

MREŽNO PLANIRANJE

◆ *Slobodan Jovović*

Osnovni pojmovi

◆ **Investicioni projekat**

Investicioni projekat je skup zadataka koje treba realizovati u određenom vremenskom periodu da bi se ostvarili postavljeni ciljevi.

Pretpostavke projekta su :

- jasno definisan cilj
- trajanje sa jasno definisanim početkom i krajem
- definisan obim radova koji se dele na različite kategorije zadataka
- ograničen budžet
- za realizaciju zahteva korišćenje određenih resursa
- zahteva primenu organizacije za ostvarenje cilja

◆ **Aktivnost**

Zadatak koji ima svoje trajanje, resurse (sredstva za izvršenje) i cenu. Sa susednim zadacima povezan je odgovarajućim vezama (da se obave pre, posle ili istovremeno s njim) Ako aktivnost sadrži više podaktivnosti naziva se **Makro aktivnost**.

◆ **Resurs**

Sredstvo za obavljanje aktivnosti. Podrazumeva se da su to : materijal (oprema), radna snaga i mehanizacija (alat). Resursima se pridružuje količina, učinak (za svaki zadatak posebno) i cena.

◆ **(CPM) Metoda kritičnog puta**

Kritični put čine aktivnosti koje (na osnovu proračuna mrežnog plana) nemaju nikakvu vremensku rezervu tj. čije kašnjenje prouzrokuje kašnjenje čitavog projekta. U svakom mrežnom planu mora postojati bar jedan kritični put.

◆ **Vremenske rezerve (zazori)**

Vreme za koje se može produžiti trajanje aktivnosti a da ne dođe do kašnjenja celog projekta. Postoji slobodna vremenska rezerva za jednu aktivnost i ukupna vremenska rezerva za grupu aktivnosti.

◆ **Plan ključnih datuma i događaja (Milestone shedule)**

Kontrolne tačke u projektu. Vremenski određuju pojedine faze u projektu.

◆ **Cash flow control (kontrola protoka novca)**

Prikaz priliva finansijskih sredstava i troškova u projektu.

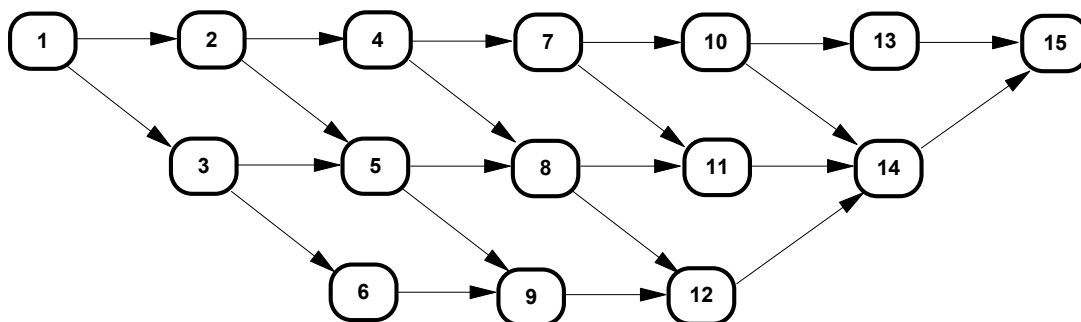
◆ **Histogram**

Dijagram korišćenja resursa

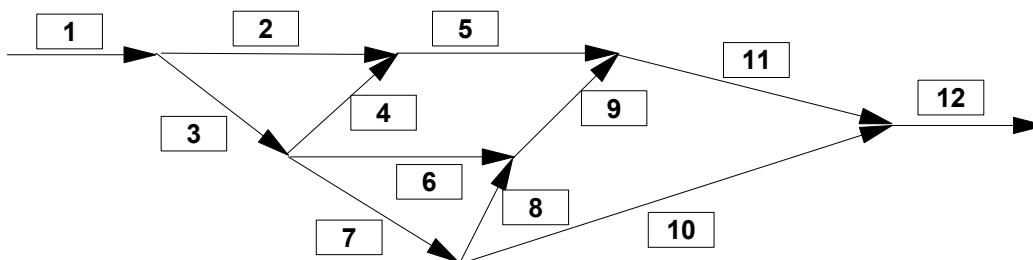
TEHNIKA MREŽNOG PLANIRANJA

Razvijena 1957. za potrebe NASA nazvana CPM (Critical Path Method) Metoda kritičnog puta predstavlja determinističko planiranje. (primenjena na projekat "Polaris" 1958. i skratila realizaciju za 2 godine)

- **Precedence metoda** aktivnosti se predstavljaju krugovima ili pravougaonicima a veze strelicama



Arrow dijagram - "i-j" mreža aktivnosti se predstavljaju orjentisanim dužima (strelicama) a događaji (početak, kraj...) tačkama. Manje se koristi jer nije pogodna za rad na računarima.



Probabilističko planiranje PERT metoda

Američka vojska razvila je varijantu probabilističkog planiranja PERT (Project Evaluation and Review Technique), Tehnika procene i ispitivanja projekta

- (a) - optimističko vreme izvršenja
- (b) - pesimističko vreme izvršenja
- (m) - najverovatnije vreme izvršenja

$$\text{očekivano vreme izvršenja } t_c = \frac{a + 4m + b}{6}$$

$$\text{varijansa } \sigma^2 = \left[\frac{1}{6}(b - a) \right]^2$$

Danas postoji više od 30 sličnih metoda i sve su prilagođene za rad na računaru.

◆ PODELA PLANOVA

Statički planovi

Planiranje količina resursa potrebnih za izvođenje investicionog projekta nezavisno od vremena. To je prva faza u izradi planova. Bilans potrebnih resursa (radne snage po vrstama i kvalifikaciji, materijala po vrstama i specifikaciji, mehanizacije po vrstama i po veličini, energije po vrstama i količini, kao i finansijskih sredstava i kredita).

RESURSI	Glavni materijali							Mašine					Radna snaga				
	Amatura	Beton	Malter	Keramika	Građevinska stolarija	Toranjski kran	Kamion	Mikser	Bager	Amirači	Betonirci	Monteri	Stolari	Tesari	Zidari	Pomoćni radnici	
1	Pripremni radovi																
2	Formiranje gradilišta																
3	Rasčišćavanje zemljišta																
4	Nabavka i transport armature i oplata																
5	Nabavka i transport fasadnih elemenata																
6	Grubi građevinski radovi																
7	Iskop zemlje																
8	Betoniranje temelja																
9	Postavljanje kanalizacije																
10	Betoniranje ploče prizemlja																
11	Betoniranje stubova I etaže																
12	Betoniranje I ploče																
13	Betoniranje stubova za II etaže																
14	Betoniranje II ploče																
15	Izrada pregradnih zidova prizemlja																
16	Montaža fasadnih elemenata prizemlja																
17	Izrada pregradnih zidova I etaže																
18	Betoniranje betonske konstrukcije potkrovlja																
19	Izrada pregradnih zidova potkrovlja																
20	Montaža fasadnih elemenata na II nivou i potkrovlju																
21	Izrada krovne konstrukcije i pokrivanje krova																
22	Instalaterski i zanatski radovi																
23	Malterisanje unutrašnjih zidova																
24	Postavljanje instalacije vodovoda i kanalizacije																
25	Postavljanje elektro instalacije																
26	Montaža instalacija grejanja																
27	Bravarski radovi																
28	Stolarski radovi																
29	Finalna obrada zidova i podova																
30	Mblersko farbarski radovi																
31	Završni radovi																
32	Očišćenje objekta																
33	Tehnički prijem																

Dinamički planovi

Određivanje trajanja svake definisane aktivnosti i njihove međusobne veze (tj definisati šta sve treba uraditi da bi startovala posmatrana aktivnost). Početi od okvirnih dinamičkih planova koji obuhvataju izvršenje celog objekta, a zatim ih razbiti na operativne dinamičke planove za potrebe neposrednog izvođenja radova.

