

Zdravko Linarić

***Sustavi
građevinskih
strojeva***

(udžbenik)

***Građevinski fakultet
Sveučilišta u Zagrebu***

Sadržaj

Predgovor

1. Građenje

- 1.1. Tehnika i tehnologija građenja
- 1.2. Organizacija i logistika građenja
- 1.3. Ekonomika građenja

2. Tehnološki sustavi pri građenju

- 2.1. Sustavni pristup građenju
- 2.2. Građevinski tehnološki sustavi
- 2.3. Sustavi građevinskih postrojenja, transpornih sredstava i strojeva
 - 2.3.1. Strojno-tehnološki sustavi pri zemljanim radovima
 - Građevinski zemljani radovi
 - Standardni građevinski strojevi za površinske zemljane radove
 - Masovni zemljani radovi
 - Ustrojavanje tehnoloških postupaka pri površnskom iskopu tla ili stijene
 - 2.3.2. Strojno-tehnološki sustavi pri betonskim radovima
 - Betonski radovi
 - Transportirani i gradilišni betoni
 - 2.3.3. Strojno-tehnološki sustavi asfaltnim radovima
 - Asfaltni radovi
 - Valjani asfaltbetoni
 - Asfaltni makadami
 - Obnova asfaltnih kolničkih konstrukcija

3. Pouzdanost građevinskih strojeva

- 3.1. Odabir elemenata sustava građevinskih strojeva
- 3.2. Učinkovitost tehnoloških sustava
- 3.3. Pouzdanost strojno-tehnoloških sustava
 - 3.3.1. Pouzdanost pojedinog stroja
 - 3.3.2. Pouzdanost grupe građevinskih strojeva
 - 3.3.3. Primjer planiranja strojnog rada pri masovnim zemljanim radovima

Predgovor

Tehnički sustavi sve su složeniji po svome organizacijskom ustroju te po načinu ponašanja i djelovanja. Posebice je to posljedica razvoja suvremenih načina informatizacije („kompjuterizacije“) njihova planiranja i djelovanja kao i uz to vezana upravljanja i rukovođenja. *Sustavni pristup* olakšava promišljanje problematike vezane uz odabir i planiranje složenih tehničkih ujedno dinamičkih sustava u koja pripadaju postrojenja za proizvodnju gradiva kao i sustavi u obliku radnih grupa standardnih građevinskih strojeva na izvedbi određenih građevinskih radova. Takav pristup također olakšava učinkovito usmjeravanje takvih proizvodno-tehnoloških ili strojno-tehnoloških sustava prema ostvarenju planiranih ciljeva koji se očekuju njihovim ustrojavanjem i djelovanjem.

Prilikom promišljanja građevinskih proizvodno-tehnoloških sustava u uvom udžbeniku neposredno građenje ne promišlja se kao gospodarska grana ili industrija ili kao djelatnost održavanja građevina i građevinskih konstrukcija ili kao državna struktura koja nadzire građenje. Neposredno građenje se ovdje sustavno promišlja kroz proizvodno-tehnološke aktivnosti pri građenju i proizvodnji gradiva a koje su aktivnosti također sustavno organizirane kroz tehnološke tokove i procese građenja.

1. Građenje

Osnovni je cilj (neposrednoga) *građenja* u užem smislu stvaranje materijalnih dobara više uporabne vrijednosti u obliku građevina i/ili zasebnih (samostalnih) građevinskih konstrukcija određene namjene. Samo građenje obuhvaća sve aktivnosti koje omogućavaju racionalno i ekonomično ostvarenje (objektivizaciju, materijalizaciju) navedenog osnovnog cilja građenja.

Neposredno građenje sustavno se promišlja kroz četiri osnovne, međusobno povezane, kategorije njegove pojavnosti - kroz *tehniku i tehnologiju građenja*, kroz u to uključenu *organizaciju građenja s logistikom resursa građenja* te kroz *ekonomiku građenja* koja je u svakom slučaju bitna za ocjenu tehno-ekonomske učinkovitosti odnosno uspješnosti tehnike, tehnologije, logistike i organizacije građenja.

