

# TEHNIČKA LOGISTIKA

## FSB studij Strojarstva

Industrijsko inženjerstvo i menadžment (preddipl. VI sem.)

Proizvodno inženjerstvo (dipl. II sem.)

Ostali smjerovi: Tehnička logistika (izborni)

## FSB studij Zrakoplovstva

Logistika (z)

## Poglavlje 3: TRANSPORTNI SUSTAVI – 1. dio

- Transportni sustav i transportni proces
- Transportna sredstva
  - Sredstva prekidnog toka
    - Jednostavni transportni uređaji
    - Graniči
    - Industrijska vozila
    - Protok, radni ciklusi, potreban broj vozila

## Transportni sustav i transportni proces

### • TRANSPORTNI SUSTAV

- **Transportni sustav** je podsustav logističkog sustava poduzeća sa zadatkom ostvarivanja sveukupnog transportnog procesa, odnosno ostvarivanja kretanja između okoline i poduzeća, **unutar poduzeća između pogona, unutar pogona između odjela, unutar odjela između strojeva.**
- Prema području pripadnosti (vanjski tokovi/vanjska logistika vs unutrašnji tokovi/unutrašnja logistika) najpoznatija je podjela na
  - sustav vanjskog transporta, i
  - sustav unutrašnjeg transporta.
- **Unutrašnji transport** djeluje unutar (industrijskog) poduzeća i ostvaruje tokove materijala između radnih mjesta jednoga pogona, između pojedinih faza procesa, između pojedinih pogona ili dijelova poduzeća, te u procesima povezivanja s vanjskim transportom (prekrcaj, utovar, istovar)

*U nastavku ovog kolegija pod pojmom Transportni sustav i transport podrazumjeva se sustav unutrašnjeg transporta i unutrašnji transport.*

- Prema stupnju razvoja sustavi transporta mogu biti:
  - Ručni (manualni) – ručno prenošenje i manipuliranje teretima
  - Mehanizirani – korištenje mehaničkih uređaja (opreme) za transport i manipuliranje teretima
  - Automatizirani – računalom upravljana transportna sredstva/sustavi (računalom podržani tokovi materijala i tokovi informacija)

## Transportni sustav i transportni proces

- Osnovne **komponente transportnog sustava** (Oluić, *Transport u industriji, 1991*):
  - Transportna sredstva
  - Dodatna i pomoćna oprema za rukovanje materijalom  
(sredstva za oblikovanje JT, sredstva za zahvat materijala, sredstva za promjene smjera toka materijala, za razdvajanje i odvajanje toka, za sortiranje, pomoćna ergonomska oprema)
  - Transportni putevi, prolazi, rampe
  - Ostala oprema i uređaji  
Upravljački uređaji, protupožarni, sigurnosni uređaji, oprema za identifikaciju, označavanje, vaganje,...)
- **Transportni proces** predstavlja skup skup zadataka svih komponenti transportnog sustava.



## Transportna sredstva

- **Transportna sredstva**
  - Osnovna komponenta transportnog sustava
  - Osnovna karakteristika transportnih sredstava koja iz razlikuje od ostalih kategorija opreme (sredstava) rukovanja materijalom jest njihova primarna funkcija – transport (prijenos) materijala
  - Podjele prema raznim kriterijima, sistematizacije ovisno o autorima, npr.
    - Dizalice, industrijska vozila, konvejeri/transporteri
    - Prema pogonu – ručni i motorni
    - Prema značajki puta – podna i ovjesna transportna sredstva
    - Prema načinu rada – sredstva prekidnog transporta i sredstva neprekidnog transporta
    - Prema normama (HZN područje: Prijevoz, rukovanje materijalima i pakiranje, TO 529 Granici, dizalice i prenosila neprekidne dobave; ISO TC 110 Industrial trucks)
  - Pojedine vrste (tipovi) transportnih sredstava razlikuju se međusobno po:
    - Stupnju automatizacije (hodanje, vožnja, automatizirano sredstvo)
    - Karakteristici ostvarivanja tijeka materijala (kontinuirano ili s prekidima)
    - Putevima tijeka materijala (fiksni ili varijabilni)
    - Lokaciji (podni ili ovjesni)
    - Kapacitetu protoka
  - Glavna podjela: sredstva prekidnog transporta i sredstva neprekidnog transporta

## Transportna sredstva

- **Sredstva prekidnog transporta i sredstva neprekidnog transporta**
  - Osnovna razlika sredstava ove dvije grupe je u načinu obavljanja transportnog procesa, u ciklusima (s prekidima) ili kontinuiranim transportom
- **Sredstva prekidnog transporta**
  - Transportna sredstva i uređaji koje karakterizira rad u ciklusima, odnosno prekidni transportni proces
  - Sinonimi:
    - sredstva/prenosila povremene dobave,
    - sredstva s povremenim djelovanjem
  - Podjela: (*Oluić, Transport u industriji, 1991*)
    - Jednostavni transportni uređaji
    - Granici
    - Podna transportna sredstva (industrijska vozila)
    - Ostali transportni uređaji

## Transportna sredstva

- **Jednostavni transportni uređaji**

- Pod nazivom jednostavni transportni uređaji podrazumjevaju se :
  - razne izvedbe podnih i ovjesnih dizalica,
  - vitla, i
  - podizni stolovi.
- Vertikalni transport, relativno manje visine
- Uređaji za rukovanje materijalom na radnim mjestima
- Zajedno (bez podiznih stolova) nazivaju se i male dizalice
- Više tehničkih podataka vidi *Oluić, Transport u industriji, 1991, Dundović, Prekrcajna sredstva prekidnog transporta, 2005*



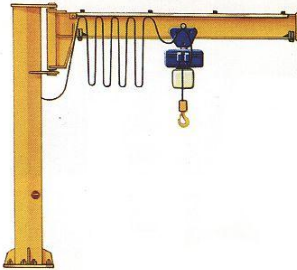
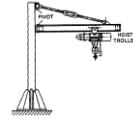
## Transportna sredstva

- **Granici**

- Granici (kranovi, dizalice, velike dizalice) su uređaji kojima se unutar određenog prostora teret diže, vodoravno prenosi i spušta, po varijabilnim putanjama
- Visine dizanja znatno veće od jednostavnih dizalica (u industrijskim pogonima ovisi o visini objekta).
- Vodoravni prijenos tereta (sipkog ili komadnog) postiže se kretanjem cijelog granika, jednog dijela granika ili voznog mehanizma (vitla granika).
- Područje primjene granika izuzetno je široko – strojogradnja, metalurgija, građevinarstvo, drvna industrija, promet (luke),...
- Primjena u situacijama kada transportirane količine ne opravdavaju primjenu konvejera, odnosno specifičnim zahtjevima glede dimenzija i težina transportiranih materijala
- Veća fleksibilnost u odnosu na transport konvejerima, no manja u odnosu na industrijska vozila
- Razne podjele, najčešće prema obliku (izvedbi konstrukcije):
  - Konzolni granici
    - konzolni granici s nepokretnim krakom – vozni zidni granici
    - okretni konzolni granici (zidni i stupni)
  - Mosni granici
  - Portalni (razuporni) i poluportalni granici
  - Toranjski (građevinski) granici
  - Ovjesni granici
  - Mobilne dizalice (auto dizalice, željezničke dizalice)
  - Brodske i ploveće dizalice
  - Granik viličar
  - Pretovarni mostovi