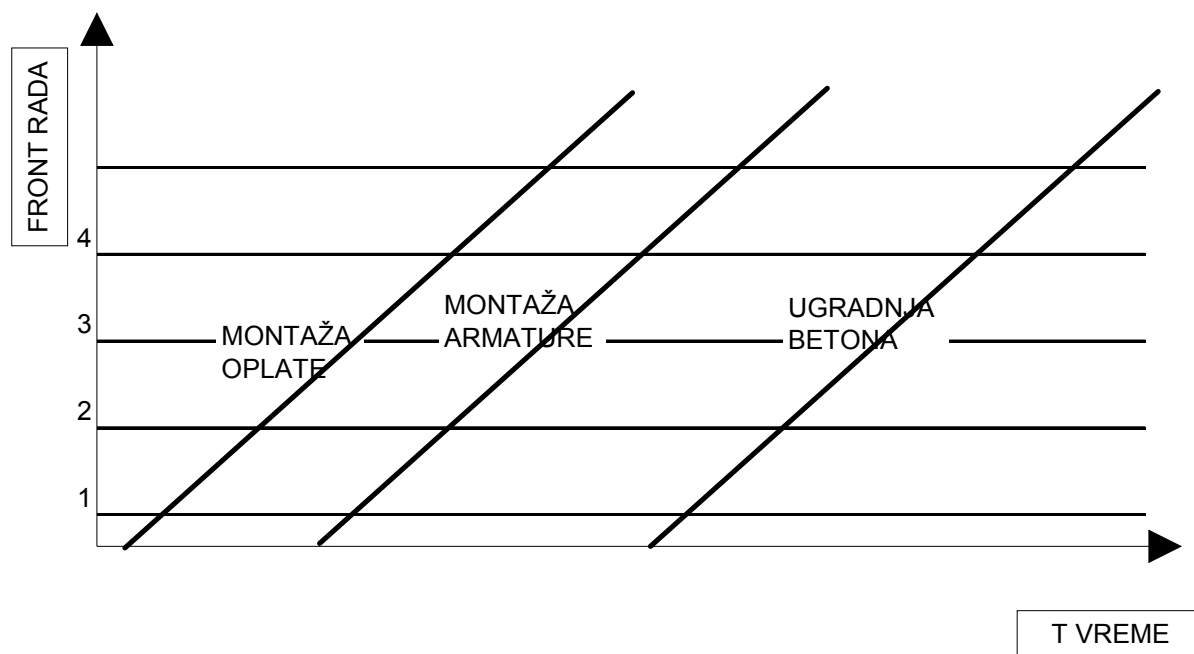
Numerički planovi

Rade se u tabelarnom obliku i to po **količinama po jedinici mere** za glavne resurse, **finansijskim ulaganjima ili procentima** u odnosu na pojedine resurse (glavne materijale radnu snagu i mehanizaciju) i finansijska sredstva.

AKTIVNOSTI	JEDINICA MERE	KOLIČINA	I KVARTAL				II KVARTAL			
			I	II	III	KUMULATIVNO	IV	V	VI	KUMULATIVNO
1 Pripremni radovi										
2 Formiranje gradilišta										
3 Raščišćavanje zemljišta										
4 Nabavka i transport armature i oplate										
5 Nabavka i transport fasadnih elemenata										
6 Grubi građevinski radovi										
7 Iskop zemlje										
8 Betoniranje temelja										
9 Postavljanje kanalizacije										
10 Betoniranje ploče prizemlja										
11 Betoniranje stubova I etaže										
12 Betoniranje I ploče										
13 Betoniranje stubova za II etaže										
14 Betoniranje II ploče										
15 Izrada pregradnih zidova prizemlja										
16 Montaža fasadnih elemenata prizemlja										
17 Izrada pregradnih zidova I etaže										
18 Betoniranje betonske konstrukcije potkrovlja										
19 Izrada pregradnih zidova potkrovlja										
20 Montaža fasadnih elemenata na II nivou i potkrovlju										
21 Izrada krovne konstrukcije i pokrivanje krova										
22 Instalaterski i zanatski radovi										
23 Malterisanje unutrašnjih zidova										
24 Postavljanje instalacije vodovoda i kanalizacije										
25 Postavljanje elektro instalacije										
26 Montaža instalacija grejanja										
27 Bravarski radovi										
28 Stolarski radovi										
29 Finalna obrada zidova i podova										
30 Molersko farbarski radovi										
31 Završni radovi										
32 Čišćenje objekta										
33 Tehnički prijem										

Daju dobru predstavu o planiranim i ostvarenim količinama ali ne daju uvid u tačan početak i završetak radova i ne daju uvid u intenzitet odvijanja radova.

Ortogonalni grafički planovi (ciklogrami) apscisa predstavlja vreme a ordinata front rada (stacionažu, sprat...). Pogodni su za linijske objekte i visokogradnju sa taktним sistemom rada gde ima mnogo aktivnosti koje se ciklično ponavljaju.



◆ TEHNIKA MREŽNOG PLANIRANJA PRIMENOM RAČUNARA

Izradom planova uz primenu računara gubi se smisao ove podele jer se u računar unose uglavnom numerički podaci a prikaz može biti, po izboru tabelarni (numerički) ili gantogramski (grafički).

Prednosti mrežnog planiranja :

- grafički prikaz tehnološkog procesa putem mreže daje dobru preglednost tehnologije izvođenja radova
- vrši se označavanje kritičnih aktivnosti od kojih zavisi rok celog projekta
- omogućeno je utvrđivanje optimalnog redosleda radova raspodele resursa
- omogućena je optimizacija prema roku ili troškovima tj. nalaženje optimalnog roka uz najniže troškove ili najkraćeg mogućeg roka uz porast troškova.

Osnovni principi planiranja

◆ **Odrediti racionalan i potreban nivo planiranja i praćenja pojedinih faza projekta**

Za radove koje izvodi vaša firma ima smisla pratiti detaljno sve radove i sve resurse, a za podizvođače treba odrediti ključne tačke po vremenu, utrošku sredstava i globalno pratiti glavne aktivnosti i resurse (ukupan broj radnika na gradilištu, ključne mašine i glavne materijale i opremu).

