



Industrijsko inženjerstvo – projektovanje i praksa

Prof. Dr Ivan Mihajlović

imihajlovic@mas.bg.ac.rs

kabinet:



Sadržaj predmeta

- O industrijskom inženjerstvu.
- Industrijski sistem u privrednom okruženju (uloga fabrike ili industrijskog sistema u privredi, funkcije koje mora da ispuni sistem i njegov benefit za privredu).
- Elementi industrijskog sistema (proizvodnja, organizacija, logistika).
- **Osnovni podsistemi industrijskog sistema (proizvodnja sa definisanim kapacitetom, transport sa definisanom tehnologijom, skadišni podsistem, održavanje, organizacija, informacione tehnologije, menadžment, ergonomija, ekonomsko - komercijalni sektor).**
- Mesto i uloga svih industrijskih podsistema sa posebnim osvrtom na primere iz industrijske prakse (fabrika, distributivni centri, transportni sistemi, informacioni sistemi).
- Primena i efekti primene industrijskih sistema u privredi sa konkretnim primerima iz prakse.

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – TRANSPORT SA DEFINISANOM TEHNOLOGIJOM

- Prema savremenim konceptima organizacije proizvodnje (LEAN sinhronizacija, JiT, itd) transport spada u jedan od osnovnih izvora gubitaka.
- Samim time, pošto je nemoguće organizovati proces proizvodnje bez operacija spoljašnjeg i unutrašnjeg transporta, operacije transporta je neophodno optimizovati.
- Izbor adekvatne lokacije industrijskog sistema (fabrike) direktno utiče na troškove spoljašnjeg transporta.
- Adekvatna selekcija i uređenje rasporeda proizvodne opreme (Layout-a) direktno utiče na efikasnost i troškove unutrašnjeg transporta.

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – TRANSPORT SA DEFINISANOM TEHNOLOGIJOM

- Pod **spoljašnjim (eksternim) transportom** se podrazumeva prevoz različitih vidova repromaterijala, komponenti, delova ili energenata do samih industrijskih sistema. Takođe u eksterni transport spada i transport finalnih proizvoda do krajnjih korisnika, odnosno do tržišta.
- **Manipulacija (rukovanje) materijalom**, od trenutka istovara repromaterijala u okviru industrijskog sistema, pa sve do utovara finalnih proizvoda u sredstva spoljašnjeg transporta spada u operacije rukovanja materijalom. U okviru operacija rukovanja materijalom, značajne su i aktivnosti **unutrašnjeg transporta**, kojima se predmeti transportuju od pogona do skladišta i obratno, kao i između pojedinih radnih mesta u samim pogonima i radionicama.
- Obe vrste transporta su podjednakog značaja za optimizaciju logističkog procesa u industrijskom sistemu. Pored toga, od velikog značaja je i **povezanost između spoljašnjeg i unutrašnjeg transporta**, koja se postiže **standardizacijom**, kao i **korišćenjem adekvatne opreme** za rukovanje materijalom.

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – TRANSPORT SA DEFINISANOM TEHNOLOGIJOM

- Što se tiče klasifikacije transportnih sredstava, **sredstva spoljašnjeg transporta se po osnovnoj podeli dele na sredstva drumskog, železničkog, avio i brodskog transporta**. Pored ovih „klasičnih“ vidova transportnih sredstava, u savremenim logističkim procesima se javljaju i drugi vidovi atipičnih transportnih sredstava koja uključuju npr. bespilotne letelice, dronove, itd.
- Klasifikacija sredstava **unutrašnjeg transporta**, može biti urađena prema vidu energenata koji se koriste, ali i prema nosivosti i stepenu pokretljivosti. U suštini, postoje hiljade različitih vidova sredstava unutrašnjeg transporta.

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – TRANSPORT SA DEFINISANOM TEHNOLOGIJOM



- Kako bi se na što optimalniji način izvršila selekcija adekvatnog vida transporta i selekcija optimalnog transportnog sredstva, neophodno je poznavati njihove performanse - odnosno osnovne tehničke karakteristike. Osnovne tehničke karakteristike transportnih sredstava su:
 - Nosivost;
 - Kapacitet;
 - Brzina kretanja;
 - Režim rada;
 - Visina podizanja;
 - Dužina transportnog puta - autonomija.

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – TRANSPORT SA DEFINISANOM TEHNOLOGIJOM

- **Nosivost** transportnog sredstva, kao jedna od osnovnih karakteristika, spada u standardne veličine i pokazatelje performansi bilo kog transportnog sredstva.
- **Pod nosivošću se podrazumeva ukupna masa tereta koju je moguće transportovati u normalnom režimu rada transportnog sredstva.** Na osnovu nosivosti se vrši i sama konstrukcija i projektovanje transportnih sredstava.
- Iako se nosivost transportnog sredstva daje kao nominalna standardna veličina, kod praktičnih proračuna se u nosivost uključuju i svi pomoćni uređaji i oprema koja se koristi i/ili priključuje na samo transportno sredstvo.