1.1. Tehnika i tehnologija građenja

Tehniku i tehnologiju valjalo bi općenito promišljati kao dvije različite (ali povezane) kategorije iako se one ponekad izjednačavaju ili se smatraju sinonimima. *Tehnika* u užem smislu podrazumijeva *proizvodna sredstva*. Međutim, razna proizvodno-tehnička sredstva za rad rabe se u ostalim djelatnostima pa se taj pojam ne može vezati samo za proizvodna sredstva već on obuhvaća ostala sredstva koja se koriste pri provedbi mnogih neproizvodnih aktivnosti. *Tehnologija* se pretežito pojmi kroz *tehnoške procese* kojima se predmeti rada preoblikuju u proizvode namijenjene novoj uporabi ili potrošnji. Međutim, ni tehnologija više nije vezana samo za materijalnu proizvodnju već ona obuhvaća sve brojnije tehnologije u ostalim djelatnostima kao primjerice razne komunikacijske i informatičke tehnike koje obilježavaju suvremeni razvoj tehnologije općenito.

„Ako se pod tehnologijom podrazumijeva ukupnost znanja, postupaka i sredstava koja se koriste u nekoj djelatnosti, čija je svrha utjecanje na objekt bilo koje vrste, s ciljem je promjeni ili održati postojeće karakteristike objekta“ (I. Šeparović-Perko, Tehnologija, moć, samoupravljanje) i ako se „pojam tehnike prije svega odnosi na sredstva rada“ (S. Trbojević-Golac, Tehnologija proizvodnih procesa) moglo bi se zaključiti da pojam tehnologije “obuhvaća” tehniku u užem smislu. Stoga (Trbojević-Golac, ibid.) „tehnika podrazumijeva tehnička sredstva za rad (alati, strojevi, oprema i uređaji) a tehnologija način i znanja kojima se ta tehnička sredstva primjenjuju u različitim promjenama predmeta rada“. Uz navedeno valja „tehnologiju građenja odrediti kao nauku koja istražuje zakonitosti u građevinskom procesu, a kao praktično područje bavi se pripremanjem i vođenjem procesa građenja, tj. kao praktično-radno područje tehnologija građenja bavi se pripremanjem i vođenjem građevinskog procesa na znanstvenim osnovama“ (S. Rex, Tehnologija građenja, predavanja Postdiplomski studij Organizacija građenja, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu).

Građevinski (tehnoški) procesi kao sastavni dio *tehnike i tehnologije građenja* obuhvaćaju slijedeće grupe osnovnih (pod)procesu ili postupanja:

- neposredne proizvodno-tehnoške i pomoćne procese proizvodnje gradiva i/ili građenja,
- nadzor kvalitete gradiva, provedbe građenje i izvedenih radova odnosno izvednih građevina,
- unutrašnji (proizvodno-tehnoški) transport,
- (među)skladištenje ili (među)odlaganje građevinskih materijala, gradiva, elemenata i sklopova te ostalih materijalnih resursa,
- tekuće održavanje sredstava za rad (strojno-tehnoške opreme i uređaja),
- zaštitu radnika, radnih procesa prilikom građenja, ukupnih građevina i okoliša građenja,
- opskrba gradilišta, procesa građenja i sredstva za rad energijom i vodom te odvodnja gradilišta i radova itd.

1.2. Organizacija i logistika građenja

Tehnika i tehnologija građenja nije vezana samo uz tehnološke procese građenja nego također uz poslovne procese (*priprema i vođenje građenja*) te istraživačko-razvojne procese (*istraživanje zakonitosti u građevinskom procesu odnosno pripremanje i vođenje građevinskog procesa na znanstvenim osnovama*). Poslovni procesi bili bi primjerice komercijalni procesi nuđenja, nabave i prodaje "građevinskih proizvoda", zatim financijski, kadrovski te ostali administrativni poslovi u službi proizvodno-tehnoloških procesa u građenju. Osnovni oblici istraživačko-razvojnih procesa u građenju bili bi primjerice razvoji novih gradiva i konstrukcija, ili tehnika i tehnologija građenja (razvoj građevinskih strojeva i ostale strojno-tehnološke opreme u građenju), razvoj *organizacije neposredna građenja* te razvoj uz to vezanih informacijskih sustava.

Organizacija građenja obuhvaća dva osnovna oblika svoje pojavnosti - *organizacijsku strukturu*¹ pri građenju i *organizaciju tokova*² građenja koje tokove (u tehničkom, tehnološkom, logističkom, prostornom i vremenskom smislu) organizira navedena struktura. Kako su tehnološki procesi građenja povezani s ostalim poslovnim procesima a koje u izvršenju omogućava nadograđena organizacijska struktura vidi se neprijeporna međusobna povezanost, uvjetovanost te nedjeljivost organizacije i tehnologije građenja odnosno organizacije tehnoloških procesa građenja. Stoga je nemoguće na bilo koji način pretpostaviti, u smislu razine značaja, organizaciju građenja spram tehnologije građenja ili obrnuto.

