

LUKA KAO SUSTAV, LUČKI KAPACITET, ISKORISTIVOST KAPACITETA

- 1. **Obilježja luke kao sustava, Struktura lučkog sustava**
 - 2. **Pojam lučkog kapaciteta**
 - 3. **Planiranje razvoja i iskoristivost kapaciteta sredstava za rad:** 3.1. *Proces planiranja i projektiranja sredstava za rad u luci*, 3.2. *Proračun učinka prekrcajnih sredstava*, 3.3. *Mjerenje iskoristivosti kapaciteta sredstava za rad*
 - 4. **Primjer: Izračun statičkog i dinamičkog kapaciteta slagališta kontejnerskog terminala**
 - 5. **Normiranje lučkih tehnoloških procesa – na predavanjima!**
-

1. OBILJEŽJA LUKE KAO SUSTAVA

Polazna osnova pri izučavanju određenog problema jest predstavljanje problema odgovarajućim sustavom za koji je izrađen matematički model kao pomoćno sredstvo za rješavanje tog problema. Takav način rješavanja problema naziva se **sustavni pristup**.

Sustavni pristup polazi od pretpostavke da cjelina nije jednostavan zbroj sastavnih dijelova, te da dijelove nije moguće proučavati neovisno od ostalih dijelova i cjeline.

Temeljne značajke sustavnog pristupa su sljedeće:

- sustav je dio veće cjeline;
- izučavaju se i definiraju veze s okolinom sustava;
- definira se funkcija sustava u cjelini;
- elementi sustava izučavaju se u njihovim interakcijama i u odnosu na funkcioniranje sustava u cjelini;
- uspješnije funkcioniranje sustava postiže se drugačijim povezivanjem elemenata sustava;
- ponašanje sustava prati se kroz dulje vrijeme.

Na temelju spoznaja do kojih se dolazi proučavanjem sustava može se upravljati njegovim razvojem, težeći optimizaciji njegovih procesa i funkcija.

Opće prihvaćena definicija sustava glasi: **sustav** je skup elemenata koji tvore cjelinu, a čijim uzajamnim djelovanjem nastaju određeni rezultati. Usporedi li se ova definicija s definicijom luke, mogu se uočiti brojne podudarnosti:

- luka je cjelina koja je sastavnica veće cjeline – pomorskog i prometnog sustava,
- luka je skup elemenata tehničke, tehnološke, organizacijske, ekonomske, ekološke i pravne naravi koji su međusobno povezani,
- između i unutar elemenata prisutno je djelovanje koje se ispoljava procesima,
- cilj tog djelovanja je prekrcaj tereta s brodova na kopnena prijevozna sredstva i obrnuto.

Iz prethodno navedenog proizlazi da je **luku moguće definirati kao sustav**. Dakle, **luka** je skup elemenata tehničke, tehnološke, organizacijske, ekonomske, ekološke i pravne prirode kojemu je svrha prekrcaj tereta, putnika i automobila s morskih na kopnena prijevozna sredstva i obrnuto na direktan ili indirektan način.

Činjenica da je luku moguće definirati kao sustav otvara mogućnost njene optimizacije kao cjeline. U uvjetima oštre međunarodne konkurencije na tržištu lučkih usluga, u kojima minimalna prednost u kvaliteti ili cijeni usluge može presudno odrediti tržišnu poziciju za buduće razdoblje, optimizacijom poslovanja, zahvaljujući aplikaciji teorije općih sustava i tako dobivenih rezultata istraživanja, moguće je osigurati dostatan kvalitativni pomak u odnosu na konkurentne luke.

Da bi se odabrao odgovarajući pristup i metodologija potrebno je poznavati koje vrste sustava se odnose na luku. Luka je:

- **dinamički sustav**, u kojemu se neprekidno zbivaju promjene (broja brodova na sidrištu i na pristanima, statusa i količine tereta u skladištu, broja i vrste kopnenih vozila, broja i strukture zaposlenih, broja i stanja manipulativnih sredstava i sl.),
- **stohastički sustav**, jer se za određeni ulaz ne može sa sigurnošću, već s određenom vjerojatnošću utvrditi kakav će biti izlaz,
- **otvoreni sustav**, koji ostvaruje brojne veze s okruženjem (brodarima, kopnenim prijevoznicima i ostalima koji sudjeluju u opsluživanju robnih tokova, gospodarstvenim subjektima koji svoju robu upućuju preko luke i sl.),
- **realan i društveni sustav**, jer su njegovi elementi materijalne prirode, ali je to i čovjek obuhvaćen strukturom radnog kolektiva,
- **sustav koji je orijentiran postizanju određenog cilja** – prekrcaj tereta s morskih na kopnena prijevozna sredstva i obrnuto, uz najmanje troškove ili što veću dobit,
- **složeni sustav**, jer je sastavljen od više elemenata od kojih mnogi predstavljaju cjeline koje u odnosu na njega funkcioniraju kao podsustavi.

Za izučavanje lučkog sustava od posebne su važnosti neke njegove značajke. Činjenica da se radi o **složenom** sustavu otežava detaljno opisivanje strukture i procesa što već na početku dovodi do određene razine pojednostavljenja u odnosu na stvarni sustav.

Ukoliko je sustav **dinamičan** potrebno je uzeti u obzir sve procese između sustava i okoline, elemenata sustava te unutar elemenata, što opet pretpostavlja potrebu odvajanja važnijih procesa od onih manje značajnih kako bi se istraživanjem obuhvatili samo važniji procesi.