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – TRANSPORT SA DEFINISANOM TEHNOLOGIJOM

- **Kapacitet** transportnog sredstva **predstavlja ukupnu mogućnost premeštanja – transporta određene mase-količine tereta u određenom vremenskom periodu**. Na neki način, ovaj podatak se može posmatrati kao količina (izražena jedinicom mase ili količine) koja se transportuje u jedinici vremena (t/čas; t /dan; kom/ čas ili kom/dan).
- Kao i kod kapaciteta proizvodne opreme, gde se razlikuju tehnički, eksploatacioni i ostvareni kapacitet, tako se i ovde može napraviti ista podela transportnog kapaciteta. Pri tome, tehnički kapacitet predstavlja kapacitet koji je projektovan za jednocasovni rad samog transportnog sredstva. S druge strane eksploatacioni kapacitet podrazumeva činjenicu da na transportnim sredstvima rade i ljudi. Ljudi moraju imati određene prekide u radu i ne mogu raditi bez prestanka, te samim time utiču na umanjenje teorijskog tehničkog kapaciteta. Ipak, imajući u vidu eksploataciona ograničenja, i ovaj vid kapaciteta je moguće izračunati ukoliko je poznat broj operatera, broj smena, itd. Na kraju, kod realnog transporta, meri se ostvareni transportni kapacitet. Ostvareni kapacitet nije moguće unapred izračunati jer on predstavlja stvarno transportovanu količinu tereta u jedinici vremena (1 čas) ali u realnim uslovima rada gde se javljaju različiti prekidi i gubici vremena.

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – TRANSPORT SA DEFINISANOM TEHNOLOGIJOM

- **Brzina kretanja** predstavlja **srednju brzinu pomeranja tereta u jedinici vremena**. Naravno, prilikom projektovanja transportnih sistema, treba imati u vidu da je maksimalna brzina kretanja standardni podatak koji predstavlja jednu od osnovnih performansi transportnog sredstva, ipak samu brzinu kretanja pri eksploataciji treba usaglasiti sa zakonskim regulativama kao i sa postizanjem neopohodne bezbednosti eksploatacije.
- **Režim rada** predstavlja **način na kojim se izvode radne operacije primenom transportnog sredstva i uslovi pri kojima se to obavlja**. Zavisno od tipa transportnog sredstva, mogu postojati i različiti režimi njihovog rada. Tako na primer, to mogu biti: zahvatanje tereta; podizanje tereta; spuštanje tereta; kretanje tereta; pomeranje tereta; prenošenje tereta; oslobađanje tereta od radnog dela transportnog sredstva; vraćanje radnog dela transportnog sredstva u početni položaj, itd.

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – TRANSPORT SA DEFINISANOM TEHNOLOGIJOM

- **Visina podizanja** je posebno značajana kod sredstava za unutrašnji transport i manipulaciju materijalom. Tako je od velikog značaja kolika je visina podizanja viljuškara, kod selekcije primenljivosti u npr. slučaju regalnog skladišta sa više nivoa. Tada bi se tip viljuškara birao prema tome, da li može svojim performansama podići teret na zahtevanu visinu gornjeg nivoa regalnog skladišta ili ne. Takođe, ovaj podatak je značajan i kod selekcije kranova i dizalica.
- **Dužina transportnog puta (autonomija)** podrazumeva **ukupnu distancu koju transportno sredstvo može preći uz korišćenje maksimalnog kapaciteta pogonskog energenta**. Samim time, ovaj podatak zapravo predstavlja autonomiju kretanja transportnog sredstva, do sledeće dopune neophodnim energentom. U svakom slučaju, postoje podaci o očekivanoj dužini transportnog puta kada je transportno sredstvo prazno i kada se kreće sa maksimalno popunjenim kapacitetom.

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – TRANSPORT SA DEFINISANOM TEHNOLOGIJOM

- Na osnovu same vrste materijala koji se treba da transportuje u određenom industrijskom sistemu, kao i na osnovu karakteristika raspoloživih oblika transportne opreme, potrebno je izvršiti selekciju adekvatne opreme za manipulaciju i transport.
- Jedno od osnovnih sredstava koje se koristi kod pakovanja i transporta u industrijskim sistemima su **palete**. Palete su veoma značajne kako za sam transport, tako i za uspešnu konekciju sredstava spoljašnjeg i unutrašnjeg transporta. Palete koje se najčešće koriste za transport i skladištenje grupisanog tereta su uglavnom drvene , mada mogu biti izrađene i od plastike ili metala. Prema evropskim standardima, palete se izrađuju se u dimenzijama: 1000 x 1200; 800 x 1200 ili 800 x 1000 (mm). Standardna visina palete je i 100 (mm) i prilagođena je za viljuške standardnog viljuškara kao najčešćeg transportnog sredstva.

