

# Planiranje projektnih aktivnosti u prometu i logistici primjenom metode PERT

---

**Milaković, Tomislav**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:020894>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-06-21**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -  
Institutional Repository](#)



Zagreb, 15. ožujka 2018.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**  
Predmet: **Osnove simulacija u prometu i logistici**

## **ZAVRŠNI ZADATAK br. 4421**

Pristupnik: **Tomislav Milaković (0135235024)**  
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**  
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Planiranje projektnih aktivnosti primjenom PERT metode**

**Opis zadatka:**

Opisati i objasniti prednosti i nedostatke primjene PERT metode u planiranju projektnih aktivnosti. Prikazati primjenu PERT metode na primjeru planiranja aktivnosti određenog logističkog projekta. Interpretirati i prikazati dobivene rezultate.

Mentor:



---

izv. prof. dr. sc. Ratko Stanković

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

---

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

Planiranje projektnih aktivnosti u prometu i logistici primjenom metode PERT

Mentor: izv. prof. dr. sc. Ratko Stanković

Student: Tomislav Milaković

Zagreb, 2018.

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. RAZVOJ I POVIJEST UPRAVLJANJA PROJEKTIMA .....	2
2.1. Pojam i definiranje projekta .....	5
2.2. Životni ciklus projekta .....	6
3. PROJEKTNJA OKOLINA .....	8
3.1. Složenost (kompleksnost) projekta.....	10
3.2. Investicijski projekti .....	10
4. VRSTE ORGANIZACIJSKIH STRUKTURA .....	14
4.1. Projekt kao dio funkcijske organizacijske strukture.....	15
4.2. Projekt kao dio matrične i mrežne organizacijske strukture.....	17
5. METODE MREŽNOG PLANIRANJA .....	20
5.1. Metoda kritičnog puta.....	23
5.2. Dijagramska metoda prioriteta .....	25
5.3. PERT metoda.....	25
5.4. Usporedna analiza različitih metoda mrežnog planiranja.....	26
6. ANALIZA ČIMBENIKA PO PERT METODI.....	28
6.1. Analiza mreže po PERT metodi .....	28
6.2. Analiza vremena po metodi PERT .....	29
6.3. Očekivanje vremenske rezerve i vjerojatnost nastupa događaja .....	31
6.4. Analiza troškova .....	32
7. PRIKAZ PRIMJENE PERT METODE NA PRIMJERU .....	35
8. ZAKLJUČAK .....	44
9. LITERATURA .....	45
POPIS TABLICA, SLIKA I GRAFIKONA .....	47

# 1. UVOD

Planiranje projektnih aktivnosti je područje unutar organizacijske teorije i prakse koje se konstantno razvija. U današnje doba, odnosno doba globalizacije, institucije i svi ostali moraju konstantno poduzimati krupne akcije, odnosno projekte koji unose promjene u postojeće stanje.

Značaj projekata raste sa značajem promjene i vještine, ali dok ciljevi nagovještavaju promjene, projekti ih ostvaruju. Bitno je da se projekti uvijek događaju kao nešto novo, te bi sve radnje na projektu trebale u pravilu biti iznimke od onoga što se do tada viđalo i radilo, upravo iz razloga jer su se one nikad ili rijetko događale.

Ovaj rad je podijeljen na uvod te ostala pet poglavlja. Nakon uvoda, prvo poglavlje pod nazivom Razvoj i povijest upravljanja projektima, daje sustavan pregled pojma i životnog ciklusa projekta. Drugo poglavlje se naziva Projektna okolina. Poglavlje daje složenost projekta i investicijske projekte. Treće poglavlje pod nazivom Vrste organizacijskih struktura daje pregled projekta kao dio funkcijske organizacijske strukture, te projekta kao dio matrične i mrežne organizacijske strukture. Četvrto poglavlje pod nazivom Metode mrežnog planiranja daje uvid u metodu kritičnog puta (CPM) i dijagramske metode prioriteta. Posljednje, peto poglavlje pod nazivom PERT metoda, daje uvid u analizu mreže po PERT metodi, analizu vremena po tehnici PERT, očekivanje vremenske rezerve i vjerojatnost nastupa događaja, te analizu troškova. Zadnji dio rada je Zaključak.

## 2. RAZVOJ I POVIJEST UPRAVLJANJA PROJEKTIMA

Znanost upravljanja projektima je može se reći relativno mlada znanost, iako bi se moglo govoriti i o raznim povijesnim pothvatima, od vremena izgradnje egipatskih piramida ili Kineskog zida. U ovom radu naglasak će biti dan razdoblju bliže prošlosti [1].

Kao sama disciplina, upravljanje projektima se javlja početkom 20. stoljeća, a procvat doživljava sredinom 20. stoljeća. Većina tekstova i stručnih članaka se pojavljuje tek poslije 1960. godine. Iako su se projekti oduvijek izvodili, s različitim razinama kompleksnosti, upravljanje projektima kao disciplina priznata je tek prije petnaestak godina. Oko 1950. godine, došlo je do razvoja adekvatnih metodologija koje se danas prepoznaju. Iako je tih godina naglasak bio na inženjerskim i građevinskim industrijama, u SAD-u je teška metalurgija i obrambeni sektor započeo s razvojem matematičkih tehnika za upravljanje projektima koji se i dan danas upotrebljavaju [1].

Američka mornarica je 50-tih godina prošlog stoljeća u svom novom projektu Polaris koristila moderne tehnologije upravljanja projektima. Tijekom 1960-tih i 1970-tih godina, Američko Ministarstvo obrane, NASA, te velike inženjerske i građevinske kompanije su upotrijebile principe i alata „upravljanja projektima“ za vođenje visokobužetnih, planski upravljanih projekata. Sektor proizvodnje i razvoja softvera usvajaju i implementiraju sofisticirana znanja iz upravljanja projektima 80-tih godina prošlog stoljeća. Može se reći da su alati i tehnike upravljanja projektima široko prihvaćene 1990-tih, od različitih organizacija i industrijskih grana [1].

Postoji četiri razdoblja upravljanja projektima kroz povijest [1]:

- Prije 1958. godine,
- Od 1958.-1979. godine,
- Od 1980.-1994. godine i
- Od 1995. do danas.

Početkom 20. stoljeća, Frederick Winslow Taylor (1856.-1915.) je započeo znanstvene aktivnosti na proučavanju rada koji je pokazao da se rad kao takav može analizirati i poboljšati usmjeravajući pažnju na elementarne sastavnice rada. Može se reći da je ovakvo razmišljanje u raznim industrijama primijenjeno sa značajnim uspjehom [1].

Prije nego što su započete te znanstvene aktivnosti, jedini način za povećavanje produktivnosti je bio zahtijevanje „jačeg“ rada i postavljanje dužih radnih sati. Henry

Gantt (1861.-1919.) koji je bio Taylorov pomoćnik, je detaljno studirao redoslijed operacija prilikom obavljanja određenih poslova, te se pri tome usredotočio na konstruiranje ratnih brodova tijekom prvog svjetskog rata [1].

Ganttov dijagram je postao izuzetno značajan analitički alat za upravljanje i ostao je gotovo nepromijenjen skoro zadnjih 100 godina. Ipak, početkom 1990. godine dodane su linije koje povezuju pojedine radne trake kako bi se značajnije naglasio redoslijed odvijanja zadataka u projektu [1].

Početak modernog pristupa upravljanju projektima razvija se od početka 20. stoljeća pa do 50-ih godina 20. stoljeća. Za to vrijeme napreduje tehnologija, te se skraćuje vremenski plan projekta, automobili omogućuju mobilnost i efektivniju raspodjelu resursa, a telekomunikacijski sustav povećava brzinu komunikacije. U tim godinama obrasci specifikacije poslova imaju široku primjenu, a isti kasnije postaju osnova za razvoj raznih strukturnih dijagrama, kao što je i struktura raščlanjenih poslova. Ipak je u tom razdoblju Gantt predstavio Ganttov dijagram [1].

U periodu od 1995. godine pa do danas su dominirali događaji vezani za Internet. Internet je sredinom 90-tih godina dramatično promijenio poslovnu praksu, na način da je pružio brz, interaktivan i prilagođen novi medij koji je ljudima omogućio trenutno, odnosno „online“ pretraživanje, kupnju i praćenje proizvoda i usluga. Na taj način su tvrtke bile produktivnije i djelotvornije, te je mogućnost usmjerenja na kupca odnosno korisnika bila mnogo veća [2].

Većina današnjih softvera za upravljanje projektima imaju mogućnost povezivanja preko interneta što omogućava automatsko slanje podataka, na način da bilo tko na kugli zemaljskoj tko ima standardni internetski pretraživač može [2]:

- Unijeti aktualni status njima dodijeljenih zadataka,
- Saznati u kojem je stadiju projekt,
- Informirati se o kašnjenju ili napretku projekta, i naposljetku
- Ostati u toku za svoju projektnu ulogu radeći nezavisno na udaljenoj lokaciji.

U tablici 1. je prikazan kratak prikaz povijesnog razvoja područja upravljanja projektima .

Tablica 1. Kratak prikaz povijesnog razvoja područja upravljanja projektima

	Tehnologija	Znanost o managementu	Upravljanje projektima i tehnologija	Važni projekti	Projektni ured
-1958	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Telegraf</li> <li>- Telefon</li> <li>- Prvo računalo</li> <li>- Automobil</li> <li>- Zrakoplov</li> <li>- Prva baza podataka</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adam Smith</li> <li>- Frederick W. Taylor</li> <li>- Henry Fayol</li> <li>- Henry Gantt</li> <li>- McGregor-ova XY teorija</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parametarska procjena troškova</li> <li>- PERT/CPM</li> <li>- Gantt dijagram</li> <li>- Monte Carlo simulacija</li> <li>- Sistematska primjena</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interkontinentalne željeznice</li> <li>- Hoover-ova brana</li> <li>- Polaris</li> <li>- Projekt Manhattan</li> <li>- Panamski kanal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Žarišna točka</li> <li>- neposrednost</li> <li>- tradicionalna funkcija projektnog ureda</li> </ul>
1959 - 1979	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IBM 7090</li> <li>- kopirni stroj Xerox</li> <li>- UNIX</li> <li>- Osnovan Microsoft</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ISO</li> <li>- Total Quality Management</li> <li>- Globalizacija</li> <li>- Quality Management</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PMI (Project Management Institute)</li> <li>- nadzor roba i inventara</li> <li>- planiranje potreba materijala</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apollo 11</li> <li>- ARPANET (preteča Interneta)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ured za potporu projektu</li> </ul>
1980 - 1994	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Osobno računalo</li> <li>- Bežična "kućna" mreža</li> <li>- Prvi Internet pretraživač (MOSAIC)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planiranje potreba proizvodnje (Manufacturing Resource Planning)</li> <li>- Upravljanje rizicima</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Matrična organizacija</li> <li>- Softverski alati za upravljanje projektima</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Boeing 777</li> <li>- Space shuttle Challenger</li> <li>- Projekt Englesko - Francuskog kanala</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Glavni projektini ured</li> </ul>
- 1995 - Danas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Internet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Critical chain</li> <li>- ERP (Enterprise Resource Planning) sustavi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PMBOK (PMI)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Projekt Iridium (satelitska mobilna telefonija)</li> <li>- projekt Y2K problematike</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Virtualni projektini ured</li> <li>- Projektini ured baziran na web sučelju</li> </ul>

Izvor: [2]

U posljednjih 10-tak godina, ubrzani razvoj upravljanja projektima je omogućen dostupnošću i naglim razvojem tehnologije, a također i velikim utjecajem multinacionalnih korporacija od kojih su neke po ekonomskoj snazi veće od nekih država.



Veliki utjecaj na sve brži razvoj upravljanja projektima u posljednjih nekoliko desetljeća su imale i međunarodne udruge čiji je cilj bio promicanje projektnog menadžmenta [2].

### **2.1. Pojam i definiranje projekta**

Projekt kao pojam je u današnje vrijeme vrlo raširen i višeznačan, a najčešće označava unaprijed zamišljeni ili određeni poduhvat, koji se želi i namjerava izvršiti u određenom vremenu i prostoru, radi određenog cilja sa određenim materijalnim i financijskim resursima. Projekt je vremenski omeđen poduhvat da bi se stvorio unikatni proizvod ili usluga [3].

Riječ projekt (engl. project) dolazi od latinske riječi *projectum* i njene izvedenice *projicere* koja znači baciti nešto naprijed. Bit projekta je da upućuje na nešto što je prvo stvoreno odnosno zamišljeno, a zatim u vremenskom ili prostornom smislu upućeno naprijed. U našoj terminologiji, kao i kod drugih slavenskih i srednjeeuropskih naroda, sam izraz projekt odnosno projektiranje imaju značenja engleske riječi design. U tom kontekstu projekt znači opis nečega što bi trebalo napraviti, izgraditi ili proizvesti, a projektiranje znači postupak izrade samog projekta [3].

Kao što je slučaj s većinom stručnih termina iz znanstvenog područja menadžmenta i organizacije, tako se i pri definiranju pojma projekt suočava s cijelim nizom problema, prvenstveno zbog problema u adekvatnosti prijevoda engleskog nazivlja, te nedorečenosti i preklapanja u pojmovnom i semantičkom smislu, prvenstveno bi se trebale pojasniti osnovne sličnosti i razlike između projekta, procesa odnosno radnih operacija. Sva ova tri pojma koja su gore navedena imaju zajedničke karakteristike, odnosno cilj i svrhu, izvode ih ljudi, imaju ograničene resurse, planiraju se, provode i kontroliraju [3].

Pojam projekt se koristi kako bi se opisala aktivnosti koje poduzeća, odnosno organizacije ne obavljaju svakoga dana, već se takve aktivnosti obavljaju prema potrebi, odnosno povremeno i iz tog su razloga jedinstveni i privremeni. Projekti se obavljaju na svim razinama. Uključuju od jedne do nekoliko tisuća osoba. Rok trajanja im može biti od nekoliko tjedana do nekoliko godina. Mogu uključiti jedan odjel određene organizacije, a mogu uključiti i više organizacija međusobno povezanih partnerskim odnosima ili zajedničkim ulaganjima [3].

