

# Mrežno planiranje i kritičnosti građevinskih projekata

---

Jagušić, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:342754>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-08**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,  
University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAĐEVINSKI FAKULTET



DIPLOMSKI RAD

**METODE PLANIRANJA I KRITIČNOSTI  
GRAĐEVINSKIH PROJEKATA**

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAĐEVINSKI FAKULTET



DIPLOMSKI RAD

**METODE PLANIRANJA I KRITIČNOSTI  
GRAĐEVINSKIH PROJEKATA**

Autor: Ivan Jagušić

Mentorica: Izv.prof. dr.sc. Maja-Marija Nahod, dipl. ing. građ.

Zagreb, 2023.



## TEMA DIPLOMSKOG RADA

Ime i prezime studenta: **Ivan Jagušić**

JMBAG: **0082057457**

Diplomski rad iz predmeta: **Metode planiranja**

Naslov teme  
diplomskog rada:

HR	<b>Mrežno planiranje i kritičnosti građevinskih projekata</b>
ENG	<b>Network planning and construction project criticalities</b>

Opis teme diplomskog rada:

1. Uvod
2. O mrežnom planiranju u građevinarstvu
3. Kritičnosti u strukturi mrežnog plana
4. Značaj mrežnog planiranja za praksu
5. Prijedlog preslikavanja kritičnosti u gantogram
6. Zaključak
7. Literatura

Datum: **12.04.2023.**

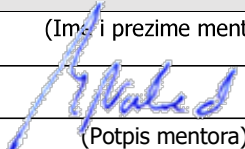
Komentor:

(Ime i prezime komentora)

Mentor:

**Maja-Marija Nahod**

(Ime i prezime mentora)

  
(Potpis mentora)

## SAŽETAK

Građevinski projekti uključuju mnoge sudionike i sektore, a njihova glavna zadaća je isporučiti projekt investitoru unutar zadanih rokova i troškova. Planiranje izvođenja projekta ključno je za uspješnu realizaciju, a mrežno planiranje je jedna od metoda koja se koristi. Mrežno planiranje u građevinarstvu koristi se za vizualizaciju dinamike izvođenja radova na projektu i omogućuje identifikaciju kritičnog puta i kritičnih aktivnosti. Važno je osigurati točne ulazne podatke kako bi rezultati mrežnog planiranja bili precizni. Osim toga, pomaže u boljem upravljanju vremenom, resursima i rizicima. Postizanje ciljeva projekta i identifikacija nedostataka i prednosti su ključni koraci pri izradi mrežnog plana. Razne metode, alati i predlošci koriste se za postizanje ciljeva projekta poput CPM, PERT i PDM metode. Model mrežnog plana obuhvaća odabir metode planiranja, alata za modeliranje, identifikaciju vrste projekta, određivanje radnih dana i praznika, učestalost ažuriranja planova, definiranje prekretnica projekta, upravljanje resursima i mjerenje učinka i napretka projekta.

**Ključne riječi:** građevinarstvo, mrežno planiranje, kritični put, kritične aktivnosti, CPM, PDM

## **ABSTRACT**

Construction projects involve many participants and sectors, with their primary task being to deliver the project to the investor within specified deadlines and budgets. Planning the project execution is crucial for successful implementation, and network planning is one of the methods used. Network planning in construction is used to visualize the dynamics of project work and enables the identification of the critical path and critical activities. It is essential to ensure accurate input data to achieve precise results in network planning. Furthermore, it aids in better time management, resource management, and risk management. Achieving project goals and identifying strengths and weaknesses are key steps in creating a network plan. Various methods, tools, and templates are used to achieve project goals, such as the CPM, PERT, and PDM methods. The network plan model includes selecting the planning method, modelling tools, identifying the project type, determining working days and holidays, updating plan frequency, defining project milestones, managing resources, and measuring project performance and progress.

**Keywords:** Construction, Network planning, Critical path, Critical activities, CPM, PDM

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. O MREŽNOM PLANIRANJU U GRAĐEVINARSTVU .....	2
2.1. Metode mrežnog planiranja.....	2
2.1.1 CPM metoda.....	3
2.1.2. PERT metoda .....	4
2.1.3. PDM metoda .....	4
2.1.4. DPM metoda .....	7
2.2. Ciljevi kod mrežnog planiranja .....	8
2.3. Alati za mrežno planiranje .....	9
3. KRITIČNOSTI U STRUKTURI MREŽNOG PLANA .....	12
3.1. Planiranje projekata.....	12
3.1.1 Čimbenici planiranja .....	12
3.1.2. Neizvjesnost i rizik projekta.....	14
3.2. Definiranje strukture mrežnih planova.....	15
3.2.1. Izrada mrežnih planova i rasporeda .....	15
3.2.2. Definiranje prekretnica projekta.....	16
3.2.3. Definiranje aktivnosti projekta.....	16
3.2.4. Povezivanje aktivnosti.....	18
3.2.5. Definiranje resursa po aktivnostima.....	20
3.2.6. Definiranje trajanja aktivnosti .....	21
3.3. Analiza mrežnih planova.....	23
3.3.1. Kritični put aktivnosti.....	23
3.3.2. Kritične aktivnosti .....	25
3.3.3. Ukupna i slobodna vremenska rezerva.....	27
4. ZNAČAJ MREŽNOG PLANIRANJA ZA PRAKSU .....	28
4.1. Rezultati mrežnog planiranja .....	28

