. Nezavisna potražnja	7
2.4.2. Zavisna potražnja.....	8
2.5. Sustavi upravljanja zalihama u proizvodnji	9
2.5.1. Ekonomska količina naručivanja.....	9
2.5.2. Sustav kontinuiranog nadzora.....	11
2.5.3. Sustav periodičnog nadzora	12
2.5.4. Sustav upravo na vrijeme	13
3. Specifičnosti upravljanja zalihama u proizvodnji	14
3.1. Sustav planiranje potreba materijala	14
3.2. Elementi sustava planiranja potreba materijala	16
3.3. Komparativna analiza sustava planiranja potreba materijala s tradicionalnim sustavom ekonomske količine naručivanja	18
3.4. Komparativna analiza sustava planiranja potreba materijala sa suvremenim upravo na vrijeme sustavom	18
4. Prikaz proračuna parametara kod upravljanja zalihama u proizvodnji	20
4.1. Planiranje zaliha u PPM sustavu.....	20
4.2. Planiranje kapacitetapotrebnog skladišta za opskrbu proizvodnje.....	26
4.3. Planiranje vremena isporuke narudžbi.....	28
5. Zaključak	31
Literatura	32
Popis kratica:.....	33
Popis slika:	35

Popis grafikona:..... 36

1. Uvod

Upravljanje zalihama predstavlja dio upravljanja proizvodnjom, jer zalihe utječu na isporuku robe i zahtijevaju velik kapital. Planiranje poslovanja, bilo to planiranje proizvodnje ili planiranje u skladištu, gotovo je nemoguće zamisliti bez određene razine zaliha. Zalihe predstavljaju određenu količinu sirovina, materijala, poluproizvoda ili gotovih proizvoda čija je uloga održavanje kontinuiteta proizvodnje te same opskrbe krajnjih potrošača. Iz godine u godinu sve više se razvijaju različiti modeli kako bi se omogućilo lakše upravljanje zalihama, gdje bi se samim time djelovalo na smanjenje troškova.

Cilj rada je osim teorijskih opisa pojmova o zalihama i njihovom upravljanju prikazati i specifičnosti upravljanja zalihama u proizvodnji, te na primjeru prikazati način planiranja zaliha za opsluživanje jedne odabrane proizvodne linije.

U uvodnom dijelu rada navedene su teorijske osnove o zalihama, njihovoj ulozi i razlogu držanja. To donosi odgovore na pitanja što, kako i kada naručiti tijekom procesa proizvodnje. U drugom poglavlju su opisani opći modeli potražnje- zato što isti imaju utjecaja na planiranje količine zaliha. Nakon toga detaljno je razjašnjen sustav upravljanja zalihama u proizvodnji. Razlikuju se tradicionalni i suvremeni sustavi. U tradicionalne sustave upravljanja zalihama ubrajaju se ekonomska količina naručivanja, periodični i kontinuirani nadzor, dok suvremenim sustavima pripadaju planiranje potreba materijala (*eng. Material Requirements Planning*) i upravo na vrijeme sustav (*eng. Just in time*).

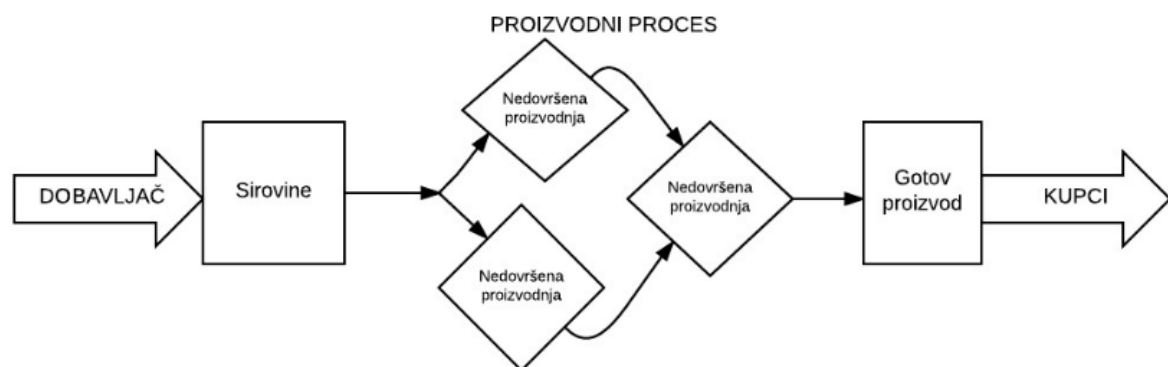
Ostatak rada orijentiran je na sustav planiranja potreba materijala i njegove elemente. Radi boljeg razumijevanja sustava napravljena je usporedba sa ekonomskom količinom naručivanja i sustavom upravo na vrijeme. U zadnjem poglavlju rada su obrađeni primjeri planiranja zaliha, kapaciteta i vremena protoka u sustavu planiranja potreba materijala.

2. Općenito o važnosti upravljanja zalihama

2.1. Zalihe i njihova uloga

Zalihe su uskladišteni materijali koji se koristi da bi olakšali proizvodnju, ili zadovoljili potražnju potrošača [1]. One se sastoje od sirovina, nedovršene proizvodnje ili poluproizvoda i gotovih proizvoda. S obzirom da nije uvijek moguće sinkronizirati isporuke i potrošnju predmeta rada, potrebno je držati zalihe kako bi se u kratkom roku mogle zadovoljiti potrebe za predmetima rada koji se stalno troše. Kako su potrebe korisnika i mogućnosti nabave kroz proizvodnju dinamičan proces, potrebno je održavanje zaliha, koje za primarni cilj imaju minimiziranje troškova. Pri tome se postavlja pitanje koja je optimalna količina zaliha koje bi poduzeće trebalo imati na skladištu.

Proces tijeka materijala se može predočiti jednostavnim dijagramom toka, koji je prikazan na slici 1. Na njemu se vidi transformacijski proces zaliha. Nakon što dobavljač dostavi sirovine, one ulaze u proizvodni proces. U proizvodnom procesu dolazi do prijelaznog stupnja zaliha, te one iz tog procesa izlaze kao roba koja je već posve transformirana i predstavlja gotov proizvod. Zalihe sirovina odvajaju proizvođača od njegovih dobavljača, zalihe u toku procesa rada, tj. poluproizvodi odvajaju različite faze proizvodnje jednu od druge, a zalihe gotovih proizvoda odvajaju proizvođača od njegovih kupaca [1].



Slika 1. Proces tijeka materijala

Izvor: [1]

Kroz taj proces toka materijala vidi se da su zalihe alocirane na različitim mjestima procesa proizvodnje, čiji tokovi povezuju jedno mjesto skladištenja s drugim. Razina do koje se zalihe mogu popuniti ovisi o kapacitetu dobave, a razina njihova pražnjenja od potražnje.

2.2. Razlog održavanja zaliha

Najvažniji razlozi, koji uvjetuju potrebu održavanja zaliha prema [1] su:

→*Zaštita protiv nesigurnosti.* Prilikom upravljanja zalihama nesigurnosti su prisutne u potražnji, nabavi i vremenu trajanja procesa. Kako bi se osigurala zaštita od tih nesigurnosti održavaju se sigurnosne zalihe. Sigurnosne zalihe sirovina osiguravaju poslovanje od nepouzdanih dobavljača ili promjena u vremenu isporuke. Međutim, smanjenjem potreba za sigurnosnim zalihama osigurava se smanjenje troškova poslovanja.

→*Omogućavanje ekonomske proizvodnje i nabave.* Cilj svakog poduzeća je što ekonomičnije poslovanje, kako bi se ono omogućilo razvijene su neke od metoda koje su u primjeni. Proizvodnja u serijama je jedan od načina ekonomičnog poslovanja. Ona omogućuje da se ista proizvodna oprema koristi za izradu različitih proizvoda. Kada su u pitanju nabava sirovina, ekonomičnu nabavu predstavlja naručivanje sa popustom na količinu i troškove prijevoza. U takvoj vrsti naručivanja jedini problem predstavlja skladištenje tih sirovina odnosno stvaranje velikih zaliha, koje su za kasniju upotrebu. Ovaj problem zaliha danas se rješava na način proizvodnje *Just in time*.

→*Pokrivanje očekivanih promjena u potražnji ili ponudi.* Kad su u pitanju očekivane promjene u ponudi ili potražnji onda se nastoji što pravilnije i točnije pristupiti takvoj promjeni. To može biti promjena u cijeni ili pak raspoloživosti sirovina. Kako bi se spriječile promjene rada ili da ne bi došlo do obustavljanja radnih procesa, kompanije unaprijed povećavaju svoje zalihe. Jedan takav primjer poslovanja je zasnovan na sezonskim oscilacijama npr. tvornica sladoleda na temelju sezonskih oscilacija i praćenja povijesnih zapisa, može se bez problema odlučiti za povećanjem nabave sirovina u ljetnoj sezoni.