Stohastične sustave je teže izučavati jer je njihovo djelovanje nemoguće predvidjeti sa sigurnošću, pa se pretpostavlja da će se vjerojatno sustav u određenim uvjetima ponašati na određeni način, a to opet znači moguća odstupanja od onoga kako će se sustav stvarno ponašati.

Prilikom izučavanja luke kao sustava potrebno je uzeti u obzir:

- **tehnički aspekt** (konstrukcijske osobine prekrcajnih i prijenosnih sredstava; graditeljske parametre pristana, valobrana, krcališta, skladišta, prometnica unutarnjeg transporta te priključaka na magistralnu mrežu prometnica i sl.),
- **tehnološki aspekt** (svi procesi vezani za teret, dokumente i informacije, te svi ostali procesi koji osiguravaju funkciju luke),
- **organizacijski aspekt** (način kako su uređeni odnosi između ljudi, sredstava za rad i predmeta rada, vrsta poduzeća i sl.),
- **ekonomski aspekt** (način financiranja, tarifna politika, pokazatelji efikasnosti poslovanja i sl.),

- **ekološki aspekt** (poštivanje međunarodnih i državnih zakona, te konvencija o zaštiti okoliša), i
- **pravni aspekt** (propisi koji reguliraju cjelokupnu funkciju luke – organizacijski oblik, status zaposlenih, financijsko poslovanje, sigurnosni aspekt u luci, i sl.).

Pored navedenih, kvaliteti rezultata istraživanja pridonijeli bi i neki drugi aspekti. Za sve društvene sustave posebno je značajno izučiti ponašanje čovjeka i zakonitosti njegova ponašanja u radnoj sredini, što znači proširenje na znanstvene discipline poput sociologije, psihologije i dr. Čovjek se javlja kao ključni pokretač svih procesa ali i element s najnižom razinom pouzdanosti.

Sveobuhvatnost i interdisciplinarnost sustavnog pristupa nalažu timski rad – formiranje grupe istraživača određenih specijalnosti koja odgovara interdisciplinarnoj osnovi sustavnog pristupa određenoj pojavi. Struktura istraživačkog tima može odstupati od optimalne zbog neraspoloživosti određenog znanstvenog profila ili nesklonosti pojedinca timskom radu.

STRUKTURA LUČKOG SUSTAVA

Luku kao složeni sustav sačinjavaju četiri cjeline koje imaju sva obilježja sustava:

- **podstav operativne obale,**
- **podstav unutarnjeg transporta,**
- **podstav skladišta, te**
- **podstav vanjskog transporta (primopredajne zone za kopnena vozila).**

Ovi podstavovi predstavljaju tehnološko-organizacijske cjeline bez kojih luka ne može obavljati svoju funkciju. Pored njih luka često obuhvaća i neke druge elemente koji pridonose efikasnosti rada ili tržišnoj atraktivnosti luke, a bez kojih luka može obavljati svoju funkciju. To su: radionice za popravak i održavanje mehanizacije, radionice odnosno prostorije za preradu, doradu, oplemenjivanje i pakiranje robe i drugo.

Podstav operativne obale obuhvaća pristane, obalne dizalice i krcalište te pripadajuće procese. U literaturi se pojam pristana na različite načine definira, ali on obuhvaća dio mora uz izgrađenu obalu i samu izgrađenu obalu a ima ulogu prihvata broda tijekom obavljanja operacija ukrcaja i iskrcaja broda. Na pristan se nastavlja krcalište na kojem su smještene obalne dizalice, te služi za odlaganje i zahvaćanje tereta tijekom iskrcaja i ukrcaja broda. Neki autori skloni su ova dva pojma - pristan i krcalište obuhvaćati pojmom operativne obale.

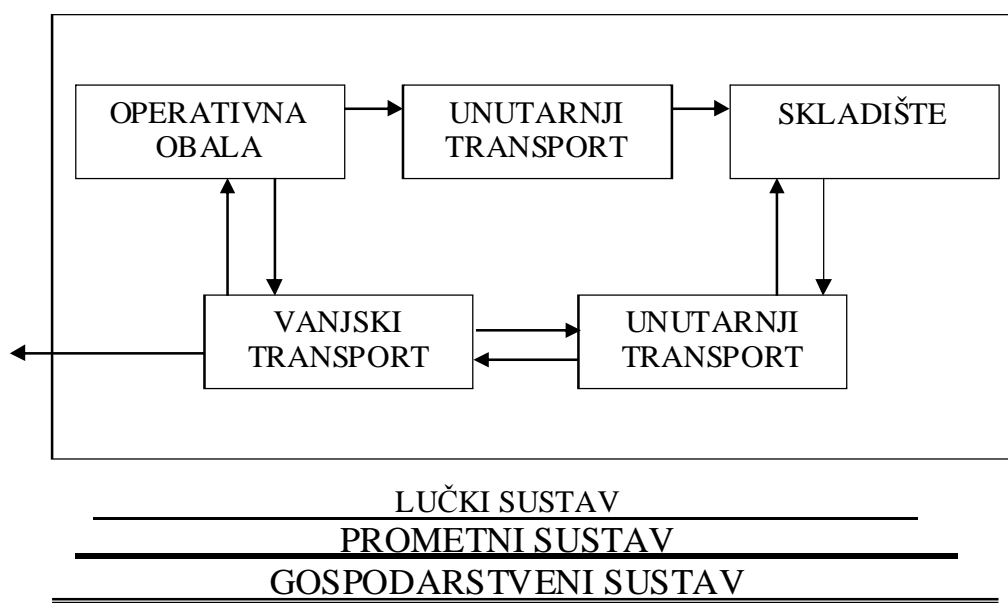
Podstav skladišta nastavlja se u lokacijskom i tehnološko-organizacijskom smislu na podstav operativne obale. To je zatvorena zgrada (skladište) ili područje otvorenog skladišta (slagalište) sa svrhom odlaganja tereta koji se prikupljaju i kompletiraju radi otpreme morem ili kopnom, a također i radi obavljanja nekih drugih poslova s teretom. U skladištu i na slagalištu su prisutna prijevozno-prekrcajna sredstva radi obavljanja skladišnih manipulacija.