4.2. Mrežno planiranje u hrvatskoj građevinskoj industriji .....	29
5. PRIJEDLOG PRESLIKAVANJA KRITIČNOSTI U GANTOGRAM .....	30
5.1. Tehnički opis projekta .....	30
5.2. Specifičnosti projekta i određivanje kritičnih aktivnosti.....	38
5.3. Praćenje izvedbe projekta i utjecaj aktivnosti na produljenje projekta.....	39
5.4. Prijedlog preslikavanja u gantogram.....	40
6. ZAKLJUČAK .....	42
LITERATURA.....	43



## POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz WBS-a[2] .....	3
Slika 2. Prikaz CPM dijagrama[obrada autora] .....	4
Slika 3. Prikaz PDM čvora[7] .....	5
Slika 4. Proračun PDM metode unaprijed[7] .....	6
Slika 5. Proračun PDM metode unatrag[] .....	6
Slika 6. Proračun vremenskih rezervi[7] .....	6
Slika 7. Prikaz SS veze s odgodom od 5 dana[7] .....	7
Slika 8. Prikaz sučelja Microsoft Project-a (fotografija zaslona računala, obrada autora) .....	10
Slika 9. Sučelje Primavere[11] .....	11
Slika 10. Prikaz mogućnosti Autodesk Construction cloud-a[12] .....	11
Slika 11. Prikaz WBS-a objekta (obrada autora) .....	17
Slika 12. Prikaz WBS-a objekta(obrada autora) .....	18
Slika 13. Prikaz povezivanja aktivnosti PDM metodom (obrada autora) .....	19
Slika 14. Prikaz povezivanja aktivnosti PDM metodom (obrada autora) .....	19
Slika 15. Prikaz određivanja trajanja aktivnosti PDM metodom mrežnog dijagrama (obrada autora).....	24
Slika 16. Prikaz određivanja trajanja aktivnosti PDM metodom mrežnog dijagrama (obrada autora).....	24
Slika 17. Prikaz izgleda gantograma i crvenom bojom označene kritične aktivnosti i kritični put (obrada autora) .....	25
Slika 18. Prikaz izgleda gantograma i crvenom bojom označene kritične aktivnosti i kritični put (obrada autora) .....	25
Slika 19. Prikaz određivanja kritične aktivnosti po trošku (obrada autora) .....	26
Slika 20. Tlocrt podruma – projekt Gradnja i rekonstrukcija Centra za odgoj i obrazovanje „Vinko Bek“[16] .....	31
Slika 21. Tlocrt prizemlja – projekt Gradnja i rekonstrukcija Centra za odgoj i obrazovanje „Vinko Bek“[16] .....	32
Slika 22. Tlocrt 1. kata – projekt Gradnja i rekonstrukcija Centra za odgoj i obrazovanje „Vinko Bek“[16] .....	33
Slika 23. Tlocrt 2. kata – projekt Gradnja i rekonstrukcija Centra za odgoj i obrazovanje „Vinko Bek“[16] .....	34

Slika 24. Tlocrt 3. kata – projekt Gradnja i rekonstrukcija Centra za odgoj i obrazovanje „Vinko Bek“[16] .....	35
Slika 25. Tlocrt krovne etaže – projekt Gradnja i rekonstrukcija Centra za odgoj i obrazovanje „Vinko Bek“[16] .....	36
Slika 26. Poprečni presjek A-A – projekt Gradnja i rekonstrukcija Centra za odgoj i obrazovanje „Vinko Bek“[16] .....	37
Slika 27. Poprečni presjek B-B – projekt Gradnja i rekonstrukcija Centra za odgoj i obrazovanje „Vinko Bek“[15] .....	37
Slika 28. Prikaz gantograma projekta-postavljanje prekretnica(obrađa autora) .....	40
Slika 29. Prekretnice izmještanja i rekonstrukcije vodovoda(obrađa autora) .....	41
Slika 30. Prikaz utjecaja izmještanja vodovoda na postavu fasade(obrađa autora) .....	41

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Definiranje resursa po aktivnostima(obrađa autora) .....	20
Tablica 2. Definiranje resursa po aktivnostima(obrađa autora) .....	21
Tablica 3. Prikaz određivanja trajanja aktivnosti na primjeru objekta visokogradnje (obrađa autora).....	22
Tablica 4. Prikaz određivanja trajanja aktivnosti (obrađa autora) .....	23