→*Osiguranje transporta.* Kako bi sirovine, poluproizvodi ili gotovi proizvodi bili iskorišteni potrebno ih je donijeti i postaviti na odgovarajuća mjesta. Tehnički gledano to predstavlja transport zaliha, koji je neophodan. Pod transportom zaliha možemo uvrstiti i transport do lokacije tvornice, a i od jednog proizvodnog procesa do drugog.

2.3. Vrste zaliha

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 i slično. U slučaju premalih zaliha postoji opasnost od prekida proizvodnje, a time i povećanja troškova. U smislu mogućnosti i prihvatljivosti odvijanja procesa, svrha zaliha je: zaštititi poslovanje i proizvodnju u uvjetima neizvjesnosti, omogućiti ekonomičnu nabavu i proizvodnju, pokriti predviđene promjene u ponudi i potražnji i omogućiti tijek materijala unutar proizvodnje [1].

S obzirom na planirani normativ, kao i pretpostavku za kontinuirano odvijanje procesa proizvodnje, zalihe se mogu podijeliti na [2]:

- Minimalne
- Maksimalne
- Sezonske
- Optimalne
- Prosječne
- Sigurnosne
- Špekulativne
- Nekurentne zalihe.

Prema vrsti robe koja se skladišti zalihe se dijele na [2]:

- Zalihe materijala i sirovina
- Zalihe dijelova i poluproizvoda
- Zalihe gotovih proizvoda.

Minimalne zalihe predstavljaju najmanju količinu robe koja je potrebna da se povremeno zadovolje obveze poduzeća po količini i asortimanu. Kako bi se utvrdila minimalna količina zaliha potrebno je utvrditi dnevnu potrošnju ili prodaju robe (ovisno o tome radi li se o proizvodnji ili distribuciji) i rokove nabave. Prema [2] minimalna količina zaliha računa se pomoću formule (1):

$$Z_{min} = Q_{dn} * V_{nab} \quad ili \quad Z_{min} = \frac{Q_{god} * V_{nab}}{D} \quad (1)$$

gdje oznake imaju sljedeće značenje:

- Z_{min} - minimalne zalihe
- Q_{dn} - dnevna potrošnja
- Q_{god} - godišnja potrošnja
- V_{nab} - vrijeme nabave
- D- broj radnih dana u godini

Držanje minimalnih zaliha ima smisla samo ako je riječ o poslovanju koje nema sezonskih oscilacija te ima pouzdane dobavljače.

Nadalje, previsoke zalihe smanjuju ekonomičnost poslovanja jer nepotrebno nastaju troškovi skladištenja i zaliha. Pored toga postoji opasnost od zastarijevanja, kvarenja ili gubitka materijala na zalihama. Maksimalne zalihe predstavljaju gornju granicu količine robe u skladištu iznad koje se ne smije u određenom razdoblju nabavljati roba[3]. Držanje maksimalnih zaliha ima smisla kadaproizvodnja ili narudžbe kupaca osciliraju tijekom godine, pa se poduzeće politikom držanja maksimalnih zaliha osigurava od nestašice robe.

Način na koji se dobiva maksimalna zaliha, prema [2] prikazan je formulom (2):

$$Z_{max} = \frac{Vrijednost\ najveće\ planirane\ prodaje}{Dani\ odabranog\ ili\ planiranog\ razdoblja} * norma\ dani \quad (2)$$

gdje je:

- Z_{max} - maksimalne zalihe

Sezonske zalihe su zalihe proizvedene i prikupljene u jednom razdoblju da bi se isporučivale u budućem razdoblju za buduću potražnju. One se još mogu definirati kao količina robe sakupljene tijekom određenog vremenskog razdoblja, a namijenjene su zadovoljenju povećane potražnje u kratkom razdoblju odnosno u sezoni (prodaja kupaćih kostima, prodaja sladoleda...)[3].

Optimalne zalihe predstavljaju količinu koja uz najniže troškove nabave i držanja zaliha osigurava nesmetano odvijanje procesa proizvodnje ili prodaje. Po količini nalaze se između minimalnih i maksimalnih zaliha. Izračun normativa optimalnih zaliha proizvoda prikazan je formulom (3), navedena formula je preuzeta iz [2]:

$$Z_{opt} = (P + R_1) * (V + R_2) \quad (3)$$

gdje je:

- Z_{opt} - normativ optimalne zalihe gotovih proizvoda
- P - planirana prodaja
- R_1 - rezerva kojom se na temelju procjene povećava planirana prodaja uslijed podbačaja plana proizvodnje ili povećanog škarta ili loma
- V- normirani broj dana ili mjeseci između vremena naručivanja i isporuke
- R_2 - rezerva kojom se na temelju procjene povećava normirani broj dana ilimjeseci zbog izuzetnih teškoća u isporuci robe.

Prosječne zalihe čine prosjek stanja zaliha tijekom određenog vremenskog razdoblja, najčešće godine. Računaju se načinom prikazanim na formuli (4) [2].

$$Z_{prosječna} = \frac{\frac{1}{2}(z_1) + (z_2) + (z_3) + (z_4) + (z_5) + \dots + (\frac{1}{2}z_n)}{n - 1} \quad (4)$$

Sigurnosne zalihe se definiraju kao količina zaliha nekog artikla na skladištuu trenutku dolaska nove isporuke [1]. One imaju za cilj osigurati tijek proizvodnje i prodaje od nesigurnih dobavljača. Prema [2] formula za izračunavanje sigurnosnih zaliha (5) izgleda ovako:

$$S = z\sigma_{\tau} \quad (5)$$

Špekulativne zalihe predstavljaju količinu robe u skladištu sakupljenu s ciljem prodaje kada se cijene znatnije povećaju [1].

Nekurentne zalihe često predstavljaju problem, jer su takve zalihe definirane kao količina zaliha koja nema dovoljan koeficijent obrtaja (0-2). Predstavljaju zalihe koje se ne mogu prodati ili se mogu prodati po znatno sniženoj cijeni (zbog zastarjelosti, pokvarljivosti, loma...)[1].

2.4. Modeli potražnje

Bitna razlika u upravljanju zalihama je u tome da li je potražnja nezavisna ili zavisna od proizvodnje. Gotovi proizvodi i rezervni dijelovi spadaju u zalihe kod nezavisne potražnje. Zalihe kod zavisne potražnje potječu od potražnje za drugim dijelom ili komponentom (zalihe u tijeku procesa), tj. zalihe sirovina su vezane uz zavisnu potražnju [1]. Kod proizvodnje telefonskog uređaja potražnja za gotovim proizvodom je nezavisna, a potražnja za njegovim dijelovima je zavisna o potražnji za njima.

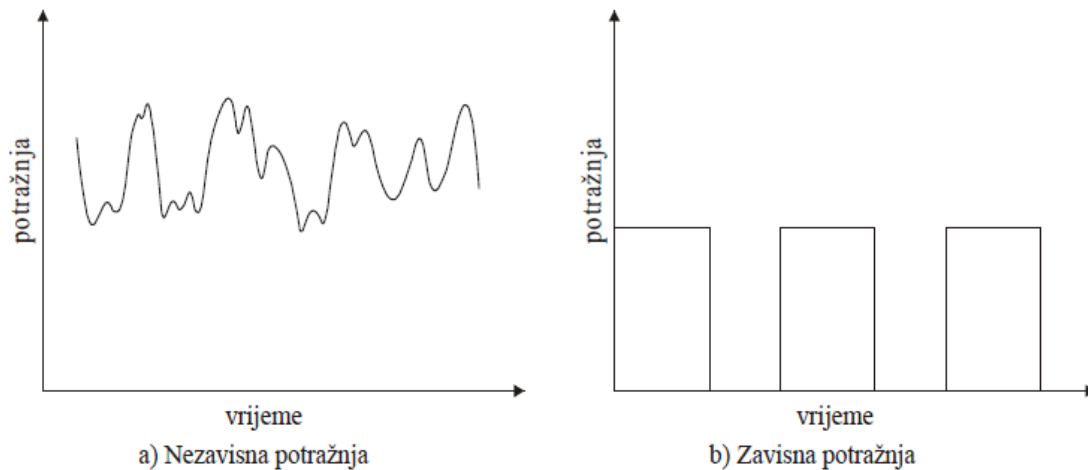
2.4.1. Nezavisna potražnja

Na nezavisnu potražnju utječu tržišni uvjeti(npr. cijena proizvoda), koji su izvan kontrole proizvodnje, pa je ona stoga nezavisna o proizvodnji. Zalihe gotovih proizvoda i rezervnih dijelova imaju obično nezavisnu potražnju [3].