◆ **Pri razradi tehnologije treba težiti ka što većoj paralelizaciji radova**

Paralelizacijom radova se ostvaruju najveće uštede u vremenu ali se moraju uzeti u obzir ograničenja koja proizilaze iz :

- ograničenog fronta rada,
- ograničene raspoloživosti resursa (mašina i radne snage),
- povećanja troškova usled angažovanja dodatnih resursa,
- uticaja paralelizacije radova na kvalitet i osetljivost na nepovoljne spoljne uticaje.

◆ **Princip postupnog uključivanja i isključivanja resursa**

Istovremeni dolazak velikog broja radnika na gradilište izazvao bi probleme u :

- transportu
- smeštaju i ishrani
- raspodeli radnih zadataka
- formiranju i uhodavanju radnih brigada

Slično se dešava i pri istovremenom odlasku velikog broja radnika sa gradilišta.

◆ **Korišćenje svih važnijih resursa treba da bude kontinualno**

Ključne mašine na gradilištu zahtevaju izvesno vreme i sredstva za puštanje u rad i prestanak rada pa uvek (kada je to moguće) treba obezbediti neprekidan rad bez naglih padova i skokova.

◆ **Plan mora da bude realan**

Plan možemo napraviti onoliko realno koliko su tačne informacije sa kojima raspolažemo (treba razlikovati nivo planiranja za izradu ponude, ugovaranje i realizaciju radova).

U našim uslovima uobičajeno je da se plan pravi u uslovima već potpisanog ugovora tj. već poznatih graničnih uslova :

- obuhvat radova (zadatak)
- rok završetka investicionog projekta
- ukupan budžet (ugovorena sredstva)
- širi izbor mehanizacije, i radne snage

Pri izradi plana moramo respektovati vrednosti dobijene proračunom i variranjem tehnologije (strukture mrežnog plana) i resursa obezbediti poštovanje zadatih graničnih uslova.

Osnovne faze u izradi planova

- ◆ **Detaljno upoznavanje zadatka**
- ◆ **Definisanje tehnologije izvođenja radova**
- ◆ **Izdvajanje pojedinačnih aktivnosti**
- ◆ **Utvrđivanje logičnog rasporeda (veza) aktivnosti**
- ◆ **Određivanje radnog vremena i kalendara**
- ◆ **Specifikacija potreba u resursima**
- ◆ **Proračun vremena trajanja aktivnosti**
- ◆ **Termin plan celog projekta**
- ◆ **Optimizacija plana**
- ◆ **Uspostavljanje mehanizama kontrole izvršenja plana**

◆ Detaljno upoznavanje zadatka

- investiciono-tehnička dokumentacija

- arhitektonsko građevinski projekti
- projekti instalacija
- projekti opreme
- predlog tehnologije i organizacije građenja u svim fazama radova.

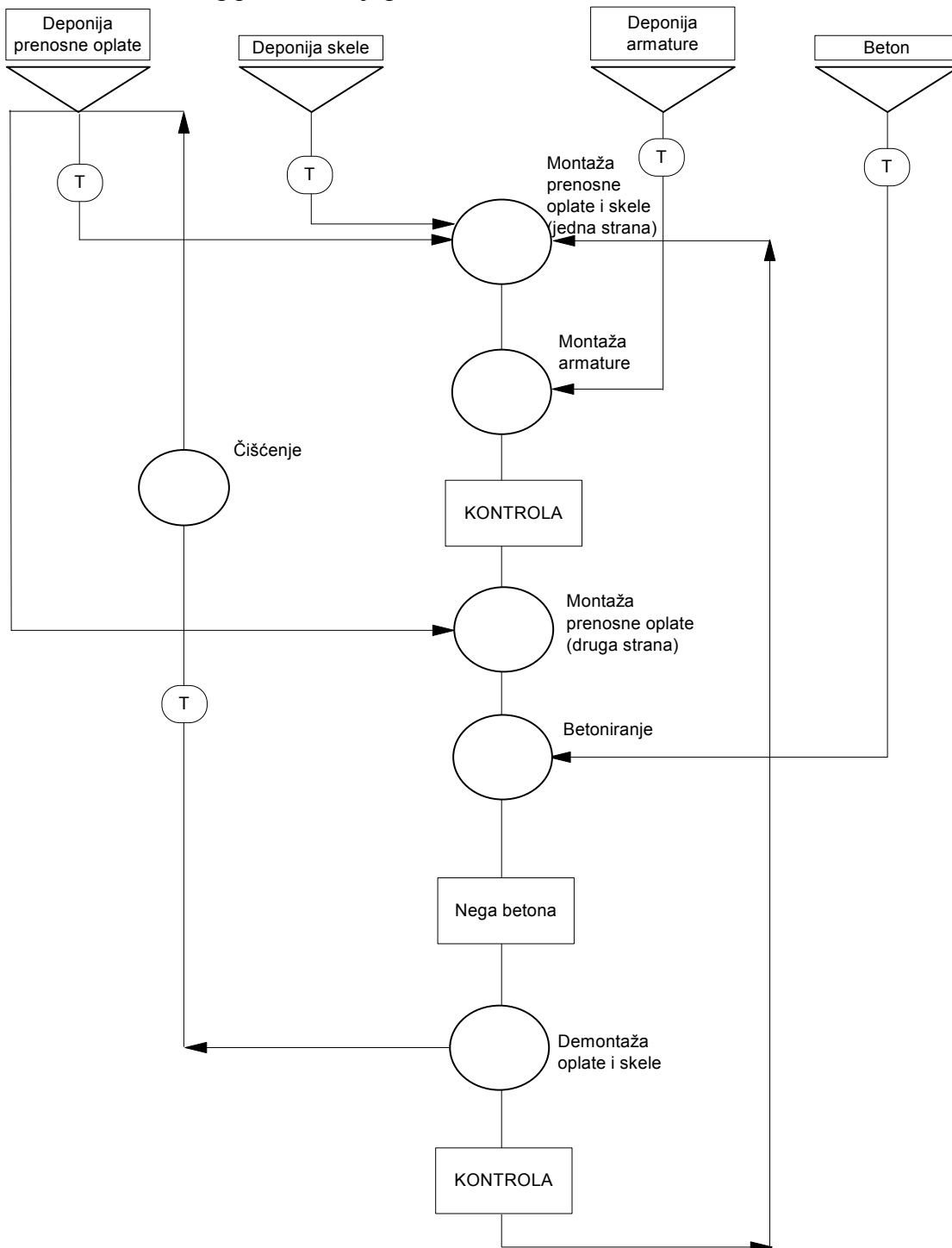
- uslovi u kojima će se raditi,

- **klimatsko-meteorološki** (periodi niskih i visokih temperatura, jakog vetra, obilnih padavina)
- **geološko geomehanički** (nivo podzemnih voda, vrsta i kategorija tla, slojevitost)
- **topografski** (raspored i stanje saobraćajnica, udaljenost naselja, izvorišta materijala, deponija)
- **hidrološki** (raspored rečnih tokova, uticaj padavina na nivoe podzemnih voda i rečnih tokova, mogućnost korišćenja vode za snabdevanje gradilišta)
- **uslovi za snabdevanje gradilišta** (smeštaj, ishrana i transport radnika snabdevanje energijom, vodom, materijalima, ptt veze...)
- **administrativni propisi zemlje u kojoj se radi** (carinski, urbanistički, zaštita na radu, ekološki,...)