Sam projekt se može odvijati u svim područjima ljudske aktivnosti. Može biti projekt kao što je usklađivanje zakona i propisa sa zakonima Europske zajednice, provođenja reforme školstva, modernizacije željeznica, restrukturiranje gospodarstva, izgradnja javnih objekata, obnova, uređenje prostora i saniranje bespravne izgradnje, zbrinjavanje otpada, obnova i

modernizacija proizvodnje itd. Projektima se pokušava savladati jaz između postojećeg i željenog stanja, pa su upravo zbog te činjenice kritični za realizaciju organizacijskih strategija. Mogu se razlikovati ovisno o ciljevima, mjestu i veličini izvođenja, industrijskoj grani, stupnju tehnologije, ekonomskoj efikasnosti, stupnju konkretizacije, te učestalosti ponavljanja. Sastoje se od širokog raspona proizvodno-uslužnih aktivnosti. Veliki objekti kao npr. brodovi, putnički zrakoplovi i lanseri raketa se proizvode na projektnoj osnovi. Svaka jedinica se izrađuje kao jedinstven proizvod, a proces proizvodnje je često stacioniran, tako da materijali i radnici moraju biti dopremljeni do projekta [3].

Bit svega je da u svakoj projektno orijentiranoj situaciji postoji netko tko ima jedinstvenu ideju za nečim novim i neka očekivanja u vezi rezultata projekta, i netko tko zahtijeva znanje i resurse kojima će se realizirati specifičan koncept unutar ograničenja vremena, budžeta i definiranih karakteristika outputa. Projekt se provodi u okviru određene grupe fizičkih i pravnih osoba, među kojima su odnosi regulirani ugovorima ili pravilima struke. Postoje vremenska ograničenja, ograničenja u novcu ili ljudima koji mogu biti integrirani u projektnu mrežu u bilo kojem trenutku kako bi se postigao traženi rezultat [2].

Za razliku od pojma projekt, pojam proces podrazumijeva skup svakodnevnih aktivnosti neke organizacije. Bit procesa je da se serija aktivnosti kontinuirano ponavlja. Osnovna razlika između projekta i procesa je ta što proces nema definiran završetak niti ima jasne krajnje ciljeve, nego samo jasno definirane zadatke i radne aktivnosti [2].

Pojam program obuhvaća planirani i organizirani rad koji se poduzima zbog postizanja dugoročnih ciljeva i često se sastoji od nekoliko povezanih projekta koji imaju zajednički cilj, strategije za njihovo postizanje, pravila i vrijednosti. U praksi često ne postiže svoje ciljeve [2].

## **2.2. Životni ciklus projekta**

Kao što se dosada vidjelo iz definicije projekta, to je događaj koji je vremenski ograničen, te ima životni ciklus. U tablici 2. su prikazane tri faze životnog ciklusa projekta. Vrlo je bitno uočiti i sagledati projektni ciklus kao lanac aktivnosti koje se ne odvijaju linearno niti su neke više a neke manje važne, a analogno svemu tome, valja napomenuti i biti svjestan činjenice kako će uspjeh projekata ovisiti o njegovoj najslabijoj karici. Što se tiče učinkovitosti projekta, kao što je prethodno navedeno, ona ovisi o svakoj fazi, odnosno o svakoj karici lanca. Faze se donekle preklapaju i svaka ulazi s određenim dijelom u sljedeću [2].

Tablica 2. Tri faze životnog ciklusa projekta

Faza	Ključni zadaci i odluke	Temeljna pitanja
1. početna faza	formuliranje vizije i strategije projekta, definiranje ciljeva, modeliranje i planiranje, evaluacija financijskih troškova i koristi, analiza ključnih resursa, budžetiranje	Što treba uraditi? Zašto to treba učiniti? Kako će se to ostvariti? Tko će što uraditi i tko će sve biti uključen u projekt? Tko će biti sponzor projekta i projektni menadžer? Kad je početak, a kad završetak projekta? Koliko će to stajati?
2. faza provedbe	prikupljanje tima, organizacija, kontrola, vođenje, donošenje odluka i rješavanje problema, rješavanje konflikata, ugovaranje, provedba, predaja projekta	Na koji način će se rukovoditi projektom? Tko će obavljati kontrolu nad projektom? Hoće li projekt biti završen na vrijeme i u okvirima budžeta?
3. završna faza	procjena procesa i učinkovitosti projekta, evaluacija, prikupljanje i implementacija znanja u sustav, promjene za budućnost	Kakvi su rezultati ostvareni projektom? Kako kontinuirano poboljšavati i razvijati projektni menadžment? Je li korisnik zadovoljan projektnim rezultatom?

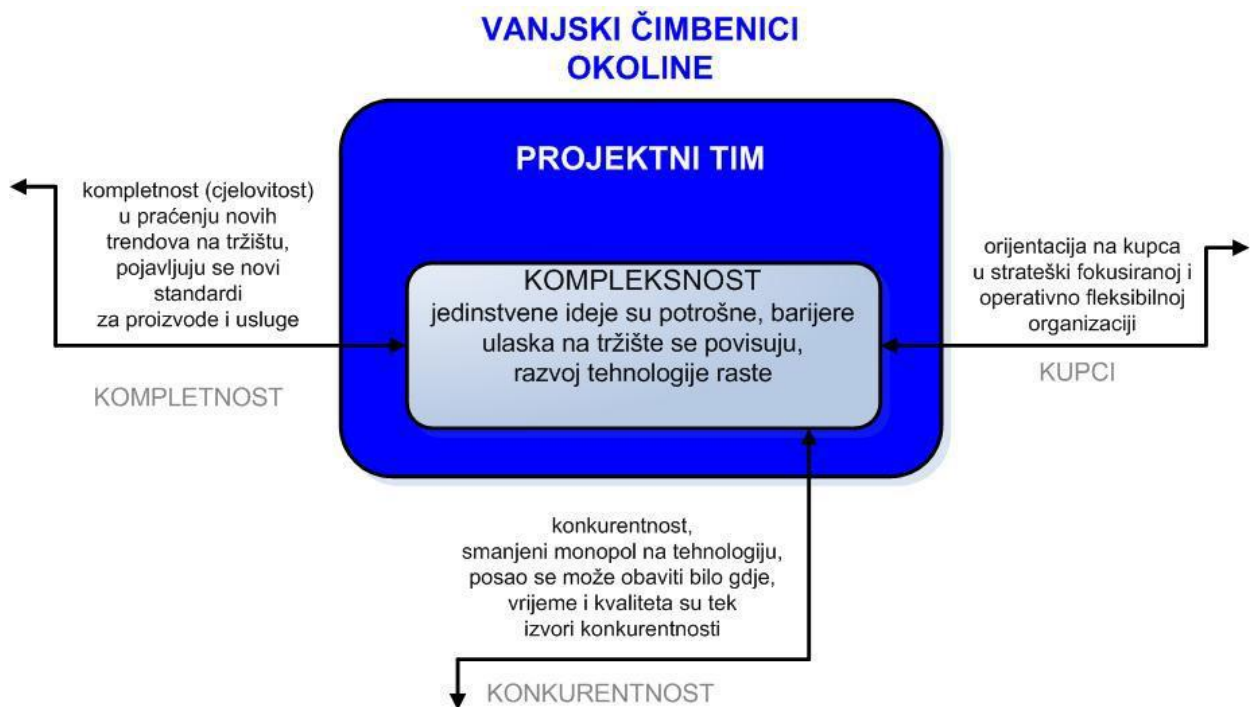
Izvor: [2]

### 3. PROJEKTNA OKOLINA

Kod svakog projekta se treba razmotriti i njegovu interakciju s okolinom budući da je evidentno kako svaki od projekta ima i socijalnu dimenziju. Jedan od temeljnih principa dobrog projektnog menadžmenta je oblikovanje tih odnosa. Kako bi se postigao uspjeh tog projekta, potrebno je odrediti onu okolinu odnosno unutrašnje i/ili vanjske čimbenike koji su relevantni i aktualni za uspjeh dotičnog projekta. Vanjske čimbenike okoline čine klijenti poduzeća, njegovi dobavljači, banke ili čak odjeli poduzeća koji moraju izvesti projekt, legislatura, socio – kulturno i političko okruženje. Postoje vanjski čimbenici i na njih nije moguće utjecati, ili je moguće samo djelomično utjecati, a postoje i unutrašnji čimbenici odnosno projektni tim, projektni menadžer i njihov međudnos direktno utječu na uspjeh projekta. Projekti su postali bitno kompleksniji zbog sljedećih razloga [2]:

- Skoro sve ideje koje su jednostavne su iscrpljene i postaje sve teže ali i sve nužnije biti inovativan,
- Posao postaje jako kompleksan i kompanije eksternaliziraju strateškim partnerima sve ono što nije bitno,
- Ljudski resursi postaju ključni čimbenik uspjeha i temeljna vrijednost,
- Promjene u tehnologiji su sve brže, događaju se svakoga dana i sve ih je teže pratiti,
- Postoji sve veća moć kupaca, različite su preferencije i njihova orijentacija na ekološki prihvatljive proizvode,
- Ključni ljudi u poslovnom svijetu sve više shvaćaju da na organizaciju ne mogu više gledati kao na stabilne sustave i sve se više govori o teoriji kaosa,
- Organizacije gube na težini i postaju orijentirane kupcu, a strateški cilj im je opstanak.

Na slici 1. je prikazana okolina projekta [2].



Slika 1. Okolina projekta

Izvor: [2]

Glavni izvor konkurentne prednosti postaju kvaliteta i vrijeme kao bitne odrednice projekata ali sve više i lojalnost kupaca, pa se zbog toga brzo razvijaju alati i tehnike, koji također postaju kompleksniji. Ključni izvor konkurentnosti poduzeća na određenom tržištu postaju upravo projekti zbog nemogućnosti dodatnog usavršavanja repetitivnih procesa u organizacijama. Kao što je i na slici 1. prikazano, projektna okolina bi se najlakše mogla opisati modelom 4 – K:

- Kompleksnost
- kompletnost u praćenju trendova i tržišta
- konkurentnost,
- orijentiranost na kupca.

Povećanjem složenosti okoline projekta i sam projekt postaje kompleksniji, jer u današnje vrijeme projektni menadžment mora sustavno uključiti mišljenje kupaca, pravilno odrediti prioritete koraka i resursa, motivirati multifunkcijske timove a ne biti tek kontrola rasporeda i koraka potrebnih za završetak projekta [2].

### 3.1. Složenost (kompleksnost) projekta

Projekti se, ne samo zbog toga što se suočavaju sa tehnološkim problemima već se bave i širim organizacijskim faktorima koji su uvelike van kontrole projektnog menadžera, sami po sebi opisuju se kao složeni sustavi koji zahtijevaju upravljanje.

Postoje tri razine kompleksnosti sa gledišta na profile pojedinih projekata a vezane su uz veličinu. Model prikazan u tablici 3. može se iskoristiti i za procjenu veličine, kompleksnosti i rizika koji nosi projekt, te utvrditi specifične dimenzije kompleksnosti koji su prisutne na projektu.

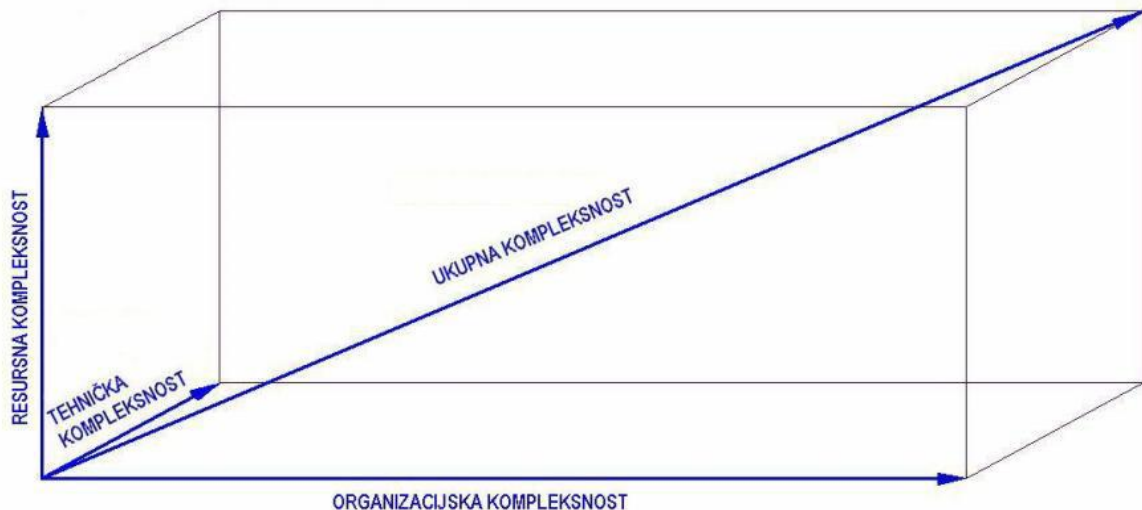
Tablica 3. Model razina projektne složenosti

Dimenzije kompleksnosti	Profil projekta		
	Mali Neovisan Nizak rizik	Srednji Umjerena kompleksnost Nešto rizika	Velik Visoko kompleksan Značajan rizik
Trajanje/Cijena	< 3 mjeseca < 250.000 \$	3 – 6 mjeseci 250.000 – 750.000 \$	> 6 mjeseci > 750.000 \$
Veličina tima	3 – 4 člana tima	5 – 10 članova tima	> 10 članova tima
Sastav tima	Tim odabran unutar firme	Tim se sastoji od zaposlenika firme i vanjskih suradnika	Kompleksna struktura projektnog tima npr. timovi izvođača, virtualni, multikulturalni timovi, "outsourced" timovi
Zahtjevi za postići	Terminski plan, budžet i opseg projekta su fleksibilni	Terminski plan, budžet i opseg projekta mogu imati manja odstupanja, ali rokovi su fiksni	Rokovi su fiksni i ne mogu se mijenjati; u terminskom planu, budžetu, opsegu i kvaliteti nema mjesta fleksibilnosti
Problem i jasnoća rješenja	Jednostavno shvaćanje problema i rješenja. Rješenje je brzo izvedivo korištenjem postojećih tehnologija	Ili je problem teško razumjeti, ili je rješenje nejasno ili teško za postići, ili je tehnologija nova za organizaciju	Teško je definirati bilo problem, bilo rješenje istoga, a za rješenje će se vrlo vjerovatno koristiti nedokazane ili složene tehnologije
Postojanost zahtjeva	Zahtjevi razumljivi, neposredni i stabilni	Zahtjevi razumljivi, ali se očekuje njihova promjena	Zahtjevi su nedovoljno razumljivi i visoko nedefinirani
- Strateška važnost - Političke implikacije - Više utjecajnih skupina	Nema političkih implikacija	Izvjestan direktni utjecaj na misiju organizacije, male političke implikacije, 2-3 utjecajne skupine	Utječe na temeljnu misiju organizacije i nosi velike političke implikacije, projekt jasan tek višim razinama organizacije, višestruke utjecajno-interesne skupine sa različitim očekivanjima
Stupanj promjena	Utječe na jednu poslovnu jedinicu	Utječe na niz poslovnih jedinica	Velike organizacijske promjene koje utječu na poduzeće spajaju funkcionalne grupe ili urede, mijenja ili transformira organizaciju

Izvor: [4]

Nisu svi alati, tehnike i menadžerske ideje univerzalno primjenjive. Kada se usporede jednostjedni projekt i visokobudžetni odnosno kompleksni projekt, naravno da ta dva projekta nemaju iste menadžerske zahtjeve. Postoji visoka korelacija između razine projektne kompleksnosti i strateške razine. Razina kompleksnosti pojedine aktivnosti funkcija je tri ključna parametra što je prikazano na slici 2.