Nezavisna potražnja pokazuje različite zakonitosti ili modele potražnje. Budući da je nezavisna potražnja podložna tržišnim uvjetima, ona često pokazuje fiksni model. Za ovakvu potražnju prikladna je filozofija „popunjavanja“[4]. Kako se troše zalihe sa skladišta, one se tako popunjavaju. Ova filozofija generira različite vrste metoda i sustava kompjuterskih

softvera. Jedna od najpoznatijih metoda je, metoda ekonomske količine narudžbe (eng. *Economic Order Quantity* – EOQ)[4].

Na grafu 1. prikazani su odnosi nezavisne (a) i zavisne (b) potražnje. Graf nezavisne potražnje ukazuje variranje potražnje kroz određeno vrijeme.



Grafikon 1. Modeli potražnje, [2]

2.4.2. Zavisna potražnja

Zavisna potražnja ukazuje na konstantnu potražnju kroz određeno vrijeme, ona je povezana s potražnjom za drugim predmetima i nije nezavisno određena tržištu. Kada se proizvodi sastavljaju od dijelova i sklopova, potražnja za tim komponentama ovisi o potražnji za konačnim proizvodom. Njena značajka je da se proizvodnja terminski planira u serijama, stoga zavisna potražnja pokazuje model stalnog variranja. Filozofija koja je prikladna za zavisnu potražnju je filozofija „potreba“[4]. Ova filozofija naručivanja implicira naručivanje zaliha sirovina ili poluproizvoda, samo ako su potrebni. Kod zavisne potražnje zaliha najpoznatiji je model planiranja potreba materijala i model planiranja resursa za proizvodnjom [2].

2.5. Sustavi upravljanja zalihama u proizvodnji

Upravljanje zalihama se generalno sastoji iz planiranja, kontrole i upravljanja zalihama. Proces planiranja zahtijeva utvrđivanje razine minimalne, optimalne i maksimalne zalihe. Kontrola podrazumijeva brigu menadžera o trenutnim stanjima. Proces upravljanja podrazumijeva donošenje odluka menadžmenta o nabavi, plasiranju i sl. Upravljanje zalihama treba biti efektivno i efikasno. Efektivno upravljanje predstavlja vid upravljanja pri kome je poduzeću, odnosno njegovoj proizvodnji osigurana odgovarajuća i dovoljna količina materijala. Efikasno upravljanje zalihama je upravljanje pri kome su troškovi čuvanja materijala svedeni na minimum [2]. Pri upravljanju zalihama u proizvodnji postoje različite vrste sustava koje se mogu koristiti, to su tradicionalni i suvremeni sustavi. U tradicionalne sustave upravljanja se ubraja [2] :

- Ekonomsku količinu naručivanja
- Sustav kontinuiranog nadzora
- Sustav periodičnog nadzora.

U suvremene sustave upravljanja zalihama se ubraja:

- „Just in time“ sustav
- Sustav planiranja potreba materijala.

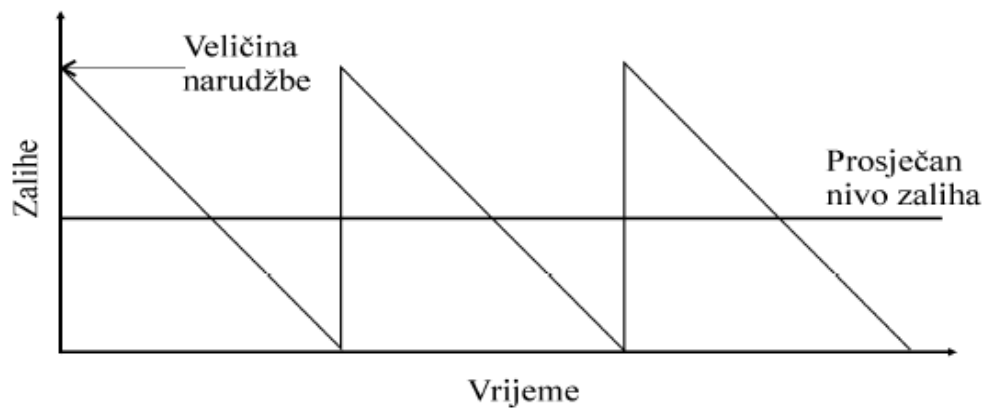
2.5.1. Ekonomska količina naručivanja

Godine 1915. F.W.Harris je razvio formulu ekonomske količine narudžbe (EKN, eng. *Economic Order Quantity*, EOQ) [1]. Kasnije je ta formula zahvaljujući naporima savjetina Wilsona, stekla široku primjenu u industriji. EKN i njezine varijante se još uvijek široko koriste u industriji za upravljanje zalihama kod nezavisne potražnje. Ona predstavlja uobičajenu tehniku za optimizaciju zaliha [2].

Izvođenje EKN modela se temelji na sljedećim pretpostavkama [5]:

- Količina potražnje je konstantna, ponavljajuća i poznata
- Vrijeme trajanja procesa realizacije narudžbe je konstantno i poznato
- Nije dopušten nikakav nedostatak zaliha
- Materijal se naručuje ili proizvodi u partijama, odnosno serijama, i cijela količina se stavlja u zalihe odjednom.

Prema nabrojanim pretpostavkama zalihe dobivaju profil kakav je prikazan na slici 2. Može se uočiti da slika prikazuje savršeno „nazubljeni model“, jer je potražnja konstantna, a predmeti se naručuju u fiksnim veličinama serija.



Slika 2. Kretanje zaliha s vremenom, [2]

Model se zasniva na formuli za izračunavanje optimalne količine (veličine narudžbe) koja glasi: ekonomična količina nabave definirana je kao optimalna količina nabave kojom se minimiziraju ukupni varijabilni troškovi u nabavi i držanju zaliha. Pokazuje odnose između cijena nabavljanja i čuvanja robe [2]. Formula ekonomske količine naručivanja (6) sugerira da bi se zalihe trebale povećati samo za kvadratni korijen od vrijednosti prodaje [2].

$$Q = \sqrt{\frac{2 * D * A}{ic}} \quad (6)$$

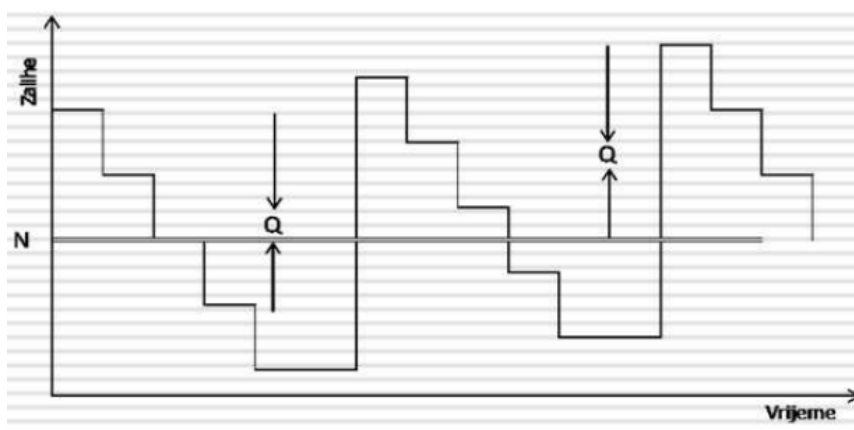
gdje je:

- Q - količina artikala koji se nabavlja
- D - potražnja u periodu vremena
- A - trošak po nabavi
- ic - trošak držanja zaliha

2.5.2. Sustav kontinuiranog nadzora

Da bi se opisao sustav kontinuiranog nadzora, potrebno je pretpostaviti da se razina zaliha na skladištu konstantno nadzire. Kod kontinuiranog naručivanja odluka o ponovnom naručivanju temelji se na ukupnoj i plus naručenoj količini. U obzir ulazi i naručena količina jer se taj materijal već nalazi u glavnom terminskom planu, te je u dolasku [1].

Kod sustava kontinuiranog nadzora stanje zaliha se kontrolira poslije svake transakcije (ili kontinuirano). Kada zalihe padnu na unaprijed utvrđenu točku naručivanja plasira se narudžba određene količine. Budući da je količina narudžbe određena, vrijeme između narudžbi će varirati ovisno o slučajnoj potražnji. Taj sustav se naziva Q sustav ili sustav fiksne količine narudžbe [4]. Tehnika kontinuiranog nadzora koja je prikazana na slici 3 prikazuje da zalihe opadaju sve dok se ne dostigne točka ponovnog naručivanja kada se plasira narudžba za Q jedinica tj. određenom količinom sirovima, materijala. Naručena količina dolazi nakon što prođe vrijeme trajanja realizacije narudžbe a ciklus ponovnog naručivanja se ponavlja. Kad je narudžba plasirana, sustav zaliha je izložen mogućem nedostatku, sve dok ne stigne naručena količina. No, budući da točka ponovnog naručivanja nije nula, može se pretpostaviti da sustav neće ostati bez zaliha osim ako narudžba nije bila plasirana [2].