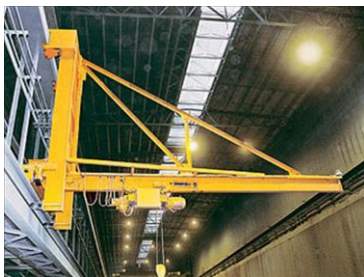
## Transportna sredstva

- **Konzolni granici**
  - (Eng. *Jib cranes*)
  - Konzolni granici (konzolne dizalice) – dobili naziv po svojem kraku (dohvatniku) koji po svom izgledu i položaju predstavlja tipičan konzolni nosač
  - Zidni i stupni
  - Vozni i okretni
  
- Stupni okretni konzolni granici (eng. *free standing jib crane*) - ilustracije



## Transportna sredstva

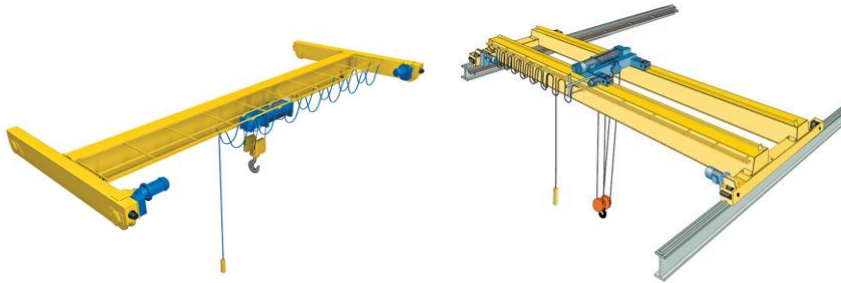
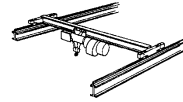
- **Konzolni granici**
  - Zidni okretni konzolni granik (eng. *wall mounted jib crane*)
    - ilustracija desno
  - Zidni vozni granik (eng. *wall traveling jib crane*)
    - ilustracija dolje
  - Okretni stupni granik učvršćen s dvije strane (eng. *mast-style jib crane*)
    - ilustracija desno dolje



## Transportna sredstva

- **Mosni granici**

- (Eng. *Bridge cranes, Overhead cranes*)
- Mosni granici su najzastupljenija vrsta granika u proizvodnim pogonima i skladištima.
- Staza za kretanje mosnog granika može biti izrađena u sklopu građevne konstrukcije, ili pak kao samostalna konstrukcija oslonjena na vertikalne stupove.
- S obzirom na povišeni položaj, prijenos tereta obavlja se unutar velikog slobodnog prostora duž cijele staze, a ostaju slobodni prolazi/putevi prijevoznim sredstvima ispod konstrukcije granika
- Razne izvedbe – rasponi nosivosti, dužine mosta, brzine kretanja mosta, brzine kretanja mačke s vitlom, brzine dizanja, sredstvima zahvata.



## Transportna sredstva

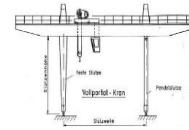
- **Mosni granici**

- ilustracije



## Transportna sredstva

- **Portalni granici**
  - (Eng. *Portal cranes, Gantry cranes*)
  - Obilježje portalnih (ili razupornih) granika je u tome da imaju vlastitu nosivu konstrukciju
  - Primjena u zatvorenim objektima ili na otvorenom



## Transportna sredstva

- **Portalni granici**
  - Razne izvedbe
    - s jednim portalom, druga strana oslonjena na objekt – poluportalni granik (eng. *semi portal crane, half gantry crane*)



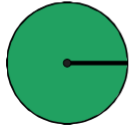
- mobilni tip portalnog granika
- s konzolama (na jednu ili drugu stranu)



## Transportna sredstva

- Područja rada okretnih konzolnih i mosnih (i portalnih) granika

\* *Circular jib access area*



\* *Rectangular bridge crane access area*



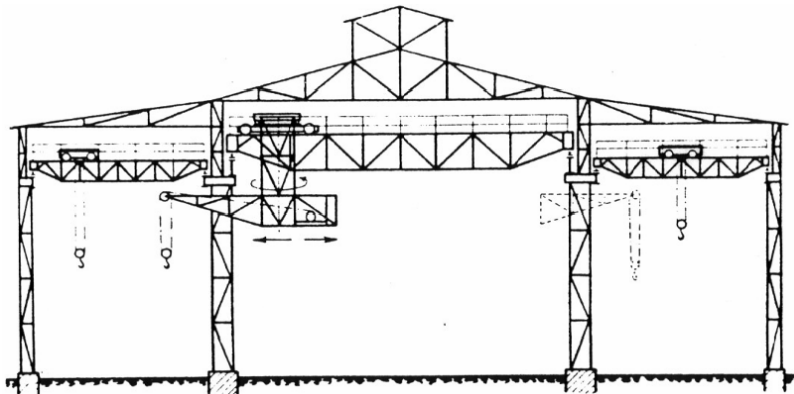
- Nosivost ovisno o tipu i izvedbi granika

- Okretni stupni i zidni do 10 kN
- Mosni 50-500 kN
- Portalni standardne izvedbe 5-250 kN
- Portalni brodogradnja, luke do 15 MN

## Transportna sredstva

- Posebne izvedbe granika (kombinacija)

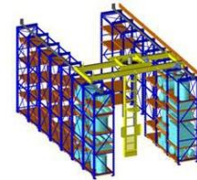
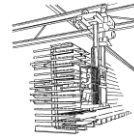
- Ilustracija - Posebna izvedba za transport s tri mosna granika; srednji granik ima dodatni okretni konzolni most (osigurava transport granicama na cijeloj površini hale)





## Transportna sredstva

- **Granik viličar**
  - (eng. *Stacker crane*)
  - Sličan mosnom graniku, samo što umjesto vitla ima jarbol s vilicama ili platformom za jedinične terete



## Transportna sredstva

- **Podna transportna sredstva – Industrijska vozila**
  - (eng. *Industrial trucks*)
  - Najzastupljenija vrsta transportnih sredstava u proizvodnji
  - Razne sistematizacije ovisno o kriteriju (vidi *Oluić, Transport u industriji, 1991*)
    - Ručna i motorna
    - S hodačem, vožnjom ili automatizirana
  - Karakterizira ih mogućnost ostvarivanja tokova materijala s varijabilnim putevima, općenito u situacijama kad postoji potreba za prekidni transport (povremeni prijevoz materijala), na nešto veće udaljenosti
- Ručna vozila
  - razne izvedbe ručnih kolica i ručnih viličara
- Motorna (industrijska) vozila
  - motorna kolica
  - vučna vozila s prikolicama
  - viličari