- Broj ljudi, odjela i organizacija koji su uključeni u projekt – što čini tzv. organizacijsku kompleksnost
- Volumena resursa koji su uključeni, vremena, kapitala, broja procesa – što čini tzv. resursnu kompleksnost
- Razina inovacije koja je uključena u razvoj proizvoda ili usluge – što čini tzv. tehničku kompleksnost
- 



Slika 2. Definicija projektne kompleksnosti

Izvor: [2]

Rastući ukupna kompleksnost, raste i kompleksnost menadžerskog zadatka koji treba osigurati da se projektni ciljevi ostvare, pa će iz tog razloga proporcionalno narasti i razina formalizacije u projektu. Projektni plan se tada mora eksplicitno napisati kao i formalne procedure za evaluaciju i potvrđivanje učinjenog.

Iz svega ovoga može se zaključiti da složeni projekt sadrži slijedeće osnovne karakteristike [5]:

- Veliki broj povezanih podsustava/pod projekata i elemenata treba se uzeti u obzir u okviru strukture kompleksnog projekta i relacija u njegovom kontekstu
- Sudjelovanje više tvrtki i/ili različitih organizacijskih jedinica,
- Zapošljavanje stručnjaka iz raznih područja ljudske djelatnosti,
- Upravljanje kompleksnim projektom provodi se kroz niz različitih faza s minimalnim trajanjem
- Neophodno se koristi većina poznatih metoda, tehnika i alata za projektni menadžment (od 60-80%).

Iz sljedećeg dijagrama na slici br. 3. zaključuje se da u većini slučajeva, povećanjem kompleksnosti, dolazi i do povećanja njegove veličine i obrnuto [5].



Slika 3. Odnos kompleksnosti i veličine projekta

Izvor: [5]

Kompleksnost u projektnom okruženju proizlazi, osim iz činjenice da postoji mnogo različitih strukturnih elemenata koji opisuju projekt i njihove interakcije, i iz činjenice da dolaze od dinamičkih utjecaja promjene pojedinih faktora i njihovog međudjelovanja što utječe i promjene ostalih sudionika u sustavu [6].

### 3.2. Investicijski projekti

Kompleksne, odnosno složene projekte karakterizira specifičan projektni pristup organizaciji, upravljanju procesima i otklanjanju i smanjenju mogućih rizika na projektu. Među složenije projekte spadaju investicijski projekti. Investicijski projekti, su projekti na kojima se vrši ulaganje znatnih sredstava, kako bi se dobili objekti, postrojenja ili složeniji



proizvodi koji će u dužem razdoblju biti u proizvodnoj, uslužnoj ili neprofitnoj javnoj upotrebi [7].

Kada se grade takvi investicijski objekti, projekt se obično sastoji od nacрта i specifikacija koje su potrebne za tu svrhu. Specifikacije sadrže podatke o materijalu i tehnologije rada, kontroli i drugim zahtjevima [7].

Cilj investicijskog projekta je izgradnja i opremanje objekta za koje je u prethodnim istraživanjima dokazano i pokazano da su svojom funkcijom neophodni investitoru i/ili da mu kao takvi donose profit. Sam investicijski projekt predstavlja kompleksan tehničko – tehnološki, organizacijski, financijski i pravni poduhvat. Veliki infrastrukturni projekti kao što su: željeznice, ceste, magistralni cjevovodi, energetske objekti itd., imaju veliki utjecaj na okoliš, mijenjaju okoliš i stvaraju preduvjete za razvoj proizvodnje i brojnih drugih djelatnosti koje još dodatno utječu na okoliš [7].

Upravo iz tog razloga, rade se pred investicijska istraživanja utjecaja na okoliš u kojima se procjenjuju moguće štete i koristi realizacije projekta, te se uz uvažavanje mišljenja lokalnog stanovništva i stručnjaka donose odluke u projektu i uvjetima njegove realizacije [7].

Svaki projekt, a osobito investicijski projekti, koje su najčešće jednokratni složeni poduhvati u uvjetima nesigurnosti i zbog složenosti zadaća i ograničenja vremenom i raspoloživim resursima, nose povećani rizik. Najteži zadatak imaju investitor, voditelj projekta i projektni tim. Oni moraju u danim okolnostima izvesti projekt i ostvariti postavljeni cilj uz što manje troškove, uz što kraći rok i uz smanjenje rizika izazvanih projektom na takvu mjeru da ne mogu ugroziti cilj projekta, niti nanijeti štetu okolini [7].

## 4. VRSTE ORGANIZACIJSKIH STRUKTURA

U slučaju kada se vode projekti u organizaciji, bez obzira da li organizacija sudjeluje u izvedbi nekoliko projekata ili je u potpunosti projektno orijentirana, ključne su dvije odluke. Prva je da treba donijeti odluku kako povezati projekt s organizacijom u kojoj se provodi, a druga, da je potrebno donijeti odluku kako organizirati sam projekt [2].

Srž uspjeha projekta su [2]:

- raspodjela poslova unutar projekta,
- alokacija specifičnih zadataka pojedincima unutar organizacije,
- kontrola kroz izvedbu i
- integracija dijelova u prethodno definiranu cijenu.

Nužni su i dostatni resursi i odgovarajuće tehničke vještine, a dostatni jamac projektnog uspjeha rijetko, jer bez koordiniranog timskog rada i vođenja nema projektnog vezivnog tkiva. Četiri su oblika strukture uključena u izvedbu projekta [2]:

- organizacijska struktura subjekta koji izvodi projekt,
- organizacijska struktura pojedinih dijelova koji sudjeluju u izvedbi projekta (klijenta, podugovarača, vladinih agencija itd.),
- organizacijska struktura projekta, pri čemu se prvenstveno misli na odnos organizacije i ljudi koji sudjeluju u izvedbi projekta;
- organizacijska struktura raspodjele poslova projekta, odnosno načina na koji je ukupni posao na projektu podijeljen na manje dijelove.

Kada se gleda općenito, svaka organizacija uspostavlja onu strukturu koja joj jamči ostvarenje njenih ciljeva i u konačnici njezine vizije, te je upravo iz tog razloga neupitan kompromis između kratkoročnih i dugoročnih ciljeva. Projektni menadžer rijetko ima priliku utjecati na konačni dizajn organizacije ili njezino restrukturiranje. To pogotovo vrijedi za velike multinacionalne kompanije od kojih je nemoguće očekivati da se transformiraju prilikom svakog novog projektnog pothvata [2].

Ima niz razloga koji su uvjet za ubrzani razvoj projektno orijentiranih organizacija koje mogu opstati na modernom tržištu. Preduvjet za uspješno pozicioniranje pojedine organizacije je brzina odgovora na impulse tržišta. Sve se manje može naći primjer u kojem je moguć razvoj novog proizvoda ili usluge kroz tradicionalne funkcijske kanale [2].

Zbog brze ekspanzije tehnoloških i organizacijskih mogućnosti u gotovo svim oblicima poslovanja, s krajnjim ciljem prilagodbe postojećoj situaciji na tržištu, dolazi do destabiliziranja postojeće organizacijske strukture pojedinog poduzeća. Iz razloga što vrhovni menadžment nema mogućnost praćenja, podrazumijevanja, kontroliranja većine osim onih rutiniranih, tradicionalnih aktivnosti, tradicionalno strukturirane organizacije postaju projektno i matrično orijentirane. Mogućnost strateškog planiranja, kontrole i kontinuiranog tržišnog pozicioniranja u odnosu prema konkurenciji, oni ponovno dobivaju transformirajući ne rutinske aktivnosti u projekte [2].

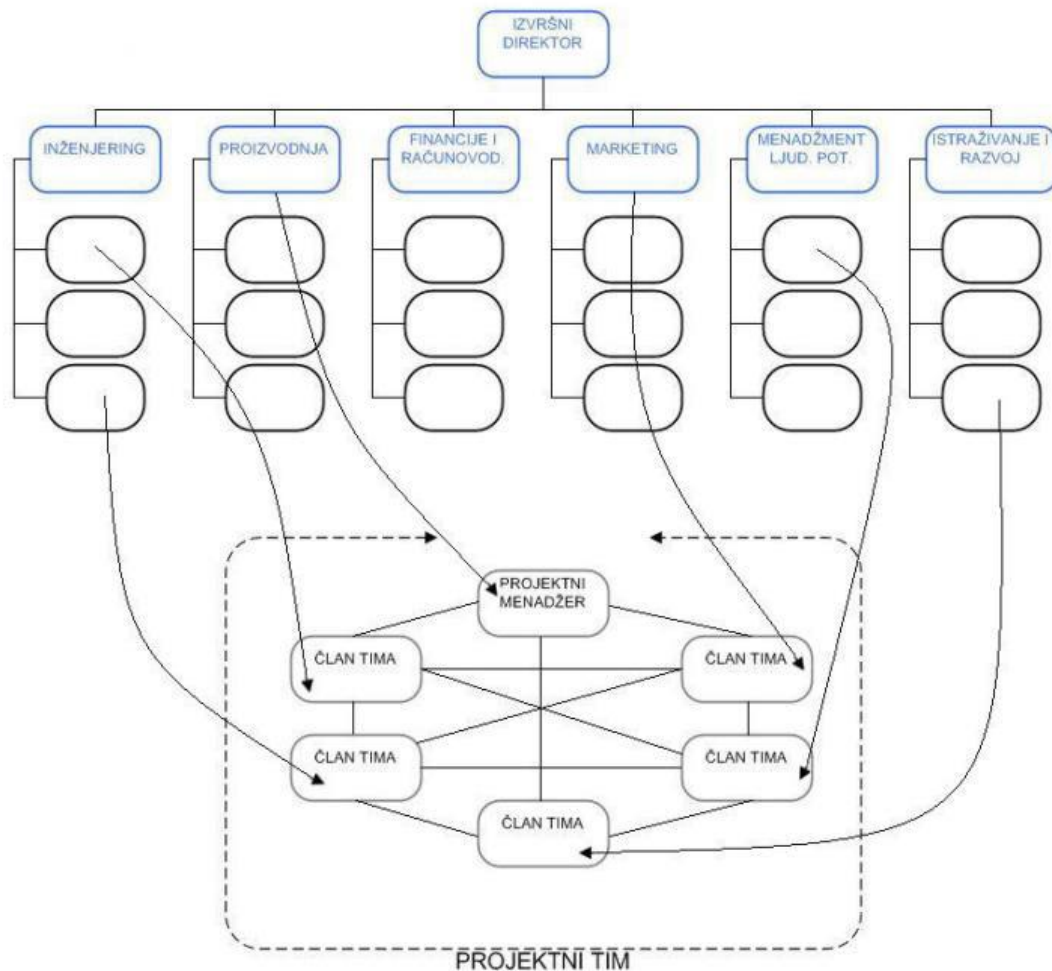
Kako projekt prikazuje organizaciju u vremenu, a struktura organizaciju u prostoru, jasno je da je organizacijska struktura ključni čimbenik uspjeha. Uvidom u literaturu i u praksu može se izdvojiti nekoliko modernih organizacija koje se primjenjuju i u praksi. Ovdje su prikazane četiri osnovne strukture, u kojima projekt postoji na različite načine [2]:

- projekt kao dio funkcijske organizacijske strukture,
- projektna organizacijska struktura,
- projekt kao dio matrične organizacijske strukture,
- projekt kao dio mrežne organizacije.

#### **4.1. Projekt kao dio funkcijske organizacijske strukture**

Funkcijska organizacijska struktura je takva vrsta strukture u kojoj se podjela rada u poduzeću te grupiranje i povezivanje poslova, kao i formiranje organizacijskih jedinica, obavlja prema odgovarajućim poslovnim funkcijama u poduzeću. U svim funkcijskim jedinicama koje su organizirane na taj način, ujedinjeno je obavljanje srodnih ili sličnih poslova koji su prikazani na slici 4., kao što su:

- Poslovi istraživanja,
- razvojni poslovi,
- poslovi vezani za ljudske potencijale,
- nabavni poslovi,
- proizvodni ili prodajni poslovi i
- financijsko – računovodstveni poslovi.



Slika 4. Projekt kao dio funkcijske organizacijske strukture

Izvor: [2]

U ovakvom obliku organizacijske strukture uvijek se na vrhu piramide nalazi izvršni direktor, a ispod njega se nalaze direktori pojedinih funkcijskih jedinica. Svaka od jedinica obavlja gotovo isključivo poslove određene poslovne funkcije, i to uvijek za poduzeće kao cjelinu [2].

U takvoj tradicionalnoj organizacijskoj strukturi projektni menadžment je gotovo u potpunosti prepušten funkcijskim menadžerima koji kontroliraju budžet, resurse i troškove. Iako se funkcijska organizacijska struktura najčešće primjenjuju u malim i srednjim poduzećima, može se primjenjivati i za velika poduzeća ako se bave proizvodnjom jednog osnovnog proizvoda, kao i u proizvodnji istom tehnologijom ili za isto tržište te tako čini najrasprostranjeniji i najčešće upotrebljavani organizacijski oblik [2].

Za kompleksnije projekte, ne pogoduje takva organizacijska struktura, jer zbog potencijalne brojnosti projekata s jedne strane i njene rigidnosti s druge strane usluge brzo zastarijevaju. Funkcijska organizacijska struktura je bila prva u okviru koje su se provodili projekti te je ona i danas za neke projekte adekvatna organizacijska forma. Kod funkcijske koordinacije projekta posao se obavlja unutar organiziranih skupina po funkcijskom ključu. Posao se na projektu prenosi od jednog funkcijskog tima do drugog, sve dok se na taj način ne privede kraju [2].

Stoga je nužno da za projekte koji koriste takvu organizacijsku strukturu pri izvedbi, projektni menadžer koji nadgleda cijeli projekt, osigura da svaki funkcijski tim preda svoj dio posla svome nasljedniku u stanju u kojem ga nasljednik može nastaviti bez ikakvog problema [2].