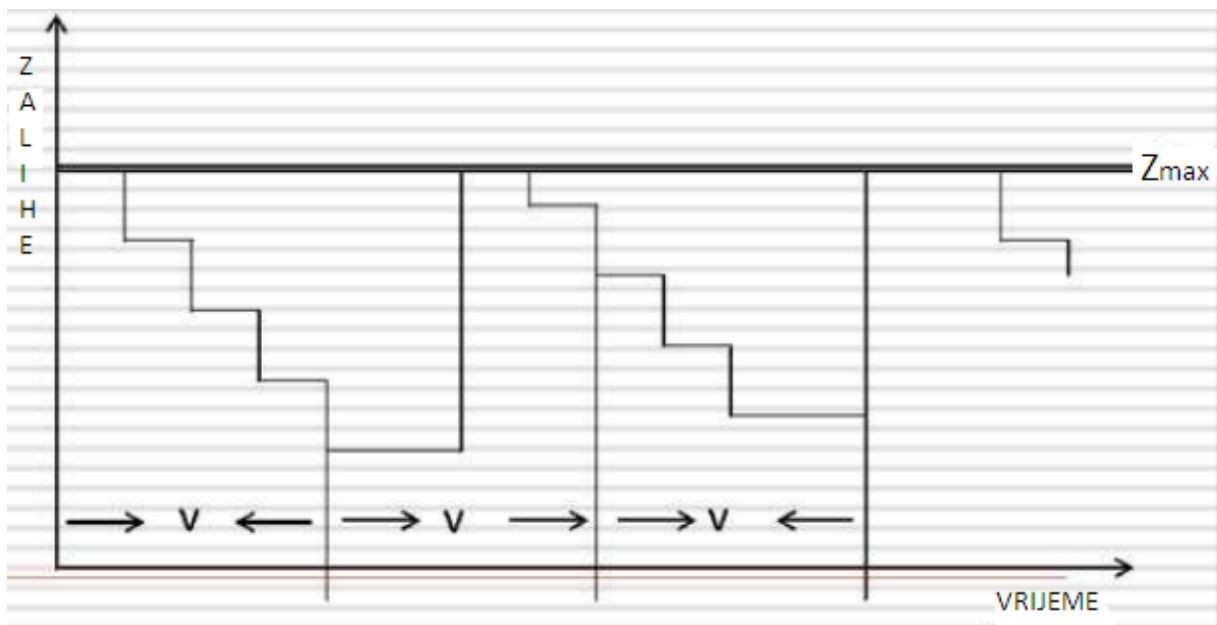


Slika 3. Tehnika kontinuiranog nadzora, [2]

2.5.3. Sustav periodičnog nadzora

U nekim slučajevima je moguće povremeno nadziranje stanja količinaproduka na skladištu. U sustavu periodičnog nadzora, pretpostavlja se da dobavljač preuzima narudžbe i vrši isporuku periodično. U tom slučaju se zalihe provjeravaju periodično, a narudžbe se rade svaki put kada je materijal potreban. Ovaj sustav se još naziva P sustavom ili sustavom fiksnog intervala [4].

P sustav funkcionira na potpuno drugačiji način od Q sustava jer nema točku ponovnog naručivanja nego ciljanu razinu zalihe, uz to nema ni ekonomsku količinu narudžbe, nego fiksni interval naručivanja.



Slika 4. Tehnika periodičnog nadzora, [2]

Kao što je na slici 4. vidljivo, zalihe se smanjuju kroz vrijeme. Kada prođe fiksno određeno vrijeme tada se naručuje količina zaliha koja će dovesti stanje zaliha na ciljanu razinu. Naručena količina stiže nakon što protekne vrijeme procesa realizacije narudžbe, odnosno vrijeme isporuke, koje je unaprijed poznato.

2.5.4. Sustav upravo na vrijeme

Sustav upravo na vrijeme (eng. *Just in time*) je razvijen sredinom 1970-ih u *Toyota Motor Company* u Japanu [6]. Radi se o sustavu koji zahtjeva uklanjanje svih gubitaka, tj. svega onog što ne daje vrijednosti u proizvodnim aktivnostima. Ideja je da se dijelovi potrebni za proizvodnju proizvode u trenutku kada su oni doista potrebni, tj. upravo na vrijeme. Tako se štedi na skladištenju, papirologiji, količini pogrešaka, i sl.

Elementi *Just in timesustava* su [6]:

- *Jidoka* – to je japanska riječ za poboljšanje procesa na način da on bude što jednostavniji, kako bi se detektirale smetnje i otkrili uzroci grešaka.
- Smanjenje vremena pripreme proizvodnje - priprema proizvodnje za novu seriju mora biti napravljena u što kraćem vremenu i što jeftinije moguće.
- Kanban - sustav pomoću kojeg se signalizira proizvodnja ili dobava novog materijala On zapravo predstavlja jednostavni sustav popunjavanja koji se koristi u velikim samoposlužnim objektima, gdje kupac bira robu sa polica koju želi i uzima je (taj sustav se još naziva i „pull“ sustavom). Kada se javi potreba za materijalom, šalje se kanban kontejner do mjesta gdje se treba napuniti s materijalom.

Proizvodnja bez zaliha temelji se na isporuci dobara i materijala točno kada se i gdje zahtjeva. Stoga se zahtjevalak protok kroz kanale distribucije, bez zastoja i čekanja. Prema [7], pretpostavka uspješne primjene ovog sustava je da ponuda odgovara potražnji, a nabava proizvodnji, odnosno:

- Posao mora biti važan za obje strane,
- Dobavljači i kupci moraju biti u stalnoj i bliskoj vezi,
- Potražnja mora biti trajna,
- Komunikacijska povezanost između partnera u opskrbnom lancu mora biti točna i efikasna,
- Relevantan brz protok informacija.

3. Specifičnosti upravljanja zalihama u proizvodnji

Zalihe kod zavisne potražnje nisu zavisne o uvjetima na tržištu, kao što je i opisano u prethodnom dijelu rada. Primjer takvih zaliha jesu sirovine i zalihe poluproizvoda, koji se koriste kod proizvođačkih kompanija za potrebu samog procesa proizvodnje.

Sustav planiranja potreba materijala, odnosno PPM sustavse jednostavno može objasniti kroz korake [1]. Prvi korak je utvrđivanje svih potrebnih komponenti i dijelova za proizvodnju određenog broja proizvoda. Sve što je potrebno bilježi se u sastavnicu. Sastavnica predstavlja dokument u kojeg se unose svi dijelovi potrebni za proizvodnju bilo kojeg finalnog proizvoda u glavnom terminskom planu. Potrebni dijelovi mogu uključivati sklopove, podsklopove, proizvedene dijelove i kupljene dijelove. Prilikom popunjavanja sastavnice neophodno je uzeti u obzir i zalihe dijelova koji su već raspoloživi, ili naručeni. Na primjer, neka narudžba za 100 gotovih proizvoda može zahtijevati novu narudžbu za 10 komada određene sirovine, jer na skladištu već ima njih 50, a naručeno je već 40 komada.

Sljedeći korak odnosi se na vrijeme trajanja procesa proizvodnje i nabave dijelova [1]. Ako na skladištu ima dovoljno raspoloživih proizvodnih i kupljenih komponenti koji su potrebni za trenutnu narudžbu, PPM sustav će izraditi valjan plan aktivnosti nabave i proizvodnje.

3.1. Sustav planiranje potreba materijala

PPM sustav je lako razumljiv i može se koristiti na različite načine. Definirane su tri glavne funkcije PPM sustava, na sljedeći način [1]:

◦ Upravljanje zalihama:

- Naruči pravi dio
- Naruči u potrebnoj količini
- Naruči u pravi trenutak.

◦Prioriteti isporuke:

- Naruči sa pravim rokom isporuke
- Drži rok isporuke stalno valjanim.

◦Usklađivanje kapaciteta:

- Ukupno opterećenje poslovima
- Točno opterećenje poslovima
- Adekvatan vremenski raspon za uočavanje budućeg opterećenja poslovima.