## 1. UVOD

U novije vrijeme se sve češće javlja potreba za planiranjem velikih projekata koja omogućuje lakše praćenje i kontrolu projekta. Planiranje omogućuje predviđanje nekih mogućih događaja koje mogu poboljšati, ali i unazaditi projekt. Takve događaje je potrebno predvidjeti na vrijeme kako bi se spriječio njihov negativni utjecaj na projekt. Planiranje daje jasnu sliku opsega projekta te na koji način će se sam projekt izvoditi. Zbog toga se smatra da je planiranje jedan vrlo važan aspekt kod izgradnje objekta. Zbog toga ovaj rad je posvećen razradi metoda planiranja koje se mogu koristiti kod planiranje građevinskih objekata poput CPM (eng. Critical Path Method), PERT( eng. Program Evaluation and Review Technique),PDM(eng. Precedence Diagramming Method) i DPM(eng. Dynamic Planning and Control Method) metoda. Također kod razrade metoda planiranja se pridodaje važnost i ciljevima koje treba postići za kvalitetno postavljanja ulaznih podataka projekta. Svaki projekt je različit što znači i da ulazni parametri nisu jednaki, što naznačuje da svaki projekt ima svoje neizvjesnosti i rizike koje treba predvidjeti i posvetiti im određenu pažnju. Kao rezultat planiranja nastaju mrežni planovi koji vrlo slikovito prikazuju tijek izgradnje nekog projekta. Takvi mrežni planovi zahtijevaju određene ulazne parametre kako bi se mogla odrediti struktura mrežnih planova. Kod definiranje strukture i analize mrežnih planova potrebno je veliku pažnju posvetiti određivanju kritičnih aktivnosti i kritičnog puta projekta. Takvi podaci su vrlo značajni za kvalitetnu izvedbu projekta u zadanom roku. Ovakvo planiranje projekata i izrada mrežnih planova je vrlo značajno za građevinsku industriju, jer daje uvid u investitoru i ostalim sudionicima u gradnji u opseg, trošak i trajanje projekta. U zadnjem poglavlju je opisan jedan projekt iz prakse na kojem su opisane kritične aktivnosti i specifičnosti, te je prikazan njihov utjecaj na tijek izgradnje objekta.

## 2. O MREŽNOM PLANIRANJU U GRAĐEVINARSTVU

Građevinski projekti sami po sebi su vrlo složeni. Sastoje se od niza različitih sektora i sudionika koji sudjeluju u planiranju te i izgradnji samog projekta, poput voditelja projekta, projektanata, nadzornih inženjera, voditelja gradilišta, izvođača, kooperanata i mnogih drugih sudionika. Glavna zadaća svih njih je isporučiti projekt investitoru u zadanom roku i trošku. Da bi se to ostvarilo projekt mora biti pravilno projektiran i izveden, a jedan od glavnih dijelova je i planiranje izvođenja projekta. Kroz povijest građevinske industrije rijetko koji projekt ide potpuno prema planu, jer postoji neizvjesnost u fazi planiranja, gdje treba uvažiti sve sudionike i njihovu dinamiku izvođenja sa krajnjim rokom projekta. Kada dođe do same izgradnje ukoliko projekti nisu pravilno planirani i vođeni može doći do zastoja i kašnjenja projekta, zbog toga svi sudionici moraju biti dobro upućeni u projekt i dinamiku izvođenja projekta kako bi se to izbjeglo. Postoje razne metode planiranja koje pripomažu upravo tome, jedna od njih je i mrežno planiranje.[1]

Mrežno planiranje je slikoviti prikaz dinamika izvođenja radova na građevinskim projektu. Danas postoje različite metode mrežnog planiranja poput:

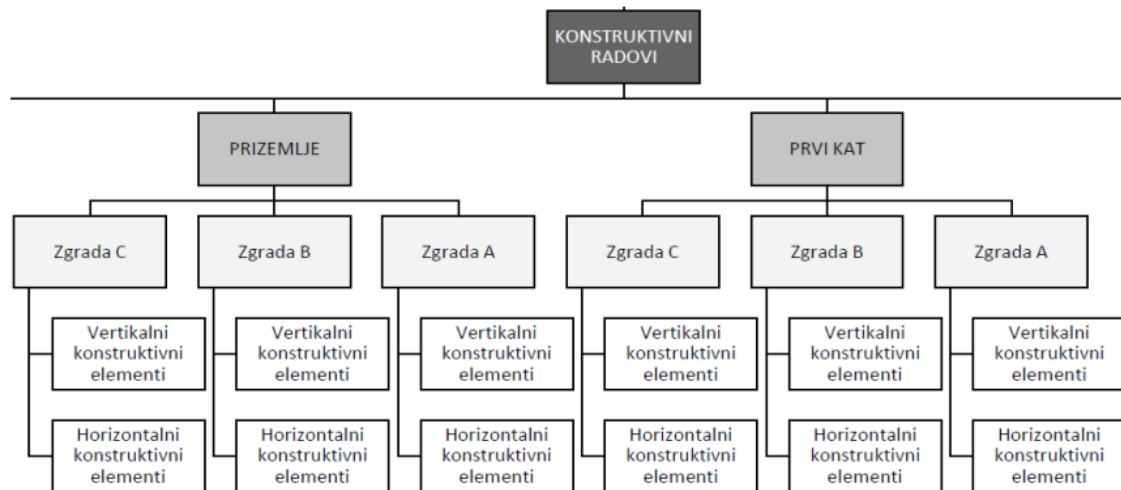
- CPM (eng. Critical Path Method) metode kritičnog puta
- PERT (Program Evaluation and Review Technique) tehnika evaluacije i pregleda projekta
- PDM (Precedence Diagramming Method) metoda prethodne aktivnosti
- DPM (Dynamic Planning and Control Method) metoda dinamičkog rasporeda