## Transportna sredstva

- **Ručna vozila**

- Najjednostavnija transportna sredstva
- Primjenjuju se za prijevoz tereta manjih težina (do 30 kN), na kraće udaljenosti (do 50 m)
- Ručnim vozilima nazivaju se sva vozila koja za osnovnu zadaću, a to je transport (vodoravno kretanje) koriste ručni pogon (guranjem ili povlačenjem).
  - Prema *Oluić, Transport u industriji, 1991* u ovu grupu spadaju i ručni električni viličari i poličari, koji imaju mogućnost i dizanja tereta
- Ručna kolica (eng. *hand truck/cart*)



- Ručni viličari (eng. *pallet jack*)



## Transportna sredstva

- **Motorna vozila**

- Transportna sredstva s motornim pogonom, namijenjena za
  - Prijevoz tereta (motorna kolica, vučna vozila, niskopodizni viličari, mobilni granici)
  - Prijevoz, pretovar i naslagivanje (viličari, granici viličari)
  - Posebne izvedbe (viličari za komisioniranje, aerodromska vozila,...)
- Automatizirana sredstva (AGV) – prijevoz, prijevoz-pretovar, prijevoz-pretovar-naslagivanje
- **Motorna kolica**
  - Imaju sve značajke klasičnih motornih vozila, prilagođena za transport u proizvodnji
  - Električna ili s motorima s unutrašnjim izgaranjem
  - Nosivosti do 150 kN /300 kN



## Transportna sredstva

- **Motorna vozila**

- **Vučna vozila** (eng. *tow trucks, tow tractors*)
  - Vozila namjenjena za vuču prikolica natovarenih s teretom
  - Za prijevoz većih količina tereta, obično na veće udaljenosti
  - Električna ili s motorima s unutrašnjim izgaranjem
  - Nosivosti do 2000 kN /4000 kN



## Transportna sredstva

- **Viličari**

- (eng. *forklifts, forklift trucks*)
- Vrsta podnih vozila s glavnom zadaćom projevoza, pretovara i naslagivanja, paletiziranog i nepaletiziranog materijala.
- Širok raspon primjene na različitim zadacima rukovanja materijalom.
- Brojne podjele – vrste viličara prema odabranom kriteriju:
  - prema pogonu
  - prema položaju težišta tereta u odnosu na vozilo
  - prema pristupu vilica teretu
  - prema broju kotača
  - prema mjestu vozača
  - ...

Iako je najčešće sredstvo za zahvat materijala mehanizam vilica (odakle im i ime), primjenom raznih izvedbi dodatnih uređaja za zahvat materijala (hvatala, posude i dr.) značajno se širi područje primjene, povećava brzina i sigurnost rukovanja materijalom specifičnih oblika i karakteristika.

Mnogo je faktora koji su tijekom povijesti utjecali na trendove razvoja viličara (elektronika, pogoni, težnja za smanjenjem mase, težnja za smanjenjem potrebnog prostora, težnja za radom na većim visinama, težnja za povećanjem fleksibilnosti, sigurnost i ergonomija,...), te kao rezultat danas imamo široku paletu različitih izvedbi viličara. Dakako, nisu sve izvedbe namjenjene i pogodne za sve zadatke. Dodatno, od više mogućih (primjenjivih) izvedbi svaka ima određene prednosti i nedostatke. Navedeno sugerira nužnost poznavanja svih mogućih izvedbi i vrsta viličara, sa svojim karakteristikama.

## Transportna sredstva

- Viličari

- Povijesni razvoj viličara (Forklift Trucks – The Backbone Of The Industry, The MHEDA Journal)

- A practical and popular machine for moving products over short distances is the lift truck or forklift, one of the most important, yet overlooked, industrial innovations in modern times. Today, over 150,000 forklifts are delivered to material handling buyers each year.
- Lift trucks evolved from hoists, which were the primary means of lifting and moving heavy items in the late 1800s. These hoists, essentially chains and winches, gave way to wooden platform trucks around the turn of the 20th century. Soon after, the wooden trucks and their trailers incorporated electric motors and traction batteries.
- Around the time of the First World War, machines were designed with an electrical platform that could be raised or lowered. The war effort sprouted other new innovations, including a bomb-handling crane with a power lifting mechanism, considered to be the first electric lift truck.
- Early lift truck models were quite simplistic, with no hydraulics or even forks. These early pieces of equipment were designed to lift a load only a few inches, so chains and elbow grease were usually enough to move a load laterally a few feet. Even with the limited lifting capacities, these machines made the unloading and loading of freight much easier and more efficient, which became even more necessary during the labor shortage caused by the war.
- What is generally credited as the forerunner of the seated counterbalanced truck was produced by Clark in 1917. Known as a Tructractor, it was originally developed solely for use in Clark's axle plant, but visitors saw its practicality and requested their own models. Then in 1920, the first industrial truck to use hydraulic power to lift its load was introduced. In 1923, Yale produced the first electric truck with raising forks and an elevated mast, today considered the first fork lift truck. The lift worked via a ratchet and pinion system.
- The new forklift trucks did not immediately surge in popularity, but a major breakthrough occurred upon the development of the standardized pallet in the late 1930s. The pallet allowed loads to be stacked uniformly and led directly to the increased development of the forklift.



1915 First electric lift truck



1920s – 1930s first forklifts

## Transportna sredstva

- Viličari

- Povijesni razvoj viličara (Forklift Trucks – The Backbone Of The Industry, The MHEDA Journal)

- World War II was another major catalyst in the development of the forklift truck, as laborers needed a more efficient way to load the vast quantities of war goods onto the numerous wagons and ships. One company's shipments increased from 500 units in 1939 to 23,500 units during the later war years. The continual movement of goods throughout this period also made it necessary for the electric trucks to last longer, and models were developed that could work a full eight-hour shift without needing to be recharged.
- By the 1950s, it became clear that more efficient storage methods were needed, and warehouses began to expand upward rather than outward. Thus, more powerful and more maneuverable forklifts were required. New models could fit into narrower aisles and lift materials up to 50 feet above the ground, higher than ever before. Narrow aisle forklifts helped revolutionize the warehousing industry, as more shelving could be placed into the same space.
- With the increased lift heights came legitimate safety concerns. Objects that fell from those heights could very easily injure lift truck operators. By the late 1950s and early 1960s, forklift manufacturers began to offer options for load backrests and operator cages. These items eventually became standard, and issues of forklift safety have not gone away. Operator restraint systems were made standard in the early 1980s, and forklift safety remains an important engineering concern today. New developments in truck and load balancing technology keep vehicles from tipping over.
- In addition to safety innovations, lift trucks are changing in other ways. Environmental and emissions concerns have led to the development of different types of engines. Power sources for trucks continue to evolve from battery power to electricity to propane to compressed natural gas, among others. Hydrogen fuel cells are on the horizon, and in 2000, a prototype was constructed using fuel cells as a source of driving power in a forklift truck.
- The forklift has come a long way since those early chains and winches, with technology a driving force behind continued innovation. The future surely will hold more evolution.