Organizacija građenja sagledavana kao organizacija (neposrednih građevinskih) radova podrazumijevala bi međusobnu povezanost i uvjetovanost elemenata građenja (između kojih valja istaći gradiva, sredstava za rad u te „živi“ rad graditelja) i tokova građenja (kao proizvodno-tehnoloških procesa) u jednu racionalnu i ekonomski svrsihodnu cjelinu čiji je cilj stvaranje građevina ili konstrukcija određene namjene te učinkovito pružanje ostalih građevinskih usluga.

Osnovna je zadaća (poslovne) *logistike*³ organiziranje tokova materijalnih resursa (sirovina, poluproizvoda, gotovih proizvoda, energenata) kao i upravljanje tim tokovima. Cilj je optimalizacija troškova logistike kroz svođenja troškova transporta i skladištenja materijalnih resursa tokom proizvodnje i distribucije na najmanju mjeru. Sustavno promišljanje podrazumijeva logistiku kao podsustav proizvodnje i prodaje proizvoda, odnosno kao sustav za sebe koji je nedjeljiv od poslovnog sustava kojemu proizvodnja pripada. Osnovni, međusobno uvjetovani i "logistički" povezani, elementi logističkog sustava su nabava, transport (vanjski i unutarnji), skladištenje i zalihe (preuzimanje i smještaj), manipulacija i distribucija (rukovanje, kontrola, pakovanje, otprema), čimbenik čovjek i logistički informacijski podsustav. Dio navedenih elemenata pripadaju tipičnim logističkim postupcima za koje je svojstveno je ne stvaraju novi proizvod i ne mijenjaju bitna svojstva materijalnih resursa kojima se bavi. Posebice se to odnosi na transport (manipulaciju), skladištenje i distribuciju.

Logistika građenja obuhvaćena je postupcima proizvodnje gradiva i građenja: od dobave ili nabave (ili primjerice od iskopa) sirovina, preko transporta (otprema odnosno doprema transportnim sredstvima), odlaganja (smještanja u skladišta) te proizvodnje prerađevina kao i njihove ugradbe ili

¹ Prema *Ekonomskom leksikonu* organizacijska struktura je, kao najvažniji dio svake organizacije, sustav odnosa među ljudima radi izvršavanja određenih zadataka. Svaka organizacija ima svoju strukturu, svoj sustav unutarnjih veza i odnosa. To je dinamičan element organizacije, jedinstveni sustav svih organizacijskih dijelova, sredstvo za integralnu uporabu svih postojećih resursa u organizaciji. O. s. je ukupnost veza i odnosa između svih činitelja proizvodnje i poslovanja te ukupnost veza i odnosa unutar svakog činitelja posebno. .

² Prema *Ekonomskom leksikonu* razlikuje se organizacija kao aktivnost od organizacije kao institucije. Organizacija kao aktivnost je svjesna ljudska djelatnost u smislu organiziranja, ali i rezultat procesa organiziranja. Organizacija kao proces i rezultat tog procesa jest uvijek neki red. Ona je sinonim za stabilnost i red u sustavu. Svaka bi organizacija trebala biti dinamičan, otvoren, svrhovit i nedeterminiran socijalni sustav kojemu je zadatak postizanje cilja, tj. transformacija inputa u outpute koji su namijenjeni korisnicima.

³ Logistika se tumači na razne načine. Znači različite stručne djelatnosti unutar poslovnih sustava. To je također znanstvena disciplina. U menagementu se koriste pojmovi "logistika mangementa", "industrijska logistika", "logistiku marketinga", "distribuciju prizvoda" i sl. Logistika kao termin označuje aktivnosti fizičkog kretanja proizvoda od proizvođača do krajnjeg korisnika. Prema *Ekonomskom leksikonu* logistika je fizička distribucija proizvoda; kao posljedica komercijalne aktivnosti ona obuhvaća djelomično i organizaciju fizičkog prijevoza robe do kupaca, ali mora biti koordinirana s sektorom prodaje i ukupnim marketinškim miksom. Dvije su joj najvažnije komponente: ukupni sustav transporta i sustav skladištenja. Sve logističke aktivnosti povezane su u vremenu i svaka ovisi o onoj prijašnjoj.

montaže. Ovi postupci i pripadni logistički sustavi razlikuju se međusobno ovisno o posebnostima građevinske proizvodnje ili građenja kojemu pripadaju.