Planom treba obuhvatiti i sve pripremne, prethodne i završne radove (bez obzira da li se izvode na gradilištu ili van njega) bez kojih se ne mogu izvesti radovi na gradilištu i predati objekat investitoru.

◆ Definisane tehnologije izvođenja radova

Metode koje se koriste za analizu i prikaz tehnološkog procesa su :
 - karta tehnološkog procesa i dijagram toka



Karta tehnološkog procesa treba da olakša izdvajanje pojedinih aktivnosti, njihovih trajanja, tipove veza i potrebnih resursa tj. da odgovori na sledeća pitanja :

- gde se proces odvija
- kako (kojim redom, veze između aktivnosti)

- čime (kojim resursima)
- koliko traje svaka pojedina faza i ceo proces
- koliko košta svaka pojedina faza i ceo proces

◆ **WBS (Work Breakdown, Structure)** Određivanje stabla aktivnosti - strukture projekta po nivoima

Izdvajanje globalnih aktivnosti

U zavisnosti od konkretnog projekta izdvajaju se faze ili vrste radova
Pripremni, zemljani, betonski, instalacija opreme, zanatski, završni radovi, ...

Izdvajanje pojedinačnih aktivnosti

Razdvajanje pojedinačnih aktivnosti se može odvijati u više nivoa i za različite faze projekta može imati različit nivo detaljnosti. Kriterijum za nivo detaljnosti razrade treba da bude raspoloživost podataka i sadržaj izveštaja koji se želi dobiti. Uz svaku aktivnost treba utvrditi ograničenja koja se na nju odnose (klimatski uslovi, front rada, važni datumi, ...) i nivo prioriteta izvršenja aktivnosti. Postaviti reperne tačke (MILESTONE) radi lakše kontrole vremena odvijanja projekta.

Uslovi koji se odnose na početak i kraj

1. As Late as possible
2. As Soon as possible
3. Finish No Earlier Than
4. Finish No Later Than
5. Must Finish On
6. Must Start On
7. Start No Earlier Than
8. Start No Later Than

Stepeni prioriteta aktivnosti :

1. Do Not Level
2. Highest
3. Veri High
4. Higher
5. High
6. Medium
7. Low
8. Lower
9. Very Low
- 10.Lowest

Svakoj aktivnosti treba dodati i tekstualan opis da bi se bliže opisala.

◆ **Posebni tipovi aktivnosti**

Ciklične aktivnosti

Aktivnosti koje se ponavljaju u određenim vremenskim intervalima (redovna mesečna snabdevanja gradilišta, obnove dozvola,...) Posebno se definišu pa sistem sam vodi računa o njihovom ponavljanju.

Aktivnosti sa fiksnim vrednostima

Fiksirano vreme trajanja (nezavisno od resursa)
Fiksna cena

◆ Kodiranje aktivnosti

Aktivnosti treba kodirati po svim kriterijumima po kojima se kasnije žele dobiti izveštaji :

- po vrstama radova (pripremni, zemljani, betonski, monterski, transport,...)
- po mestu gde se aktivnost odvija (na gradilištu, spoljašnji transport, proizvodnja elemenata van gradilišta, nabavka materijala i opreme, ...)
- po frontovima rada
- po podizvođačima
- po vrsti troškova (plaćanje u dolarima, dinarima, rubljama,...)

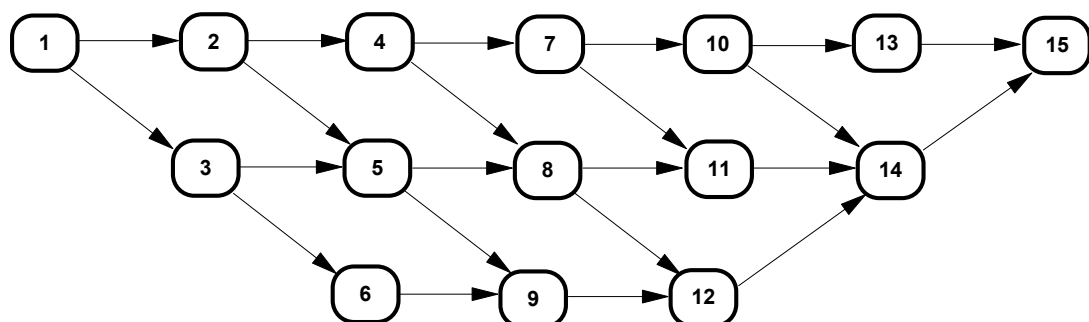
◆ Formiranje mrežnog plana

Na osnovu dijagrama toka tehnološkog procesa treba utvrditi logičan raspored (veze) aktivnosti:

- odrediti koje aktivnosti se moraju prethodno završiti da bi otpočela posmatrana aktivnost
- odrediti koje aktivnosti mogu da se odvijaju uporedo sa posmatranom aktivnosti
- odrediti koje aktivnosti mogu otpočeti neposredno posle posmatrane aktivnosti
- da li se neka aktivnost može podeliti na više pojedinačnih aktivnosti radi paralelizacije

Tabela za unos mrežnog plana :

ID	Naziv aktivnosti	Trajanje	Prethodne
1	Aktivnost 1	5	
2	Aktivnost 2	2	1
3	Aktivnost 3	3	1
4	Aktivnost 4	5	2
5	Aktivnost 5	8	2;3
6	Aktivnost 6	4	3
7	Aktivnost 7	1	4
8	Aktivnost 8	9	4;5
9	Aktivnost 9	6	5;6
10	Aktivnost 10	7	7
11	Aktivnost 11	8	7;8
12	Aktivnost 12	2	8;9
13	Aktivnost 13	6	10
14	Aktivnost 14	4	10;11;12
15	Aktivnost 15	6	13;14



Mora postojati jedna početna i jedna krajnja aktivnost u mrežnom planu.