Postoje tri različita tipa PPM sustava, koji su opisani u nastavku [2]:

TIP I (*Material requirements planning-MRP*) - planiranje potreba za materijalom . Ovaj PPM sustav predstavlja sustav kontrole zaliha koji ima ulogu puštanja naloga za proizvodnju i nabavu u pravim količinama i u pravo vrijeme, kao potpora glavnog terminskog plana. Taj sustav izdaje naloge za kontrolu zaliha u toku procesa proizvodnje i zaliha sirovina kroz određivanje pravog vremena lansiranja narudžbe. Ovaj tip sustava ne uključuje planiranje kapaciteta.

TIP II(*Manufacturing Resources Planning-MRP II*) - planiranje kapaciteta . Ovaj PPM sustav je informacijski sustav koji se koristi za planiranje i kontrolu zaliha i kapaciteta u proizvođačkim kompanijama. U ovom sustavu se narudžbe odnosno nalozi, provjeravaju kako bi se došlo do podataka o raspoloživim kapacitetima. Ako ih nema dovoljno, tada treba promijeniti kapacitete ili terminski plan. Ovaj sustav ima povratnu vezu između lansiranih naloga i glavnog terminskog plana radi prilagodbe raspoloživih kapaciteta. Kao rezultat, ovaj tip sustava nazivamo i zatvorenom petljom, jer kontrolira i zalihe i kapacitete.

TIP III (*Enterprise resource planning-ERP*)- sustav planiranja resursa. Ovaj sustav se koristi za planiranje i kontrolu svih proizvodnih resursa: zaliha, kapaciteta, osoblja, postrojenja i kapitalne opreme. Iz tog razloga ovaj sustav pokreće i sve ostale podsustave za planiranje resursa u kompaniji.

3.2. Elementi sustava planiranja potreba materijala

Da bi sustav planiranja potreba materijala funkcionirao potrebno je odrediti glavne elemente sustava. Prema [1] oni su:

→Glavni terminski plan proizvodnje. On se specificira kao glavni pokretač cijelog procesa planiranja potreba materijala. S kontrolom glavnog terminskog plana ujedno se vrši i kontrola usluga potrošačima, razina zaliha i troškovi proizvodnje. Proces izrade terminskog plana mora u potpunosti funkcionirati u skladu sa cjelokupnim agregatnim planom proizvodnje, koji je već prethodno uspostavljen ili traži njegovu modifikaciju, ako je to potrebno. Agregatni plan se može opisati kao generalni plan koji sadrži grupe proizvoda ili linije proizvoda a ne njihove specifičnosti, modele ili opcije, koje će se nalaziti u terminskom planu. Glavni terminski plan možemo predstaviti kao osnova radnog naloga, odnosno nabave. U sustavima tipa I. i II. PPM sustavaradni nalozi su stvari redovnog toka planiranja kapaciteta i kontrole materijala, kako bi se utvrdili potrebni kapaciteti na raspolaganju. Jedna od funkcija terminskog plana je i održavanje stvarnih ograničenja kapaciteta.

→Sastavnica proizvoda. Sastavnica je strukturirani popis svih materijala ili dijelova koji su potrebni za proizvodnju određenog finalnog proizvoda, sklopa, podsklopa, te dijela izrađenog u vlastitoj proizvodnji, ili kupljenog dijela. Sastavnica predstavlja jako bitnu komponentu u procesu, a zapravo je jako jednostavna. Ako poduzeće ima grešku u sastavnici, tada se neće naručiti pravi materijal, pa se proizvod neće moći proizvesti a niti dostaviti kupcu. Za poslovanje poduzeća potrebno je imati sve sastavnice 100% točne.

→Zapisi o zalihama. To je segment koji daje osnovne podatke o predmetu koji se nalazi na zalihama. Sadrži segmente: osnovnih podataka o predmetu, zalihama i dopunske podatke. Segment koji prikazuje stanje zaliha sadrži kompletan plan potrebnog materijala za svaki predmet tijekom vremena. Dok segment s dopunskim podacima sadrži informacije koje se odnose na izvanredne naloge, potrebne promjene, detaljne podatke o prošloj potražnji i ostalo. Tradicionalno se točnost zaliha provjerava godišnjom inventurom fizičkog stanja zaliha. Tada se tvornica zatvori na dan ili dva, te se skladište prebroji „od zida do zida“. Nakon što se inventura izvede uzima se njihovo stanje izraženo u novčanoj vrijednosti za potrebe financija. Samo godišnja inventura danas nije dovoljna za upravljanje jednim PPM

sustavom. Kao rezultat toga, uvedeno je cikličko prebrojavanje predmeta, koje se provodi svaki dan. Pogreške se ispravljaju svaki dan te se nastoji korigirati postupak koji ih je uzrokovao. Takvo prebrojavanje fizičkog stanja zaliha predstavlja jako pouzdan rezultat, tako da mnoga poduzeća ne traže više godišnje inventure.

→Planiranje kapaciteta. Ono pomaže menadžmentu u kontroli valjanosti glavnog terminskog plana. Postoje dva načina planiranja kapaciteta: grubo planiranje i opterećivanje poslovima radionica. Grubi terminski plan izračunava približne radne i strojne sate kako bi se procijenile buduće potrebe za kapacitetima. Ako nema dovoljno kapaciteta da se izvede terminski plan tada menadžment donosi odluku o promjeni razine istih.

→Nabava. Kašnjenje narudžbi je uvelike eliminirano, jer PPM sustav generira valjane vremenske rokove i drži ih ažurnima. Mnoge tvrtke danas uvode ERP sustav. On predstavlja računalno umrežavanje dobavljača i kupca, te omogućuje dobavljaču direktni pregled kompletne narudžbe iz računala kupca.

→Radionička kontrola. Svrha ove kontrole je slanje naloga u radionicu i pravilno postupanje kroz proizvodnju kako bi se izvela na vrijeme. Ovaj sustav pomaže u praćenju: izostajanja radnika s posla, kvarova strojeva, gubitaka, nestašice materijala i slično. Da bi ovaj sustav bio ispravan potrebo je zahtijevati povratne informacije o svim poslovima koji su u tijeku. Ako poslovanje koristi *Just in time* sustav, tada se sustav kontrole zamjenjuje *Kanban* sustavom koji je uvelike pojednostavljen i smanjuje troškove.

3.3. Komparativna analiza sustava planiranja potreba materijala s tradicionalnim sustavom ekonomske količine naručivanja

Jedna od razlika između ova dva sustava je upravo filozofija popunjavanja, koja je objašnjena u 2.4.1. poglavlju. Ukratko, filozofija popunjavanja signalizira da materijale treba popuniti kada padnu na nisku razinu. PPM sustav ne djeluje tako. Više materijala se naručuje samo u slučaju posebnih potreba koje je potrebno utvrditi glavnim terminskim planom. Ako nema potrebe u proizvodnji za određenim dijelom, on se neće naručivati, čak i kada je razina zaliha vrlo niska. Takav koncept potreba predstavlja problem u pojedinačnoj proizvodnji, jer se tu potražnja za dijelovima javlja u valovima. Kada je u poslovanju terminirana serijska proizvodnja, naručuje se točno onoliko zaliha koliko je potrebno za jednu seriju. Ako bi se za periodičnu potražnju koristio sustav s točkom naručivanja, tada bi se materijali držali na zalihama tijekom dugih vremenskih razdoblja u kojima nema potražnje [1].

Sljedeća razlika između ova dva sustava je u korištenju predviđanja. Za sustave s točkom naručivanja, buduća se potražnja predviđa na osnovi prošle potražnje [1]. Kod PPM sustava, prošla potražnja za sustavnim dijelovima nije važna. Filozofija naručivanja temelji se na potrebama koje se generiraju iz glavnog terminskog plana.

3.4. Komparativna analiza sustava planiranja potreba materijala sa suvremenim upravo na vrijeme sustavom

Sustav planiranja potreba materijala i upravo na vrijeme sustav su kompatibilni, te se u izvjesnim situacijama mogu koristiti zajedno. Prilikom usporedbe ova dva sustava važno je razumjeti razliku između sustava kontrole proizvodnje „povlačenjem“ i „guranjem“ [1].

Sustav „guranja“, kao što je PPM sustav, gura materijale u proizvodnju kako bi se zadovoljile buduće potrebe. Uspostavljen je glavni terminski plan koji predstavlja buduće narudžbe, što određuje koje komponente i dijelove treba naručiti i „pogurati“ kroz proizvodnju. Kod sustava „povlačenja“, kakav je upravo na vrijeme sustav, „povlače“ se

materijali kroz proizvodnju. Materijali su osigurani samo ako postoji potražnja. Taj sustav izbacuje potrebu „guranja“ materijala u proizvodnju.

Činjenica je da upotrebom JIT sustava u odnosu na PPM sustav, dovodi do smanjenja zaliha od 60% do 90 %, te do rastaproductivnosti nabave i proizvodnje od 20% do 100%, jer se isporukom narudžbe bez grešaka eliminira potreba kontrole i reklamacije, smanjuju se zastoji u proizvodnji, a otpadi svode na minimalne[8].