Yale truck with triple lift attachment, early 1960s



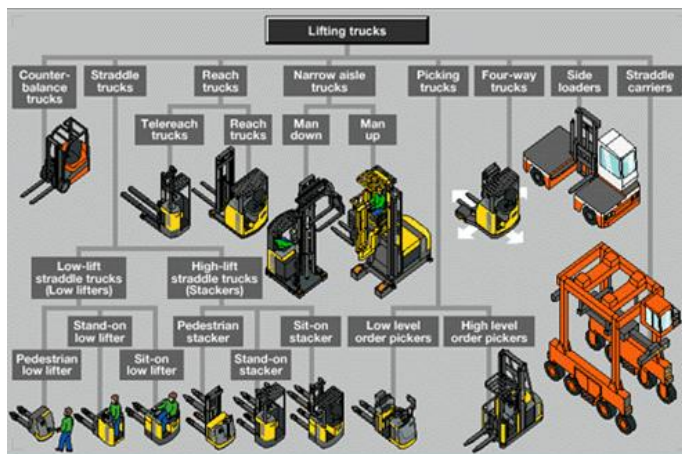
2000s Toyota hybrid and hydrogen fuel cell lift trucks

## Transportna sredstva

- Viličari
  - Pregled (sistematizacija) vrsta viličara prema izvedbi, prikazana u nastavku, takođe ima ulogu i na ukazivanje na uvijek prisutnu problematiku terminologije i prijevoda naziva pojedinih izvedbi viličara.
  - Naime, i u akademskoj literaturi postoje razni nazivi i podjele viličara prema tipu izvedbe, a još su veće razlike naziva izvedbi viličara u HR praksi (zastupnici pojedinih proizvođača, korisnici).
  - Iz tog razloga se za pregled vrsta viličara paralelno daje nekoliko prikaza, s usporedno hrvatskom i engleskom terminologijom.
  - Vrste viličara prema tipu izvedbe (prema *Oluić, Skladištenje i industriji, 1997*):
    - čeon
    - bočni
    - viličari sa zakretnim vilicama
    - skladišni viličari
      - s vilicama između podužnih upornika
      - s uvlačnim jarbolom
      - s dohvatnim vilicama
      - četverostrani viličar
    - portalni viličar
    - visokoregalni viličar
    - niskopodizni viličar
    - sabirni viličar (viličar za komisioniranje)

## Transportna sredstva

- Viličari
  - Vrste viličara prema tipu izvedbe (primjer proizvođač *Atlet*):



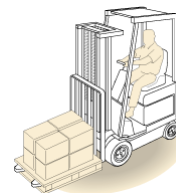
## Transportna sredstva

- Viličari
  - Vrste viličara prema tipu izvedbe (*Linde* i *Jungheinrich* – nazivlje):

Linde		Jungheinrich	
HRV	ENG	ENG	HRV
Čeoni viličar	Counterbalanced	Counterbalanced	Čeoni viličar
Bočni viličar	Sideloader	-	-
Paletni viličar	Pallet trucks	Pallet trucks	Ručni baterijski bez kрана (električni viličar za nisko podizanje)
Ručni električni viličar	Stackers	Stackers	Ručni baterijski s kranom (električni viličar za visoko podizanje)
Regalni viličari	Reach trucks	Reach trucks	Regalni viličari (regalni viličari s pomičnim stupom)
Komisioneri	Order-pickers	Order-pickers	Komisioneri
Visokoregalni s tropoložajnom glavom	VNA trucks	VNA trucks	Visokoregalni i komisioneri
Četverosmjerni	Four way	-	-
Kontejnerski viličari	Container handlers	-	-

## Transportna sredstva

- Čeoni viličar
  - (Eng. *standard forklift, counterbalanced truck/forklift*)
  - Čeoni pristup teretu, vilice u produžetku vozila (bez upornika, protuuteg/baterija)
  - Veliki broj proizvođača, veliki broj različitih modela
    - Tri/četiri kotača, pune gume i pumpane (zračne) gume
    - Električni, dizelski, plinski
    - Razne nosivosti, visina dizanja, brzina
    - Široke primjene (otvoreno, zatvoreno, neravni tereni)
    - Relativno široki potrebni prolazi za manevriranje
    - Fleksibilnost primjene (utovar/istovar, transport, prekrcaj, uskladištenje/iskladištenje) i relativno niska cijena glavne su mu prednosti



## Transportna sredstva

- Bočni viličar
  - (Eng. *standard forklift, counterbalanced truck/forklift*)
  - Bočni pristup teretu vilicama (vilice su okomite na smjer vožnje)
  - Za rukovanje teretima većih dimenzija
  - Glavna karakteristika (prednost) je rukovanje duljim teretima u uskim prolazima
  - Vilice se uvlače i izvlače okomito na smjer vožnje
  - Dizelski, plinski, električni



## Transportna sredstva

- Paletni viličar – električni paletni **niskopodizni viličari**
  - (Eng. *electric pallet truck, powered pallet jack*)
  - Nazivlje: Ručni električni viličari za nisko podizanje, ručni baterijski viličar bez kрана, ...
  - Namjenjeni isključivo prijevozu tereta, bez mogućnosti dizanja/naslagivanja (dižu teret samo 100-300 mm radi nesmetanog transporta), nosivost ovisno o modelu (1000 – 3500 kg)
  - Prednji kotači ugrađeni na kraju vilica
  - Razne izvedbe:
    - hodajući (eng. *walky*)
    - vozeći se, stojeći (eng. *rider stand-on*)
      - na viličaru
      - s platformom
    - vozeći se, sjedeći (eng. *rider sit-on*)



## Transportna sredstva

- Električni paletni **visokopodizni viličari**
  - (Eng. *stackers*)
  - Nazivlje: ručni električni viličar, ručni baterijski viličar s kranom, ...
  - Ovim viličarima svojstven je kran (jarbol) i mogućnost dizanja vilica – dizanje tereta, naslagivanje tereta, rad u području regala
  - U izvedbama hodajući za viličarem ili vozeći se
  - Visine dizanja i nosivost ovisno o modelu (i do preko 5 m, do 2000 kg)



## Transportna sredstva

- Skladišni viličari
  - Razne izvedbe viličara za rad u skladištima
    - Regalni i visokoregalni viličari
    - Komisioneri (horizontalni i vertikalni)
    - Četverosmjerni viličari
  - Izvedbe viličara namjenjene za rad u skladištima (detaljniji prikaz i opis u poglavlju Skladišni sustavi – transportna sredstva u skladištima)