Mrežno planiranje u građevinarstvu ima niz prednosti koje doprinose uspješnom izvođenju projekata. Neki od tih su grafički prikaz aktivnosti i njihove međusobne veze to nam omogućuje vizualizaciju projekta, omogućuje identificiranje kritičnog puta u projektu tj. niz aktivnosti koji određuje najduže trajanje projekta, omogućuje bolje upravljanje vremenom u projektu, upravljanje resursima te upravljanje rizicima.[1]

### 2.1. Metode mrežnog planiranja

Mrežno planiranje projekta se može provesti kroz niz metoda poput CPM, PERT, PDM i DPM metoda. Ove metode su jedne od najučestalijih metoda koje se koriste za planiranje u građevinarstvu. Svaka od njih pomaže u planiranju projekata pogotovo onih koji su složeni. Kako bi se uopće započelo mrežno planiranje potrebno je provesti pripremu po kojoj se može prikazati hijerarhiju aktivnosti u projektu. Za to nam služi WBS slika 1.( eng. Work Breakdown

Structure). To je metoda koja definira hijerarhiju aktivnosti, prikazuje opseg projekta, pomaže sudionicima u raspoređi poslova, služi za integraciju i procjenu vremenskog rasporeda i troškova, dodjelu odgovornosti, identifikaciju resursa i određuje redoslijed rada. Služi kao jedna od glavnih komponenata za ulaz u mrežno planiranje projekata.

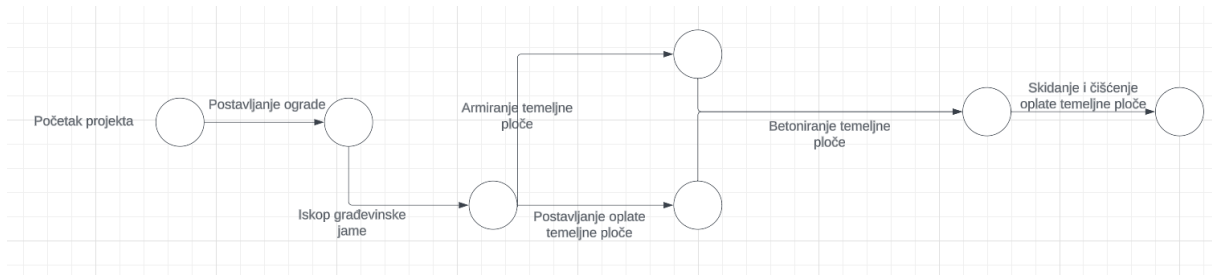


Slika 1. Prikaz WBS-a[2]

### 2.1.1 CPM metoda

CPM metoda je alat za planiranje i upravljanje raznim vrstama projekata koji je razvijen krajem 1950-ih godina, to je prikaz plana projekta pomoću grafičkog dijagrama ili mreže koja prikazuje redoslijed i međusobni odnos svih aktivnosti projekta. Ova metoda je vrlo prikladna za građevinsku industriju zbog toga što nudi koristan i precizan pristup u usporedbi sa ostalim dijagramima. Za ovu metodu je potrebno izraditi popis aktivnosti ili WBS potrebnih za neki projekt, trajanje tih aktivnosti i međusobnu ovisnost tih aktivnosti, kako bi se metodom u cijelosti prikazao projekt. Najvažniji rezultat CPM metode je dobivanje kritičnog puta projekta. Kritičnim putem se određuje slijed aktivnosti, od početka do kraja projekta, čija je vremenska fleksibilnost izvršenja - nula. To znači da bilo kakvo kašnjenje aktivnosti na kritičnom putu će odgoditi kraj projekta za isto vrijeme koliko te aktivnosti kasne. Stoga je važno prepoznati koje aktivnosti se smiju nalaziti na kritičnom putu i detaljno provjeriti svaku aktivnost, pogotovo njezino trajanje, kako se to kasnije ne bi odrazilo na produljenje projekta.[3]

Ova metoda se sastoji od dva elementa, a to su : čvor i strelica koja označava aktivnost[4]



Slika 2. Prikaz CPM dijagrama[obrada autora]