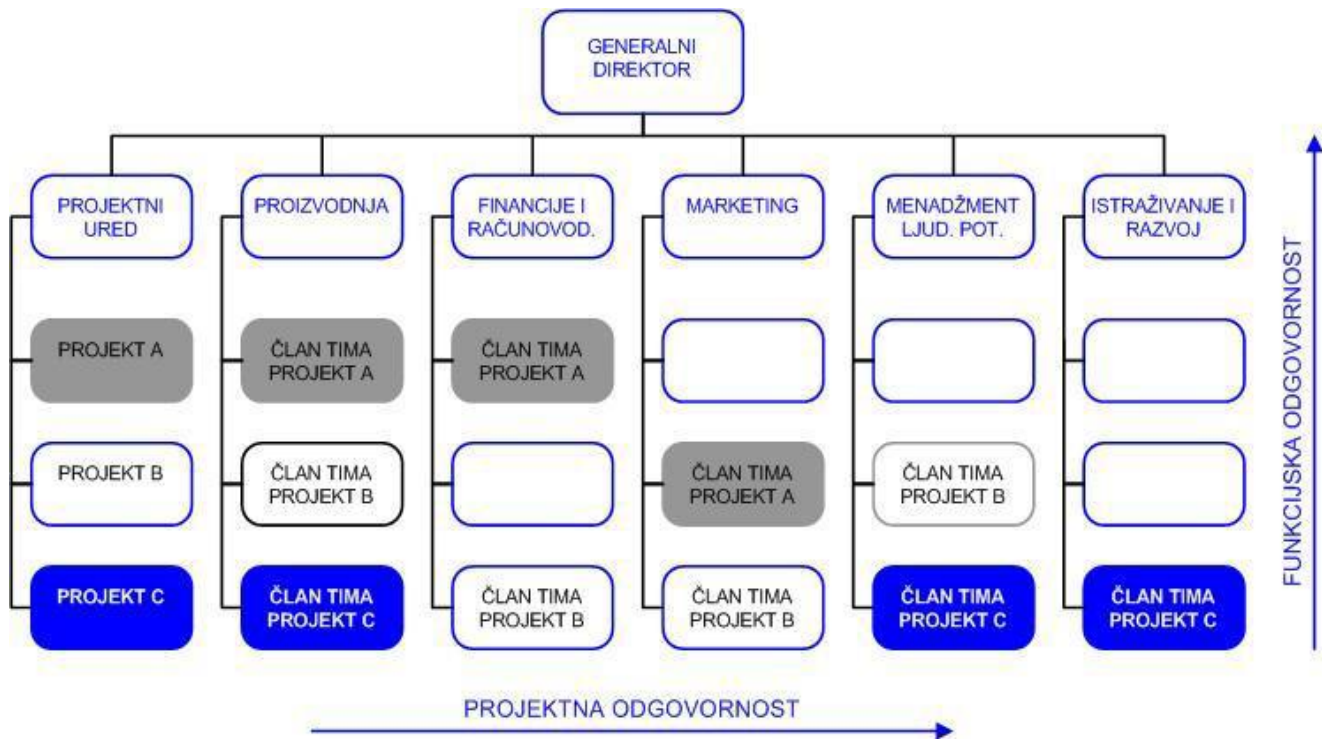
#### **4.2. Projekt kao dio matrične i mrežne organizacijske strukture**

Matrična organizacijska struktura koja je prikazana na slici 5. nastala je kao pokušaj kombiniranja prednosti funkcijske organizacijske strukture s onima čiste projektne, kao svojevrsnih organizacijskih ekstrema, a mnogi je nazivaju i najsloženijim organizacijskim oblikom. S porastom poslovnih aktivnosti, projekti u modernim organizacijama uključuju cijeli niz funkcijskih područja i na njih utječu [2].

Matrična struktura najčešće se shematski prikazuje slično matrici, iz razloga što obuhvaća „dvije“ dimenzije organizacije. Jedna os može prikazivati podjelu po proizvodima, projektima, zemljopisnu podjelu, itd., dok druga os prikazuje funkcijske organizacijske jedinice odnosno odjele poduzeća. Matrična organizacija, kao kombinacija funkcijske i čiste projektne organizacijske strukture, može poprimiti cijeli niz specifičnih formi, ovisno o tome koji je od organizacijskih oblika utjecajni. Kod podjele poduzeća na organizacijske jedinice najčešće se uzimaju dva osnovna kriterija [2]:

- Kriterij provedbe i
- kriterij objekta.

Koji će se kriterij odabrati ovisi o tome želi li se postići podjela na osnovi poslovnih funkcija čime bi bio zadovoljen kriterij provedbe, ili na osnovi rezultata raznih projekata, proizvoda ili usluga čime bi bio zadovoljen kriterij objekta [2].



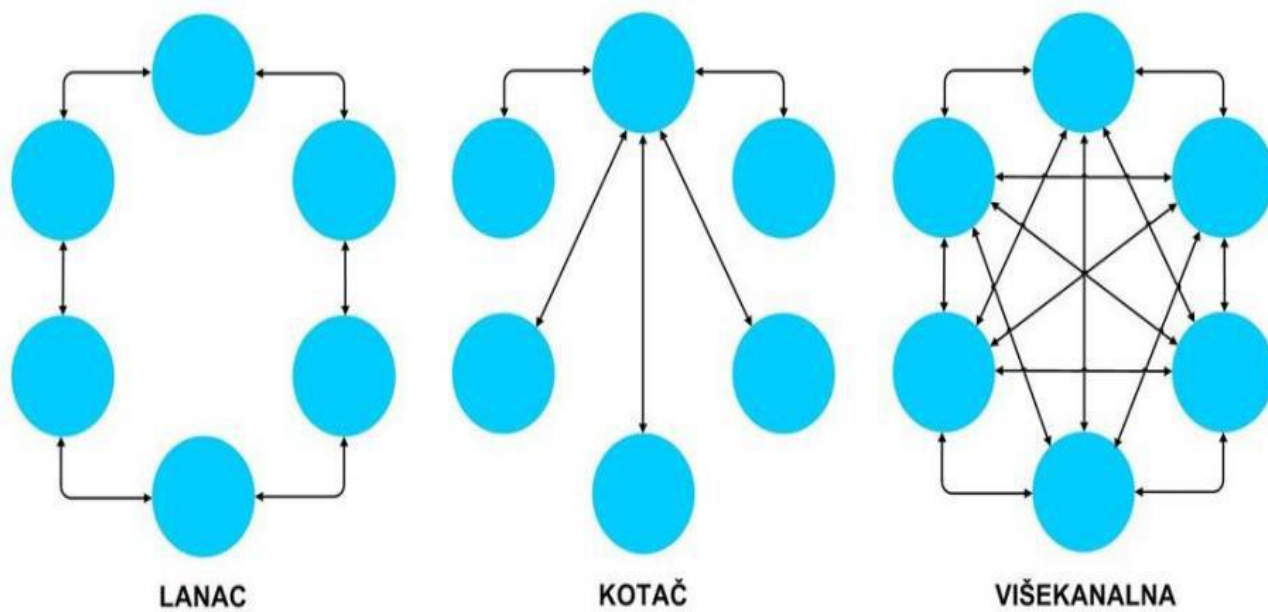
Slika 5. Projekt i matrična organizacijska struktura

Izvor: [2]

Iako je uspostavljanje projektne organizacije moguće, često je neisplativo, jer se nepotrebno duplicira skupi tehnički talent kada se radi na više projekata. Matrična organizacija pruža mogućnost projektom menadžeru da privremeno „udomi“ tehničko znanje kojim raspolažu funkcijske jedinice svojevrsan je put za rješavanje te dileme [2].

Kada se govori o principima organiziranja, jedan od najpopularnijih je koncept umreženih organiziranja, a na modernom tržištu postoji i teza koja govori da je ovaj oblik organizacije i onaj bez kojeg se u stvari ne može u smislu organizacijskog opstanka. Osnovni problem mreža, je njihova jednostavna definicija, ali u ovom slučaju imamo podjelu na tri osnovan oblika kao što se vidi i na slici 6., a to su:

- lanac – kada neki članovi imaju neposredne veze, a drugi posredne veze,
- kotač – kada jedan član mreže ima ključnu ulogu, dok su svi ostali članovi mreže vezani posredno preko toga središnjeg člana,
- više kanalna, kada su svi članovi mreže povezani neposredno.



Slika 6. Različiti oblici mreža

Izvor: [2]

## 5. METODE MREŽNOG PLANIRANJA

Metode mrežnog planiranja se zasnivaju na primjeni teorije grafova, moderne algebre i matematičke statistike. Također, uključuje planiranje i praćenje kompleksnih poslova, od prvih priprema posla, pa sve do isporuke proizvoda ili predaje postrojenja kupcu odnosno investitoru. Metode mrežnog planiranja uklanjaju nedostatke metoda linijskog planiranja, na način da se definira struktura projekta i to neovisno o analizi vremena, a zasnivaju se na grafičkom prikazu međusobnih ovisnosti aktivnosti koji nazivamo mrežni dijagram. Također, omogućuju izvođenje vremenskih proračuna mrežnog dijagrama, optimalnu raspodjelu resursa, traženje najboljeg ekonomskog rješenja projekta korištenjem vremenskih rezervi aktivnosti, te određivanje vjerojatnosti realizacije [8].

Prednosti u primjeni metoda mrežnog planiranja su [8]:

- Pregledan i lako razumljiv plan izrade, popravka ili remonta,
- logični tijek radova i međusobna aktivnost su jednoznačno predstavljeni,
- priprema i izrada proizvoda se obavlja temeljitije s više kvantificiranih podataka, jer je upravo to nužno za utvrđivanje aktivnosti mrežnog dijagrama
- može se unaprijed znati krajnji rok izrade određivanjem rokova pojedinih aktivnosti,
- lako su uočavaju aktivnosti čijim se skraćivanjem postiže smanjivanje ukupnog trajanja izrade,
- ako se prati aktivnosti, dobivaju se podaci o odstupanju od planiranog vremena i o očekivanim zakašnjenjima pri izradi proizvoda,
- može se analizirati ostvareno zakašnjenje nakon izrade proizvoda i
- moguća je informatička obrada svih potrebnih podataka.

Nedostaci ručne izrade mrežnih dijagrama su [8]:

- Ne uzimaju se u obzir raspoloživi resursi,
- ako se radi o više mrežnih dijagrama oni su međusobno neovisni, što praktično nije slučaj,
- pri izradi alternativnih planova, potrebno je uvijek ponovno raditi mrežni dijagram,
- ne postoji povezanost sa stanjem u proizvodnji,
- nakon svakog prijavljivanja stanja aktivnosti treba ponovno nacrtati mrežni dijagram i izvršiti vremensku analizu.



Metode mrežnog planiranja međusobne se razlikuju po nekoliko čimbenika [8]:

- načinu izrade prikazivanja MD – a (ADM i PDM ili AOA i AON),
- analizi vremena (da li su orijentirani na događaje ili na aktivnosti),
- određivanju trajanja aktivnosti,
- načinu određivanja međusobnih ovisnosti aktivnosti,
- načinu određivanja vjerojatnosti realizacije,
- algoritmima za optimizaciju troškova i raspodjele resursa,
- načinima kako se uključuju u proces upravljanja i rukovođenje projektom.

Mrežni dijagram se može opisati kao grafički prikaz odnosno slika onoga što se zamišlja o pripremi proizvodnje i izradi proizvoda. Postoje dvije osnovne faze u postupku izrade mrežnog dijagrama: analiza strukture i analiza vremena. Analiza strukture podrazumijeva uspostavljanje logičkog redoslijeda i međusobne aktivnosti, a pod analizom vremena računanje početaka i završetaka aktivnosti te rezerve vremena. Mrežni dijagram može biti orijentiran i na događaje i na aktivnosti. Grafičko prikazivanje strukture projekta orijentirane na aktivnosti u mrežnom dijagramu moguće je na dva načina: preko mrežnog dijagrama i – j, te pomoću blok mrežnog dijagrama [8].

Struktura projekta koja je orijentirana na događaje može se prikazati kao događajni ili ciljani mrežni dijagram, i kao mrežni dijagram događaja odluke. Sam mrežni dijagram se sastoji od grane i čvorova, a značenje grana i čvorova se razlikuje u osnovnim načinima grafičkog prikazivanja strukture projekta [8]:

- mrežni dijagram sa aktivnostima na granama – „i – j“ mrežni dijagram, engl. AOA – Activity on Arrow ili ADM – Activity Diagramming Method, npr. CPM),
- mrežni dijagram sa aktivnostima u čvorovima (blok mrežni dijagrami, engl. AON – Activity on Node ili PDM – Precedence Diagramming Method, npr. MPM),
- mrežni dijagram s događajima u čvorovima (događajni mrežni dijagram, engl. EON – Event on Node, npr. PERT),
- mrežni dijagram događaja odluke (engl. CDM – Conditional Diagramming Method, npr. GERT).

U tablici 4. je prikazana podjela mrežnih dijagrama [8].

Tablica 4. Podjela mrežnih dijagrama

Podjela mrežnih dijagrama					
	Mrežni dijagrami orijentirani aktivnostima			Mrežni dijagrami orijentirani događajima	
	Mrežni dijagram s aktivnostima na strelicama	Mrežni dijagram s aktivnostima na čvorovima	Mrežni dijagram s aktivnostima na čvorovima	Mrežni dijagram s događajima na čvorovima	Mrežni dijagram događaja odluke
Grafički prikaz mrežnog dijagrama					
Elementi mreže	Aktivnost:  Fiktivna:  Događaj: 	Aktivnost:  Fiktivna:  Tehnološka veza: 	Aktivnost:  Fiktivna:  Tehnološka veza: 	Tehnološka veza:  Događaj: 	Aktivnost:  Fiktivna:  Događaj: nekoliko tipova događaja
Određivanje trajanja aktivnosti	Deterministički (procjenom)			Stohastički (statistička razdioba)	
Poznatija metoda	CPM	MPM	PDM	PERT	GERT

Izvor: [8]

Najpoznatije metode vremenske analize mrežnih dijagrama su [8]:

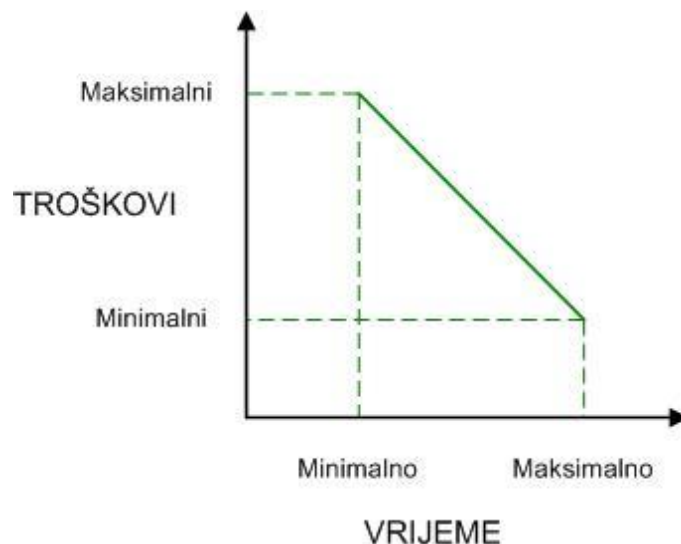
- CPM – metoda kritičnog puta (Critical Path Method)
- PERT – metoda kritične procjene programa (Program Evaluation and Review Technique)
- MPM – metra potencijalna metoda (Metra Potential Method)
- PDM – Precedence Diagramming Method
- GERT – Graphical Evaluation and Review Techique

U stručnoj literaturi mogu se naći modifikacije ovih metoda koje imaju razne skraćenice i međusobno se razlikuju metodološki. Neke od njih su [8]:

- TOPS (The Operational PERT System),
- GE/CPM (CPM General Electric),
- CPS (Critical Path Scheduling),
- CPPS (Critical Path Planing and Scheduling),
- PEP (Program Evaluation Procedure),
- CPA (Critical Path Analysis),
- CPP (Critical Path Programming),
- HEPP (Hoffman Evaluation Program and Procedure),
- LESS (Least Cost Estimating and Scheduling),
- RAMPS (Resource Allocation and Multi – Project Scheduling),
- SCANS (Scheduling and Control by Automated Network System),
- RITE (Rapid Information Techniques for Evaluation),
- MAPS (Multivariate Analysis and Prediction of Schedules),
- DBPS (Decision Box Planning and Scheduling),
- MS (Multiship, Multishop).