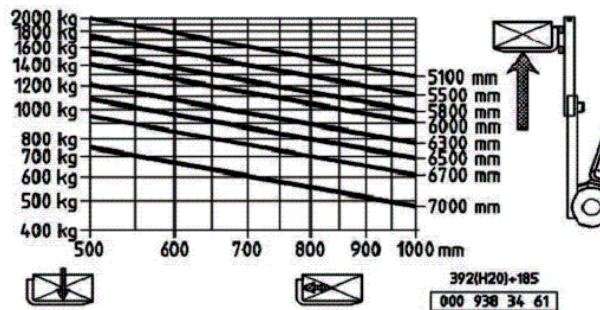
## Transportna sredstva

- Posebne izvedbe viličara
  - Kontejnerski viličar/autodizalica za prekrcaj kontejnera (eng. *container forklifts*)
  - Kontejnerska vozila/portalni prijenosnik kontejnera (eng. *straddle carrier*)
  - Teleskopski viličar (eng. *telescopic forklift*)



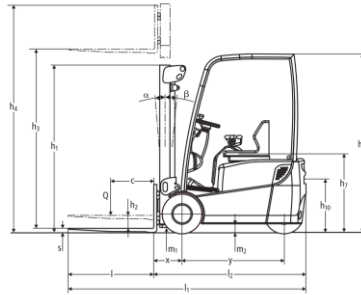
## Transportna sredstva

- **Nazivna i stvarna nosivost viličara**
  - Nazivna nosivost viličara podrazumjeva težište tereta na propisanoj udaljenosti od kraja vilica
  - Ukoliko dođe do pomaka težišta (zbog nejednoliko rasporedene mase tereta ili same dimenzije tereta) smanjuje se nosivost
  - Na određenim visinama dizanja također se smanjuje nosivost viličara
  - Primjena dodatnih uređaja za zahvat može također imati utjecaja na smanjenje nosivosti (masa uređaja, pomak težišta tereta).
  - Zbog toga proizvođači viličara daju dijagrame nosivosti



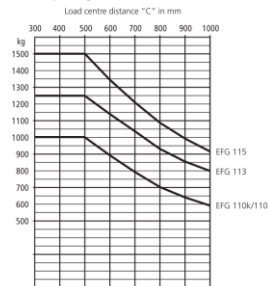
## Transportna sredstva

- Nazivna i stvarna nosivost viličara



- Q nazivna nosivost, kg
- c nominalna udaljenost težišta tereta od kraja vilica, mm
- $c_{stv}$  stvarna udaljenost težišta tereta od kraja vilica, mm
- x udaljenost kraja vilica od osovine prednjih kotača

### Capacity



$$Q_{stv} = Q \frac{c + x}{c_{stv} + x}$$

## Transportna sredstva

- Odabir viličara

- Brojni faktori utječu na odabir vrste viličara.
  - Faktori vezani uz mjesto primjene:
    - gdje će viličar raditi/mjesto rada – na otvorenom, u zatvorenom, ili u kombinaciji
    - vrsta pogona – plin, diesel, baterija
    - najteži teret koji se misli manipulirati viličarom
    - dimenzije tereta
    - potrebna visina dizanja
    - max. visina jarbola u spušenom položaju – prolasci kroz vrata/otvore
    - potrebna dodatna oprema
    - ...
  - Troškovi (cijena vozila, cijena energije, troškovi održavanja)
  - Tehničke karakteristike
    - brzina vožnje, dizanja i okretanja, potrebna širina prolaza
    - upravljivost, preciznost pozicioniranja, udobnost vozača, stabilnost,...
- ↓
- Utjecaj na vrijeme trajanja aktivnosti (radnih ciklusa), protok viličara, potreban broj viličara
  - Utjecaj na izvedbu skladišta/pogona (potrebna površina, izbor regala, metode rada, veze s ostalom opremom i strojevima)

## Transportna sredstva

- **Vrsta pogona viličara**
  - Električni viličari
  - Viličari s motorima s unutrašnjim izgaranjem – dizelski, plinski, benzinski
- Električni viličari
  - Prednosti
    - Nema ispušnih plinova, za rad u zatvorenom
    - Jeftinije energija
    - Tihi rad
    - Jeftinije održavanje
    - Kompaktnijih izvedbi – veće manevaske sposobnosti (širine prolaza)
    - Jednostavnije upravljanje
  - Nedostaci
    - Potrebno punjenje baterija ili dodatne baterije za zamjenu (dodatni prostor i dodatna oprema)
    - Skuplja investicija
    - Manje nosivosti i brzine
    - Manje pogodni za rad na otvorenom (vremenski uvjeti, neravni tereni)

## Transportna sredstva

- **Vrsta pogona viličara**
  - Električni viličari
  - Viličari s motorima s unutrašnjim izgaranjem – dizelski, plinski, benzinski
- Dizelski viličari
  - Prednosti
    - Rad na otvorenom
    - Jeftinija investicija (od električnih, malo skuplji od plinskih)
    - Nema potrebe za vremenski zahtjevnim punjenjem ili zamjenom baterije
    - U pravilu veće nosivosti i brzine
  - Nedostaci
    - Skuplje gorivo od električne energije, jeftinije od plina
    - Najveća emisija štetnih plinova, ekološki neprihvatljiviji
    - Bučni
    - Skuplje održavanje od električnih (jeftinije od plinskih)

## Transportna sredstva

- Vrsta pogona viličara
  - Električni viličari
  - Viličari s motorima s unutrašnjim izgaranjem – dizelski, plinski, benzinski
- Plinski viličari
  - Prednosti
    - Najjeftiniji
    - Mogućnost rada na otvorenom i zatvorenom
    - Najboljih performansi po pitanju brzine, ubrzanja
    - U pravilu veće nosivosti i brzine
    - Tiši od dizelskih
  - Nedostaci
    - Najskuplje gorivo
    - Najskuplje održavanje
    - Postoji emisija štetnih plinova, potrebno provjetravanje

## Transportna sredstva

- Vrsta pogona viličara
  - Primjer ekonomske analize – električni vs plinski

### Economic Benefits

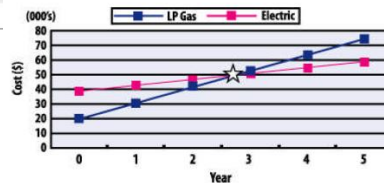
Studies have shown that electric lift trucks cost less to own over their lifetime than comparable ICE lift trucks. Electric lift trucks have lower fuel costs than ICE lift trucks, have a longer useful life, require less yearly and lifetime maintenance, and experience less downtime.

The overall life-cycle cost of electric is less than ICE primarily due to fuel costs. The cost to recharge an electric truck can range from only \$1.50 to \$4.50 per shift, while LP fuel costs can range from \$18 to \$25 per bottle, costs that fluctuate based on local and national variables. Rising diesel and ICE truck operating costs are leading customers to look for alternatives. The operational savings and longer running life will more than offset the difference in purchase price of an electric forklift as shown in the chart below.