Podstav unutarnjeg transporta podrazumijeva sve operacije transporta i rukovanja materijalom: prenošenje materijala od izvora snabdijevanja svih vrsta, cjelokupni transport između pojedinih pogona i distribuciju gotovih proizvoda do potrošača. Promatranjem luke kao cjelovite organizacije u užem smislu može se reći da se unutar nje odvijaju operacije unutarnjeg transporta koje su u funkcijskoj vezi s kapacitetima sredstava vanjskog transporta. Ove operacije

prilično su složene i obuhvaćaju brojne različite postupke kao što su: prijem, rukovanje teretom u postupku iskrcaja i ukrcaja brodova i kopnenih transportnih sredstava, rukovanje teretom u postupku uskladištenja/iskladištenja, prijevoz tereta unutar luke, skladištenje robe, pakiranje i paletiziranje, sortiranje i ispitivanje robe, otprema, evidencija i vođenje dokumentacije i dr.

Podsustav vanjskog transporta (primopredajne zone) za kopnena vozila se lokacijski i tehnološki nastavlja na podsustav skladišta, a ponekad se njihovi procesi u toj mjeri isprepliću da je nemoguće odrediti točnu granicu. To ispreplitanje uvjetovano je neposrednom lokacijom, često korištenjem istih prijevozno-prekrcajnih sredstava ili nedostatkom prostora.

Struktura lučkog sustava s najznačajnijim tehnološkim procesima, podsustavima i nadsustavima



Iako svaki od ovih podsustava ima svoju svrhu djelovanja i funkcionira kao cjelina, u ekonomskom smislu oni se ne mogu pojavljivati kao samostalni subjekti koji na tržištu nude svoje usluge. Između njih je potrebna takva razina povezanosti i usklađenosti koja će rezultirati uspješnim radom lučkog sustava. Osnova usklađenosti jesu komplementarni tehnički elementi podsustava (brzina rada manipulativnih sredstava, njihov broj, lokacijski raspored manipulativnih sredstava s obzirom na građevinske elemente, lokacijski raspored zgrada, skladišta i prometnica, organizacija odvijanja unutarnjeg i vanjskog transporta). Ova usklađenost omogućava ostvarenje planirane propusne moći podsustava a time i luke u cjelini, a to znači i ostvarenje osnovne zadaće ovog sustava.

2. POJAM LUČKOG KAPACITETA

U literaturi i praksi ne postoji ujednačenost u pogledu definicije pojma “lučki kapacitet”. Zato je potrebno pravilno odrediti sadržaj svih pojmova i termina koji su u direktnoj ili indirektnoj vezi s pojmom lučkog kapaciteta.

U procesu proizvodnje lučke usluge sudjeluju: sredstva za rad, predmet rada i radna snaga. Sredstva za rad su sredstva pomoću kojih se obrađuje predmet rada ili se izravno djeluje na njega (strojevi, alati, prijevozna sredstva) i sredstva koja neizravno omogućuju odvijanje radnog procesa (zgrade, ceste, uređaji koji služe za dopremu energije, te prijevoz, ukrcaj/iskrcaj, smještaj i obradu predmeta rada).

Kapacitet sredstava za rad je sposobnost da sredstvo za rad ostvari određeni učinak, tj. da u jedinici vremena proizvede ili obradi određenu količinu proizvoda, da preveze određenu količinu predmeta rada ili ostvari neke druge učinke. Luka koristi sljedeća sredstva za rad: zemljište, zgrade, uređaje, prijevozna i prekrcajna sredstva, strojeve, alate i inventar.

Kapacitet luke je veličina kojom je izražena sposobnost luke da prihvati istovremeno određen broj brodova ili da u promatranoj vremenskoj jedinici (primjerice: tijekom godine) iskrci i ukrca određenu količinu tereta. U prvom slučaju radi se o prihvatnom, a u drugom slučaju o prometnom kapacitetu luke.

Prihvatni kapacitet luke definiran je brojem pristana uz obalu, a **prometni kapacitet** luke zavisi ne samo od prihvatnih nego i od prekrcajnih mogućnosti luke, tj. od ukupnog broja pristana i propusne moći pojedinog pristana, uz pretpostavku da su svi elementi unutar luke usklađeni i međusobno i s elementima izvan luke.

Propusna moć lučkog pristana definirana je protokom tereta na pristanu i zavisi od tehničke opremljenosti i primijenjenoga tehnološkog procesa u luci. To je prekrcajno-prijevozni učinak izražen ukrcajnom/iskrcajnom i prevezenom količinom tereta na pristanu u promatranoj jedinici vremena.

Može se zaključiti sljedeće:

- propusna moć lučkog pristana je prometni kapacitet pristana,
- prometni kapacitet odnosno kapacitet luke je zbroj propusne moći pojedinih pristana u luci, uz uvjet da su kapaciteti ostalih elemenata luke usklađeni s kapacitetom pristana.

Čimbenici o kojima ovisi lučki kapacitet su: duljina operativnih obala (broj pristana), dubina obalnog mora, tehnička opremljenost luke, tehnološki proces, površine skladišta, povezanost luke sa zaleđem, i sl.