Za analizu vremena je potrebno odrediti trajanja aktivnosti, proračun najranijeg vremena početka aktivnosti (Early Start), najranijeg završetka aktivnosti (Late Start), najkasnijeg početka aktivnosti (Late Start) te najkasnijeg završetka (Late Start). Kada su poznati ti podaci proračunavaju se vremenske rezerve, one mogu biti ukupne (Total float), slobodne (Free float), i određuje se kritični put.[4]

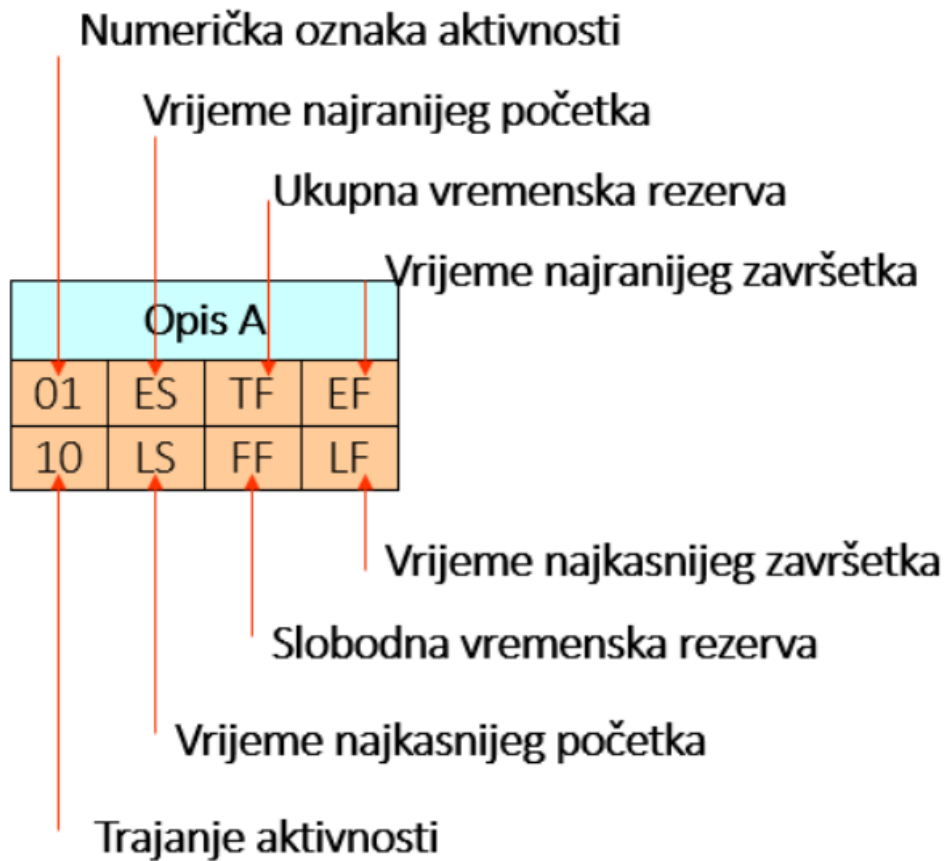
### 2.1.2. PERT metoda

PERT metoda je slična kao i CPM metoda, ali za PERT metoda se koristi za projekte u kojima nije poznato vrijeme potrebno da bi neka aktivnost završila. Više je orijentirana na aktivnosti u projektu nego prema početku i kraju projekta, zato se ona koristi za projekte u kojem je vrijeme ključni faktor, a ne trošak. Najčešće se primjenjuje na velikim, vrlo složenim projektima. Također PERT metoda se oslanja na dijagrame sa strelicama i čvorovima isto kao i CPM metoda.[5]

### 2.1.3. PDM metoda

PDM (eng. Precedence Diagramming Method) je također jedna od tehnika mrežnog planiranja koja ima svoje sličnosti sa CPM i PERT metodom. Glavne karakteristike PDM metode u usporedbi sa PERT i CPM metodom su:

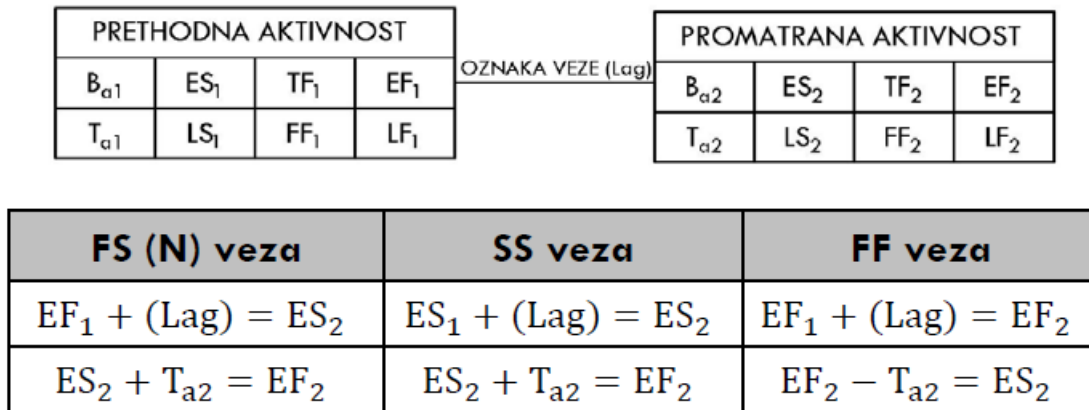
- Prikazivanje projekta je obrnuto, što znači da su aktivnosti prikazane kao čvorovi umjesto strelica, a međusobne veze sa strelicama koje povezuju čvorove
- Također, dodane su još tri vrsta veza, a to su SS (Start-to-start) što označuje da kada prethodna aktivnost započne može započeti i njoj sljedbena, FF (Finish-to-Finish) veza označava da kada prethodna aktivnost završava njoj sljedbena isto treba završiti kada i prethodna, te još SF (Start-to-Finish) ona je obrnuta od normalne veze, povezuje kraj prethodne sa početkom sljedbene aktivnosti u teoriji je moguća, ali se ne koristi često u praksi[6]