FUEL COST COMPARISON: ELECTRIC VS. INTERNAL COMBUSTION LIFT TRUCKS:		
	<b>5,000 lb. Electric</b>	<b>5,000 lb. LPG</b>
<b>Fuel Used Per Work Shift:</b>	41 KWH	6 gal. LPG
<b>Cost of LPG Fuel</b>	\$.010 KWJ	\$2.50/gal*
<b>Cost per 8-hr. Work Shift</b>	\$4.10	\$20.00
<b>Operating Shifts per Year</b>	260	260
<b>Annual Fuel Cost</b>	<b>\$1,066</b>	<b>\$5,200</b>

**POTENTIAL FUEL COST SAVINGS: \$4,134 PER YEAR**

\*fuel costs may vary. \*\*AVG KWH cost for Ohio is \$0.976 - U.S. is \$0.1031 (YS DOE)



## Transportna sredstva

- **Trendovi**

- Trend porasta broja električnih viličara u odnosu na dizel/plinske viličare, smanjuju se razlike (izmjenični motori, brzo punjenje)
- Primjena vodikovih gorivih ćelija
- Ergonomska i sigurnosna rješenja
- Ekologija

There used to be a notable difference between electric and ICE lift truck performance. Electric trucks weren't as productive as ICE trucks in terms of lift and travel speeds. However with today's AC motor technology, electric lift trucks are able to perform side-by-side with ICE trucks in many applications.

With the performance of electric trucks improving, the gap between ICE and electric trucks has narrowed. Thirty years ago, the market was about 60 percent ICE lift trucks and 40 percent electric. Today, it is about 60 percent electric and 40 percent ICE lift trucks. But while there are many benefits to owning electric lift trucks, there are still buyers who are hesitant to make the switch from ICE to electric trucks.

One obstacle is the belief that electric lift trucks cannot operate in wet applications. More times than not, the ICE lift truck is the better suited option for outdoor applications, but the gap is closing. There are electric lift trucks fitted with pneumatic tires and designed for outdoor use, for travel up and down ramps and for operation in inclement weather.

Another barrier is the perceived disadvantage of owning and changing batteries. In the current economy, customers are crunching numbers. They are concerned about having to pay for battery storage and the floor space required for replacement batteries. Recent advances in charger technologies, however, have decreased the need to replace batteries in many applications. Keep in mind that fuel for ICE lift trucks must also be stored on site.

## Transportna sredstva

- **Počele komercijalne proizvodnje i primjene viličara na vodikove gorive ćelije**

- Glavne benefite primjene vodikovih gorivih ćelija lako je pretpostaviti. Iako pogonske jedinice s vodikovim gorivim ćelijama sadrže u sebi i bateriju, njih više nije potrebno mijenjati i puniti. Dovoljno je samo otići viličarem do spremnika komprimiranog vodika i za minutu "naliti gorivo". A i to ne više tako često - vrijeme rada s jednim punjenjem je povećano u odnosu na trajanje klasične baterije. Eliminiranje potrebe za rezervnim baterijama, opremom i prostorom stanice za punjenje oslobađa vrijedan prostor u pogonima odnosno skladištima.
- Prednost ovakvog pogona u usporedbi s klasičnim baterijama očituje se i u konstantnoj snazi i brzini viličara. Pražnjenjem klasičnih baterija viličari gube na brzini, što se očituje u sporijem radu – dakle smanjenoj produktivnosti, ali i povećanom trošenju motora. Motori s vodikovim gorivim ćelijama osiguravaju konstantno punu izlaznu snagu.
- S ekološkog stajališta, prednost ovakvog pogona nemjerljiva je u usporedbi s diesel ili plinskim motorima po pitanju ispušnih plinova. U usporedbi pak s klasičnim baterijama električnih viličara, značajno se smanjuje rukovanje i zbrinjavanje opasnih tvari iz starih i odbačenih baterija.
- Naravno, za sada još ima i objektivnih nedostataka masovnije primjene ovakvih pogona. Prvenstveno su to visoki investicijski troškovi te nedostatak popratne infrastrukture (spremnici i punjači), pitanje sigurnosti, cijena vodika.

## Definicija i važnost rukovanja materijalom

- Vodikove gorive ćelije - primjeri

### P&G Shifts 200 Forklifts to Hydrogen Fuel Cell Power

#### Sysco Warehouse Opens with Fuel Cell Forklifts, Palette Trucks

Posted on June 21st, 2010 by admin

In May 2010, I wondered aloud whether or not fuel cell forklifts and pallet trucks used in large warehouse settings, would in fact be the first commercial production hydrogen vehicles on the market.

Now, there is more evidence that this is so. In Houston, Texas Sysco Inc. opened their new 585,000-square-foot food distribution facility. They will be using numerous Plug Power Inc. Gendrive fuel cell forklifts and pallet trucks.



Proctor & Gamble, owner of the Tide, Pampers and Gillette brands, will convert its battery-operated forklift fleets at three facilities to ones powered by hydrogen fuel cells.

New York-based Plug Power, which has Walmart, Sysco and Coca-Cola as customers, will supply the technology. P&G's manufacturing facilities in California, North Carolina and Louisiana will be the first three sites to use the hydrogen fuel cell-powered forklifts. More than 200 forklifts will have their batteries replaced with hydrogen fuel cells. Other sites are being studied for future conversions, P&G said.

#### Powering Productivity with fuel cells for Electric Lift Trucks:

For lower total cost of ownership



Large manufacturing, warehousing and distribution facilities depend on their lift truck fleets to keep operations going two or three shifts a day. In these multi-shift operations, 80-90% of the total cost of ownership (TCO) of the lift trucks typically comes from operator labour. So it pays to reduce refueling times and keep operators productive.

With Hydrogenics' HyFX™ Power Packs, you have a clean fuel cell power solution for material handling units that can be refueled with hydrogen and be back out on the floor in just 3 minutes. All without handling, swapping and charging lead-acid battery packs.

As well, the maintenance, handling and disposal issues associated with batteries are also eliminated. In fact, by using hydrogen powered forklifts you eliminate the need for battery rooms altogether, freeing up square footage and manpower for revenue generating activities.

Other benefits of The HyFX™ Power Packs include:

- Emissions of nothing but warm water vapour, a critical factor when the operations' products or processes are sensitive to contamination.
- Delivering more consistent voltage than conventional battery packs, leading to lower powertrain maintenance costs.