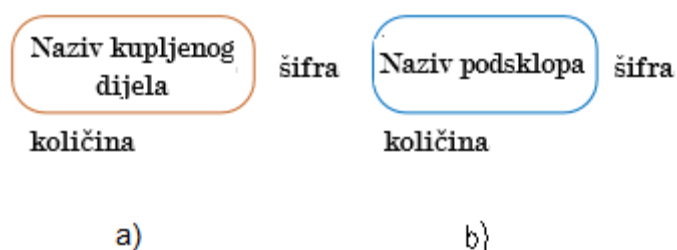
4. Prikaz proračuna parametara kod upravljanja zalihama u proizvodnji

U ovom poglavlju obrađeni su primjeri proračuna parametara koji se koriste za upravljanje zalihama sklopova, podsklopova i kupljenih dijelova u proizvodnji. Obrađena metoda upravljanja zalihama u proizvodnji je u prethodnom poglavlju detaljno pojašnjeni sustav planiranja potreba materijala (PPM sustav).

Poglavlje je podijeljeno na tri podpoglavlja. Prvo podpoglavlje tiče se planiranja zaliha u planiranju potreba materijala i prikazuje proceduru određivanja količine i vremena narudžbe pojedinih komponenti unutar proizvodnje telefona. Drugo poglavlje obrađuje planiranje kapaciteta skladišta na odjelu za pakiranje rafinerije šećera. Treće poglavlje je generički primjer računanja vremena isporuke narudžbe s tri komponente. Svi zadatci su preuzeti iz izvora [9].

4.1. Planiranje zaliha u PPM sustavu

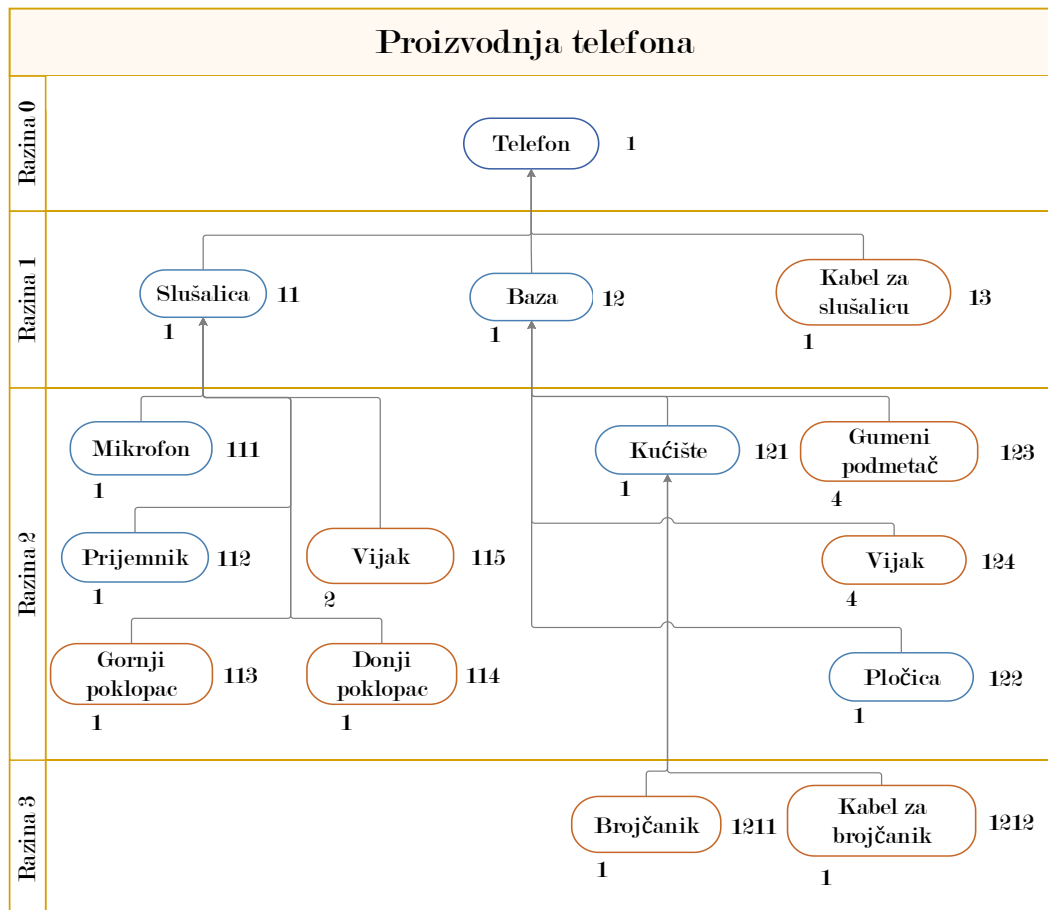
Primjer planiranja zaliha materijala u PPM sustavu prikazan je kroz proizvodnju jednog uobičajenog telefonskog uređaja. Prije same proizvodnje potrebno je odrediti količinu i trenutke narudžbe komponenti u određenom vremenskom periodu. Kao što je prikazano na slici 6, proizvodnja se sastoji od četiri razine, pri čemu konačni proizvod pripada najnižoj razini (razina 0).



Slika 5. Oznaka za: a) kupljeni dio, b) podsklop

Izvor: [9]

Količina i vrijeme narudžbe definira se posebno za svaku komponentu, pri čemu potrebna količina komponenti na nižim razinama može utjecati na potrebnu količinu komponenti na višim razinama. Različiti simboli, predstavljeni na slici 5, su iskorišteni za označavanje kupljenih komponenti i podsklopova. Pritom se podsklopom smatra svaka komponenta u proizvodnji koja je djelomično ili potpuno proizvedena/sastavljena unutar te proizvodnje.



Slika 6. Struktura proizvodnje telefona

Izvor: [9]

Za svaku komponentu formira se „sastavnica proizvoda“ slična onoj koja je u tablici 2 prikazana za komponentu „baza telefona“. U sastavnicu se upisuju informacije važne za provođenje planiranja zaliha odgovarajuće komponente. U prvi redak sastavnice se unose bruto zahtjevi. U svakoj kolonibruto zahtjevi predstavljaju ukupnu potražnju komponente u odgovarajućem trenutku. U drugi redak sastavnice komponente unose se zakazani prijemi.

To je broj komponenti koje su već naručene i postat će dio inventara. Treći redak sastavnice čini projektirani saldo materijala koji se prema [9] računa formulom (7) koja glasi:

$$\begin{aligned} \text{projektirani saldo materijala} &= \text{prethodni saldo materijala} \\ &+ \text{zakazani prijemi} \\ &- \text{bruto zahtjevi} \end{aligned} \quad (7)$$

Ukoliko je u određenom trenutku količina komponenti koje će biti dostupne u skladištu manja od bruto zahtjeva, da bi se zadovoljili bruto zahtjevi je potrebno naručiti/proizvesti dodatnu količinu komponenti. Broj komponenti koje je potrebno naručiti/proizvesti da bi se zadovoljili bruto zahtjevi uzimajući u obzir projektirani saldo materijala predstavlja neto zahtjeve. Neto zahtjevi se unose u četvrti redak sastavnice uzimajući u obzir projektirani saldo materijala, prema formuli (8):

$$\begin{aligned} \text{neto zahtjevi} &= \text{projektirani saldo materijala} \\ &- \text{bruto zahtjevi} \end{aligned} \quad (8)$$

Posljednja dva retka sastavnice definiraju koliko novih dijelova treba biti primljeno u skladište (planirani prijemi) i koliko novih dijelova treba naručiti (planirane narudžbe).

Tablica 1. Određivanje neto zahtjeva

Dio 12	Tjedan								
	Trenutno	1	2	3	4	5	6	7	8
bruto zahtjevi			600	1000	1000	2000	2000	2000	2000
zakazani prijemi		400	700	200					
projektirani saldo inventara	1200	1600	1700	900	0	0	0	0	0
neto zahtjevi					100	2000	2000	2000	2000
planirani prijemi									
planirane narudžbe									

Izvor: [9]

Za planiranje prijema i narudžbi komponenti u proizvodnom procesu potrebno je poznavati kapacitet skladišta i vrijeme isporuke za svaku komponentu. Primjeri određivanja kapaciteta skladišta i vrijeme isporuke obrađeni su u poglavljima 4.2. i 4.3.

Radi jednostavnosti, pretpostavlja se da je vrijeme isporuke svih komponenti jednako i iznosi 1 tjedan.