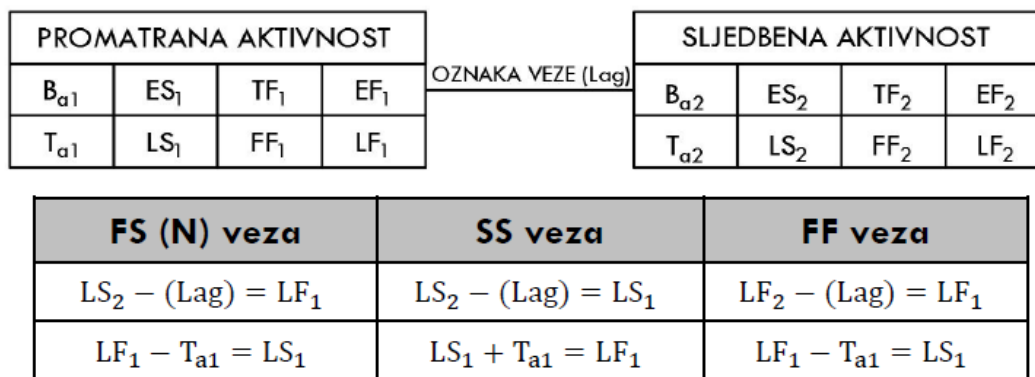
Slika 3. Prikaz PDM čvora[7]

Na slici 3 se može vidjeti čvor neke aktivnosti u projektu, sastoji se od oznake aktivnosti, trajanja aktivnosti, vrijeme najranijeg početka (ES), vrijeme najranijeg završetka (EF), vremena kasnijeg početka (LS), vrijeme kasnijeg završetka (LF), slobodne vremenske rezerve (FF) te ukupne vremenske rezerve (TF). Ono na što treba pripaziti kod PDM metoda je povezivanje aktivnosti vezama i njihovim međuovisnosti u samom izvođenju na što utječe sam planer. Informacije koje nam ovakva metoda može prikazati koliko će neki projekt trajati, koji je kritični put aktivnosti, te koje su vremenske rezerve između aktivnosti. Osobitu pažnju treba posvetiti kritičnom putu aktivnosti jer ukoliko dođe do zakašnjenja aktivnosti na kritičnom putu cijeli projekt će kasniti i probiti rokove, kritični put se može prepoznati po tome što su vremenske rezerve između aktivnosti jedna nuli. Proračun vremena trajanja projekta se izvodi isto kao i CPM metodom proračunom unaprijed gdje se računa raniji početak i kraj i proračunom unatrag gdje se računa kasniji početak i kraj projekta.[7]





Slika 4. Proračun PDM metode unaprijed[7]

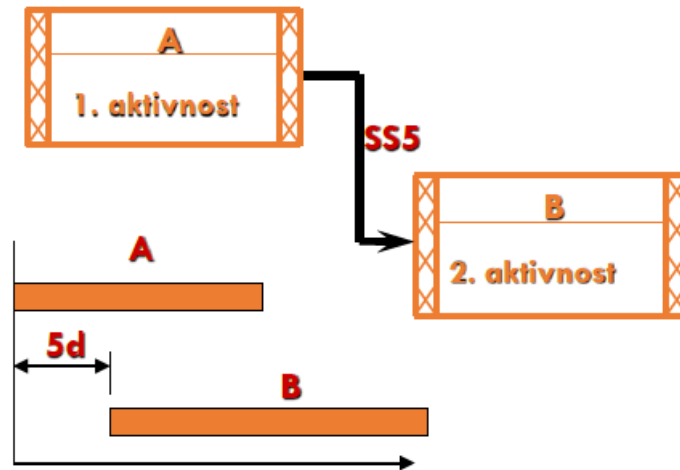


Slika 5. Proračun PDM metode unatrag[]

FS (N), SS, FF veza
$LS - ES = TF$
$LF - EF = TF$

Slika 6. Proračun vremenskih rezervi[7]

PDM metodom se može dodavati i odgoda između aktivnosti naprimjer oznakom SS5 što znači da su aktivnosti povezane Start-to-Start vezom, ali sljedbena aktivnosti će započeti 5 dana nakon što je počela prethodna aktivnost što možemo vidjeti na slici 6. , to vrijedi i za ostale veze i aktivnosti. [7]



Slika 7. Prikaz SS veze s odgodom od 5 dana[7]

Ova metoda mrežnog planiranja je jedna od najučestalijih u građevinarstvu, jer daje grafički prikaz tijeka projekta, kritični put projekta, vremenske rezerve između aktivnosti. Te informacije mogu znatno pomoći kod određivanja resursa, upravljanje rizikom projekta, podjelom troškova u projektu.