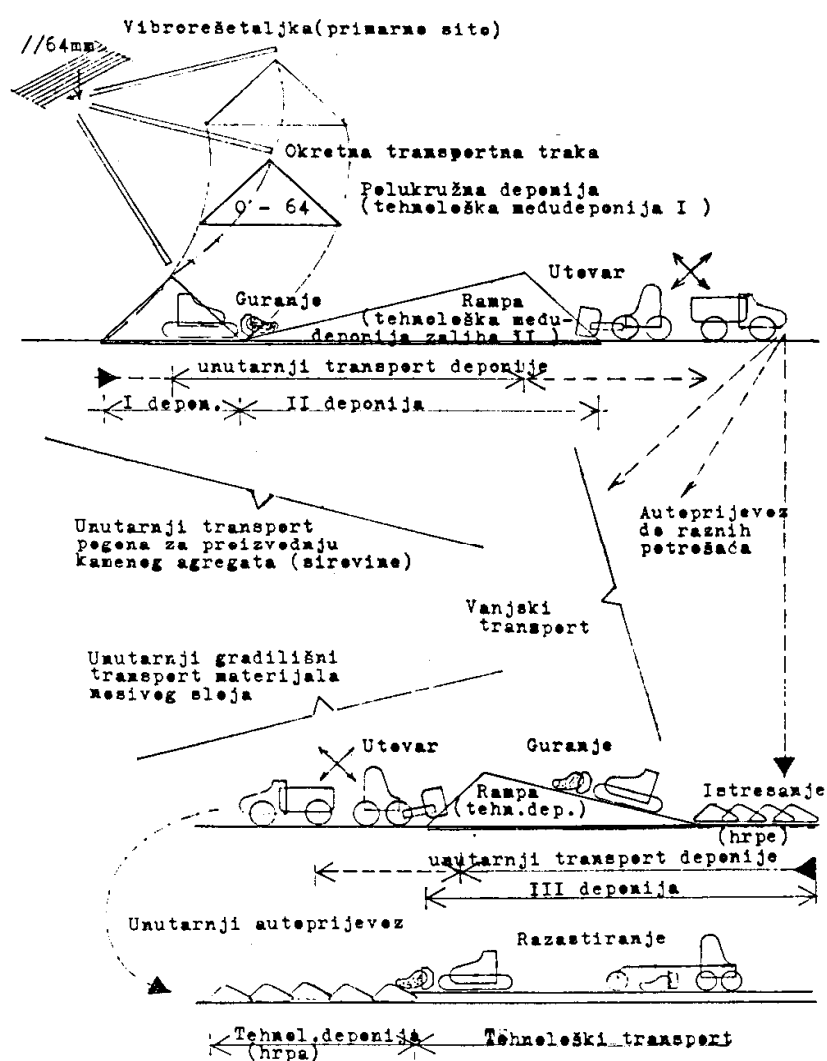
Značajno je u pogledu logistike građenja određenje *transporta*⁴ obzirom na prostor njegova odvijanja u odnosu na također prostor i način odvijanja tehnoloških procesa i zahvata kojima pripada. *Vanjski transport* se odvija izvan neposrednog tehnološkog procesa ili zahvata pri građenju a *unutarnji transport* se odvija u okviru tehnološkog procesa ili zahvata te je njegov sastavni dio. *Vanjski transport*, kao pojam makrologistike (logistike više razine), utvrđuje se kao –

- transport građevinskih resursa do gradilišta ili građevinskog proizvodnog pogona a odvija se u načelu po javnim prometnicama s javnim prometnim sredstvima,
- transport koji ne utječe neposredno na odvijanje i učinke tehnološkog procesa ili zahvata pri građenju ili proizvodnji gradiva uvođenjem međuodlaganja,
- transport koji se iskazuje u posrednim (indirektnim) troškovima⁵ građenja ili proizvodnje gradiva (ulazi u jediničnu cijenu materijala neposrednih troškova građenja⁴),

Unutarnji transport, kao pojam mikrologistike (proizvodne logistike tehnološke razine), utvrđuje se ukratko kao –