Tablica 2. Planiranje narudžbe

	Tjedan								
Dio 12	Trenutni	1	2	3	4	5	6	7	8
bruto zahtjevi			600	1000	1000	2000	2000	2000	2000
zakazani prijemi		400	700	200					
projektirani saldo inventara	1200	1600	1700	900	2900	900	1900	2900	900
neto zahtjevi					100	2000	2000	2000	2000
planirani prijemi					3000		3000	3000	
planirane narudžbe				3000		3000	3000		

Izvor: [9]

U tablici 1 je prikazana potpuna sastavnica komponente „baza telefona“. Planirani prijemi na razini 1 definirani su koristeći metodu maksimalne količine zaliha. Ovo znači da se, kad god bruto zahtjevi premašuju saldo inventara (odnosno kada postoje neto zahtjevi), naručuje maksimalna količina zaliha za odgovarajuću komponentu.

Na osnovi sastavnice za bazu telefona formiraju se sastavnice komponenti na višim razinama koje predstavljaju sastavni dio baze telefona. Neke od komponenti potrebne za proizvodnju baze telefona su brojčanik (razina 3), te kućište i gumeni podmetač (razina 2). Količina svake od ovih komponenti, potrebna za sklapanje baze telefona, izlučena je iz strukture sustava sa slike 6 i prikazana u tablici 3.

Tablica 3.Odnos komponenti baze telefona

Šifra	Razina	Opis	količina
12	1	Baza	1
121	2	Kućište	1
123	2	gumeni podmetač	4
1211	3	Brojčanik	1

Izvor: [9]

Bruto zahtjevi kućišta i gumenog podmetača određeni su planiranim narudžbama baze telefona, dok su bruto zahtjevi brojčanika određeni planiranim narudžbama kućišta. Npr., kako je za proizvodnju jedne baze telefona potrebno četiri gumena podmetača, za proizvodnju n baza telefona potrebno je $4n$ gumenih podmetača.

Na razinama 2 i 3 planirani prijemi se određuju metodom ekonomske količine naručivanja, što znači da se u određenom trenutku planira onoliko dodatnih prijema koliko je potrebno da se zadovolje bruto zahtjevi, uzimajući u obzir projektirani saldo materijala i zakazane prijeme. Sastavnica dijelova iz tablice 3 prikazana je u tablici 4. Zakazani prijemi i saldo materijala u trenutku planiranja potreba materijala označeni su plavom bojom.

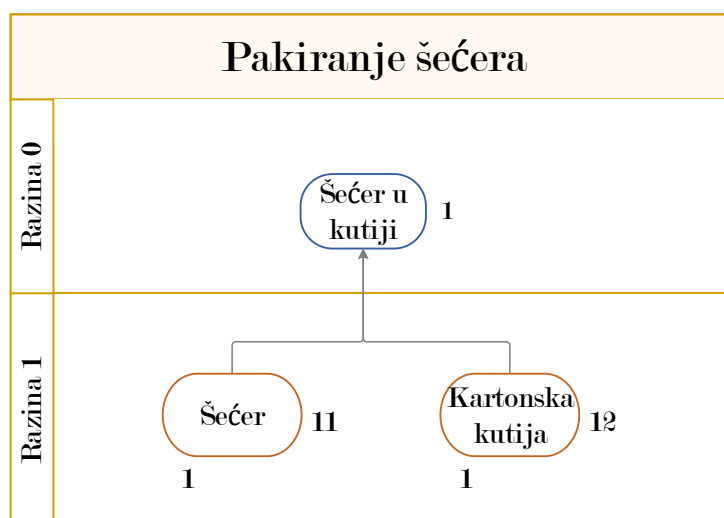
Tablica 4.Zakazani prijemi i saldo materijali

dio 12	Tjedan								
	trenutno	1	2	3	4	5	6	7	8
bruto zahtjevi			600	1000	1000	2000	2000	2000	2000
zakazani prijemi		400	400	400					
projektirani saldo inventara	800	1200	1000	400	2400	400	1400	2400	400
neto zahtjevi		0	0	0	0	0	0	0	0
planirani prijemi		0	0	0	3000	0	3000	3000	0
planirane narudžbe		0	0	3000	0	3000	3000	0	0
dio 121	trenutno	1	2	3	4	5	6	7	8
bruto zahtjevi	0	0	0	3000	0	3000	3000	0	0
zakazani prijemi									
projektirani saldo inventara	500	500	500	0	0	0	0	0	0
neto zahtjevi		0	0	0	0	0	0	0	0
planirani prijemi		0	0	2500	0	3000	3000	0	0
planirane narudžbe		0	2500	0	3000	3000	0	0	0
dio 123	trenutno	1	2	3	4	5	6	7	8
bruto zahtjevi	0	0	0	12000	0	12000	12000	0	0
zakazani prijemi			10000						
projektirani saldo inventara	15000	15000	25000	13000	13000	1000	0	0	0
neto zahtjevi		0	0	0	0	0	0	0	0
planirani prijemi		0	0	0		0	11000	0	0
planirane narudžbe		0	0	0	0	11000	0	0	0
dio 1211	trenutno	1	2	3	4	5	6	7	8
bruto zahtjevi	0	0	2500	0	3000	3000	0	0	0
zakazani prijemi		1500							
projektirani saldo inventara	1200	2700	200	200	0	0	0	0	0
neto zahtjevi		0	0	0	0	0	0	0	0
planirani prijemi		0	0	0	2800	3000	0	0	0
planirane narudžbe		0	0	2800	3000	0	0	0	0

Izvor: [9]

4.2. Planiranje kapaciteta potrebnog skladišta za opskrbu proizvodnje

Planiranje kapaciteta skladišta predstavlja važnu komponentu u planiranju potreba materijala. Kapacitet skladišta nebi trebao biti prevelik, jer to uzrokuje nepotrebne troškove zakupa. S druge strane, kapacitet skladišta bi trebao biti dovoljno velik da bi se u svakom trenutku moglo skladištiti količina proizvoda određena bruto zahtjevima.



Slika 7. Struktura pakiranja šećera

Primjer planiranja kapaciteta skladišta prikazan je na zadatku pakiranja šećera u jednoj tvornici, struktura pakiranja se vidi na slici 7. Parametri koji su potrebni za izračun kapaciteta skladišta definirani su kako slijedi:

vrijeme isporuke narudžbe, L	=	5 dana
očekivani godišnji zahtjevi, D	=	800 tona
faktor korisnosti, β	=	95%
očekivani zahtjevi unutar vremena isporuke, $D\tau$	=	16 tona
troškovi naručivanja, A	=	50 €
cijena po toni	=	4000 €
ukupni godišnji troškovi skladištenja	=	20 %

Prema [9], potrebna veličina skladišta $I(1)$ ovisi o količini narudžbe Q i količini sigurnosnih zaliha s , te je definirana izrazom (9):

$$I(1) = \frac{Q}{2} + s \quad (9)$$

Potrebna veličina skladišta je prema tome jednaka polovici količine narudžbe uvećanoj za količinu sigurnosnih zaliha. Oznaka $I(1)$ simbolizira da se šećer skladišti samo na jednoj razini skladišta. Nešto drugačije se kapacitet skladišta određuje u slučaju da se roba skladišti na više od jedne razine, što će biti naknadno razmotreno.

U praksi, ne skladišti se roba uvijek samo na jednoj razini. Ako se roba skladišti na dvije ili više razina tada dolazi do izmjena unutar formule za izračun kapaciteta skladišta. Onda se kapacitet skladišta računa prema formuli (10) koja je preuzeta iz [9]:

$$I(2) = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2AD/2}{ic}} + \frac{z\sigma_\tau}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{Q}{2} + s \right) \quad (10)$$

U razmatranom slučaju prema [9] vrijedi jednadžba (11):

$$z = \frac{(1 - \beta)Q}{\sigma_\tau} \quad (11)$$

Rješavanjem jednadžbe (11) izvučena je vrijednost parametra z normalne distribucije za ciljanu razinu usluge, a ona iznosi:

$$z = \frac{0.05 \times 10}{3.54} = 0.1412 = 0.71$$

Za računanje količine sigurnosnih zaliha s koristi se standardna devijacija unutra vremena isporuke σ_τ uz pretpostavku da zahtjevi unutar vremena isporuke slijede normalnu raspodjelu. Sigurnosne zalihe izračunate prema formuli (5) koja je opisana u poglavlju 2.3. sada iznose:

$$s = 0.71 \times 3.54 = 2.51 \text{ tona}$$

Prema metodi ekonomske količine naručivanja i njenoj formuli (6) obrađenoj u poglavlju 2.5.1., količina narudžbe iznosi:

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times 50 \times 800}{800}} = 10 \text{ tona}$$