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – TRANSPORT SA DEFINISANOM TEHNOLOGIJOM



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – TRANSPORT SA DEFINISANOM TEHNOLOGIJOM

- Još jedno značajnih sredstava unutrašnjeg transporta, koje je najčešće zastupljeno u operacijama skladištenja i transporta su **viljuškari**. Viljuškari su vozila koja na prednjoj strani imaju viljuške (različite konstrukcije), koje se pokreću hidrauličkim, mehaničkim ili električnim pogonom. Nosivost viljuškara se kreće do 8 tona, a mogu podizati robu do visine od 6 m. Međutim, postoje i viljuškari sa teleskopskim/ liftnim podizačima koji manipulišu sa robom i na većim visinama od 6 metara u slučaju regalnih skladišta sa više nivoa. Pored mehaničkih, postoje i ručni viljuškari koji se mogu koristiti za transport manje količine i manje mase robe. Kao standardna vozila, viljuškari se mogu kretati na električni i mehanički pogon, te prema tome mogu koristiti sledeće vrste pogonske energije: dizel, benzin, komprimovani tečni naftni gas ili električnu energiju. Troškovi investicije u cilju nabavke su najveći kod viljuškara koji imaju elektro-pogon, zatim jeftiniji su viljuškari koji koriste tečni naftni gas, i najjeftiniji su viljuškari koji se pokreću na benzin i dizel. S druge strane, troškovi eksploatacije i investicionog održavanja su takvi da je redosled obrnut: najskuplja je eksploatacija i održavanje viljuškara koji se pokreću na dizel, benzin, potom na komprimovani gas, pa na kraju na električni pogon. Prema statističkim podacima iz industrijskih preduzeća i pored velikih nedostataka, viljuškari na dizel i benzinski pogon se još uvek najčešće koriste za rad u logističkim sistemima

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – TRANSPORT SA DEFINISANOM TEHNOLOGIJOM

- Pored viljuškara, sledeći veoma značajni elementi logističkog sistema su **kranovi i dizalice**. Kranovi predstavljaju transportna sredstva koja rade ne koristeći pod u pogonu ili skladištu za svoje kretanje. Kranovi se najčešće kreću koristeći sistem šina postavljenih na tavanici skladišnog – pogonskog prostora. Kranovi omogućavaju rukovanje sa robom na velikim visinama. Postoji veliki broj vrsta kranova, ali u savremenim industrijskim sistemima se najviše koristi takozvani mostni kran. Konstrukciono je razrađeno nekoliko tipova ove vrste kрана, ali u principu svi imaju most koji se kreće po šinama koje su naslonjene na noseće stubove. Po mostu se kreću kolica, koja omogućuju horizontalno pomeranje kрана. Na sama kolica je postavljen nosač na kome je montiran uređaj za prihvat robe, kome je omogućeno vertikalno kretanje. Radnik se kreće zajedno sa teretom istovremeno upravljajući kranom. Moguća je i varijanta da se kretanjem kрана upravlja daljinski. Kran može potpuno bezbedno da se kreće istovremeno horizontalno i vertikalno, i to kako prazan tako i pod opterećenjem.

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – TRANSPORT SA DEFINISANOM TEHNOLOGIJOM

- Ciljevi optimizacije operacija transporta, u okviru industrijskih sistema, su da se transportuju sve planirane količine robe, na način koji će obezbediti da:
 - Postojeća transportna sredstva se koriste optimalno;
 - Da se ne javlja povećani broj kretanja praznih sredstava transporta;
 - Dostupni pružaoci usluga transporta se vezuju ugovorima na ekonomičan način i uz neposrednu kontrolu i praćenje realizacije potpisanih ugovora;
 - Sva roba se transportuje u skladu sa zakonom i propisima;
 - Troškovi snabdevanja operacija; troškovi ljudskih resursa; i troškovi pružaoca usluga koji se outsorsuju su minimalni;
 - Prate se vremena transporta, kao i nivo kvaliteta usluga.

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – TRANSPORT SA DEFINISANOM TEHNOLOGIJOM



- Takođe, u cilju racionalizacije unutrašnjeg transporta, treba se rukovoditi sledećim načelima:
 - putanje materijala treba optimalno skratiti, adekvatnim projektovanjem Layout-a,
 - transportne operacije treba, gde je to moguće, eliminisati,
 - transportne operacije koje se ne mogu izostaviti treba optimizovati, mehanizovati, odnosno automatizovati pogodno izabranim sredstvu – u skladu sa ekonomskom isplativošću.

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – TRANSPORT SA DEFINISANOM TEHNOLOGIJOM

- Formalna definicija rukovanja materijalom je „*umetnost i nauka pomeranja, pakovanja, i skladištenja supstanci u bilo kojem obliku i formi*“ .
- Pravilno uspostavljen sistem za rukovanje materijalom može smanjiti troškove i potrebnu radnu snagu, povećati bezbednost, povećati produktivnost, smanjiti gubitke, povećati iskorišćenje kapaciteta, i poboljšati ukupnu uslugu.
- Na nesreću, menadžeri i radnici ponekad ne uočavaju problem rukovanja materijalom te ga tako ne mogu ni blagovremeno rešavati.
- Zavisno od grane industrije, rukovanje materijalom može uticati sa 30 do 70 procenata ukupnih troškova proizvodnje u okviru industrijskog sistema, tako da se neefikasnost svakako treba eliminisati.