Posebno bitan čimbenik pri planiranju lučkog kapaciteta je tehnička opremljenost luke, a osobito prekrcajne mogućnosti. Tehnička opremljenost je opskrbljenost luke različitim uređajima i prijevoznim sredstvima za rukovanje teretom. Prekrcajne mogućnosti uglavnom su determinirane brojem i kapacitetom prekrcajnih sredstava te stupnjem njihove prilagodljivosti na strukturu tereta koji se pojavljuje u procesu prekrcaja. Za pronalaženje optimalnog broja i kapaciteta prekrcajnih sredstava prethodno treba definirati tehničko-tehnološke uvjete koji omogućuju ostvarenje najvećeg prometnog i ekonomskog efekta luke.

Pojam lučkog kapaciteta treba razlikovati od pojma tehničke opremljenosti luke jer je lučki kapacitet zbroj propusne moći svih pristana, a ne pojam za skup svih sredstava za rad u luci. U praksi se, međutim, često može čuti izraz “lučki kapaciteti” koji tada izražava kapacitete lučke infrastrukture, suprastrukture i prijevozno-prekrcajnih sredstava.

Termini **statički i dinamički kapacitet** koriste se uglavnom za izražavanje sposobnosti prihvaćanja određene količine tereta na *skladištu/slagalištu*. Ako se izražava jednokratno radi se o statičkom kapacitetu, odnosno u određenoj vremenskoj jedinici o dinamičkom kapacitetu, iz čega slijedi da se termin dinamički kapacitet može prihvatiti kao sinonim za prometni kapacitet.

Za izražavanje sposobnosti pojedinih *sredstava za rad* (pr. dizalice), a s obzirom na učinke i rezultate rada razlikuju se teorijski i stvarni kapacitet. **Teorijski (ili instalirani) kapacitet** predstavlja maksimalnu proizvodnu sposobnost određenu tehničkim karakteristikama određenog sredstva za rad. **Stvarni (ili radni) kapacitet** je manji u odnosu na teorijski zbog prekida i zastoja koji se pojavljuju u radu, neravnomjernog pristizanja tereta, različitih zahvatnih ili prevezenih količina tereta i sl. Više o tome u dijelu 3.2.

Za **optimalan lučki kapacitet** treba sagledati pored tehničkih osobina lučkih sredstava za rad i ekonomske čimbenike (primjerice: prometnu potražnju, troškove, prihode, dobit i sl.). Kapacitet luke je optimalan kada su kapaciteti pojedinih elemenata (infrastrukture, suprastrukture, ljudskog rada, itd.) međusobno usklađeni i kao takvi čine funkcionalnu cjelinu koja korisnicima omogućuje pružanje lučkih usluga bez zastoja, a luci rentabilno poslovanje.

Međutim, u praksi je vrlo teško odrediti i dimenzionirati optimalan lučki kapacitet zbog oscilacija lučkog prekrcaja uvjetovanog neravnomjernim pristizanjem brodova u luku, te nejednolikim trajanjem operacija s teretom. Luka bi trebala raspolagati rezervnim kapacitetom za slučajeve dnevnog ili mjesečnog maksimalnog prometa da bi se u svakom trenutku mogao obaviti prekrcaj tereta, ali takve bi rezerve kapaciteta smanjile stupanj iskoristivosti luke, a povećale udio fiksnih troškova u njenom poslovanju.

Tehnologija rukovanja s teretom u luci treba, osim funkcionalnosti odabranog rješenja, udovoljavati načelima: sigurnosti, elastičnosti, brzine i ekonomičnosti.

Sigurnost je načelo koje obuhvaća sigurnost tereta i sredstava za rad i sigurnost u radu. Razvitak moderne tehnologije lučkih objekata i mehaniziranih uređaja treba ići u takvom smjeru da njihova izvedba i održavanje jamče sigurnost u radu.

Načelo *elastičnosti* dolazi do izražaja kod određivanja odnosa veličine prostora u luci, vrste operacija i sadržaja broda. Glavni uvjet za uvođenje elastičnosti jest mogućnost ostvarivanja prekrcajnih operacija bez zastoja. To načelo je vrlo značajno kad su u pitanju veliki prekrcajni učinci. Za postizanje potrebne elastičnosti treba, osim odabira odgovarajućih sredstava za rad za obavljanje postavljenog tehnološkog procesa, osigurati i mogućnost primjene paralelne operacije rada.

Brzina rukovanja teretom ovisi o postavljenoj tehnologiji rada u luci, i to o: broju radnih ciklusa, smjeru i putu kretanja robe između broda i kopnenih prijevoznih sredstava, brzini rukovanja robom između kopnenih vozila i skladišta, između skladišta i obale te između obale i broskog skladišta.

Načelo *ekonomičnosti* nalaže izbjegavanje tehnoloških procesa koji zahtijevaju nepotrebne investicije. Tehnologija koja zadovoljava postavljena načela sigurnosti i brzine prekrcaja, a ne zahtjeva jako skupe uređaje, najbolje će udovoljiti zahtjevima ekonomičnosti.

3. PLANIRANJE RAZVOJA I ISKORISTIVOST KAPACITETA SREDSTAVA ZA RAD

3.1. Proces planiranja i projektiranja sredstava za rad u luci

Planiranje je aktivnost kojom se unaprijed definiraju zadaci koje treba ostvariti u budućem razdoblju. Za razliku od predviđanja kao pasivnog očekivanja budućih događaja, značajka planiranja je u tome što ono uključuje i planiranje akcija koje treba poduzeti i sredstava kojima treba djelovati da se razvitak i poslovanje određenog gospodarskog subjekta reguliraju tako da se ostvare utvrđeni zadaci na optimalan način i uz najpovoljniji rezultat.