- gradilišni transport resursa neposrednog građenja koji se odvija u području gradilišta ili građevinskog proizvodnog pogona po pripadnim transportnim koridorima ili po gradilišnim prometnicama,
- transport koji neposredno utječe na odvijanje i učinke proizvodno-tehnološki procesa ili zahvata pri građenju ili proizvodnji gradiva jer je njihov sastavni (nedjeljivi) dio,
- transport koji se iskazuje u neposrednim (direktnim) troškovima građenja ili proizvodnje gradiva (ulazi kao trošak rada i najma strojeva u neposredne troškove građenja),

slika 1.2.1: Kretanje (unutarnji proizvodni, vanjski i unutarnji gradilišni ili tehnološki transport) mineralnog gradiva (kamene sitneži) za uzvedbu nosivog sloja prometnica s međuodlaganjem



⁴ Transport je pomoćni radni postupak (ukoliko se radi o transportu kao nezavisnom ili izdvojenom dijelu ukupnog proizvodno-tehnološkog procesa nekog građenja) ili pomoćni zahvat (ukoliko se radi o međusobnoj povezanosti, istovremnosti i uvjetovanosti transporta s tehnološkim procesom ili zahvatom) u bilo kojoj proizvodnji (pa tako u građenju i proizvodnji građevinskih materijala) namjenjen za premještanje tereta (materijala, gradiva, elemenata, sklopova itd.) i (po potrebi) ljudi. Temeljno je obilježje transporta da se njime ne stvara novi proizvod te da se njime ne mijenjaju bitna obilježja transportiranog materijala.

⁵ vidi obrazloženja u poglavlju 3.1. Odabir elemenata sustava građevinskih strojeva

1.3. Ekonomika građenja

Jedno od osnovnih načela sustavnog pristupa smatra kako *sustavi, kod kojih je bilo koji oblik ekonomičnost⁶ jedno od osnovnih mjerila njihove uspješnosti, moraju biti prvenstveno učinkoviti u pogledu "minimalizacije" (ili bolje „optimalizacije“) troškova⁷ njihova djelovanja ili nisu vrijedni svoga postojanja. Stoga je ekonomika⁸ građenja bitni oblik ocjene rezultata promišljanja i ostvarenja građenja. Bavljenje tehnikom i tehnologijom građenja kao gospodarskom djelatnošću nemoguće je bez njezina vrednovanja u tehno-ekonomskom smislu odnosno u smislu (već spomenute) ekonomičnosti kao i produktivnosti⁹ pri građenju ili proizvodnji gradiva.*

To potvrđuju između ostalih „klasična“ promišljanja E. Kosiola (*Temelji i metode istraživanja organizacije*) koji je napisao kako „svaka tehnika ima svoje vlastite pojmove i imanentna mjerila svrsihodnosti i izdašnosti te kako se sve tehničke mogućnosti odabira svode se u poduzećima na nastojanje oko ekonomičnosti, tako da ekonomika premašuje i uključuje u sebi svu tehniku. Osobito ekonomska izdašnost (ekonomičnost, naročito rentabilnost¹⁰) obuhvaća u sebi sadržanu tehničku izdašnost (tehničnost) kao unutarnju jezgru. I svrsihodnost kao i tehnička izdašnost organizacijskih mjera i stanja podvrgnuta je odlukama poduzeća u primatu koji predstavlja ekonomski ratio¹¹. Kao kod svake druge tehnike, tako je i za odabir između organizacijskih mogućnosti potrebno ekonomsko prosuđivanje ekonomičnosti.“ (podebljao ZL).

⁶ Ekonomičnost, gospodarsko načelo poslovanja poduzeća koje se očituje u težnji da se ostvare određeni učinci uz što je moguće manji utrošak količine rada, predmeta rada, sredstava za rad i tuđih usluga, ili da se određenom količinom inputa ostvari što je moguće veći output. E. je najkompleksnije mjerilo uspješnosti poslovanja jer obuhvaća racionalnije korištenje svih inputa. Djelovanje ekonomskih zakona prisiljava i stimulira sve gospodarske subjekte da posluju i da se ponašaju prema navedenom načelu, pa je jedan od osnovnih ciljeva poslovanja da se određeni učinak ostvari uz što manje trošenje inputa, tj. uz što manje troškove. U računskom smislu e. se može izraziti kao koeficijent koji smo izračunali stavljajući u odnos ukupan prihod i ukupne troškove. Ovisno o veličini koeficijenta, poslovanje može biti ekonomično, ako je $e > 1$, neekonomično, ako je $e < 1$, i poslovanje na granici ekonomičnosti, ako je $e = 1$. (Izvor: Ekonomski leksikon)