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – TRANSPORT SA DEFINISANOM TEHNOLOGIJOM

- *Simptomi lošeg rukovanja materijalom*

Simptomi	
uzrok	posledica
Zakrčenje prolaza	Povećana količina lomova i oštećenje
Previše rukovanja materijalom	Neefikasnost materijalnog toka
Konfuzija rampi pri utovaru/istovaru	Konfuzno skladištenje proizvoda
Previše ljudske radne snage u direktnim operacijama rukovanja	Suvišna kretanja radnika i mogućnost povređivanja
Nedostatak gravitacionog protoka materijala	Povećani indirektni troškovi radne snage i energije
Slaba upotreba obučene radne snage	Skladištenje bez plana
Potrošene zalihe rezervnih delova i materijala	Žalbe naručioca na izvršenje isporuka
Povećan broj zaposlenih	Visoki gubici, oštećenja i krađa robe

David J. Bloomberg, Stephen LeMay, Joe B. Hanna, Logistics, Prentice Hall, New Jersey, 2002.

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – TRANSPORT SA DEFINISANOM TEHNOLOGIJOM



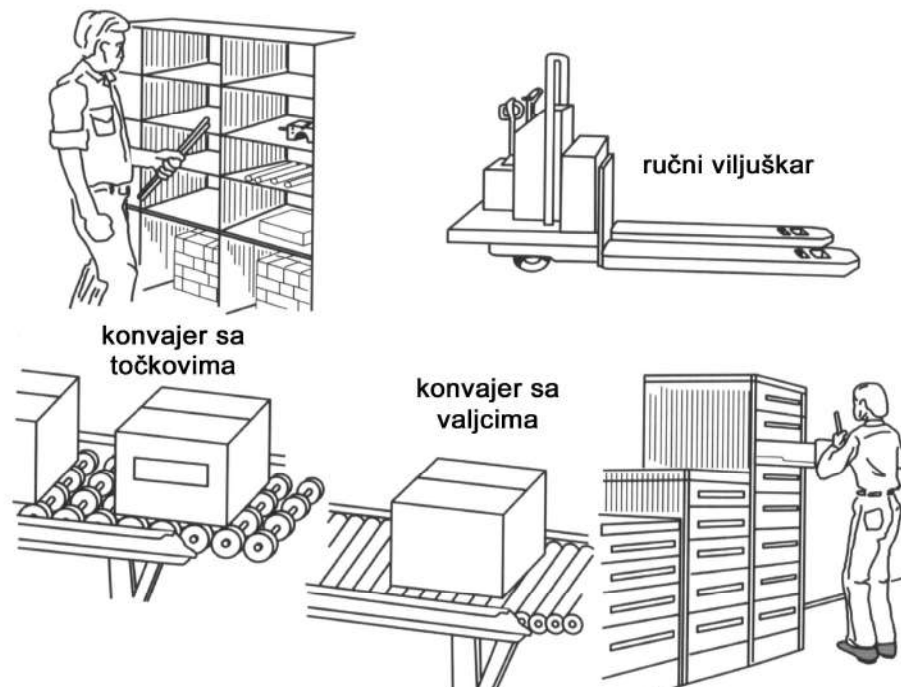
- Postoji tri osnovna tipa sistema za rukovanje materijalom u proizvodnji:
 - ručni,
 - mehanizovani, i
 - automatizovani.
- Fizička struktura objekta, veličina obima proizvodne serije, kao i raspoloživa sredstva za investicije, često diktiraju koji sistem koristiti.
- Ukoliko firme planiraju da naprave novu strukturu, te da promene i sistem za rukovanje materijalom, objekat se mora redizajnirati na osnovu odabranog sistema za rukovanje materijalom.
- Tip odabranog sistema takođe zavisi od tipa i količine opreme koja je neophodna.

- *Pravila selekcije opreme za rukovanje materijalom:*

Upotreba mehaničke opreme	Ova mera smanjuje troškove radnika, njihov zamor, poboljšava bezbednost, povećava produktivnost, poboljšava tok materijala u prostoru.
Upotreba postojeće opreme gde god je to moguće	Može se uštedeti novac ukoliko se može upotrebiti postojeća oprema
Držati na umu troškove	Bilo koja odabrana oprema treba da smanji ukupne troškove rukovanja materijalom, pa samim time i ukupne troškove proizvodnje. Odluku treba bazirati na ovoj činjenici.
Standardizacija opreme	Standardizacija omogućuje razmenu opreme, odnosno omogućuje da ista oprema bude u upotrebi u skladištima i proizvodnim pogonima. Takođe, omogućuje integraciju sredstava spoljašnjeg i unutrašnjeg transporta. Dovodi i do manjih troškova kod kupovine jer je standardna oprema daleko jeftinija od specijalizovane ili posebno naručene.
Integrisana oprema	Obzirom da oprema ne može sama da rešava sve probleme, potrebno je da se odabrana oprema dobro uklapa u celokupni sistem rukovanja materijalom.
Omogućenje alternativnih metoda	Moguće je da dođe do kolapsa sistema. Zato je potrebno razmišljati o alternativnim metodama kretanja i rada.
Provera ograničenja postrojenja	Poneki delovi opreme zahtevaju specijalne uslove u postrojenju (nivo čistoće vazduha, glatke površine za montažu, itd.) te je važno poznavati ova ograničenja
Razmatrati jedinične troškove	Ne selektovati opremu prema njenim polaznim troškovima nabavke. Selektovati je prema komparativnim jediničnim troškovima rukovanja materijalom, tokom eksploatacije opreme.
Planirati budućnost	Predvideti periode zamene pojedinih delova ili celog sistema za rukovanje materijalom.
Ne treba prevideti održavanje	Neki delovi opreme su znatno skuplji za održavanje. Treba imati u vidu da i ovi troškovi budu uključeni u ukupnu analizu.