Značajan zadatak planiranja je da na osnovi raspoloživih informacija i procjene uvjeta poslovanja u budućnosti izabere između dvije ili više mogućih varijanti onu koja je najpovoljnija. Zadatak planiranja nije ograničen samo na to da poslovanje poduzeća usmjerava na najpovoljnije rješenje već će kvaliteta planiranja biti cijenjena i prema tome koliko je ono poduzeće zaštitilo od eventualnog neuspjeha do kojega bi moglo doći ako bi se tijekom događanja odvijao drugačije nego je bilo predviđeno. Utvrđivanje plana znači utvrđivanje odluka kako postupati u budućem razdoblju.

Planiranje obuhvaća: istraživanje čimbenika koji će u planskom razdoblju izravno ili neizravno utjecati na poslovanje te izradu ekonomsko-tehničke analize uvjeta poslovanja u planskom razdoblju, izradu planova, tj. određivanje zadataka, ali i mjera i sredstava za ostvarivanje planskih zadataka, utvrđivanje, kontrolu ostvarivanja i analizu ostvarivanja planova. Plan za svaki dio poslovnog procesa treba biti usklađen s ostalim planovima.

Planovi koje donose lučka poduzeća kao samostalni pravni i gospodarski subjekti mogu se podijeliti: s obzirom na razdoblje na koje se odnose i s obzirom na sadržaje koji se obrađuju.

Plan razvoja luke izrađuje se kao ukupni razvojni plan, u okviru kojega su sadržani brojni pojedinačni planovi, različiti po svom sadržaju, a neophodni za prognozu čimbenika relevantnih za daljnji razvitak luke. Najznačajniji pojedinačni razvojni planovi luke jesu:

- plan razvoja djelatnosti,
- plan razvoja investicija i lučkih kapaciteta,
- plan razvoja kadrova,
- plan razvoja poslovanja luke.

Luka koja želi opstati na tržištu i istovremeno biti konkurentna svojom ponudom, treba stalnim investiranjima u svoje kapacitete, pratiti zbivanja na svjetskom prometnom tržištu. Osnovni razlog za investicije je potreba za obnovom, zamjenom ili modernizacijom postojećih kapaciteta. Potreba se javlja i onda kada se radi o promjeni ili proširivanju vrsta lučkih usluga.

Treba razlikovati planiranje od postupka projektiranja koje nema dugoročni koncept. **Projektiranje** predstavlja istraživačko-razvojni postupak pomoću kojeg se definiraju osnovna tehničko-tehnološka obilježja luke. Projektiranje kao postupak ima svoje logičke faze. U prvom redu radi se idejno rješenje, zatim idejni projekt, nakon čega slijedi glavni projekt, a potom izvedbeni projekt.

Plan razvoja kapaciteta, odnosno plan investiranja prema svom sadržaju se odnosi na pojedina sredstva lučke infrastrukture i suprastrukture. Pristani (s operativnim obalama) kao lučka infrastruktura mogu također biti sadržaj plana investiranja, i to u slučajevima rekonstrukcije pristana, povećanja propusne moći pristana ili izgradnje novog pristana. Koja će se od navedenih odluka sprovesti ovisi o zahtjevima i rezultatima odgovarajućih modela planiranja.

Poticaji za planiranje prekrcajnih kapaciteta, odnosno sredstava za rad, mogu se svrstati u jedan od sljedećih zahtjeva:

- zamjena postojećih kapaciteta novim istih tehnoloških svojstava,
- modernizacija postojećih kapaciteta,
- proširenje kapaciteta radi povećanja opsega prometa kroz luku,
- izgradnja novih lučkih kapaciteta.

Plan kapaciteta odnosi se na prihvatni i prometni kapacitet luke, odnosno na pristane i na sva sredstva za rad u luci, ovisno o predmetu istraživanja. Plan lučkih kapaciteta treba odgovoriti na sljedeća pitanja:

- koji i koliki kapaciteti su potrebni za ostvarenje plana proizvodnje lučkih usluga?
- koji i koliki su raspoloživi kapaciteti, tj. koliki se opseg prometa može obaviti?
- kako riješiti manjak, odnosno višak kapaciteta koji se utvrdi u fazi pripreme plana proizvodnje lučkih usluga?

Planiranje kapaciteta lučkih sredstava za rad je složeno s obzirom na činjenice:

- nedostatak kapaciteta ne može se zamijeniti nekim drugim elementom radnog procesa,
- različite vrste kapaciteta moraju biti međusobno usklađene,
- lučki kapaciteti imaju velike fiksne troškove koji su ekonomski opravdani, samo kad su kapaciteti dovoljno iskorišteni.

Pri dimenzioniranju lučkih kapaciteta treba voditi računa o kolebanjima u procesu proizvodnje lučke usluge koja nastaju zbog neravnomjernosti lučkog prometa (sezonska uvjetovanost, tehnički, tehnološki i organizacijski razlozi, elementarni poremećaji, politički utjecaji, promjene u tokovima međunarodne robne razmjene), tj. nejednolike količine tereta odnosno brodova tijekom određenog razdoblja.

Neravnomjernost prometa nije slučajna pojava, pojavljuje se tijekom godine, mjeseca i dana, te ponavlja u određenim vremenskim ciklusima i karakteristična je za sve morske luke. Oscilacije prometa u lukama koje se ne mogu izbjeći ni predvidjeti količinski u sadašnjosti i budućnosti utječu na probleme dimenzioniranja luke, posebno na utvrđivanje potrebnog broja pristana. Naime, luka bi trebala raspolagati *rezervnim kapacitetima* za uvjete dnevnog ili mjesečnog maksimalnog prometa da bi se u svakom trenutku mogao obaviti lučki prekrcaj, ali bi takve rezerve kapaciteta smanjile stupanj njihova iskorištenja, pa se opravdano upitati da li je ekonomski isplativo imati takve kapacitete "zaleđene" do trenutka dok ne nastupe "vršna opterećenja". S druge strane posljedica reduciranja rezervi kapaciteta je čekanje brodova ili tereta što povećava troškove rukovanja teretom i zahtijeva primjenu skupljeg načina rada.