#### 2.1.4. DPM metoda

DPM metoda se ne smatra nužno kao metoda za mrežno planiranje nego više za integraciju svih ostalih metoda ili alata strateškog, operativnog te na kraju krajeva i mrežnog planiranja. Cilj DPM metode je integrirati postojeće alate u jedan jedinstveni sustav kako bi se osigurala i njegova primjena na projekte koje su sami po sebi vrlo specifični. Stoga vrlo je važno i zadržati specifičnosti metoda i alata koji se koriste u integraciji kako bi se maksimizirala učinkovitost. Modeliranje po DPM metodi se sastoji od strateške razine, taktičke, operativne razine i razine sučelja.[8]

Ova metoda koristi najviše upravljanje sa strateške razine gdje je strateška razina usko povezana sa taktičkom i operativnom razinom. Pomoću ostalih metoda CPM, PERT i PDM dobivamo potrebne informacije za generiranje plana i gantograma, i to rasporeda aktivnosti na operativnoj razini. Operativni plan pruža pogled na izvedbu projekta, ako je potrebno moguće je simulirati više različitih ishoda projekta ovisno o ulaznim informacijama koje se određuju na strateškoj razini, te automatski se primjenjuje na ostalim razinama. Također ovakva metoda omogućuje simulacije ovisno o trenutnim stanjima na gradilištu, što omogućuje brzo i djelotvorno djelovanje svih razina. Može se reći da ova metoda više slični nekoj „pametnoj“ metodi za planiranje.[8]

## 2.2. Ciljevi kod mrežnog planiranja

Mrežno planiranje nam služi kao alat s kojim bi što kvalitetnije i brže izvodili projekte za koje su namijenjeni. Potrebno je uvažiti sve moguće utjecaje na projekt i oformiti ulazne podatke, ti podaci moraju biti što točniji kao bi i sam rezultat mrežnog planiranja bio točniji. Kako bi pravilno izveli pripremu po kojem bi izvodili mrežno planiranje izvođenja nekog projekta potrebno je postaviti neke ciljeve za taj projekt i točke po kojima ćemo identificirati sve moguće nedostatke i prednosti projekta. Neki od ciljeva i koraka kojima treba posvetiti pažnju su:

- Podjela aktivnosti – podjelu aktivnosti je potrebno provesti po karakteristikama svakog projekta jer ni jedan projekt nije isti. Kod toga nam pomaže sastavljanje WBS-a poput prikazanog na slici 1. Raščlanjivanje projekta na različite aktivnosti najprije ovisi o planeru i vrsti projekta. Može se reći da što se detaljnije raščlani projekt se dobivaju točniji rezultati, no to zahtjeva veliku analizu cijelog projekta koji se promatra. Također, te aktivnosti je potrebno rasporediti logičkim slijedom koji određuje planer, planer se u ovom slučaju može konzultirati sa izvoditeljem te zajedničkim djelovanjem sastaviti optimalan redoslijed aktivnosti će uvažiti sve ostale ciljeve, poput upravljanja resursa, upravljanje vremenom i komunikacijom.
- Upravljanje vremenom – kod upravljanja vremenom koristimo metode navedene u prethodnom poglavlju poput PDM i CPM metode, koje nam daju informacije o trajanju projekta, kritičnom putu. Cilj je smanjiti trajanje projekta i identificirati ispravni redoslijed aktivnosti kako ne bi došlo do zastoja i kašnjenja radova. Ovdje je potrebno točno proračunati trajanje svake aktivnosti, jer ukoliko se zapostavi neki faktor, to se može odraziti na svaku aktivnost. Ukoliko ima puno aktivnosti na kraju se može nakupiti velik broj dana za koji se može projekt produžiti, što na kraju može imati velik negativni utjecaj.
- Upravljanje resursima – kod upravljanja resursa identifikacija aktivnosti i njihov redoslijed moguće je predvidjeti samu potrebu resursa po danima ili fazama projekta. Cilj upravljanja resursima je smanjivanje troškova resursa i osiguravanje optimalne iskoristivosti resursa tokom cijelog projekta. Dodjelom resursa po aktivnostima nam može prikazati njihovu iskorištenost po danima te se može unaprijed planirati je li potrebno povećavati resurse ili smanjivati. U građevinskom sektoru je velika potreba za ljudskim i za materijalnim resursima što dodatno ukazuje kako je potrebno posvetiti pažnju kako bi se pravovremeno moglo utjecati promjene u projektu.