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – TRANSPORT SA DEFINISANOM TEHNOLOGIJOM

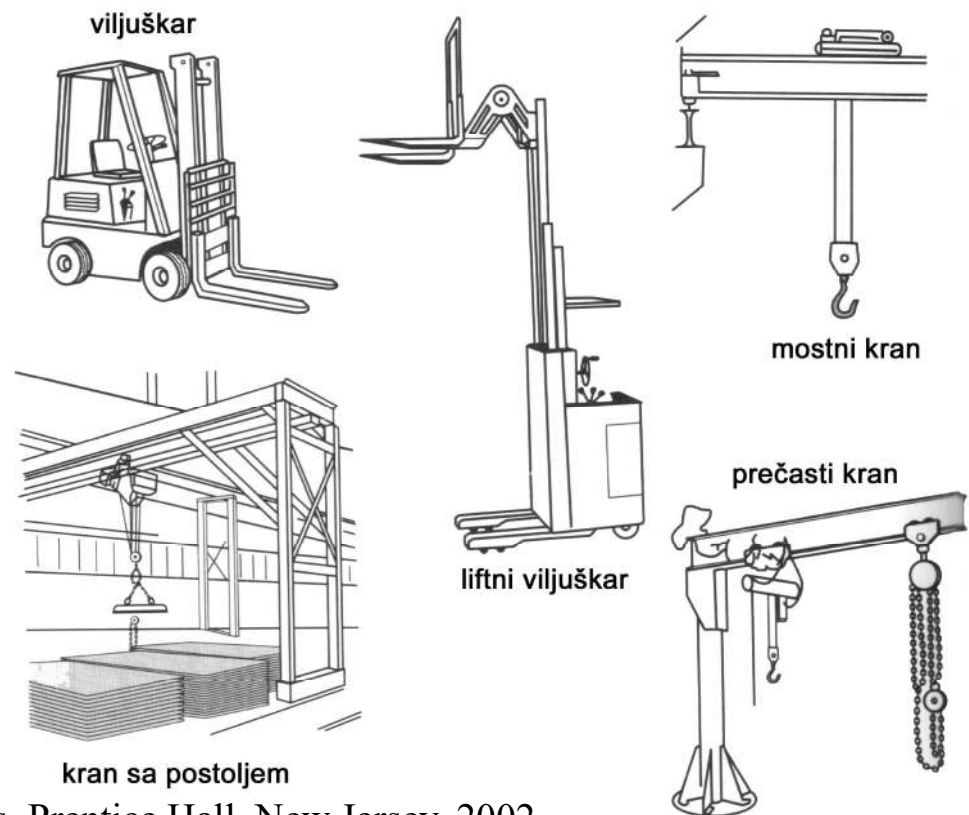
- Tipični oblici **ručne opreme** su ručna kolica, tegljači, pokretna polica, tegljači paleta, konvajer koji se kreću pod uticajem gravitacije (sa točkovima ili valjcima):



David J. Bloomberg, Stephen LeMay, Joe B. Hanna, Logistics, Prentice Hall, New Jersey, 2002.

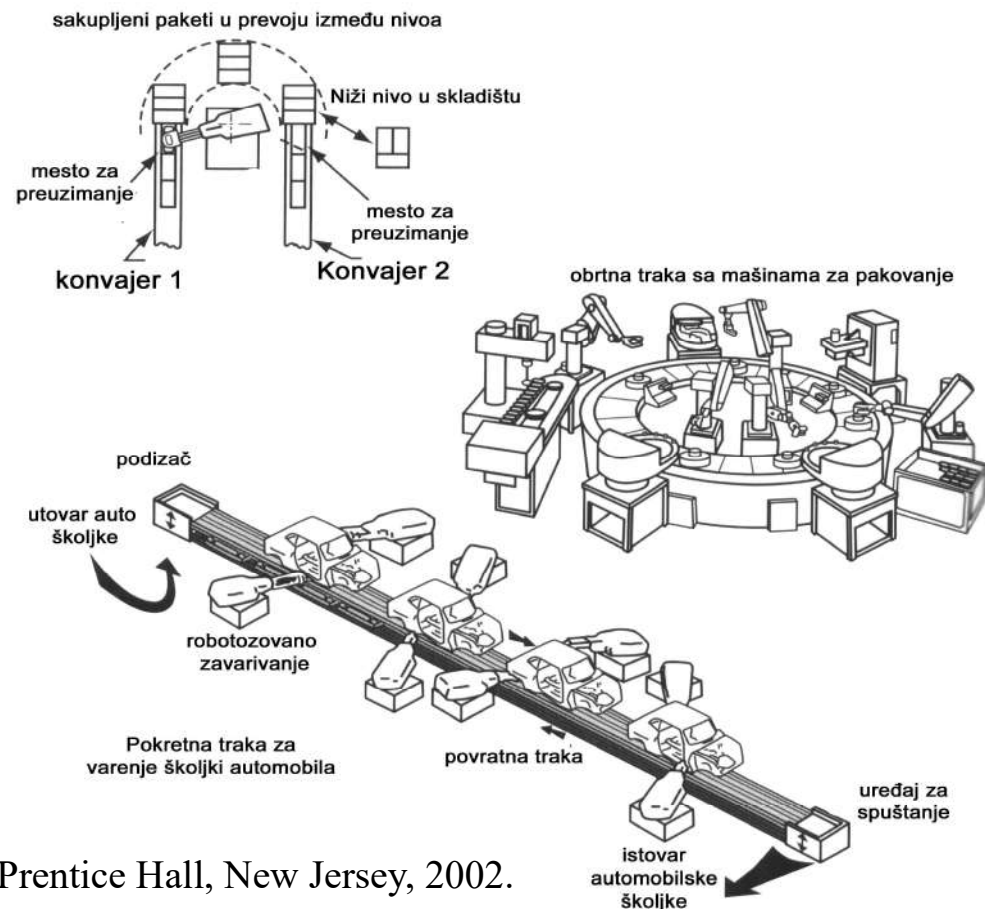
OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – TRANSPORT SA DEFINISANOM TEHNOLOGIJOM