Nedovoljni lučki kapaciteti, prvenstveno kapaciteti sredstava za rad, posljedica su potprojektirane luke, što usporava odvijanje prekrcajnog procesa kod svih transportnih sredstava koji sudjeluju u transportnom toku robe te dovodi do lančane reakcije zastoja i prekida u radu.

Projektno predimenzionirana luka omogućuje ubrzanje transportnog procesa i smanjuje ili potpuno otklanja čekanje brodova na ukrcaj/iskrcaj, ali velika investicijska ulaganja u infrastrukturu i uređaje povećavaju troškove usluge.

Kapacitet svakog idućeg elementa lučkog sustava mora biti jednak ili veći od prethodnog u transportnom toku robe. Pritom je kapacitet luke u funkcijskoj vezi s propusnom moći pojedinih elemenata lučkog sustava i ovisan je o propusnoj moći onog elementa u sustavu koji je najslabije dimenzioniran. Uvjet za postizanje maksimalne efikasnosti u procesu proizvodnje lučke usluge jest ispravno planiranje kapaciteta lučkih sredstava za rad, prvenstveno pristana i svih prijevoznih i prekrcajnih sredstava koji sudjeluju u protoku tereta kroz luku.

Protok tereta, na temelju kojeg se definira propusna moć pristana, utvrđuje se prema veličini brodova, odnosno količini tereta, koji će dolaziti u luku. Definiranje propusne moći pristana polazna je osnova za definiranje kapaciteta i izbora obalnih, skladišnih i ostalih objekata, uređaja i transportnih sredstava u luci.

3.2. Proračun učinka prekrcajnih sredstava

Učinci prekrcaja, prijevoza odnosno prijenosa tereta u lučkom transportu ovisni su o toku i načinu rukovanja teretom, a mogu se analitički odrediti i vrednovati. Pri proračunu učinka kao osnove vrednovanja prekrcajnih sredstava treba prethodno definirati osnovna tehničko-tehnološka obilježja prekrcajnog sredstva. Termin kapacitet se ponekad pogrešno izjednačava s nosivošću dizalice.

Kapacitet prekrcajnog sredstva je njegova sposobnost da se, uz dane uvjete i odgovarajuću organizaciju rada, prekrca (ukrcaj, iskrcaj) određena količina robe (t, m³, kom.) u jedinici vremena (sat, smjena, dan).

S obzirom da na kapacitet prekrcajnog sredstva, osim njegove tehnološke strukture, utječu i drugi vanjski čimbenici, neophodno je razlikovati:

- 1) **tehnički kapacitet** (teorijska proizvodnost) prekrcajnog sredstva koji podrazumijeva računski utvrđenu količinu robe određenih svojstava koja se može prekrcati u jedinici vremena korištenjem najveće dozvoljene nosivosti, a koji ovisi samo o tehničko-tehnološkim obilježjima i o namjeni prekrcajnog sredstva;
- 2) **stvarni kapacitet** (eksploatacijska proizvodnost ili učinak) prekrcajnog sredstva koji predstavlja mjerenjem utvrđenu količinu robe u tonama, komadima ili kubnim metrima koju je moguće prekrcati u jedinici vremena pod konkretnim uvjetima rada, a ovisi, osim o tehničko-tehnološkim obilježjima sredstva, i o drugim vanjskim čimbenicima koji umanjuju mogućnosti tehnološkog maksimuma određenog sredstva. Pri tome određenu ulogu imaju vremenski uvjeti (npr. vjetar), organizacija rada, uvjeti lokaliteta, kao što su: raspored pomoćnih postrojenja, operativnih površina, skladišta, prometnica, kolosijeka, fizičko-tehnološka obilježja tereta (vrsta, zapremina, masa, granulacijski sastav, oblici komada,

homogenost itd.). Ovako definiran kapacitet prekrcajnog sredstva determiniran je tehničko-eksploatacijskim obilježjima prekrcajnog sredstva ali i organizacijom rada i uvjetima rada.

Razlika između tehničkog i stvarnog kapaciteta prekrcajnog sredstva zove se rezervni kapacitet. Idealno bi bilo da prekrcajno sredstvo u ukupnom planiranom radnom vremenu može ostvariti eksploatacijsku proizvodnost jednaku tehničkim mogućnostima i maksimalnom transportnom efektu koje ono može izvršiti uz optimalne uvjete rada.

Za razliku od pojma "tehnički kapacitet", kod kojeg se matematičkim putem izračunava količina robe u tonama, komadima ili kubnim metrima koja se može prekrcati u određenom vremenskom intervalu, pojam "učinka" odnosi se na realne ostvarene vrijednosti određenog prekrcajnog sredstva. Dakle, kada se govori o prekrcajnom kapacitetu govori se o tehničkim mogućnostima, a kad se govori o učinku tada je riječ o ostvarljivim veličinama.

Proizvodnost (Q) se odnosi na jedan sat neprekidnog rada stroja, a može se izražavati sa: masenim protokom (t/h), zapreminskim protokom (m^3/h) i brojem komada (kom/h).