Potrebna veličina skladišta na samo jednoj razini skladištenja prema formuli (9) iznosi:

$$I(1) = \frac{10}{2} + 2.51 = 7.51 \text{ tona}$$

U slučaju skladištenja materijala na dvije razine parametre uvrštavamo u formulu (10), te rezultat iznosi:

$$I(2) = \frac{10}{2} + 0,31 = 5,31 \text{ tona}$$

4.3. Planiranje vremena isporuke narudžbi

Vrijeme isporuke L uvijek postoji, te treba biti uključen u proračun planiranja potreba materijala. Ako je u trenutku t potrebna određena količina komponenti tada vrijeme isporuke određuje kada je potrebno naručiti te komponente, kako bi na vrijeme bile dostupne. U razmatranom primjeru sa 3 komponente pretpostavljeno je da svaka od komponenti ima jednako vrijeme isporuke. Za jedinicu vremena koristiti će se dan. Parametri potrebni za izračun zadatka definirani su kako slijedi:

redni broj komponente j	=	1	2	3
godišnji zahtjevi D_j	=	300	180	300
vrijeme proizvodnje jednog proizvoda t_j [dani]	=	0.5	1.0	0.3
vrijeme pripreme S_j [dani]	=	0.1	0.1	0.05
veličina skladišta Q_j	=	20	20	20

Prema [10] formula za vrijeme isporuke L (12) ovisi o dospijeću narudžbe, očekivanom vremenu usluge i varijanci usluge. Pritom očekivano vrijeme dospijeća narudžbe i očekivano vrijeme usluge slijede normalnu raspodjelu.

$$L = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2 + \lambda^2 \sigma^2}{2\lambda\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)} + \frac{1}{\mu} \quad (12)$$

Parametar očekivanog vremena dospijeća narudžbe λ potreban za izračunavanje vremena isporuke prikazan je formulom (13), a predstavlja sumu odnosa između godišnjih zahtjeva i veličine skladišta svih komponenti [10].

$$\lambda = \sum_{j=1}^3 \lambda_j \frac{D_j}{Q_j} \quad (13)$$

Vrijeme usluge uključuje vrijeme proizvodnje, vrijeme postavljanja i sl. Očekivano vrijeme usluge $\frac{1}{\mu}$ predstavljeno formulom (14) ovisi o godišnjim zahtjevima, vremenu proizvodnje, vremenu pripreme i veličini skladišta [10].

$$\frac{1}{\mu} = \frac{\sum_{j=1}^3 \lambda_j (S_j + t_j Q_j)}{\sum_{j=1}^3 \lambda_j} \quad (14)$$

Varijanca vremena usluge σ^2 također ovisi o godišnjim zahtjevima, vremenu proizvodnje, vremenu pripreme i veličini skladišta [10]. Formula (15) predstavlja način izračuna varijance vremena usluge.

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{j=1}^3 \lambda_j (S_j + t_j Q_j)^2}{\sum_{j=1}^3 \lambda_j} - \frac{1}{\mu} \quad (15)$$

Prema navedenoj formuli (13) u ovom primjeru zadatka iznos očekivanog vremena dospjeća narudžbe iznosi:

$$\lambda = \sum_{j=1}^3 \frac{D_j}{Q_j} = \frac{300}{20} + \frac{180}{20} + \frac{300}{20} = 13 \text{ dana}$$

Proračun očekivanog vremena usluge prema (14) iznosi:

$$\frac{1}{\mu} = \frac{15x(0.1 + 0.5x20)}{15} + \frac{9x(0.1 + 1x20)}{9} + \frac{15x(0.05 + 0.3x20)}{15} = 10.85 \text{ dana}$$

Uvrštavanjem parametara u formulu (15) dobivena je varijanca vremena usluge u vrijednosti:

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= \frac{15x(0.1 + 0.5x20)^2}{15} + \frac{9x(0.1 + 1x20)^2}{9} + \frac{15x(0.05 + 0.3x20)^2}{15} - 10.85 \\ &= 28.8231 \text{ dana} \end{aligned}$$

Izračun vremenaisporuke L prema formuli (12) sada iznosi:

$$L = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2 + \lambda^2 \sigma^2}{2\lambda \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)} + \frac{1}{\mu} = 4.05 \approx 4 \text{ dana}$$

5. Zaključak

Zalihe predstavljaju uskladišteni materijal koji se koristi da bi se olakšalo odvijanje proizvodnje, ili da bi zadovoljila potražnju kupca. Sastoje se od sirovina, zaliha u tijeku procesa rada (odnosno poluproizvoda) i gotovih proizvoda. Upravljanje zalihama ima ključnu ulogu u proizvodnji, zato što uvelike utječe na potrebu za kapitalom, troškove i kvalitetu usluge. Zalihe potrebne za proizvodnju mogu se pratiti pomoću računala korištenjem jednog od sustava planiranja i kontrole, koji se naziva planiranje potreba materijala (PPM, ili MRP sustav). Ulazni podatci PPM sustava definirani su glavnim terminskim planom. Planiranje potreba materijala je proces donošenja pravovremenih i kvalitetnih odluka koje poslovanju omogućuju dobit. Upravljanje zalihama uključuje odluke o tome što održavati na zalihama, koliko naručiti, kada naručiti te koju vrstu sustava kontrole koristiti.

U ovom radu analizirani su primjeri primjene sustava planiranja potreba materijala, kroz tri primjera. Tri poglavlja respektivno objašnjavaju planiranje zaliha, planiranje kapaciteta skladišta i planiranje vremena isporuke narudžbe. Prvo podpoglavljje tiče se planiranja zaliha u planiranju potreba materijala i prikazuje proceduru određivanja količine i vremena narudžbe pojedinih komponenti potrebnih za proizvodnju telefonskog uređaja. Drugo poglavljje obrađuje planiranje kapaciteta skladišta na odjelu za pakiranje rafinerije šećera. Treće poglavljje je generički primjer računanja vremena isporuke narudžbe za proizvodnju s tri komponente.

Pokazalo se da upravljanje zalihama u procesu proizvodnje predstavlja veoma složen proces koji zahtjeva iscrpnu svakodnevnu kontrolu i točnost podataka, koji se može pojednostaviti razvojem sustava planiranja potreba materijala.

Literatura

- [1] Schroeder, R. G.: Operations Management- Decision Making in the Operations Function, University of Minnesota, McGraw Hill Higher, 1993.
- [2] Ivaković, Č., Stanković, R., Šafran, M.: Špedicija i logistički procesi, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2010.
- [3] URL: <http://www.logiko.hr/> (pristupljeno: srpanj 2016.)
- [4] Jacobs, R.F.: Operations and Supply Chain Management, Indiana University, University of Southern California, 2013.
- [5] Mikac, T., Ljubetić, J.: Organizacija i upravljanje proizvodnjom, Zagreb, 2009.
- [6] URL <http://www.toyotaclubserbia.com/> (pristupljeno: srpanj 2016)
- [7] Ferišak, V.: NABAVA – Politika, strategija, organizacija, management, vlastito izdanje, Zagreb, 2006. (aktualizirano i dopunjeno izdanje)
- [8] Kovač, I.: Planiranje količina i dinamike nabavljanja – MRP i DRP, Ekonomski fakultet, Zagreb, 2016
- [9] URL: http://www.univie.ac.at/prolog/teaching/LVAs/KFK-PM/SS08/pm_ch7.pdf(pristupljeno: kolovoz 2016.)
- [10] Nahmias, S: Production and Operation Analysis, Irwin, 1989

Popis kratica:

PPM Planiranje potreba materijala

EKN Ekonomska količina naručivanja

EOQ („*Economic Order Quantity*“,) ekonomska količina naručivanja

MRP (*Material requirements planning*) planiranje potreba za materijalom

MRP II (*Manufacturing Resources Planning*) planiranje proizvodnih kapaciteta

ERP (*Enterprise resource planning*) planiranje resursa poslovnog sustava

JIT (*Just in time*) sustav proizvodnje “upravo na vrijeme”

Popis tablica:

Tablica 1.Određivanje neto zahtjeva.....	22
Tablica 2.Planiranje narudžbe	23
Tablica 3.Odnos komponenti baze telefona.....	24
Tablica 4.Zakazani prijemi i saldo materijali.....	25

Popis slika:

Slika 1. Proces tijeka materijala.....	2
Slika 2. Kretanje zaliha s vremenom.....	10
Slika 3. Tehnika kontinuiranog nadzora	11
Slika 4. Tehnika periodičnog nadzora.....	12
Slika 5. Oznaka za: a) kupljeni dio, b) podsklop.....	20
Slika 6. Struktura proizvodnje telefona	21
Slika 7. Struktura pakiranja šećera	26

Popis grafikona:

Grafikon 1. Modeli potražnje	8
------------------------------------	---