### **5.1. Metoda kritičnog puta**

Metoda kritičnog puta je metoda terminskog planiranja koja se koristi za svaku aktivnost funkciju vremena i troškova tipa, što je prikazano na slici 7.



Slika 7. MKP donošenje kompromisne odluke između vremena i troškova

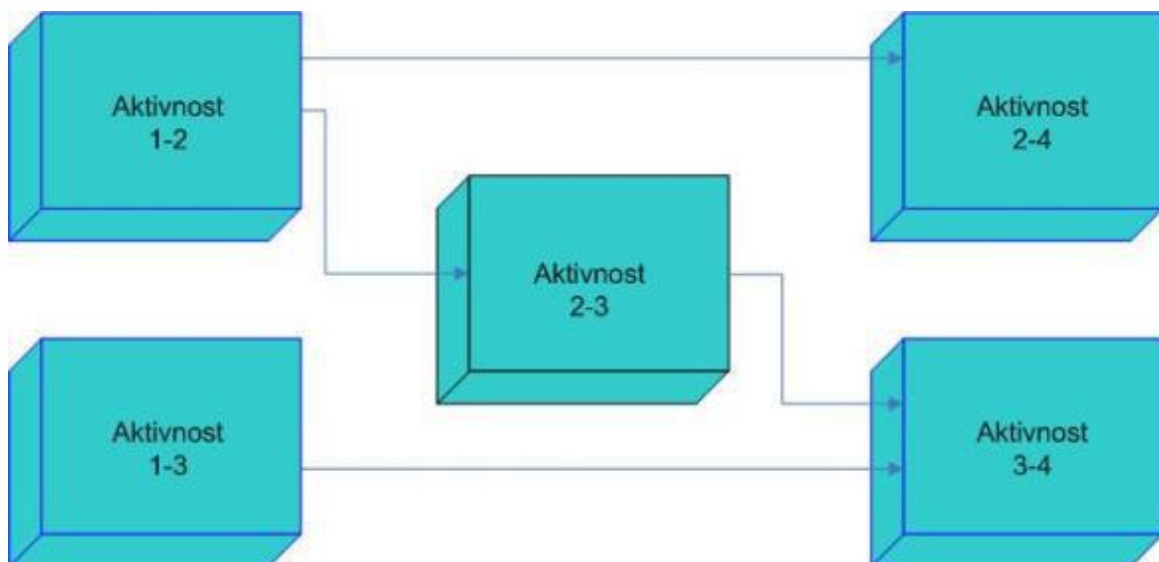
Izvor: [3]

Kada bi se utrošilo više novaca, aktivnost bi se mogla završiti u proporcionalno kraćem vremenu. Za svaku su aktivnost dana četiri broja, kako bi se izrazio pretpostavljeni linearni odnos između vremena i troškova. To su: normalno vrijeme, normalan troška, skraćeno vrijeme do minimuma i povećani troškovi do maksimuma. Svaki mrežni dijagram ima početno rješenje u korištenju normalnih vremena i normalnih troškova za sve aktivnosti. U slučaju kada su vrijeme završetka projekta i troškovi zadovoljavajući, sve će aktivnosti biti terminirane u svojim normalnim vremenima. U slučaju kada je vrijeme završetka projekta predugo, sam projekt mogao bi se završiti uz povećane troškove u kraćem roku. Za svako dano vrijeme završetka projekta, koje je kraće od normalnog vremena, postoji veći broj mogućnosti u mrežnom dijagramu, svaka pri različitim ukupnim troškovima.

To se događa iz razloga što se veliki broj različitih vremena aktivnosti može smanjiti, kako bi se postiglo bilo koje specificirano vrijeme završetka projekta. Pomoću problema linearnog programiranja mogle bi se procijeniti sve te mogućnosti, a problem linearnog programiranja se koristi kako bi se pronašlo rješenje koje predstavlja najmanje ukupne troškove projekta, za bilo koje dano vrijeme njegova završetka.

## 5.2. Dijagramska metoda prioriteta

Dijagramska metoda prioriteta – DPM (engl. Precedence diagramming method, PDM) je metoda terminskog planiranja pomoću mrežnog dijagrama, koja je u posljednje vrijeme sve više popularna. Korištenjem DPM, aktivnosti kod metode prezentiranja se s čvorištima ili krugovima, prikazuju u tim čvorištima ili krugovima, prije nego na strelicama. Zbog takvog načina prikazivanja dolazi do potpune promjene konvencije koju koriste neke metode. Kod DPM, strelice predstavljaju odnose prvenstva među aktivnostima. Vrlo važna prednost DPM mrežnog planiranja je dopuštanje da terminski plan bude ucrtan na način, kako je prikazano na slici 8.



Slika 8. DPM mrežni dijagram

Izvor: [3]

## 5.3. PERT metoda

PERT metoda je mrežna metoda planiranja, a ovom se metodom utvrđuju trajanje i troškovi projekta. Ova se metoda zbog svog probabilističkog karaktera koristi u slučajevima kada se ne može sa sigurnošću reći koliko će biti trajanje, odnosno troškovi pojedinih aktivnosti u projektu. Ova metoda se razvila 1958. godine na zahtjev ratne mornarice SAD – a. Ratna mornarica je provodila istraživanje u kojoj je sudjelovao veliki broj vojnih i civilnih ustanova na planiranju razvojnog programa za svemirski program odnosno raketu „Polaris“. Metoda se zvala Program Evaluation Research Task, a kasnije je preimenovana u Program

Evaluation and Review Technique. PERT je skraćenica od „Program Evaluation and Review Technique“ što u prijevodu s engleskog jezika znači tehnika procjene i revizije programa [9].

#### **5.4. Usporedna analiza različitih metoda mrežnog planiranja**

Metode mrežnog planiranja se zasnivaju na primjeni [20]:

- teorije grafova,
- moderne algebre i
- matematičke statistike.

Također se zasnivaju i na grafičkom prikazu međusobnih ovisnosti aktivnosti, što se naziva mrežni dijagram. Iz mrežnog dijagrama se dobije teorija grafova, iz teorije grafova se zatim dobije konačan graf, odnosno niz grafova kojima je moguće pomoću vrhova, ili događaja i veznih linija ili dužina, grafički prikazivati slučajeve mreža različitih procesa, tokova, itd. [20].

Zajedničko im je i što uklanjaju nedostatke metoda linijskog planiranja time što se definira struktura projekta, i to neovisno o analizi vremena. Također omogućavaju [20]:

- izvođenje vremenskih proračuna mrežnog dijagrama,
- optimalnu raspodjelu resursa,
- traženje najboljeg ekonomskog rješenja projekta, korištenjem vremenskih rezervi aktivnosti te
- određivanje vjerojatnosti realizacije.

Osnovne prednosti u primjeni metoda mrežnog planiranja su [20]:

- lako razumljiv i pregledan plan izrade, popravka ili remonta,
- jednoznačno je predstavljen logični tijek radova i međusobna ovisnost aktivnosti,
- priprema i izrada proizvoda obavlja se temeljitije s više kvantificiranih podataka, jer je to nužno za utvrđivanje aktivnosti mrežnog dijagrama,
- omogućava se uočavanje krajnjeg roka izrade određivanjem rokova pojedinih aktivnosti,
- lako se uočavaju aktivnosti čijim se skraćivanjem postiže smanjivanje ukupnog trajanja izrade,
- praćenjem aktivnosti dobivaju se podaci o odstupanju od planiranog vremena i o očekivanim zakašnjenjima pri izradi proizvoda,
- moguća je analiza ostvarenih zakašnjenja nakon izrade proizvoda,

- moguća je informatička obrada svih potrebnih podataka.

Osim prednosti postoji i niz nedostataka ručne izrade mrežnih dijagrama [20]:

- prilikom izrade mrežnih dijagrama ne uzimaju se u obzir raspoloživi resursi,
- ako se radi o više mrežnih dijagrama oni su međusobno neovisni, što praktično nije slučaj,
- za izradu alternativnih planova je potrebno uvijek ponovno raditi mrežni dijagram,
- nema povezanosti sa stanjem u proizvodnji,
- nakon svakog prijavljivanja stanja aktivnosti ponovno nacrtati mrežni dijagram i izvršiti vremensku analizu.

Metode mrežnog planiranja se međusobno razlikuju po [20]:

- načinu grafičkog prikazivanja MD – a (ADM i PDM ili AOA i AON),
- analizi vremena – da li su orijentirani na događaje ili aktivnosti,
- određivanju trajanja aktivnosti,
- načinu određivanja vjerojatnosti realizacije,
- algoritmima za optimalizaciju troškova i raspodjele resursa,
- načinima kao se uključuju u proces upravljanja i rukovođenje projektom.

## 6. ANALIZA ČIMBENIKA PO PERT METODI

### 6.1. Analiza mreže po PERT metodi

PERT tehnika menadžerima projekata omogućuje [10]:

- Razvijanje realnije procjene troškova,
- određivanje ukupnog vremena koje je potrebno za završetak projekta s većom točnošću nego prijašnje metode,
- mogućnost identifikacije onih aktivnosti o kojima ovisi procijenjeno vrijeme i/ili troškovi,
- procjena troškova za pojedine aktivnosti i njihovo vrijeme trajanja,
- određivanje najučinkovitije metode za ubrzanje programa u raznim fazama razvoja,
- brzo uočavanje problema i odgoda ili prekomjerni troškova,
- kako napraviti novi raspored aktivnosti i alokacije resursa, kada bi bilo potrebno, da se vrate na početno vrijeme i/ili planirani trošak.

Kao najznačajnija razlika u analizi između CPM i PERT metode, navodi se da PERT metoda uzima u obzir nesigurnost u procjeni vremena, što može biti od velikog značaja, npr. kod istraživačkih i razvojnih projekata, za koje je PERT prvenstveno i razvijen. U literaturi se navodi i mnogo kritika PERT metode, te postoji pet prepoznatih problema s istom [11]:

- Projektnim planerima i inženjerima je vrlo teško procijeniti točno vrijeme trajanja aktivnosti. Subjektivne procjene  $a$ ,  $m$  i  $b$  su temeljene isključivo na osobnoj procjeni i one ne moraju biti blisko povezane sa statističkim metodama stvarnih trajanja.
- Vrijednosti koje se računaju pomoću jednadžbi – dužina i varijanca trajanja aktivnosti, su procjene stvarne dužine i varijance beta distribucije, koje ne moraju uvijek biti točne.
- Beta distribucija se primjenjuje na sve projektne aktivnosti. Ovaj se aspekt PERT tehnike često kritizira uz razlog kako u vrijeme razvijanja PERT tehnike ne postoje znanstvene studije koje to potvrđuju.
- PERT tehnika uzima u obzir samo kritični put kao vjerojatno vrijeme završetka.
- Autori često kritiziraju kako se PERT tehnika ne koristi u projektnom menadžmentu jer top menadžeri ne razumiju osnovne principe vjerojatnosti i statistike, ili nikad nisu naučili koristiti PERT tehniku.



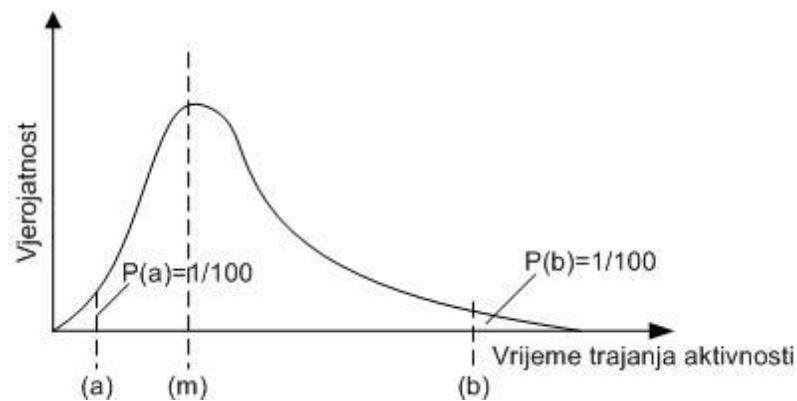
## 6.2. Analiza vremena po metodi PERT

Kada se aktivnosti i događaji uvedu u tabelu međuzavisnosti aktivnosti, odnosno u mrežni plan, treba odrediti vrijeme trajanja pojedinih aktivnosti. Često je vrlo teško odrediti točno vrijeme trajanja pojedinih aktivnosti, posebno kod projekata koji se još nisu izvodili ili su se već izvodili pri uvjetima koji bitno odstupaju od sadašnjih. Upravo iz tog razloga se za određivanje vremenskog trajanja aktivnosti pojedinih projekata služimo procjenama [12].

PERT analize se zasnivaju na tri različite procjene vremena trajanja svake od projektnih aktivnosti:

- Optimistično vrijeme trajanja aktivnosti (a),
- Pesimistično vrijeme trajanja aktivnosti (b),
- Najpoželjnije vrijeme trajanja (m).