⁷ Tehnički i ekonomski optimum, naziv za kvantitativno definirane uvjete uz koje će se ostvariti najpovoljniji ekonomski efekti određene ekonomske djelatnosti. Npr., neki od tipova funkcija proizvodnje omogućuju izražavanje kvantitativne kombinacije angažiranih proizvodnih faktora koja može rezultirati maksimalnom količinom proizvodnje. Tako utvrđene količine proizvodnje optimalne su s gledišta maksimiziranja količine proizvodnje. Međutim, s obzirom na stanje na tržištu proizvoda i na tržištu proizvodnih faktora, tako utvrđene optimalne količine faktora ne moraju biti i ekonomski opravdane. Ako je njihovo angažiranje skupo, ne ostvaruje se najpovoljniji financijski rezultat. Stoga je najvažnije utvrditi onu kombinaciju proizvodnih faktora uz koju će se moći ostvariti maksimalni dohodak, a ona se naziva ekonomskim optimumom (Izvor: Ekonomski leksikon).

⁸ Ekonomika, posebna ekonomska znanost koja proučava kako se gospodari raspoloživim proizvodnim resursima i proizvedenim dobrima te traže povoljniji, racionalniji i efikasniji oblici i metode njihove uporabe i unapređivanja. P. A. Samuelson 1948. u poznatom udžbeniku *Economics* (hrv. izd. *Ekonomija*, 1992) proučava kako se društva koriste resursima da bi proizvela vrijednu robu i raspodijelila je među različite ljude. Samuelson postavlja pitanja: što, kako i za koga proizvoditi; kakvi su trendovi cijena, proizvodnje, nezaposlenosti i vanjske trgovine; kako ljudi odabiru proizvodne resurse i koriste se njima; kako funkcioniraju i čemu služe novac, banke, burze, državna politika, njezina regulativa i intervencionističke mjere. Izraz e. prvi je upotrijebio britanski ekonomist A. Marshall 1879. Neki ga autori upotrebljavaju za oznaku gospodarskog stanja, djelatnosti ili ukupnosti svih ekonomskih odnosa u nekoj zemlji, gospodarskoj grani ili poduzeću. Tako se govori o ekonomici neke zemlje, ekonomici industrije, ekonomici poduzeća i sl. Razlikuje se još makroekonomika, koja proučava funkcioniranje gospodarstva kao cjeline, i mikroekonomika, koja proučava ponašanja pojedinih komponenti gospodarstva, kao što su gospodarski sektori, poduzeća, kućanstva i dr. (Izvor: Ekonomski leksikon)

⁹ Produktivnost, učinkovitost kojega djelatnog procesa ili jednoga njegova proizvodnog faktora, izražena u stvorenom rezultatu i njegovu odnosu prema angažiranim sredstvima ili količini utrošenoga radnog vremena. (Izvor: Ekonomski leksikon)

¹⁰ Rentabilnost, ekonomsko mjerilo uspješnosti poslovanja koje predočuje prihod od kapitala u nekom vremenskom razdoblju, odnosno u nekom poslu, a iskazuje se kao odnos poslovnog rezultata, odnosno profita i uloženog kapitala. R. je različita od poduzeća do poduzeća unutar iste grane te između pojedinih grana i djelatnosti, a i između pojedinih nacionalnih gospodarstava. Te su razlike u ostvarenoj rentabilnosti ne samo pokazatelj poslovnog uspjeha već i vrlo važan instrument poslovne orijentacije. Ostvarena r. ima golem utjecaj na alokaciju kapitala i stalno prestrukturiranje poslovanja. Vlasnici kapitala, ulažući kapital prema kriteriju »svoje najveće koristi« na slobodnom financijskom tržištu, kupuju dionice onih poduzeća od kojih se očekuje da će osigurati veću dividendu ili veću vrijednost dionica i tako usmjeravaju postojeći i reinvestiraju novostvoreni kapital u rentabilnija poduzeća, grane, nacionalna gospodarstva i sl. (Izvor: Ekonomski leksikon)

¹¹ Ekonomsko načelo, pravilo da se u nekom gospodarskom pothvatu postigne najveći mogući učinak, uspjeh ili korist uz najniže troškove ili žrtve u dobrima ili naporima. Primjenjuje se u svim područjima gospodarskoga i društvenog života. Prizrđavaju ga se i provode pojedinci, poduzeća i zajednice u svojoj gospodarskoj angažiranosti. Ekonomski su subjekti na to i prisiljeni i stimulirani, a prisiljava ih tržišni mehanizam, sustav djelujućih ekonomskih zakona i obveza ispunjavanja društvenih davanja. Poticani su i osobnim težnjama za većom zaradom. (Izvor: Ekonomski leksikon)