Teorijska proizvodnost računa se prema izrazu:

$$Q_h = n_c \cdot m$$

Q_h – učinak prekrcajnog sredstva (t/h, kom/h, m^3/h),

m – najveći maseni protok tereta koji se može prenijeti u jednom radnom ciklusu (t/ciklus, kom/ciklus, $m^3/ciklus$),

n_c – broj ciklusa jednog prekrcajnog sredstva na sat.

Eksploatacijska norma proizvodnosti ili realni kapacitet razlikuje se od tehničke norme po tome što se uzima u obzir stvarni rad sredstva odnosno stvarno korištenje vremena u toku jednog sata, (smjene/dana), kao i stvarni zahvat tereta u odnosu na nosivost sredstva, a s obzirom na težinu zahvatnog sredstva i osobine određene vrste robe. To je količina robe (t, m^3 , kom.) koja se može premjestiti u toku sata/smjene/dana pod konkretnim uvjetima, uzevši u obzir sve čimbenike koji utječu na veličinu stvarnog prekrcajno-transportnog učinka za dane uvjete prekrcaja.

Prema tome, teorijska proizvodnost umanjena je tijekom eksploatacije uslijed:

- nepotpunog korištenja radnog vremena za prekrcaj zbog potrebnih radnji održavanja i ostalih prekida u radu,
- nepotpunog korištenja nazivne nosivosti,
- neravnomjernog pristizanja materijala,
- nepogodnih uvjeta rada (otežan pristup predmetima, ograničen prostor za rukovanje).

Navedene smetnje uzimaju se u obzir s koeficijentima :

k_1 – koeficijent iskorištenja nosivosti,

k_2 – koeficijent iskorištenja radnog vremena i

k_3 – koeficijent neravnomjernosti pristizanja materijala.

Slijedi da je Q_e – eksploatacijska proizvodnost (t/h, kom/h, m^3/h): $Q_e = Q_h \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$.

3.3. Mjerenje iskoristivosti kapaciteta sredstava za rad

Velika vrijednost lučkih sredstava za rad i sve brže ekonomsko zastarijevanje kojemu su izložena traže njihovu potpuniju i povoljniju iskoristivost. Ako kapaciteti nisu u potpunosti iskoristivi, postoje odgovarajuće rezerve kapaciteta, koje se, ovisno o uzrocima njihove pojave, označavaju kao I., II. I III. rezerva kapaciteta. Mogući su sljedeći stupnjevi iskoristivosti kapaciteta, rezerve kapaciteta i njihovi ekonomski učinci:

- *mirovanje* – kapacitet se uopće ne iskorištava, a ekonomski učinak je gubitak u iznosu ukupnih fiksnih troškova;
- *minimalna iskoristivost kapaciteta* – najmanji stupanj iskoristivosti koji se ekonomski može prihvatiti u danoj prilici, a ekonomski učinak je smanjen gubitak;
- *točka pokrića troškova* – na toj su točki izjednačeni ukupni prihod i ukupni trošak, a ekonomski učinak je nula, bez negativnog ili pozitivnog poslovnog rezultata;
- *ostvareno korištenje kapaciteta* – evidentirana iskoristivost kapaciteta, a ekonomski učinak je pozitivan poslovni rezultat;
- *planirani stupanj iskoristivosti kapaciteta* – ostvaruje se pod normalnim okolnostima, ekonomski učinak je veći poslovni rezultat;
- *optimalna iskoristivost kapaciteta* – najpovoljnija iskoristivost kapaciteta s obzirom na potrebe tržišta, prosječne troškove i poslovni rezultat;
- *maksimalna iskoristivost kapaciteta* – postiže se u znaku progresije varijabilnih troškova i smanjivanja pozitivnog poslovnog rezultata (ako je cijena lučke usluge nepromijenjena).

Može se zaključiti sljedeće:

- da je iskoristivost kapaciteta uvjetovana *vanjskim čimbenicima* (tržište, ponuda i potražnja lučke usluge, konkurencija, cijena lučke usluge itd.) i *unutarnjim* (raspoloživi kadrovi i njihova kvaliteta, organizacija rada, koordinacija itd.);
- da se iskoristivost kapaciteta uvijek odražava i na kretanje troškova i na visinu poslovnog rezultata:
 - smanjivanje prosječnih fiksnih, a također i prosječnih ukupnih troškova prilikom povećanja stupnja zaposlenosti,
 - porast prosječnih varijabilnih troškova na visokim stupnjevima zaposlenosti, odnosno u vezi s pojavom prekovremenog i noćnog rada,
 - sporije opadanje ukupnih troškova prilikom smanjenja iskoristivosti kapaciteta, jer fiksni troškovi ostaju nepromijenjeni,
 - porast ili pad ukupnog prihoda.

Treba razlikovati mjerenje iskoristivosti kapaciteta prekrcajnih i transportnih sredstava. Mjerenje **iskoristivosti prekrcajnih sredstava** provodi se:

- a) stavljanjem u odnos iskoristivih i mogućih sati rada prekrcajnog sredstva, na primjer: $16 \text{ h} / 24 \text{ h} = 0,67$;
- b) stavljanjem u odnos ostvarenog (eksploatacijska proizvodnost) prema mogućem učinku (teorijska proizvodnost), na primjer: $26.000 \text{ TEU/god.} / 35.000 \text{ TEU/god.} = 0,74$.

Mjerenje **iskoristivosti transportnih sredstava** iskazuje se kao:

- a) odnos ostvarenih prema mogućim satima vožnje, odnosno plovidbe: $14h / 24h = 0,58$ ili 58%,
- b) odnos prevezenog tereta prema nosivosti broda: $4.500 \text{ TEU} / 6.000 \text{ TEU} = 0,75 = 75\%$,
- c) odnos ostvarenih tonskih kilometara prema mogućim tonskim kilometrima: $6.000 \text{ tkm} / 9.000 \text{ tkm} = 0,67 = 67\%$.