Svako od tih vremena ima sljedeće karakteristike: optimistično vrijeme trajanja aktivnosti – kada sve ide po planu, vjerojatnost da će aktivnost biti realizirana u granicama optimističnog vremena ili vremena manjeg od optimističnog je jako mala; pesimistično vrijeme trajanja aktivnosti – kada zbog prisutnosti nepoželjnih okolnosti ništa ne ide po planu, vjerojatnost da će vrijeme trajanja aktivnosti biti pesimistično je vrlo mala; najpoželjnije vrijeme trajanja odnosno najrealnije vrijeme koje je potrebno za realizaciju određene aktivnosti. Postavlja se pitanje kako izračunati ove tri različite vremenske procjene, a pokazalo se da je beta raspodjela, koja je prikazana na slici 9., odgovarajuća metoda za određivanje distribucije vremena trajanja građevinskih aktivnosti, okarakterizirane s tri nezavisna parametra (a, b i m). Bit ove razdiobe je u tome da se sve vrijednosti nalaze između graničnih vrijednosti a i b [13].



Slika 9. Beta raspodjela s tri vremenske procjene trajanja aktivnosti

Izvor: [13]

PERT metoda vodi računa o određivanju trajanja aktivnosti pojedinih projekta i za svaku aktivnost zahtijeva određivanje triju vremena [12]:

- Optimistično vrijeme ( $t_o$ )
- Najvjerojatnije vrijeme ( $m$ )
- Pesimistično vrijeme ( $t_p$ ).

Naznačena vremena ispunjavaju sljedeći uvjet:

$$t_o(i, j) < m(i, j) < t_p(i, j). \quad (1)$$

Očekivano vrijeme trajanja aktivnosti izračunava se po relaciji:

$$t_e = (t_o + 4m + t_p) / 6, \quad (2)$$

a standardna devijacija:

$$\sigma = (t_p - t_o) / 6. \quad (3)$$

S očekivanim vremenom pojedinih aktivnosti nacrtava se mrežni dijagram i odredi kritični put.

PERT metoda uzima u obzir nesigurnost pri određivanju pojedinih aktivnosti. Zbog toga se za svaku aktivnost zadaju tri vremena: optimistično trajanje  $a_{ij}$ , normalno trajanje  $m_{ij}$  i pesimistično trajanje  $b_{ij}$ . Kod sva tri vremena riječ je o procjenama, a teoretski vrijeme trajanja aktivnosti može biti izvan intervala  $(a, b)$ , naročito u slučaju katastrofe ili djelovanjem nekih nepredvidivih čimbenika, ali da je statistički gledano ta vjerojatnost zanemarivala. PERT metoda pretpostavlja da se stvarno trajanje aktivnosti ponaša prema beta – razdiobi.

Očekivano vrijeme trajanja aktivnosti kod beta – razdiobe iznosi:

$$t_{e(ij)} = \frac{a_{ij} + 4m_{ij} + b_{ij}}{6} \quad (4)$$

kod većine uni modalnih distribucija (s jednim ekstremom) početna i krajnja vrijednost leže unutar triju standardnih devijacija, od očekivane vrijednosti, odnosno

$$b_{ij} - a_{ij} = 6 \sigma \quad (5)$$

pa standardna devijacija iznosi:

$$\sigma = \frac{b_{ij} - a_{ij}}{6} \quad (6)$$

Varijanca distribucije je kvadrat standardne devijacije [14]:

$$\sigma^2 = \frac{(bij - aij)^2}{36}. \quad (7)$$

### 6.3. Očekivanje vremenske rezerve i vjerojatnost nastupa događaja

Vremenskom rezervom nekog događaja naziva se vremenska razlika između najkasnijeg završetka svih aktivnosti koje mu neposredno prethode i najranijeg početka narednih aktivnosti koje neposredno slijede:

$$Si = (TL)i - (TE)i, i = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

Ako  $(T_S)i$  i  $(T_E)i$  označimo planirano i očekivano vrijeme ostvarenja  $i$ -tog događaja, onda se odgovarajući faktor vjerojatnosti  $Z_i$  računa preko testa razlike:

$$Z_i = \frac{T_Si - T_Ei}{\sqrt{\Sigma\sigma^2}} \quad (9)$$

gdje je  $\Sigma\sigma^2$  zbroj varijanci svih aktivnosti koje prethode događaju  $i$ , a leže na putu s najduljim trajanjem.

Kada se računaju vremenske rezerve pristup je takav da se otkriju super kritični putovi, koji imaju jako malu vremensku rezervu i mogu lako postati kritični, jer one vremenske rezerve koje imaju negativan vremenski predznak, odnose se isključivo na nezavisnu vremensku rezervu i imaju vrijednost 0 jer vrijedi [15]:

$$s_{ij}^n = \max \{0, t_j^0 - t_i^0 - t_{ij}\} \quad (10)$$

Ukupna vremenska rezerva dobije se po formuli:

$$s_{ij}^t = t_j^1 - t_i^0 - t_{ij} \quad (11)$$

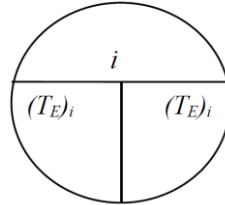
Slobodna vremenska rezerva dobije se po formuli:

$$s_{ij}^s = t_j^0 - t_i^0 - t_{ij} \quad (12)$$

Nezavisna vremenska rezerva dobije se po formuli:

$$s_{ij}^n = t_j^0 - t_i^0 - t_{ij}. \quad (13)$$

Koliko su odstupanja manja, toliko je vrijeme trajanja aktivnosti pouzdanije. Za svaki događaj u projektu se izračuna najranije i najkasnije vrijeme nastupa i ubilježi u krug koji označuje čvor.



$(T_E)_i$  – najranije vrijeme nastupanja događaja. Računa se po formuli:

$$(T_E)_j = \max_i ((T_E)_i + (t_e)_{ij}), j = 2,3\dots n \quad (14)$$

$(T_L)_i$  – najkasnije vrijeme nastupa događaja. Računa se po formuli:

$$(T_L)_i = \min_j ((T_L)_j - (t_e)_{ij}), i = n-1, n-2, \dots, 2,1 \quad (15)$$

$$(T_L)_n = (T_E)_n. \quad (16)$$

#### 6.4. Analiza troškova

Kod šire primjene tehnike mrežnog planiranja, nakon obje prve faze u kojima se istražuju odnosi strukture i vremena, izvodi se analiza troškova, koja se sastoji od sljedećih koraka [16]:

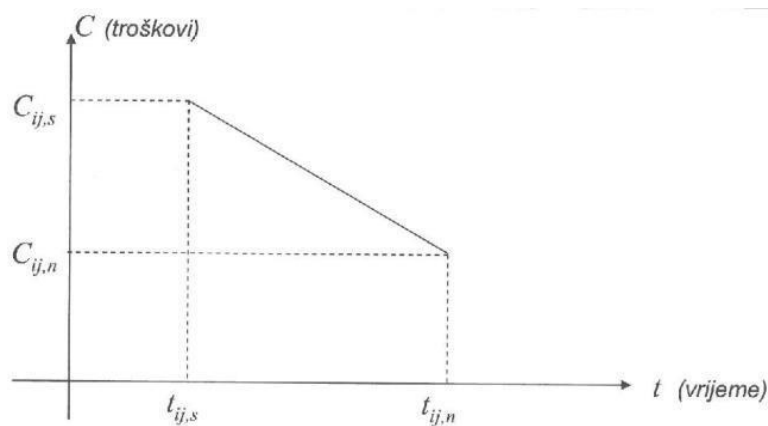
- Određivanja troškova za svaku aktivnost,
- Proračun troškova projekta,
- Određivanje zavisnosti troškova – vrijeme za svaku aktivnost,
- Proračun ukupnih troškova projekta i njihova optimizacija.

Prvi korak kod izrade PERT tehnike je izrada mreže onih aktivnosti koje dolaze u obzir za troškovnu analizu. Drugi korak je alternativna procjena odnosa vremena i troškova za svaku pojedinu aktivnost, dok se u trećem koraku odabiru alternative s najmanjim troškovima za svaku pojedinu aktivnost. Četvrti korak je računanje kritičnog puta, uz korištenje vremenske vrijednosti povezane s troškovima odabranima u trećem koraku, te usporedba sa zadanim datumom. Ako je kritični put predug, u petom koraku se smanjuje skraćivanjem vremena trajanja nekih ili svih aktivnosti, zadnji šesti korak predstavlja ponavljanje petog, sve dok se dužina kritičnog puta ne poklopi sa zadanim datumom [17].

Da bi se mogla uopće izvršiti analiza troškova potrebno je prikupiti informacije o mogućnostima skraćivanja vremena trajanja pojedinih aktivnosti i o odgovarajućim dodatnim troškovima.

Tako se za svaku aktivnost može odrediti njezino normalno i skraćeno vrijeme trajanja:  $t_{ij,n}$  i  $t_{ij,s}$  te odgovarajući troškovi:  $C_{ij,n}$  i  $C_{ij,s}$ .

Pretpostavka da je povećanje troškova aktivnosti proporcionalno s skraćanjem vremena trajanja aktivnosti, čini osnovu za optimalno projektiranje vremena s obzirom na troškove što je prikazano na slici 10.



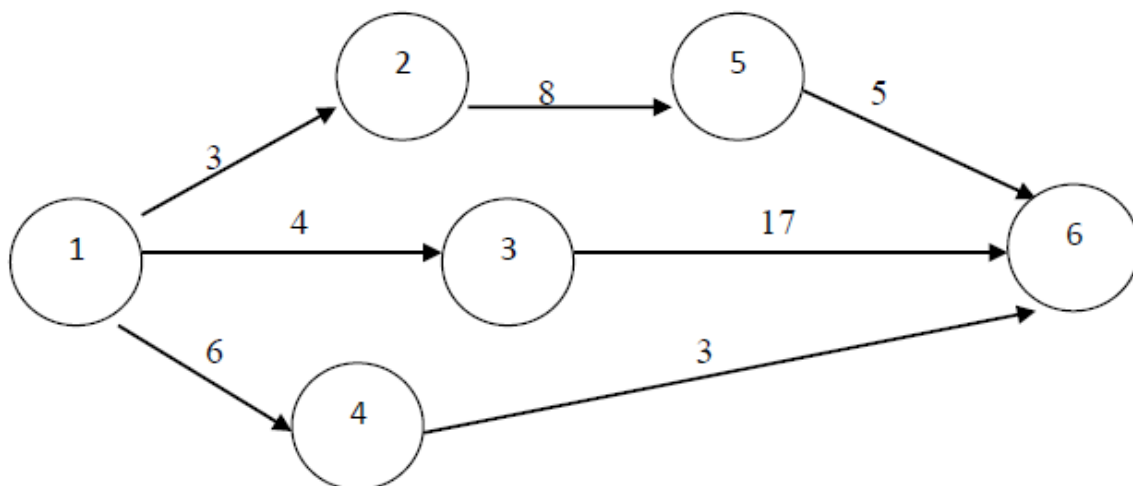
Slika 10. Graf analize troškova

Izvor: [18]

Osnovni principi PERT metode su:

- Skratiti aktivnosti koje leže na kritičnom putu, sve dok se ne dođe do prenošenja kritičnosti, odnosno dok se ne pojavi još neki kritični put;
- Ako je moguće skratiti vrijeme trajanja nekoliko aktivnosti, onda prvo treba skratiti vrijeme onih aktivnosti čiji su troškovi skraćivanja najmanji;
- Kod mrežnih dijagrama koji imaju više kritičnih putova vrši se skraćivanje svakoga kritičnog puta za isti broj vremenskih jedinica, pri čemu se kod skraćivanja najprije skraćuju aktivnosti kod kojih je to skraćivanje najefikasnije;
- Postupak se nastavlja sve do se ne postigne željeni rok završetka procesa ili se bar na jednom kritičnom putu iskoriste sva moguća skraćivanja vremena trajanja aktivnosti.

Uzme se primjer mrežnog dijagrama koji je prikazan na slici 11.



Slika 11. Mrežni dijagram

Izvor: [19]

## 7. PRIKAZ PRIMJENE PERT METODE NA PRIMJERU

PERT metoda se preporučuje za ovaj projekt iz razloga što daje analizu vremena, prikazuje očekivano vrijeme i određuje varijacije odnosno vjerojatnost završetka projekta. Iako je za navedeni projekt bolja odnosno preporučena metoda, PERT metoda isto tako ima i nedostatke koji su u ovom slučaju bili subjektivne procjene optimističnog, pesimističnog i najvjerojatnijeg vremena trajanja aktivnosti.

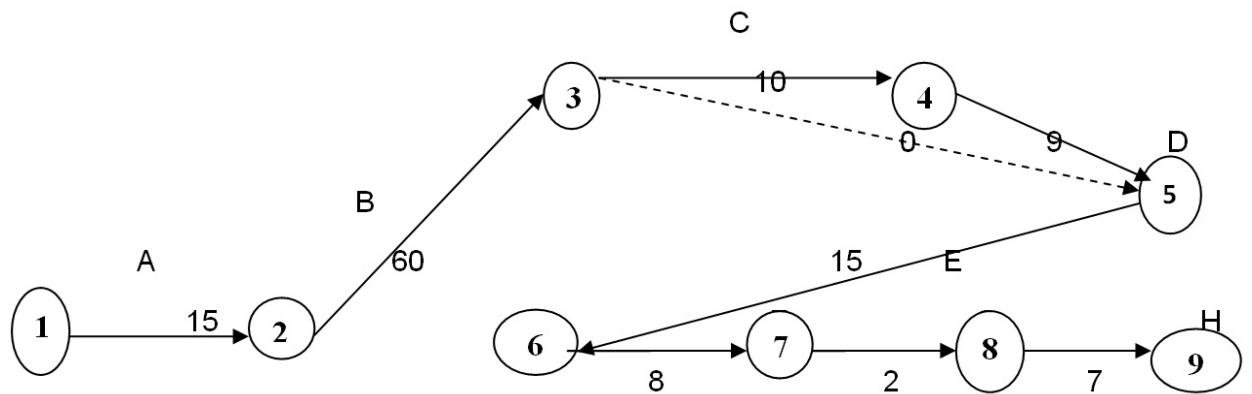
U sljedećem koraku izvršiti će se analiza vremena i troškova na temelju poznatih podataka. Analizu vremena i troškova napraviti će se za put goriva od proizvođača do potrošača. Radi lakšeg razumijevanja aktivnosti i njihove zavisnosti prikazati će se u tablici 5. U ovom slučaju radi se o fiktivnom projektu, pripremljenom za potrebe ovog završnog rada.