**Mrežna struktura treba da se postepeno širi i postepeno skuplja.
Sve aktivnosti osim prve moraju imati prethodnu (prethodne) aktivnost.
Sve aktivnosti osim poslednje moraju imati narednu (naredne) aktivnost.**

Tipovi međusobnih veza aktivnosti u mrežnom planu su :

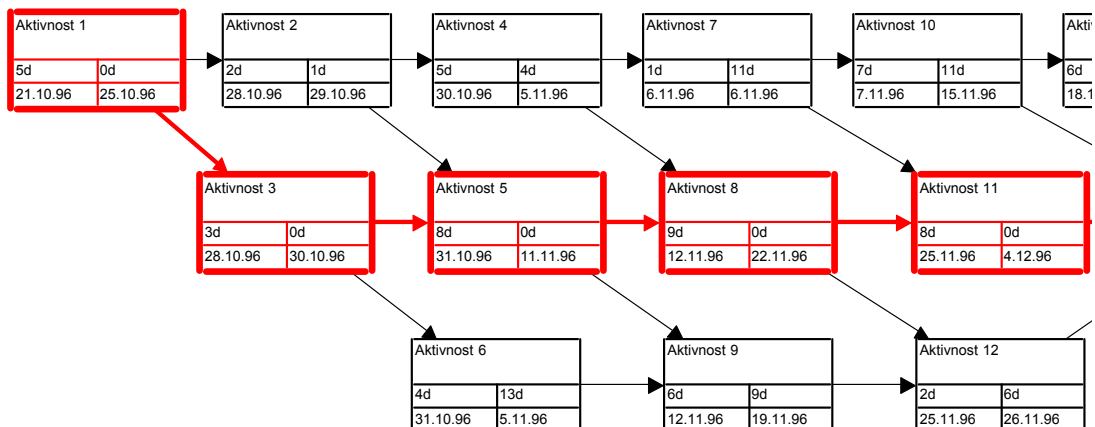
1. Finish-to-Start (FS)
2. Start-to-Start (SS)
3. Finish-to-Finish (FF)
4. Start-to-Finish (SF)

Svaka od ovih tipova veza može imati kašnjenje (Lag) koje može biti izraženo pozitivnim ili negativnim brojem (dana, nedelja, meseci...) ili pozitivnim ili negativnim procentom (% trajanja prethodne aktivnosti). Korišćenje % je za preporuku jer sistem ranije signalizira kašnjenja narednih aktivnosti.

Za izradu mrežnog plana na računaru uobičajeno je da se pravi tabela samo sa prethodnim aktivnostima i tipovima veza a sistem sam određuje ostalo.

U ovoj fazi mogu se pretpostaviti trajanja i cene aktivnosti da bi se proverili globalni rokovi i budžet celog projekta.

Mrežni plan prikaz sa računara :



Do sada su razmatrane aktivnosti kao celine i vremena trajanja i cene svake aktivnosti su ili pretpostavljene ili dobijene iz mrežnih planova podizvođača.

U daljoj analizi za delove investicionog projekta koji će se detaljno pratiti treba dokazati ove pretpostavke proračunom vremena i cena svake aktivnosti posebno određivanjem radnog vremena i kalendara i specifikacijom potreba u resursima

◆ Određivanje radnog vremena i kalendara

Da bi se izvršila detaljna analiza vremena trajanja po aktivnostima i celog projekta, mora se odrediti: radno vreme po danima i nedeljama, broj smena, kalendar neradnih dana u godini, plan godišnjih odmora i smena radnih brigada. Moguće je formirati više kalendara za različite vrste radova ili grupe resursa, već prema osetljivosti na spoljne uticaje, kao i različito radno vreme u zimskom i letnjem periodu. Uzimajući u obzir statističke podatke o klimatskim i meteorološkim uslovima u toku godine na lokaciji gradilišta, moguće je pri samom planiranju izbeći ili umanjiti probleme koji usled njih nastaju.

◆ Specifikacija potreba u resursima

Najpre treba odabrati resurse koje ćemo detaljno pratiti za svaku fazu projekta. Odvojeno ćemo posmatrati resurse po vrstama

1. Materijal i oprema
2. Mehanizacija i alati
3. Radna snaga

Materijal i oprema

Analizu cena osnovnih materijala treba vršiti u zavisnosti od konkretnih uslova za svaki materijal. Pri tome voditi računa o vremenu potrebnom za proizvodnju i transport materijala na gradilište i uvesti obaveznu rezervu već prema važnosti materijala. Za materijale koji se na osnovu sagledane dinamike radova moraju deponovati na gradilištu treba prema dinamici potrošnje proračunati skladišta odgovarajućih dimenzija i karakteristika i uneti ih u šemu uređenja gradilišta.

Cena materijala može pokrivati :

- nabavku, spoljašnji transport, skladištenje, manipulaciju i ugradnju
- franko gradilište (podrazumeva nabavku i transport do gradilišta)

U analizu cena uobičajeno je ići sa cenama franko gradilište
Formirati tabelu glavnih materijala sa cenama franko gradilište :

MATERIJAL I OPREMA

	RESURSI	Jedinica mere	Ukupna količina	Cena po jedinici mere	Ukupna cena	Tehnički opis
1	Armatura	kg	20000	50,00	1.000.000	ČBR φ 14
2	Beton	m3	5000	3.000,00	15.000.000	MB 30 Franko gradilište
3	Fasadni elementi	kom	1000	1.000,00	1.000.000	120 x 120 cm
4	Cevi za kanalizaciju	m	100	300,00	30.000	
5	Cevi za vodovod	m	200	400,00	80.000	
6	Malter	m2	500	100,00	50.000	
8	Keramičke pločice	m2	100	100,00	10.000	
9	Vrata	kom	50	5.000,00	250.000	
10	Prozori	kom	100	4.000,00	400.000	
11	Zid od opeke	m2	150	300,00	45.000	
Ukupna cena materijala					17.865.000	

Mehanizacija i alati :

Proračun potreba u mehanizaciji sprovesti prema ključnim mašinama na gradilištu.

Planirati hladnu rezervu za važnije radove prema mogućnostima zamene ili opravke neispravne mašine.

Na osnovu užeg izbora mašina treba napraviti tabelu sa cenama po jedinici vremena (radni čas ili radni dan). Pri tome treba odvojiti troškove transporta i puštanja u rad mehanizacije (to su jednokratni troškovi koji ne zavise od aktivnosti) od troškova u eksploataciji. Takođe treba odrediti i maksimalan raspoloživi broj mašina kao i vremenska ograničenja raspoloživosti pojedinih mašina.

MEHANIZACIJA

	RESURSI	Fiksni troškovi	Jedinica vremena	Max broj	Cena po jedinici vremena	Tehnički opis
12	Toranjski kran	12.000,00	d	1	35.000,00	
13	Kamion	2.000,00	d	5	15.000,00	
14	Mikser	2.100,00	d	3	18.000,00	
15	Bager	3.000,00	d	3	20.000,00	

Radna snaga

Utvrđivanje broja i sastava radnih brigada

- prema ključnoj mašini (i njenom rukovaocu) ako je mehanizovan rad primaran
- prema frontu rada ako je front rada ograničen ili
- prema optimizaciji trajanja radova i cene kada front rada nije ograničen i
- prema raspoloživoj radnoj snazi.

Radna snaga se može pratiti i pojedinačno (svaki čovek posebno) ali je obično bolje formirati radne brigade specijalizovane za određene vrste poslova. Treba napraviti tabelu sa cenama po jedinici vremena (radni čas ili radni dan) za jednog radnika ili jednu brigadu. Takođe treba odrediti i maksimalan raspoloživi broj ljudi, brigada.