- **Mehanizovano rukovanje** materijalom je još uvek najčešći tip u savremenom poslovanju. Zamenjuje određeno manualno rukovanje mehaničkim pokretom. Osnova većine sistema za mehanizovano rukovanje materijalom je viljuškar. Druga oprema u ovakvim sistemima su palete koje viljuškari pokreću, mehanički tegljači, kranovi, dizalice, liftovi, konvejeri pokretani na motorni pogon:



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – TRANSPORT SA DEFINISANOM TEHNOLOGIJOM

- Najsofisticiraniji sistemi za rukovanje materijalom su automatizovani. Ovakvi sistemi rukovanja materijalom doživljavaju ekspanziju krajem 20. i početkom 21. veka. Oni koriste karusele, automatske sisteme za skladištenje i preuzimanje, opremu za automatsko pakovanje robe, optičke skenere za praćenje protoka robe, sisteme polica sa automatskim visokim podizanjem, i robote. Ovakva oprema može u potpunosti iskoristiti raspoloživi zapreminski prostor u objektu



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – TRANSPORT SA DEFINISANOM TEHNOLOGIJOM



David J. Bloomberg, Stephen LeMay, Joe B. Hanna, Logistics, Prentice Hall, New Jersey, 2002.

• Ček-lista za rukovanje materijalom:

David J. Bloomberg, Stephen LeMay, Joe B. Hanna, Logistics, Prentice Hall, New Jersey, 2002.

	Da li je oprema za rukovanje materijalom starija od 10 godina
	Da li se koristi širok opseg procedura i modela proizvodnje i sklapanja koji zahtevaju veliki inventar rezervnih delova
	Da li su kvarovi opreme rezultat lošeg preventivnog održavanja
	Da li se viljuškari šalju daleko na servis
	Da li se javlja veliki broj nezgoda na radu usled ručnog rukovanja materijalom
	Da li se materijalima težim od 23 kg rukuje ručno
	Da li postoji veliki broj radnih zadataka koji zahteva angažovanje dva ili više zaposlena
	Da li kvalifikovani zaposleni imaju gubitak vremena usled rukovanja materijalom
	Da li se materijal zakrčuje u bilo kom delu toka (pojava „uskog grla“)
	Da li dolazi do kašnjenja u proizvodnji usled lošeg terminiranja isporuke i uklanjanja viškova materijala
	Da li se javlja gubitak visinskog dela skladišta
	Da li se očekuju visoke cene ležarine
	Da li se materijal oštećuje tokom rukovanja
	Da li se oprema unutrašnjeg transporta kreće prazna duže od 20% radnog vremena
	Da li postrojenje ima uvećani broj tačaka pretovara
	Da li se na mestima gde se može koristiti gravitacioni transport koristi oprema koja se napaja energijom iz spoljašnjeg izvora
	Da li se koristi previše delova opreme, zato što je ograničen njihov opseg rada
	Da li je puno suvišnih operacija rukovanja materijalom
	Da li se rukuje pojedinim delovima opreme tamo gde je moguće zbirno rukovanje
	Da li su podovi skladišta i rampe prljavi i da li je potrebna njihova opravka
	Da li dolazi do preopterećenja opreme za rukovanje materijalom
	Da li postoji suvišni transport materijala od jednog ka drugom kontejneru
	Da li neadekvatne zone za skladištenje usporavaju efikasno raspoređivanje i kretanje
	Da li je teško analizirati sistem jer ne postoji detaljan plan rasporeda skladišta
	Da li su indirektni troškovi radne snage suviše visoki

- **Deset principa rukovanja materijalom**

David J. Bloomberg,
Stephen LeMay, Joe B.
Hanna, Logistics, Prentice
Hall, New Jersey, 2002.