## Transportna sredstva

- Protok i radni ciklusi
  - Maseni protok – transportirana masa u jedinici vremena, kg/s, t/h
  - $q_m = m/t_c$ 
    - $m$  – masa transportiranog tereta (u jednom prijevozu)
    - $t_c$  – vrijeme radnog ciklusa
  - Komadni protok – transportirani broj jediničnih tereta (komada) u jedinici vremena, kom./s, JT/s
  - $q_k = 1/t_c$
  - Vrijeme radnog ciklusa – suma vremena svih aktivnosti jednog prijevoza (uključujući i povratnu vožnju)
    - $t_c = t_u + t_v + t_i + t_{pv} (+ t_d)$ 
      - $t_u$  vrijeme utovara
      - $t_v$  vrijeme vožnje (pun)
      - $t_i$  vrijeme istovara
      - $t_u$  vrijeme povratne vožnje (prazan)
      - $t_d$  dodatno vrijeme po ciklusu
  - Rad na različitim zadacima prijevoza ?
    - Prosječan radni ciklus, složeni radni ciklus (dvostruki, višestruki)

## Transportna sredstva

- Potreban broj vozila (sredstava prekidnog toka)
  - **Potreban broj vozila** – određivanje potrebnog broja vozila za prijevoz ukupne količine (skupa zadataka) u promatranom vremenu
  - Općeniti izraz iz *Oluić, Transport u industriji, 1991.*

$$B_V = \frac{Q_m \cdot t_c}{Q_v \cdot t_s \cdot b_s \cdot n \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}$$

- $Q_m$  – ukupna (godišnja) težina preveženog materijala, N
  - $t_c$  – vrijeme radnog ciklusa (jednog prijevoza), s
  - $Q_v$  – nosivost prijevoznog sredstva, N
  - $t_s$  – vrijeme trajanja rada u jednoj smjeni, s
  - $b_s$  – broj smjena
  - $n$  – broj radnih dana u godini
  - $\eta_1$  – stupanj tehničke ispravnosti vozila
  - $\eta_2$  – iskoristivost nosivosti vozila
- Primjer – određivanja potrebnog broja viličara za prijevoz zadane količine tereta
  - Primjer – prosječni i složeni radni ciklus viličara

## Transportna sredstva

- Potreban broj vozila sredstava prekidnog transporta
  - Složeniji sustavi s više mjesta utovara i istovara i mrežom puteva, različitom dinamikom odvijanja procesa, s mogućim zastoja zbog zagušenja, i dr. – problem određivanja vremena radnog ciklusa (nejednaki ciklusi, nepoznate povratne vožnje)
  - Određivanje potrebnog broja vozila temeljem ulaznih podataka o prijevozima – količine (**jedinični tereti**), udaljenostima (**transportna mreža i lokacije mjesta utovara i istovara**), podaci o vozilima (**brzina kretanja, vremena utovara/istovara**)
  - Broj vozila takav da se osigura učinkovit transport, s obzirom na operativne i ekonomske kriterije
    - Veći JT → manji broj prijevoza te manji broj vozila, ali veća (skuplja vozila), veća površina za odlaganje materijala i zalihe
    - Manji JT → veći broj prijevoza, veći broj (manjih, jeftinijih) vozila
  - Dulji putevi → veće udaljenosti, veći broj vozila
  - Puno križanja → za očekivati više zastoja (čekanja)
  - Lokacije mjesta utovara i istovara na mjestu puta i blizu raskrižja → više zastoja i blokiranja drugih vozila
- Općeniti izraz

$$\text{Broj vozila} = \frac{\text{Potrebno ukupno vrijeme za transport}}{\text{Promatrano raspoloživo vrijeme}}$$

## Transportna sredstva

- Potreban broj vozila sredstava prekidnog transporta
  - Stanja vozila (vremena):

**Raspoloživo** kreće se ili čeka



**Vožnja prazan** do mjesta utovara



**Utovar** jediničnog tereta



**Vožnja pun** do mjesta istovara



**Istovar** jediničnog tereta

U vremenu rada mogu se dogoditi:

**Vozilo blokirano**

**Vozilo na punjenju** (punjenju ili zamjeni baterije, punjenju gorivom, zamjeni spremnika plina)

$$\begin{aligned} & \text{Raspoloživo vrijeme} + \text{vrijeme vožnje prazan} + \text{vrijeme utovara} + \text{vrijeme vožnje pun} \\ & + \text{vrijeme istovara} + \text{vrijeme vozilo blokirano} + \text{vrijeme vozilo na punjenju} \\ & = \text{Potrebno ukupno vrijeme za transport} \end{aligned}$$

## Transportna sredstva

- Potreban broj vozila sredstava prekidnog transporta
  - Vremena nekih pojedinih stanja mogu se izračunati, dok se za druga stanja moraju procijeniti:
  - Vremena koja se mogu izračunati:
    - Vrijeme vožnje punog vozila
    - Vremena utovara
    - Vremena istovara
  - Vremena koja se procjenjuju:
    - Vrijeme praznog vozila
    - Vrijeme raspoloživog vozila
    - Vrijeme blokiranog vozila
    - Vrijeme punjenja
  - U projektiranju transportnih sustava nije uputno ciljati 100%-tnu iskoristivost vozila (zbog povećane vjerojatnosti neraspoloživih vozila, većeg čekanja na prijevoz)
  - Očekivana iskoristivost vozila (sustava) procjenjuje se na 80-90% (iskustveni podatak)
  - Iz tog razloga se, korištenjem tog podatka, u formuli smanjuje raspoloživo vrijeme



## Transportna sredstva

- Potreban broj vozila sredstava prekidnog transporta
  - Vrijeme vožnje punih vozila i vremena utovara i istovara izračunaju se iz matrice od-do i matrice udaljenosti

Od-do matrica						Matrica udaljenosti					
	1	2	3	..	$j$		1	2	3	..	$j$
1	-	$f_{12}$	$f_{13}$	..	$f_{1j}$	1	-	$d_{12}$	$d_{13}$	..	$d_{1j}$
2	$f_{21}$	-	$f_{23}$	..	$f_{2j}$	2	$d_{21}$	-	$d_{23}$	..	$d_{2j}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	-	..		$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	-	..	
$i$	$f_{i1}$	$f_{i2}$	$f_{i3}$	..	$f_{ij}$	$i$	$d_{i1}$	$d_{i2}$	$d_{i3}$	..	$d_{ij}$

Od mjesta utovara  $i$  do  
mjesta istovara  $j$

$$\sum_i \sum_j f_{ij} \quad \text{Ukupni broj prijevoza, ukupni broj utovara i istovara}$$

$$\sum_i \sum_j f_{ij} \cdot d_{ij} \quad \text{Ukupna prevežena udaljenost – transportni učin}$$