RADNA SNAGA

	RESURSI	Jedinica vremena	Max broj	Cena po jedinici vremena	Napomena
16	Amirači	R/D	12	400,00	
17	Betonirci	R/D	6	400,00	
18	Bravari	R/D	6	400,00	
19	Električari	R/D	6	400,00	
20	Instalateri	R/D	4	400,00	
21	Moleri	R/D	20	350,00	
22	Monteri	R/D	10	400,00	
23	Stolari	R/D	10	400,00	
24	Tesari	R/D	12	350,00	
25	Zidari	R/D	30	420,00	
26	Pomoćni radnici	R/D	50	150,00	

2. za mehanizaciju

- učinke za jednu mašinu za svaku aktivnost posebno.
- za usvojena vremena aktivnosti i učinke mehanizacije (ako je to moguće) sračunati broj (ili % rada) mašine u tabeli. Ista mašina se može pojaviti više puta ako može da se upotrebi za različite radove.
- po cenama svake mašine za svaku aktivnost
- po % u odnosu na ukupnu cenu angažovanja svake mašine
- po % u odnosu na ukupnu cenu projekta.

		Mašine						
AKTIVNOSTI	RESURSI	Materijal	Mehanizacija	Toranjski kran	Kamion	Mikser	Bager	Radna snaga
1	Pripremni radovi							
2	Formiranje gradilišta							
3	Raščišćavanje zemljišta							
4	Nabavka i transport armature i oplata							
5	Nabavka i transport fasadnih elemenata							
6	Grubi građevinski radovi							
7	Iskop zemlje							
8	Betoniranje temelja							
9	Postavljanje kanalizacije							
10	Betoniranje ploče prizemlja							
11	Betoniranje stubova I etaže							
12	Betoniranje I ploče							
13	Betoniranje stubova za II etaže							
14	Betoniranje II ploče							
15	Izrada pregradnih zidova prizemlja							
16	Montaža fasadnih elemenata prizemlja							
17	Izrada pregradnih zidova I etaže							
18	Betoniranje betonske konstrukcije potkrovlja							
19	Izrada pregradnih zidova potkrovlja							
20	Montaža fasadnih elemenata na II nivou i potkrovlju							
21	Izrada krovne konstrukcije i pokrivanje krova							
22	Instalaterski i zanatski radovi							
23	Malterisanje unutrašnjih zidova							
24	Postavljanje instalacije vodovoda i kanalizacije							
25	Postavljanje elektro instalacije							
26	Montaža instalacija grejanja							
27	Bravarski radovi							
28	Stolarski radovi							
29	Finalna obrada zidova i podova							
30	Molersko farbarski radovi							
31	Završni radovi							
32	Čišćenje objekta							
33	Tehnički prijem							

3. za radnu snagu

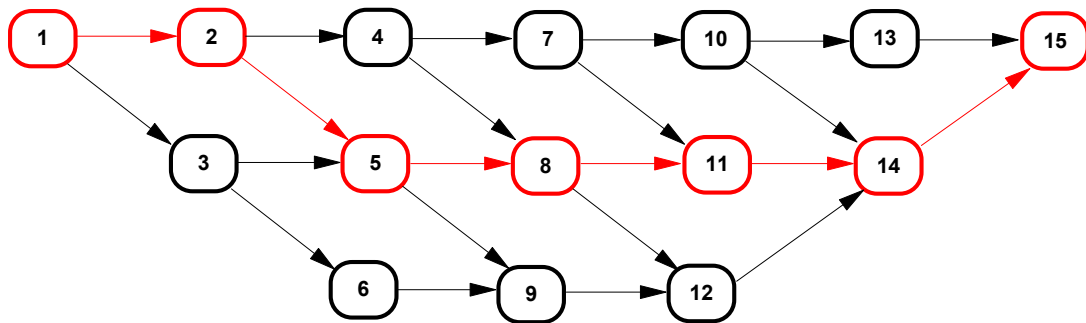
- učinke za jednu brigadu (radnika) za svaku aktivnost posebno.
- za usvojena vremena aktivnosti i učinke radne snage (ako je to moguće) sračunati broj (ili % rada) brigada (radnika) u tabeli.
- po broju ili % učešća za svaku aktivnost (jedna radna brigada ili radnik može da radi istovremeno na više aktivnosti u različitim procentima)
- po cenama svake brigade (radnika) za svaku aktivnost
- po % u odnosu na ukupnu cenu angažovanja brigade (radnika)
- po % u odnosu na ukupnu cenu projekta.

AKTIVNOSTI	RESURSI	Radna snaga														
		Materijal	Mehanizacija	Radna snaga	Armirači	Betonirici	Bravari	Električari	Instalateri	Moleri	Monteri	Stolari	Tesari	Zidari	Pomoćni radnici	
1	Pripremni radovi															
2	Formiranje gradilišta															
3	Raščišćavanje zemljišta															
4	Nabavka i transport armature i oplata															
5	Nabavka i transport fasadnih elemenata															
6	Grubi građevinski radovi															
7	Iskop zemlje															
8	Betoniranje temelja															
9	Postavljanje kanalizacije															
10	Betoniranje ploče prizemlja															
11	Betoniranje stubova I etaže															
12	Betoniranje I ploče															
13	Betoniranje stubova za II etaže															
14	Betoniranje II ploče															
15	Izrada pregradnih zidova prizemlja															
16	Montaža fasadnih elemenata prizemlja															
17	Izrada pregradnih zidova I etaže															
18	Betoniranje betonske konstrukcije potkrovlja															
19	Izrada pregradnih zidova potkrovlja															
20	Montaža fasadnih elemenata na II nivou i potkrovlju															
21	Izrada krovne konstrukcije i pokrivanje krova															
22	Instalaterski i zanatski radovi															
23	Malterisanje unutrašnjih zidova															
24	Postavljanje instalacije vodovoda i kanalizacije															
25	Postavljanje elektro instalacije															
26	Montaža instalacija grejanja															
27	Bravarski radovi															
28	Stolarski radovi															
29	Finalna obrada zidova i podova															
30	Molersko farbarski radovi															
31	Završni radovi															
32	Čišćenje objekta															
33	Tehnički prijem															

◆ Proračun vremena trajanja aktivnosti

Prema obimu radova, učincima i usvojenom broju resursa (radne snage i mehanizacije) proračunava se vreme potrebno za obavljanje svake pojedinačne aktivnosti. Ovako dobijena vremena treba uporediti sa pretpostavljenim vremenima i variranjem broja i vrste resursa uskladiti proračunata i usvojena vremena. Za svaku aktivnost odrediti prirast troškova u odnosu na smanjenje trajanja aktivnosti.

◆ Termin plan celog projekta



- metode proračuna mrežnog plana su : napred-nazad,
pomoću matrice i
pomoću tablice.