1.	<i>Princip planiranja:</i> Svo rukovanje materijalom treba da je rezultat svesnog planiranja, gde su kao izlaz potpuno definisani potrebe, ciljne performanse i funkcionalne specifikacije
2.	<i>Princip standardizacije:</i> metode za rukovanje materijalom, oprema, kontrola, i softver moraju biti standardizovani u okviru granica postizanja ukupnih ciljeva performansi a bez žrtvovanja potrebne fleksibilnosti, prilagodljivosti i protoka materijala
3.	<i>Princip rada:</i> rad na rukovanju materijala treba da je minimiziran bez smanjene produktivnosti i nivoa usluge potrebnog za rad.
4.	<i>Ergonomski princip:</i> ljudske mogućnosti i ograničenja moraju biti poznati i poštovani u dizajnu radnih zadataka rukovanja materijalom kao i kod dizajna opreme kako bi se obezbedio siguran i efektivan rad.
5.	<i>Princip za utovar:</i> Jedinica za utovar treba da je odgovarajuće dimenzionisana i konfigurisana kako bi se postigao gladak tok materijala na svakom stadijumu lanca snabdevanja.
6.	<i>Princip iskorišćenja prostora:</i> Sav magacinski prostor mora biti iskorišćen na efikasan način.
7.	<i>Princip sistema:</i> kretanje materijala i aktivnosti skladištenja moraju biti potpuno integrisani kako bi se dobio koordinirani, operacioni sistem, koji spaja prijem, inspekciju, skladištenje, proizvodnju, sklapanje, pakovanje, formiranje jedinice za utovar, izbor narudžbine, utovar, transport, i rukovanje povratnim materijalom.
8.	<i>Princip automatizacije:</i> Operacije rukovanja materijalom moraju biti mehanizovane i/ili automatizovane gde je to moguće kako bi se poboljšala efikasnost rada, povećala brzina odgovora, poboljšala konzistentnost i predvidljivost, smanjili troškovi rada, i eliminisale ponavljajuće i potencijalno nebezbedne ljudske aktivnosti.
9.	<i>Princip zaštite životne sredine:</i> Uticaj zaštite životne sredine i potrošnje energije mora se uzeti u obzir kao kriterijum kod dizajna ili izbora alternativne opreme i sistema za rukovanje materijalom.
10.	<i>Princip troškova životnog ciklusa:</i> opsežna ekonomska analiza bi morala biti urađena za čitav životni ciklus sve opreme za rukovanje materijalom i rezultujućim sistemima.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – TRANSPORT SA DEFINISANOM TEHNOLOGIJOM

- CargoWiz softver

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – TRANSPORT SA DEFINISANOM TEHNOLOGIJOM



- Zadatak za studente # 7:
 - Izvršiti analizu trenutnog načina manipulacije materijalom u proizvodnom procesu u fabrici koja je predmet razmatranja: opisati vrstu operacija unutrašnjeg transporta, stepen mehanizacije, opremu koja se koristi za manipulaciju i unutrašnji transport, broj zaposlenih i procenu efikasnosti.
 - Po mogućnosti, koristiti ček listu za rukovanje materijalom, kod analize trenutnog načina koji se koristi u fabrici
 - Izvršiti procenu ruta unutrašnjeg transporta, na osnovu Layout-a fabrike. Ukoliko su uočljive mogućnosti za optimizaciju, ukratko ih opisati.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –ODRŽAVANJE-ERGONOMIJA

- proizvodni procesi u industriji, najčešće se ostvaruju na mašinama i uređajima visokog stepena mehanizovanosti, odnosno automatizovanosti, sa sve prisutnijim robotima kao standardnim delovima proizvodne opreme.
- Za normalno odvijanje proizvodnih procesa, odnosno operacija, sve oštrije se postavlja kriterijum pouzdanosti odnosno ispravnosti u radu tehničkih sistema. Jedino na taj način, planirani proizvodni kapaciteti mogu biti i realno dostupni. U tom kontekstu, sistem održavanja mašina i uređaja, postaje važan činilac u obezbeđenju neophodnih uslova za funkcionisanje proizvodnje.
- Pod pojmom održavanja opreme podrazumeva se obezbeđenje normalne radne sposobnosti opreme, u skladu sa projektovanim eksploataciono-tehničkim karakteristikama, za vreme predviđenog veka trajanja. Cilj efektivnog sistema održavanja je da maksimizira efektivnost proizvodne opreme u smislu ekonomske efikasnosti i profitabilnosti.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –ODRŽAVANJE-ERGONOMIJA

- Sistem održavanja je efektivan ako se ulaže svaki napor da se eliminišu uzroci gubitaka u proizvodnji usled kvarova opreme i zastoja, odnosno da se maksimizira efektivnost opreme. Sistem održavanja može biti:
 - korektivni
 - plansko-preventivni.
 - prediktivni
 - (Condition Based)



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –ODRŽAVANJE-ERGONOMIJA

- **Korektivni sistem održavanja:** Bitna karakteristika korektivnog sistema je u tome, što se intervencija održavanja obavlja pošto nastupi kvar odnosno bilo kakav poremećaj koji onemogućava normalno korišćenje konkretne mašine.
- Tada se pristupa ispitivanju uzroka, a potom preduzimaju mere da se ponovo uspostavi normalan rad. Kod ovog sistema bitno je iskustvo i znanje članova ekipe za obavljanje zadataka. Pri tome, neretko se uočavaju elementi specijalizacije takvih ekipa ili pojedinaca za određenu vrstu opreme.
- S druge strane, osim individualnog uopštavanja stečenog iskustva, ne nailazi se na bilo koji drugi elemenat sistematski organizovanog rada.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –ODRŽAVANJE-ERGONOMIJA