Praćenjem i mjerenjem iskoristivosti kapaciteta sredstava za rad stječe se uvid u raspoložive rezerve kapaciteta, utvrđuju se odstupanja na relaciji planirano/ostvareno. Osim toga, to je i polazna osnova za analizu utjecaja stupnja iskoristivosti sredstava za rad na kretanje prosječnih troškova, ukupnog prihoda i dohotka lučkog poduzeća. Mjerenjem iskoristivosti se također mogu objasniti temeljni uzroci koji su otežavali iskoristivost kapaciteta sredstava za rad i negativno utjecali na uspješnost poslovanja lučkog poduzeća. Na toj se osnovi zasnivaju, donose i provode odgovarajuće mjere nove, racionalnije iskoristivosti prekrcajnih sredstava.

4. PRIMJER PRORAČUNA KAPACITETA SLAGALIŠTA KONTEJNERSKOG TERMINALA

Statički kapacitet slagališta kontejnerskog terminala podrazumijeva maksimalan broj kontejnera koji se mogu smjestiti na trake za privremeno odlaganje. Čimbenici o kojima ovisi statički kapacitet slagališta su sljedeći: broj traka za odlaganje, visina slaganja, dužina trake, vrsta kontejnera i koeficijent iskorištenja trake po dužini. Za proračun statičkog kapaciteta koristi se izraz:¹

$$N_k = \frac{n \cdot l \cdot y}{L_k}$$

N_k – broj kontejnera koji se može smjestiti na trake za privremeno odlaganje (TEU),

n – broj traka za slaganje kontejnera pomnožen s brojem visina slaganja,

l – dužina trake za odlaganje kontejnera (m),

y – koeficijent iskorištenja trake po dužini ($y = 0,9$ za 20' kontejner)

L_k – dužina kontejnera (m); L_k za 20' kontejner iznosi 6,050 m.

Dinamički kapacitet slagališta kontejnerskog terminala je ukupna količina kontejnera koja se uskladišti na slagalištu u određenom razdoblju. Ovako definiran kapacitet slagališta u literaturi se još naziva i obrtom slagališta. Godišnji obrt slagališta podrazumijeva ukupnu količinu kontejnera koja se može uskladištiti na slagalištu u jednoj godini.

Dinamički kapacitet slagališta ovisi o kapacitetu jednokratnog smještaja, odnosno statičkom kapacitetu (N_k) i broju izmjena kontejnera u godini (C) koji se dobije dijeljenjem broja dana u godini sa prosječnim brojem dana zadržavanja kontejnera na slagalištu, te se dobiva prema sljedećem izrazu²:

¹ Č. Ivaković, Modeli za definiranje kapaciteta kontejnerskih terminala, Suvremeni promet, Zagreb, 1991.

² Ibidem

$$Q = N_k \cdot C = N_k \cdot \frac{365}{t}$$

Q – dinamički kapacitet slagališta (TEU/god.),

N_k – statički kapacitet slagališta (TEU),

C – broj izmjena kontejnera u godini,

t – prosječno vrijeme zadržavanja kontejnera na slagalištu (dana).

Primjer.

Pri proračunu se uzimaju sljedeći podaci:

- 4 trake za odlaganje kontejnera (ispod 4 portalna prijenosnika velikog raspona)
- mogućnost slaganja u prosječno 3 visine,
- duljina trake od cca 200 m (33 TEU),
- unutar trake (transtainera) se slaže 7 TEU u širinu pa se za duljinu trake uzima 1 500m, te slijedi:

$$N_k = \frac{(4 \cdot 3) \cdot 1\,400 \cdot 0,9}{6,05} = 2\,500 \quad [\text{TEU}]$$

Na osnovu proračuna utvrđeno je da statički kapacitet slagališta iznosi 2 500 TEU, što se odnosi samo na broj kontejnera koji se mogu složiti ispod portalnih prijenosnika velikog raspona, čemu treba dodati i broj kontejnera ispod ostalih površina predviđenih za slaganje kontejnera na terminalu.

Na temelju dobivenog statičkog kapaciteta i broja izmjena kontejnera u godini moguće je dobiti ukupnu količinu kontejnera koja se može uskladištiti na slagalištu kontejnerskog terminala tijekom godine dana, odnosno **dinamički kapacitet**, te je:

$$Q = N_k \cdot C = N_k \cdot \frac{365}{t} = 2\,500 \cdot \frac{365}{7} = 130\,357 \quad [\text{TEU/god}]$$

Vrijeme zadržavanja kontejnera na slagalištu kreće se u rasponu od 3 – 10 dana, dok se prazni kontejneri zadržavaju i više od 10 dana. Za proračun dinamičkog kapaciteta pretpostavljeno je prosječno vrijeme zadržavanja kontejnera na slagalištu od 7 dana te dobiveni dinamički kapacitet iznosi 130 357 TEU.

Navedeni matematički modeli imaju primjenu pri dimenzioniranju terminala i planiranju razvojnih mogućnosti, zavisno od robnih i prometnih tokova usmjerenih prema terminalu. Na temelju utvrđenih kapaciteta kontejnerskog terminala, razrađuju se ostali sadržaji terminala, potrebna tehničko-tehnološka obilježja sredstava unutarnjeg transporta, duljine željezničkih kolosijeka, cestovnih prometnica i odlagališta.

5. NORMIRANJE LUČKIH TEHNOLOŠKIH PROCESA

Napomena: ovaj dio će se obraditi na satovima predavanja!