## Transportna sredstva

- Potreban broj vozila sredstava prekidnog transporta
  - Parametri modela:
    - $t_u$  – (prosječno) vrijeme jednog utovara, s
    - $t_i$  – (prosječno) vrijeme jednog istovara, s
    - $v$  – (prosječna) brzina vožnje vozila, m/s

$$T_u = t_u \cdot \sum_i \sum_j f_{ij} \quad \text{Ukupno vrijeme utovara}$$

$$T_i = t_i \cdot \sum_i \sum_j f_{ij} \quad \text{Ukupno vrijeme istovara}$$

$$\sum_i \sum_j f_{ij} \cdot d_{ij} \quad \text{Ukupno prevežena udaljenost (punih vozila)}$$

$$T_v = \sum_i \sum_j (f_{ij} \cdot d_{ij}) / v \quad \text{Ukupno vrijeme vožnje punih vozila}$$

## Transportna sredstva

- Potreban broj vozila sredstava prekidnog transporta
  - Ostala vremena se procjenjuju
    - $e$  – procjenjena iskoristivost sustava
    - $b$  – postotak vremena vozilo blokirano
    - $c$  – postotak vremena vozilo raspoloživo
    - $t_b$  – procjena vremena koje vozilo provede na punjenju
    - $\varphi(T_v)$  – procjenjeno vrijeme povratne vožnje
    - $T$  – promatrano vrijeme

$$B_v = \frac{\sum_i \sum_j (f_{ij} d_{ij}) / v + \varphi(T_v) + \sum_i \sum_j f_{ij} (t_u + t_i)}{e(T - t_b) / (1 + b + c)}$$

- Razni modeli procjene vremena povratne vožnje u znanstvenoj literaturi (jednostavni i složeni), temeljeni na procjeni u ovisnosti o vremenu vožnje punih vozila, parkirnoj lokaciji vozila, broju utovara/istovara po čvorovima (teorija grafova), pravilima dodjeljivanja naloga (FCFS ili prioriteta),...
- Neovisno o modelu, radi se o procjeni. Iz tog razloga je takav proračun za veće projekte samo prvi korak - inicijalno rješenje. Jedina metoda koja će točno predvidjeti performanse sustava s definiranim brojem vozila jest **simulacija**.

## Transportna sredstva

- Potreban broj vozila sredstava prekidnog transporta
  - Primjer:
    - U industrijskom poduzeću potrebno je dnevno (jedna smjena) obaviti prijevoze materijala između 6 odjela. Broj prijevoza i udaljenosti između odjela zadane su matricama. Potrebno je odrediti potreban broj vozila za prijevoz, uz željenu iskoristivost sustava 0,85.
    - Prosječna brzina vožnje transportnog sredstva 0,8 m/s
    - Vrijeme utovara i vrijeme istovara po 30 s
    - Pretpostaviti raspoloživo vrijeme za rad 7 sati,  $t_b=0$ ,  $c=0$ , vrijeme vožnje prazan jednako vrijeme vožnje pun

Matrica od-do

	1	2	3	4	5	6
1	-	100	100			
2		-		20	40	60
3			-			100
4				-		
5				40	-	
6		20			140	-

Matrica udaljenosti

	1	2	3	4	5	6
1	-	10	100	120	25	200
2		-	130	150	50	60
3			-	160	65	120
4				-	50	180
5				130	-	210
6				130	50	-

## Transportna sredstva

- Dodatni uređaji za viličare
  - Primjenom dodataka raznih izvedbi značajno se širi područje primjene viličara, te povećavaju sigurnost i brzinu transporta.
  - Najčešće su to uređaji za zahvat materijala :
    - vilice (okretne, pomične, produžene, višestuke),
    - hvatala (prilagođena obliku materijala, npr. za bačve, sanduke i dr.),
    - posude (za transport sipkog materijala )
    - trnovi, nosači kuke, itd.



## Transportna sredstva

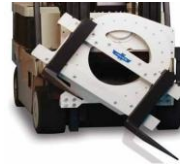
- Dodatni uređaji za viličare
  - Vilice (eng. forks) su sastavni dio i jedan od važnijih dijelova viličara jer se pomoću njih prevozi, premješta, diže, spušta teret. Isto tako postoji velik broj dodatak za vilice koje omogućavaju veću učinkovitost - bolju zaštitu tereta, rukovanje posebnim teretima, obavljanje dodatnih aktivnosti uz prijevoz i pretovar,...
  - Produžene vilice (eng. *fork extensions*)
    - Za rukovanje teretima većih dimenzija
  - Zaobljene ili trokutaste produžene vilice (eng. *rounded or triangular fork extensions*)
    - Za rukovanje okruglim i valjkastim teretima



## Transportna sredstva

- Dodatni uređaji za viličare

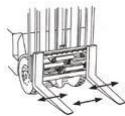
- Štitnici za vilice (eng. *fork protection sleeves*)
  - Služe za zaštitu tereta od oštih rubova i vrhova vilica. Jednostavna montaža, samo se navuku preko postojećih vilica
- Rotirajuće vilice (eng. *rotating forks*)
  - Uređaj s vilicama s mogućnošću rotacije, omogućuje i rotiranje tereta – istresanje sadržaja
- Više vilični dodaci (eng. *multi fork attachments*)
  - napravljeni (dizajnirani) su za rukovanje ekstra širokim paletama ili dugačkim proizvodima poput čeličnih ili plastičnih cijevi, trupcima drva itd. Ugrađuju se tako da se vilice viličara umetnu u unutarnje rukavce, a vanjske vilice služe za stabilizaciju tereta i smanjuju oštećenja proizvoda.



## Transportna sredstva

- Dodatni uređaji za viličare

- Pozicioner vilica (eng. *fork positioner*)
  - Uređaj koji omogućuje promjenu razmaka između vilica, prilagodavajući se raznim širinama tereta

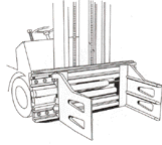


- Rotirajući pozicioner vilica (eng. *rotating fork positioner*)



## Transportna sredstva

- Dodatni uređaji za viličare
  - Hvatala (eng. *clamps*) su sredstva koja značajno olakšavaju rukovanje različitim teretima, kao što su bale, sanduci, bačve itd.
  - Hvatala za bale (eng. *bale clamps*)



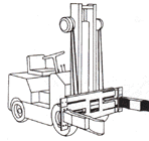
## Transportna sredstva

- Dodatni uređaji za viličare
  - Hvatala za sanduke s rasutim teretima (eng. *bulk box handler*)



## Transportna sredstva

- Dodatni uređaji za viličare
  - Hvatala za bačve (eng. *drum clamps*)
    - Jedna ili više bačvi
    - Izvedbe i za rotiranje i izljevanje s sadržaja



## Transportna sredstva

- Dodatni uređaji za viličare
  - Trnovi, nosači kuka, produžne konzole,...
  - Nosači kuke (eng. *fork mounted lifting hook*)



## Transportna sredstva

- Dodatni uredaji za viličare
  - Trmovi, nosači kuka, produžne konzole,...
  - Trmovi (eng. *forklift coil lifters*)
    - Za rukovanje namotima, rolama, ...



## Transportna sredstva

- Dodatni uredaji za viličare
  - Razni drugi dodatni uredaji