Tablica 5. Aktivnosti i njihove zavisnosti

Naziv i oznaka aktivnosti	Trajanje	Preduvjet
Rafinerija – A	15	-
Otprema goriva do auto cisterne – B	60	A
Prijevoz – C	10	B
Otprema goriva u spremnike na skladištu – D	9	C
Skladište (uzimanje uzoraka za laboratorijska testiranja) – E	15	C,D
Miješanje aditiva u autocisterne za poboljšanje produkta – F	8	E
Distribucija – G	2	F
Benzinska postaja i potrošač – H	7	G

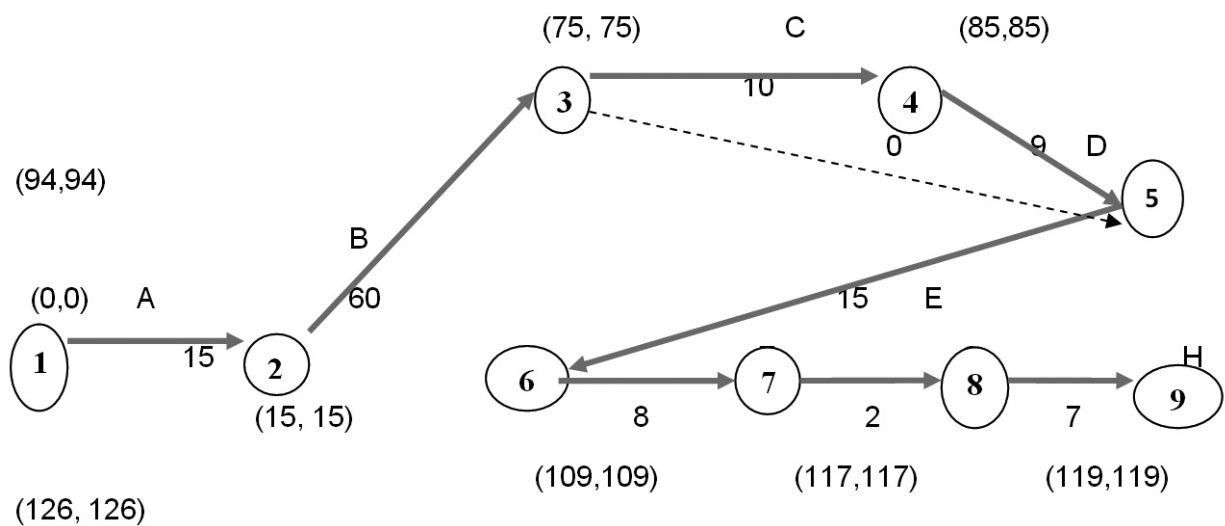
Na temelju podataka iz tablice zadatak će se riješiti mrežnim dijagramom.

Grafikon 1. Prikaz aktivnosti po trajanju (mrežni dijagram)



Izvor: autor

Grafikon 2. Određivanje i prikaz kritičnog puta 1.

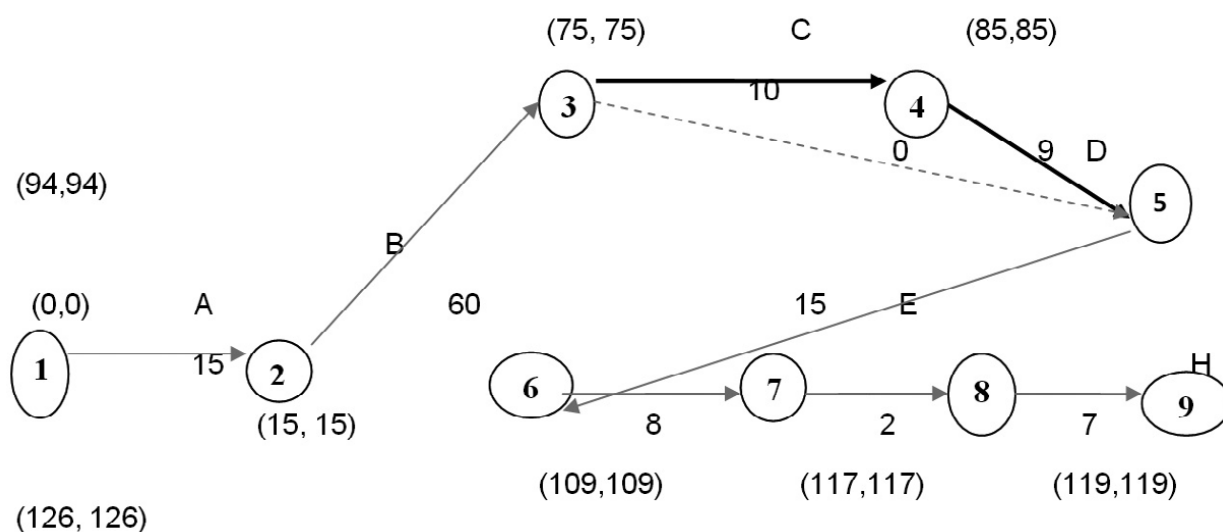


Izvor: autor

Budući da se u mreži nalaze dva kritična puta, kao što je vidljivo sa slike, prikazati će se i drugi kritični put te izračunati ukupnu, slobodnu i nezavisnu rezervu tih aktivnosti te izvršiti analizu vremena i troškova.



Grafikon 3. Određivanje i prikaz kritičnog puta 2.



Izvor: autor

Kritični put iz grafikona 1: **1-2-3-4-5-6-7-8-9**, a kritični put iz grafikona 2.: **1-2-3-5-6-7-8-9**.

Iz navedenih grafova izračunati će se ukupna, slobodna i nezavisna rezerva tih aktivnosti (tablica 6):

Tablica 6. Tablica ukupne, slobodne i nezavisne vremenske rezerve

i-j	$t_{ij}$	$t_i^{(0)}$	$t_j^{(0)}$	$t_i^{(1)}$	$t_j^{(1)}$	$S_{tij}$	$S_{sij}$	$S_{nij}$
1-2	15	0	15	0	15	0	0	0
2-3	60	15	75	15	75	0	0	0
3-4	10	75	85	75	85	0	0	0
3-5	0	75	94	75	94	19	19	19
4-5	9	85	94	85	94	0	0	0
5-6	15	94	109	94	109	0	0	0
6-7	8	109	117	109	117	0	0	0
7-8	2	117	119	117	119	0	0	0
8-9	7	119	126	119	126	0	0	0

Izvor: autor

Ukupna vremenska rezerva dobije se po formuli:

$$S_{tij} = t_j^{(1)} - t_i^{(0)} - t_{ij} \quad (17)$$

Slobodna vremenska rezerva dobije se po formuli:

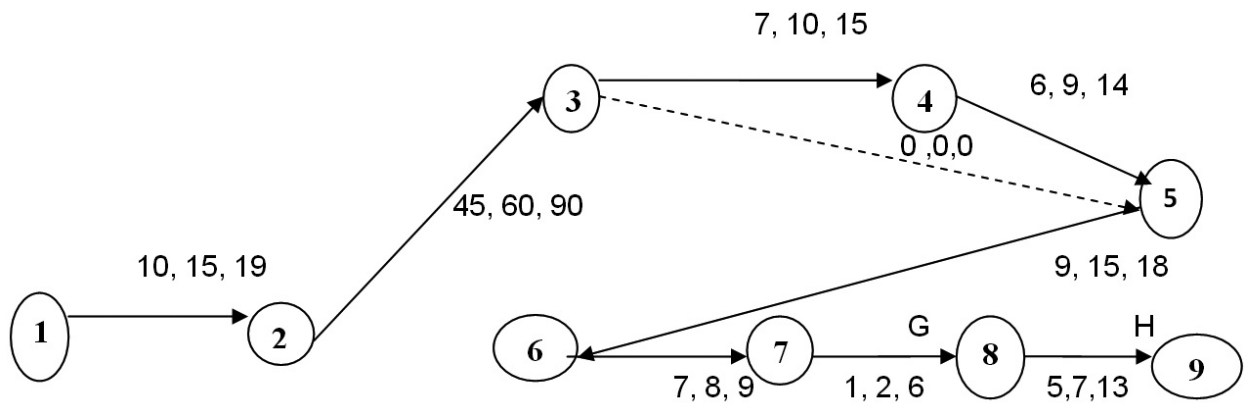
$$S_{sij} S_{sij} = t_j^{(0)} t_j^{(0)} - t_i^{(0)} t_i^{(0)} - t_{ij} t_{ij} \quad (18)$$

Nezavisna vremenska rezerva dobije se po formuli:

$$S_{nij} S_{nij} = t_j^{(0)} t_j^{(0)} - t_i^{(1)} t_i^{(1)} - t_{ij} t_{ij} \quad (19)$$

U sljedećem koraku izvršiti će se *analiza vremena* te vidjeti kolika je *vjerojatnost* da će taj projekt biti izvršen u navedenom roku.

Grafikon 4. Prikaz optimističkog, normalnog i pesimističkog trajanja aktivnosti pomoću kojeg će se izvršiti analizu vremena



Izvor: autor

Aktivnosti	$a_{ij}$	$m_{ij}$	$b_{ij}$	$t_e(ij)$	$\sigma_{ij}$
1-2	10	15	19	14,83	2,25
2-3	45	60	90	62,5	56,25
3-4	7	10	15	10,33	1,77
3-5	0	0	0	0	0
4-5	6	9	14	9,33	1,77
5-6	9	15	18	14,5	2,25
6-7	7	8	9	8	0,11
7-8	1	2	6	2,5	0,69
8-9	5	7	13	7,66	1,33

Izvor: autor

Metoda PERT uzima u obzir nesigurnost pri određivanju pojedinih aktivnosti. Za svaku se aktivnost zato zadaju tri vremena: *optimistično trajanje*, *normalno trajanje* i *pesimističko trajanje*.

Treba istaknuti da je kod sva tri vremena riječ o procjenama, te da, teoretski, vrijeme trajanja neke aktivnosti može biti izvan intervala (a, b), naročito u slučaju katastrofe ili djelovanjem nekih nepredvidivih nepovoljnih čimbenika, ali da je statistički gledano ta vjerojatnost zanemarivo mala.

Metoda PERT pretpostavlja da se stvarno trajanje aktivnosti ponaša prema beta-razdiobi. Očekivano vrijeme trajanja aktivnosti kod beta-razdiobe iznosi:

$$t_e(ij)t_e(ij) = \frac{a_{ij} + 4m_{ij} + b_{ij}a_{ij} + 4m_{ij} + b_{ij}}{6} \quad (20)$$

Kod većine uni modalnih distribucija (s jednim ekstremom) početna i krajnja vrijednost leže unutar triju standardnih devijacija, od očekivane vrijednosti, tj.

$$b_{ij}b_{ij} - a_{ij}a_{ij} = 6\sigma\sigma \quad (21)$$

pa standardna devijacija iznosi:

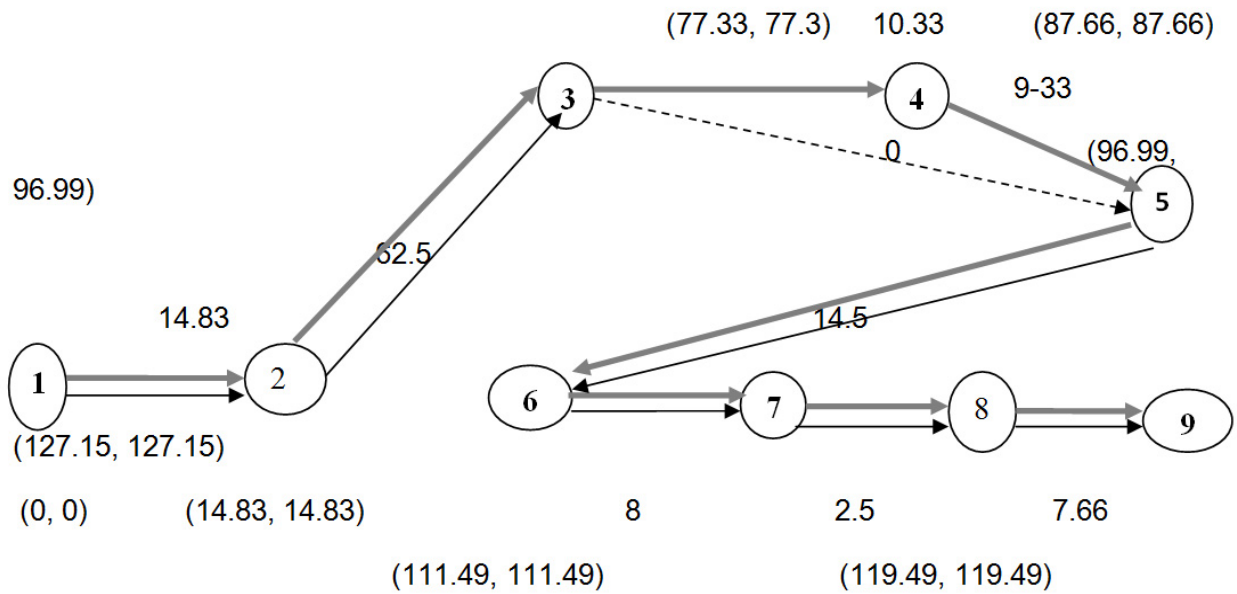
$$\sigma\sigma = \frac{b - ab - a}{6} \quad (22)$$

Varijanca distribucije jest kvadrat standardne devijacije, dakle:

$$\sigma^2\sigma^2 = \frac{(b_{ij} - a_{ij})^2(b_{ij} - a_{ij})^2}{36} \quad (23)$$

U sljedećem koraku na temelju izračunatog očekivanog vremena trajanja aktivnosti odredit će se kritični put pomoću grafa te će se izračunati varijanca:

Grafikon 5. Mrežni dijagram



Izvor: autor

Iz priložene slike se vidi da se na grafikonu nalaze dva kritična puta.

Grafikon 5. prikazuje sa  $\longrightarrow$  kritični put 1., a  $\longrightarrow$  kritični put 2.

Varijanca projekta izračunava se kao zbroj varijanci na kritičnom putu:

$$\sigma_1(e(1-2)) \sigma_1(e(1-2)) (2.4) \left( \left( \frac{(b_{ij} - a_{ij})}{6} \right)^2 \right) + \left( \frac{(b_{ij} - a_{ij})}{6} \right)^2 = \left( \frac{(19 - 10)}{6} \right)^2 + \left( \frac{(19 - 10)}{6} \right)^2 = 2,25 \dots$$

Dakle, varijanca trajanja projekta jednaka je zbroju varijance po kritičnom putu. Kako postoje dva kritična puta, dobiti će se i dvije varijance:

$$\sigma_1 \sigma_1 = 2,25 + 56,25 + 1,77 + 1,77 + 2,25 + 0,11 + 0,11 + 1,33 = 65,84$$

$$\sigma_2 \sigma_2 = 2,25 + 56,25 + 0 + 2,25 + 0,11 + 0,11 + 1,33 = 62,3$$

Za varijancu projekta uzima se veća varijanca, što za ovaj primjer iznosi = 65,84. Planirani rok završetka je 130 minuta.