- **Plansko-preventivni sistem održavanja:** predstavlja skup konzistentnih postupaka i aktivnosti, koji omogućuje održavanje normalne radne sposobnosti shodno eksploataciono-tehničkim karakteristikama mašine u okviru predviđenog veka trajanja, a pod optimalnim uslovima u pogledu troškova i dužine neproizvodnog vremena.
- Kod primene ovog sistema, u redovnim periodime vremena i prema unapred definisanom planu se proverava ispravnost opreme. Ne čeka se da dođe do kvara opreme pa da se pristupi reakciji, već se kvarovi predupređuju. Postoje mnoge tehnike za izvođenje planiranog održavanja. Da bi se odučili za optimlanu tehniku mora se izvršiti opsežna analiza o zahtevima proizvodnje, resursima i planu procesa.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – ODRŽAVANJE-ERGONOMIJA

- Osnovni elementi sistematskog pristupa plansko – preventivnom održavanju su:
 - Oslanjanje na efektivno planiranje održavanja i kontrolu koje je integrisano sa planiranjem proizvodnje i kontrolom,
 - Informacioni sistem za održavanje (MIS) koji daje aktualne informacije o stanju i ispravnosti svih delova opreme, u realnom vremenu,
 - Organizacionu strukturu koja nudi maksimum podrške reursima, fleksibilnost i sponu između proizvodnje i funkcija održavanja,
 - Pristup koji se odnosi na širi problem održavanja koji uključuje nabavku oprema, sisteme nabavke i celokupnu logistiku, što u većim industrijskim sistemima podrazumeva primenu ERP sistema (npr. SAP ERP).



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –ODRŽAVANJE-ERGONOMIJA

- **Informacioni podsistem za održavanje opreme:** U današnjem proizvodnom okruženju sa opremom velike vrednosti, koja se obično integriše da bi funkcionisala kao sistem i uz potrebu obezbeđivanja informacija o performansama, izrazita je potreba postojanja Informacionog Sistema Održavanja (MIS).
- MIS mora imati mogućnost spone sa kontrolom u realnom vremenu, obradom podataka i ekspertskim donošenjem odluka. Mora biti integrisan sa sistemom održavanja uz podršku računara i sa monitoringom i akvizicijom podataka. Takođe mora imati vezu sa planiranjem resursa i kontrolnim sistemom fabrike. Samim time, MIS je često podsistem većeg MRP ili ERP sistema.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –ODRŽAVANJE-ERGONOMIJA

- Moderan vid održavanja predstavlja dugoročno kontinualno unapređenje a ne brzo podešavanje i popravke. Postoje tri osnovne strategije za postizanje dugoročnih unapređenja održavanja proizvodne opreme:
- **1. Održavanje Usmereno na Pouzdanost (Reliability Centred Maintenance)**, koje se fokusira na to koje metode održavanja moraju biti primenjene i kada. Cilj RCM-a je postizanje razumevanja načina rada fabrike, i razloga potencijalnih kvarova. Neke od postavka ove metode su: Konsekvence kvarova su različite shodno tome gde i kako je fabrika locirana i radi. Osnovno pitanje je svrha opreme a ne njene tehničke karakteristike. Cilj preventivnog održavanja je i u ovom slučaju da spreči ili izbegne konsekvence kvarova, a ne da spreči same kvarove. RCM se zasniva na ideji identifikacije efektivnog preventivnog održavanja za svaki mogući tip kvarova.
- **2. Total Productive Maintenance (TPM)**, se fokusira na to kako potrebe održavanja mogu da se obezbede na što jeftiniji i efektivniji način. TPM više spada u filozofiju nego u tehniku i zasnovano je na Kaizen ideji. TPM tvrdi da svako ko je uključen u životni ciklus opreme ima svoje mesto u postizanju ciljeva same opreme i u smislu prevencije kvarova.
- **3. Prediktivno održavanje**, predviđa potencijalne kvarove na osnovu baze podataka merenja staja procesa u prethodnom periodu rada i matematičkih predikcionih modela.
- **4. U savremenim proizvodnim sistemima u ekspanziji je tehnika (Condition-Based Maintenance-održavanje prema trenutnim uslovima)**. Ova tehnika se zasniva isključivo na instrumentima za analizu trenutne ispravnosti opreme koji se kontrolišu računarom i ranom predviđanju uslova koji mogu dovesti do potencijalnih kvarova, u trenutku kada merene vrednosti dostignu kritičnu vrednost.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –ODRŽAVANJE-ERGONOMIJA

- Zadatak za studente # 8:
 - Izvršiti analizu trenutnog načina održavanja proizvodne opreme u fabrici koja je predmet razmatranja: opisati primenjeni sistem za održavanje, broj zaposlenih na održavanju, opremu koja se koristi, organizaciju službe održavanja.
 - Ukoliko je moguće uočiti nedostatke trenutnog procesa održavanja, predložiti eventualnu optimizaciju.