Rezultati proračuna su :

- ES (earlier start) najraniji početak
- LS (last start) najkasniji početak
- EF (earlier finish) najraniji završetak
- LF (last finish) najkasniji završetak

Za tip veze **Finish-to-Start** (FS) važe sledeće formule :

$$ES = LEF(PA)$$

$$EF = ES + t_i$$

$$LF = ELS(NA)$$

$$LS = LF - t_i$$

gde je :

LEF(PA) - najkasniji rani završetak prethodne aktivnosti

t_i - trajanje posmatrane aktivnosti

ELS(NA) - najraniji kasni početak naredne aktivnosti

$$\text{Ukupna vremenska rezerva} \quad Tu = LS - ES = LF - EF$$

$$\text{Slobodna vremenska rezerva} \quad Ts = EES(NA) - EF$$

gde je :

EES(NA) - najraniji rani početak naredne aktivnosti

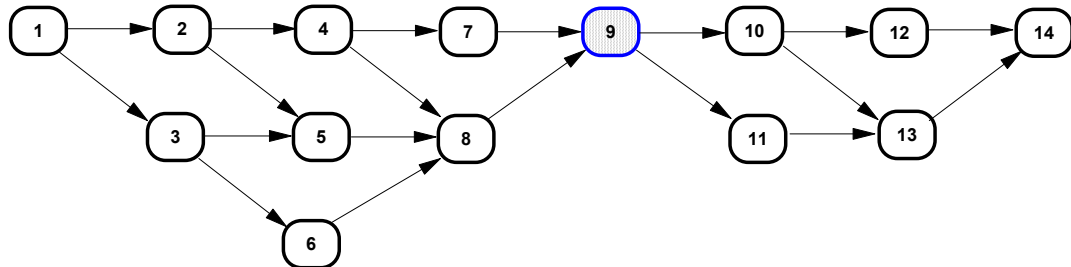
Pri formiranju mreže dolazi do izražaja poznavanje tehnologije izvođenja radova.

Mrežni plan počinje jednom (prvom) aktivnošću i završava se takođe jednom (poslednjom) aktivnošću. Ako ovaj zahtev nije ispunjen po tehnološkom procesu

treba obavezno dodati prvu i poslednju aktivnost ispred i iza stvarnih početnih i krajnjih aktivnosti po tehnološkom procesu.

Kvalitet mrežnog plana ogleda se u što većem broju paralelnih aktivnosti.

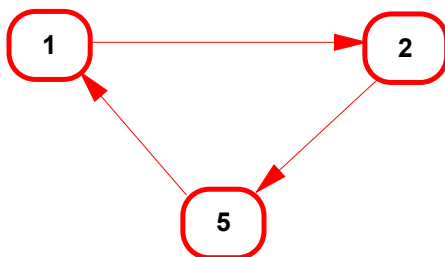
Ako se mreža iz paralelnog toka sužava na jednu aktivnost pa potom opet širi ta aktivnost predstavlja usko grlo i treba, ako je moguće, izbegavati takve situacije ili obezbediti dovoljno resursa da ne dođe do kašnjenja te aktivnosti.



Konflikti u mrežnom planu :

Najčešće greške pri formiranju mrežnog plana koje proračun čine nemogućim su:

Cirkularne veze aktivnosti (nemoguća kombinacija prethodnih i narednih aktivnosti)



Konfliktni uslovi za početak i kraj aktivnosti

As Late as possible
 As Soon as possible
 Finish No Earlier Than
 Finish No Later Than
 Must Finish On
 Must Start On
 Start No Earlier Than
 Start No Later Than

Pri zadavanju uslova treba biti obazriv jer pri proračunu oni imaju prioritet u odnosu na veze među aktivnostima pa se mogu dobiti i negativne vremenske rezerve za pojedine aktivnosti.

Preopterećenja resursa

Ukoliko se jedan resurs koristi (punim kapacitetom) za dve aktivnosti koje se vremenski preklapaju konflikti se rešavaju :

- dozvoljenim preopterećenjem resursa ili
- nivelisanje kašnjenjem aktivnosti (u okviru vremenskih rezervi)

Ovo računar obavlja automatski pod uslovom da je zadat početak projekta a kraj dobijen proračunom (Plan sa otvorenim krajem).

Proračunom NAPRED određujemo ES i EF a proračunom NAZAD određujemo LS i LF.

Kritičan put čine aktivnosti koje imaju $ES = LS$ (i $EF = LF$) tj. nemaju nikakvu vremensku rezervu. Kritične aktivnosti treba da budu glavne (najskuplje) aktivnosti u projektu.

Može postojati više paralelnih kritičnih puteva

I verzija plana je napravljena kada smo definisali mrežni plan poštujući zadate granične uslove :

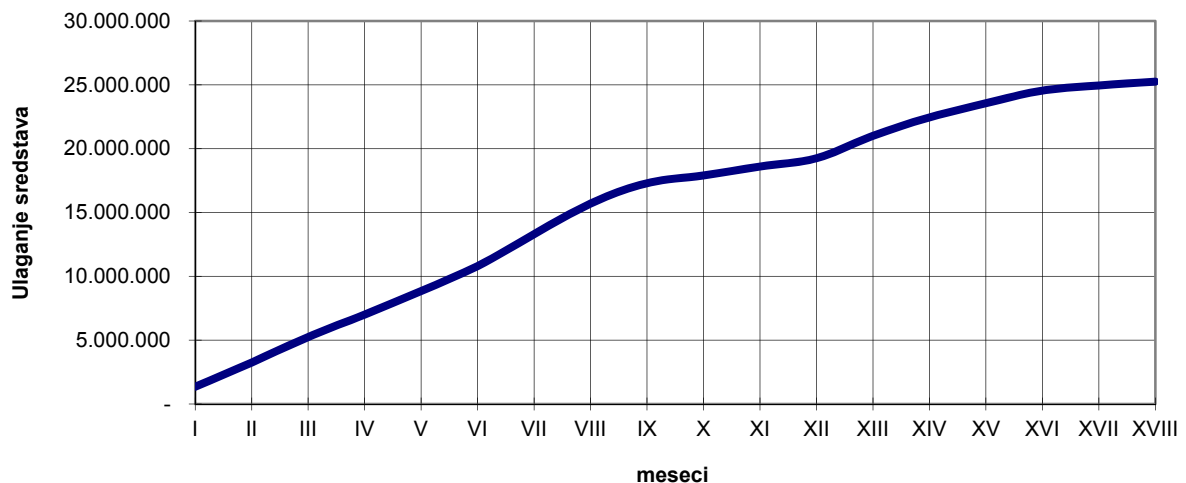
- rok
- budžet
- raspoložive resurse

Rezultati proračuna mrežnog plana su:

- Proračun vremena trajanja svake aktivnosti
- Proračun koštanja svake aktivnosti
- Postavljanje funkcije troškovi-vreme za sve glavne aktivnosti
- Termin plan celog projekta
- Histogrami korišćenja glavnih resursa

- **Cach flow control (kontrola protoka novca)**

S kriva



◆ Optimizacija plana

- po vremenu
- po finansijskim sredstvima
- po korišćenju glavnih resursa

Optimizacija mrežnog plana po vremenu

Optimizacija plana po vremenu se radi kada nismo zadovoljili postavljeni rok ili kada je vremenska rezerva tako mala da ne pruža dovoljnu sigurnost da će se posao završiti u roku.

Najpre treba proveriti zadate tipove veza (tehnologiju) i utvrditi da li je moguća dodatna paralelizacija radova podelom nekih aktivnosti na podaktivnosti ili promenom tipa veze (npr. FS - 20%).