Vjerojatnost da projekt bude završen u planiranom vremenu računa se na sljedeći način:

$$Z_i Z_i = \frac{(Ts)_i - (Te)_i}{\sqrt{\epsilon \sigma^2}} \quad (25)$$

te u ovom slučaju iznosi:

$$Z_g Z_g = \frac{(Ts)_i - (Te)_i}{\sqrt{\epsilon \sigma^2}} = \frac{130 - 127,15}{\sqrt{65,84}} = \frac{2,85}{8,1148,114} = 0,35$$

$$P_g P_g = 0,655 = 65,5 \%$$

Zaključuje se da vjerojatnost da se gorivo transportira od proizvođača do potrošača u predviđenom vremenu iznosi 0.655, odnosno 65.5%. U ovu procjenu uključeno je vrijeme potrebno za otpremu goriva do cisterne i prijevoz, te otprema u spremnike na skladištu.

U sljedećem koraku izvršiti će se analiza troškova za put goriva od proizvođača do potrošača na temelju potrebnih sati za izvršenje zadanog zadatka.

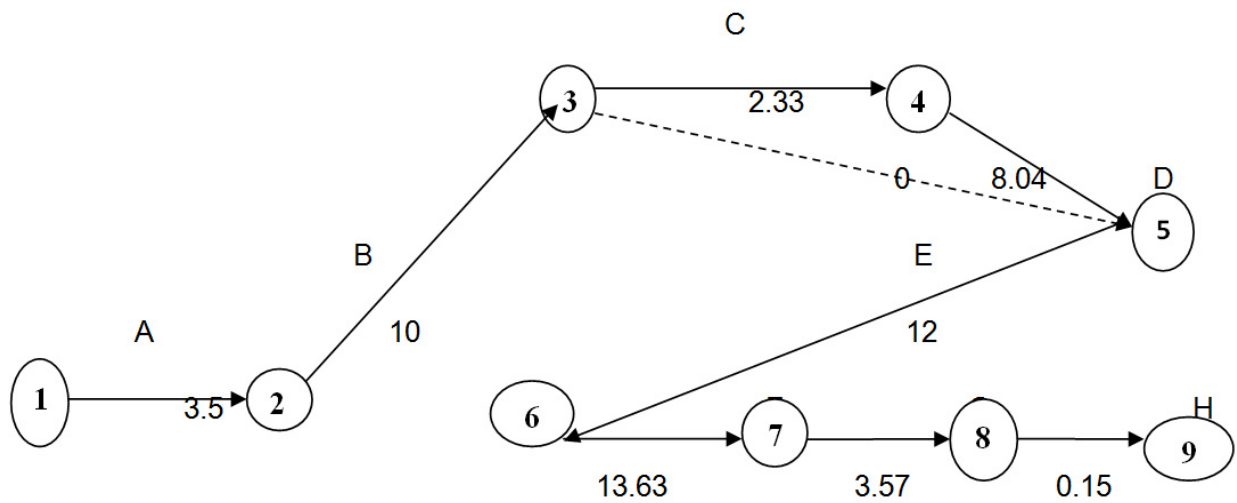
Tablica 7. Prikaz aktivnosti, njihovo trajanje, zavisnost i troškovi:

Naziv i oznaka aktivnosti	Rafinerija i vrijeme potrebno za otpremu goriva do auto cisterne (min)	Preduvjet	Troškovi (kn)
Rafinerija – A	15	-	3,5
Otprema goriva do auto cisterne – B	60	A	10
Prijevoz – C	10	B	2,33
Otprema goriva u spremnike na skladištu – D	0,71725	C	8,04
Skladište (uzimanje uzoraka za laboratorijska testiranja) – E	15	C,D	12
Miješanje aditiva u autocisterne za poboljšanje produkta – F	0,32475	E	13,63
Distribucija – G	2,116	F	3,57
Benzinska postaja i potrošač – H	0,005	G	0,15

Izvor: autor

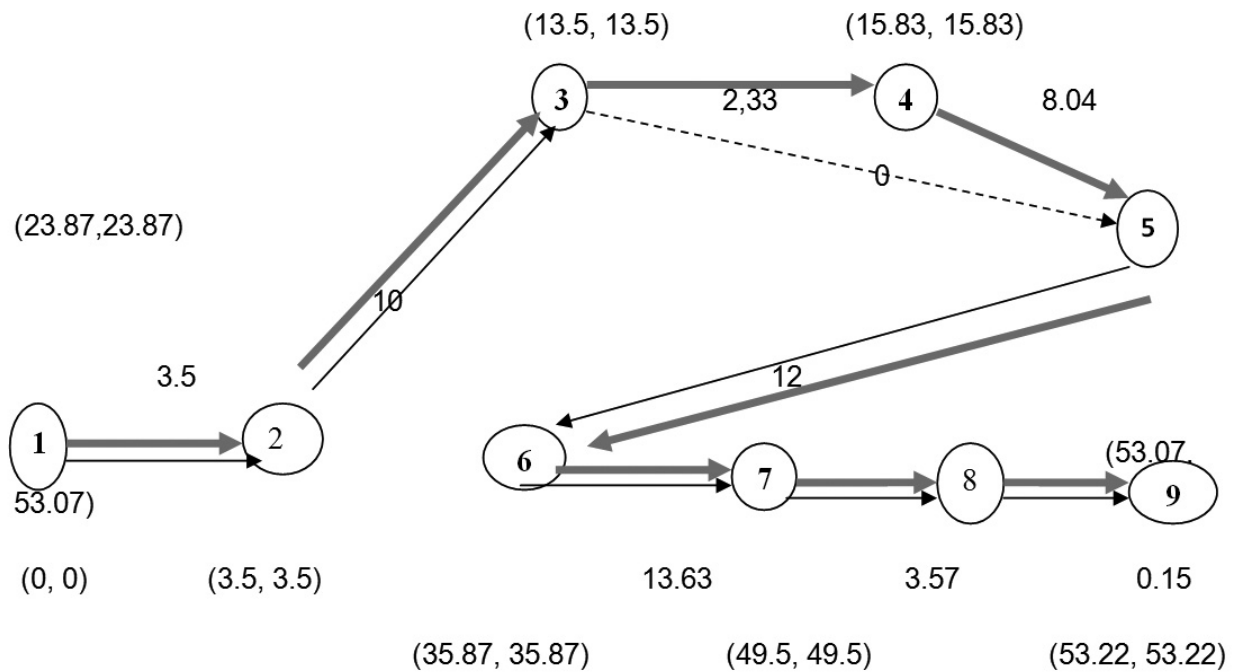
Iz tablice su vidljive aktivnosti, njihov trošak i vrijeme trajanja.

Grafikon 6. Mrežni dijagram (prikaz aktivnosti po troškovima)



Izvor: autor

Grafikon 7. Određivanje kritičnog puta pomoću mrežnog dijagrama



Izvor: autor

Iz navedenog grafikona vidljivo je da se nalaze dva kritična puta: 1-2-3-4-5-6-7-8-9 te 1-2-3-5-6-7-8-9.

Očekivano vrijeme za put goriva od proizvođača do potrošača je 127.15 minuta. Iz tablice vjerojatnosti za normalnu razdiobu se može vidjeti da je vjerojatnost transporta goriva u predviđenom roku jednaka  $\Phi(0.35) = 0.655\Phi(0.35) = 0.655$  odnosno 65.5 %, te vjerojatnost da će gorivo biti transportirano u planiranom roku od 130 minuta iznosi 65.5 %.

Put goriva od proizvođača do potrošača za poduzeće predstavlja 53.22 kune troška, uzimajući u obzir sve navedene korake.

## 8. ZAKLJUČAK

Planiranje projekata ima značajnu ulogu u poslovanja svake projektne orijentirane organizacije, i stoga je vrlo bitno odrediti trajanje svake pojedine aktivnosti unutar projekta kako bi se kvalitetno rasporedili financijski i ljudski resursi.

Neadekvatno planiranje i organizacija može vrlo brzo dovesti do velikih poteškoća pri izvedbi određenog projekta. Kako bi se izbjegli navedeni problemi, vrhunski menadžeri se u sve većem broju služe tehnikama mrežnog planiranja kao glavnog alata koji se koristi u svrhu planiranja projekta.

Tehnika za procjenu i reviziju programa – PERT određuje ukupno vrijeme koje je potrebno za završavanje projekta s velikom točnošću, a uz prednost velike točnosti identificira i aktivnosti o kojima ovisi procijenjeno vrijeme te njihovo vrijeme trajanja. U ranim fazama određuje najučinkovitiju metodu ubrzanja programa i daje mogućnosti brzog uočavanja i reagiranja na probleme.

Uz mnoge prednosti PERT metoda ima i svoje nedostatke: nesigurnost procjene optimističnog, najvjerojatnijeg i pesimističnog vremena trajanja aktivnosti, dužina i varijanca trajanja aktivnosti izračunate pomoću jednadžbi su procjene stvarne dužine i varijance beta distribucije, koje ne moraju uvijek biti točne, i zbog toga PERT uzima u obzir samo kritični put kao vjerojatno vrijeme završetka.



## 9. LITERATURA

1. Elias G. Carayanis, Young-Hoon Kwak, Frank T. Anbari: *The Story Of Managing Projects: An Interdisciplinary Approach*; Greenwood Publishing Group; 2005
2. Mislav Ante Omazić, Stipe Baljkas: *Projektni menadžment*; Sinergija nakladništvo d.o.o., Zagreb; 2005.
3. Roger G. Schroeder; *Upravljanje proizvodnjom: odlučivanje u funkciji proizvodnje*; četvrto izdanje; Mate d.o.o., Zagreb, 1999.
4. Kathleen B. Hass: *Living on the Edge - Managing Project Complexity* – članak sa web stranice [www.managementconcepts.com](http://www.managementconcepts.com) tvrtke Management Concepts, Inc; 2007.
5. [www.mppmm.com](http://www.mppmm.com) – stranice tvrtke za upravljanje projektima MPMM
6. S. Jonathan Whitty, Harvey Maylor ; *And then came Complex Project Management* – članak; 2007
7. Ratko Vujasinović: *Procjena i upravljanje rizicima investicijskih projekata* – magistarski rad; Zagreb 2007.
8. dr.sc.Gordana Matičević: *Podloge iz predavanja – "Mrežni uvod 2006"*; SFSB Slavonski Brod; 2006
9. Varga, M. (1986.), *Proračun vremena mrežnog plana pomoću računala*, *Journal of Information and Organizational Sciences*, str. 159.
10. Burgber, P. H. (1964.), *PERT and the auditor*, *Accounting Review*, Vol. 39, No. 1, str. 104.
11. Grubbs, 1962. i Modr i sur., 1983., kako je navedeno u radu: Wayne, D., Cottrell, P. E. (1999.), *Simplified program evaluation and review technique (PERT)*, *Journal of Construction Engineering & Management*, Vol. 125, No. 1, str. 17.-18.
12. Varga, M. (1986.), *Proračun vremena mrežnog plana pomoću računala*, *Journal of Information and Organizational Sciences*, str. 160
13. Vuletić, G. (2010.), *Specifičnosti upravljanja projektima u građevinarstvu*, *Montenegrin Journal of Economics*, Vol. 6, No. 12, Podgorica, str. 169.
14. Bastijanić, M., Mataija, M., Rakamarić Šegić, M. (2013.), *Matematičke metode u funkciji analize i ocjene poslovanja poduzeća Kava Santos d.o.o.*, *Zbornik Veleučilišta u Rijeci*, str. 218.
15. Bastijanić, M., Mataija, M., Rakamarić Šegić, M. (2013.), *Matematičke metode u funkciji analize i ocjene poslovanja poduzeća Kava Santos d.o.o.*, *Zbornik Veleučilišta u Rijeci*, str. 217.

16. Brandenberger J., Konrad R. (1970.) *Tehnike mrežnog planiranja*, str.85.
17. Ross, W. R. (1966.), *Pert/Cost Resource Allocation Procedure*, *Accounting Review*, Vol. 41, No. 3, str. 465.
18. Štambuk, Lj. (2005.) *Matematika sa statistikom*, Veleučilište u Rijeci, str.32
19. Štambuk, Lj. (2005.) *Matematika sa statistikom*, Veleučilište u Rijeci, str.35
20. <http://www.sfsb.unios.hr/~gmatic/mrezni%20uvod%202006.pdf>, pristupljeno 15.02.2018.

## POPIS TABLICA, SLIKA I GRAFIKONA

Tablica 1. Kratak prikaz povijesnog razvoja područja upravljanja projektima .....	4
Tablica 2. Tri faze životnog ciklusa projekta .....	7
Tablica 3. Model razina projektne složenosti .....	10
Tablica 4. Podjela mrežnih dijagrama .....	22
Tablica 5. Aktivnosti i njihove zavisnosti .....	35
Tablica 6. Tablica ukupne, slobodne i nezavisne vremenske rezerve .....	37
Tablica 7. Prikaz aktivnosti, njihovo trajanje zavisnosti i troškovi .....	41
Slika 1. Okolina projekta .....	9
Slika 2. Definicija projektne kompleksnosti .....	11
Slika 3. Odnos kompleksnosti i veličine projekta .....	12
Slika 4. Projekt kao dio funkcijske organizacijske strukture .....	16
Slika 5. Projekt i matrična organizacijska struktura .....	18
Slika 6. Različiti oblici mreža .....	19
Slika 7. MKP donošenje kompromisne odluke između vremena i troškova .....	24
Slika 8. DPM mrežni dijagram .....	25
Slika 9. Beta raspodjela s tri vremenske procjene trajanja aktivnosti .....	29
Slika 10. Graf analize troškova .....	33
Slika 11. Mrežni dijagram .....	34
Grafikon 1. Prikaz aktivnosti po trajanju (mrežni dijagram) .....	36
Grafikon 2. Određivanje i prikaz kritičnog puta 1. ....	36
Grafikon 3. Određivanje i prikaz kritičnog puta 2. ....	37
Grafikon 4. Prikaz optimističnog, normalnog i pesimističnog trajanja aktivnosti .....	38
Grafikon 5. Mrežni dijagram .....	40
Grafikon 6. Mrežni dijagram (prikaz aktivnosti po troškovima). ....	42
Grafikon 7. Određivanje kritičnog puta pomoću mrežnog dijagrama .....	42



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj završni rad  
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na  
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.  
Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz  
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.  
Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj  
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.  
Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog rada  
pod naslovom **Planiranje projektnih aktivnosti primjenom PERT metode**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom  
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 9.5.2018

Student/ica:  
Milaković  
(potpis)