U početnoj varijanti usvojena je (na osnovu iskustva) optimalna: tehnologija, resursi i vremena trajanja aktivnosti

Da bi se utvrdila zavisnost troškova u funkciji vremena troškove treba rasčlaniti na:

- troškove materijala
- bruto iznos plata radnika
- troškove vezane za osnovna sredstva (mehanizacija)
- učešće režiskih troškova
- troškove pripremnih radova
- troškove interkalarnih kamata
- efekte ranijeg završetka objekta (premije) i efekte kašnjenja (penali)

Osnovno pravilo je da mere koje ubrzavaju proces izgradnje povlače što manje dodatnih troškova, treba krenuti ovim redom :

- uvođenje prekovremenog rada
- uvođenje više smena sa istim brojem mašina
- primena visokoproduktivnih materijala i mašina
- primena efikasnijih metoda rada (povećanje fronta rada)
- povećanje broja mašina (najskuplja mera)

Za svaku aktivnost posebno treba naći zavisnost troškova i vremena (priraštaja troškova za jedinicu vremena) i proći više varijanti.

Treba poštovati sledeća pravila :

- prvo skraćivati vremena izolovanih kritičnih aktivnosti (koje ne povlače i skraćivanja vremena ostalih aktivnosti)
- aktivnosti treba birati po što manjem priraštaju troškova za jedinicu skraćivanja vremena.
- skraćivanje odabrane kritične aktivnosti ima smisla vršiti sve dok ne dođe do promene odnosa u mreži i pojave novog kritičnog puta.

Optimizacija finansijskih sredstava

Kada smo zadovoljili rok optimizacija se radi po utrošku finansijskih sredstava. Za aktivnosti koje nisu na kritičnom putu treba na račun produžetka njihovog trajanja smanjiti utrošak sredstava uz zadržavanje dovoljne vremenske rezerve koja nam garantuje sigurnost završetka posla.

Optimizacija potreba u resursima

- izdvojiti najskuplje (kritične) aktivnosti i resurse
- uočiti koji su resursi neiskorišćeni
- izvršiti nivelaciju resursa u okviru vremenskih rezervi

Nanese se prvo resurs za kritične aktivnosti pa za ostale u položaju ES.

U sledećoj iteraciji se aktivnosti koje imaju vremenske rezerve klizaju duž razmaka ES - LS da bi se resurs izglačao ili se menja trajanje aktivnosti promenom angažovanja resursa. Na računaru se ovo obavlja automatski uz zadavanje prioriteta.

Teorija pouzdanosti

- Procene tačnosti podataka
- Procene uticaja tačnosti podataka na ceo projekat
- Uvođenje rezervi
- Rezerve glavnih materijala
- Rezerve mašina i ljudi

Prikazivanje vremenskih rezervi kooperantima

Iz psiholoških razloga nije preporučljivo prikazivanje velikih vremenskih rezervi ni kooperantima ni neposrednim izvršiocima već je uobičajeno da se te rezerve ograniče na 10 do 15 %.

◆ ***Formiranje baznog projekta***

Kada su ispunjeni svi granični uslovi

- rok
- budžet
- raspoloživi resursi i

izvršena optimizacija plana

- po vremenu
- po troškovima
- po važnijim resursima

mrežni plan se proglašava za **bazni**.

◆ ***Definisanje standardnih serija izveštaja***

Rade se svi preliminarni izveštaji i definišu standardne serije za svakog učesnika u projektu :

- Investitor
- direktori
- šefovi gradilišta
- podizvođači
- nabavna služba
- služba transporta
- pomoćne službe (smeštaj i ishrana radnika)

Periodični izveštaji :

- dnevni
- nedeljni
- mesečni
- tromesečni

- Tabelarni pregled i gantogram svih aktivnosti sa vremenima trajanja, datumima ES LS EF LF ukupnim i slobodnim vremenskim rezervama, prethodnim aktivnostima, upotrebljenim resursima i cenom.
- Tabelarni pregled i gantogram kritičnih aktivnosti
- Gantogrami za podizvođače
- Plan nabavke i transporta za sve važnije materijale i opremu
- Plan montaže specifične opreme
- Plan angažovanja (histogrami) radne snage i mehanizacije
- Plan angažovanja finansijskih sredstava (S kriva)

◆ **Uspostavljanje sistema evidencije i kontrole izvršenja radova (povratne informacije sa gradilišta)**

Da plan ne bi ostao beskoristan mora se uspostaviti sistem kontrole izvršenja radova.

Važno je naći pravu meru pri formiranju zahteva jer previše podataka može izazvati kontra efekte, a takođe se mora ustanoviti i kontrola istinitosti i blagovremenosti informacija.

Propisati forme izveštaja za svaku fazu realizacije

- Napredovanje radova (dnevno, nedeljno, mesečno)
- Utrošak sredstava
- Glavni resursi
- Broj ljudi na gradilištu
- Ključne mašine
- Glavni materijali i oprema

Treba propisati formulare koje će odgovorni ljudi sa gradilišta dostavljati koordinacionom timu.

Svaki podizvođač treba da dobija nedeljni i dnevni plan aktivnosti i da popuni u % ili u količinama ostvarene vrednosti dnevno, nedeljno ili mesečno već prema važnosti zadatka.

◆ **Upravljanje Investicionim projektom**

Operiše se sa tri tipa podataka

- Baseline Planirane vrednosti
- Actual Stvarne vrednosti
- Current Tekuće vrednosti

Planirane vrednosti su vrednosti iz baznog plana sa kojima se upoređuje tok izvršenja radova

Stvarne vrednosti se odnose na završene aktivnosti u mrežnom planu.

Tekuće vrednosti se odnose na naredne aktivnosti u mrežnom planu koje tek treba da se izvrše.

◆ Ažuriranje plana

Dinamika ažuriranja zavisi od detaljnosti plana (dnevna, nedeljna, mesečna) i obuhvata osim unošenja podataka o izvršenim radovima :

- Upoređenje sa baznim planom
- Proveru kontrolnih tačaka u projektu
- Intervencije na mrežnom planu
- Alternative pri izvođenju (izmena tehnologije)
- Unošenje sada poznatih podataka za još ne izvršene aktivnosti
- Formiranje novog baznog plana

Formiranje Informacionog sistema kompanije

Uporedo sa realizacijom projekta treba pristupiti formiranju *Informacionog sistema* koji treba da posluži kao osnova za buduće poslove i preraste u **Sistem za podršku odlučivanju**.

Baze podataka treba da obuhvate :

- baza aktivnosti za određene tehnološke procese
- iskustvene norme za specifične poslove
- aktuelne cene (materijala, radova,...)
- baza znanja za sledeće projekte

Literatura:

1. Trbojević B. **Organizacija građevinskih radova** Građevinska knjiga Beograd 1981.
2. Ivković B.
Popović Ž. **Upravljanje projektima u građevinarstvu** Jugoimport - SDPR IP "Nauka" Beograd 1994,
3. Ivković B.
Arizanović D. **Organizacija i tehnologija građevinskih radova sa rešenim problemima** Građevinski fakultet Beograd 1990,
4. Urošević J. **Primavera Upravljanje projektima uz pomoć računara** Univerzitet u Draškić - Ostojić J. Beogradu Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča Beograd 1991.