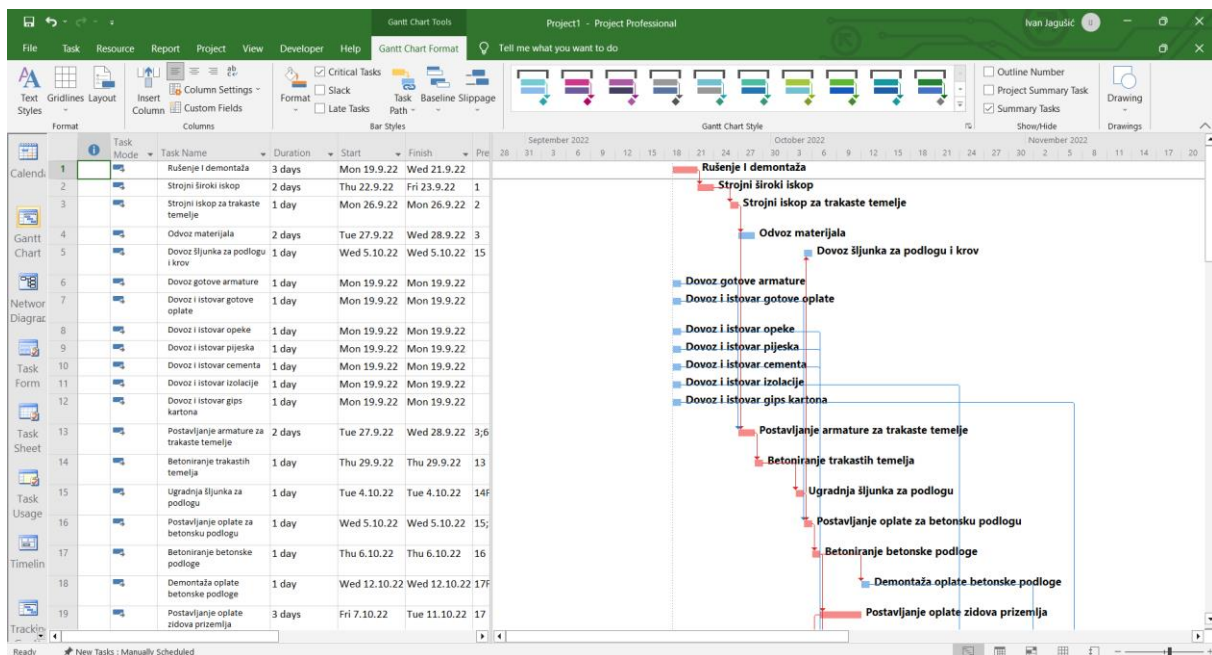
- Određivanje kritičnih aktivnosti – pomoću metoda mrežnog planiranja poput CPM i PDM se identificiraju kritične aktivnosti koje su posebno osjetljive na promjene. Stoga potrebno je pažljivo odrediti resurse i vrijeme trajanja tih aktivnosti jer one direktno utječu na trajanje projekta.
- Procjena rizika – rizik prati projekt kroz cijelo njegovo trajanje. Procjena rizika po svim stavkama projekta i aktivnosti može značajno utjecati u tim naglim promjenama na koje izvoditelj i planer nemaju utjecaja. Cilj je identificirati potencijalne prijetnje koje bi mogle uzrokovati kašnjenje projekta, prekoračenje troškova ili nekih drugih negativnih utjecaja na projekt.
- Praćenje i kontrola – kada se mrežno planiranje napravi u cijelosti prema njemu je moguće i detaljno praćenje i kontrola projekta, može dati usporedbu sa stvarnim rezultatima i planiranim stanjem građenja u datom vremenu. Praćenjem i kontrolom se mogu identificirati i potencijalne akcije kojim bi se ispravile potencijalne nepravilnosti. Dobrim planom takve procedure se mogu značajno ubrzati što direktno utječe i na dinamiku izvođenja.
- Komunikacija – mrežnim planiranjem se točno mogu vidjeti ovisnosti između pojedinih aktivnosti što olakšava komunikaciju između sudionika u gradnji. Nadalje to olakšava komunikaciju i suradnju između različitih radnih grupa, kooperanata voditelja projekata te time i investitora ili njegovog predstavnika. Cilj je da svi sudionici budu upućeni o napretku projekta i njegovim promjenama.[9]

### **2.3. Alati za mrežno planiranje**

Naime, poznato je da je građevina branša koja isključivo ovisi o fizičkom radu ljudi i strojeva. U današnje doba 21. stoljeća povećanim razvojem informatike, programiranja i računalnih programa (softvera), građevinarstvo je našlo mjesto u kojem može prosperirati. Tim razvitkom su se pojavili računalni programi koji pomažu građevinarima u planiranju, kontroli, praćenju tijeka gradnje, toka novca kroz vijek projekta. Građevina je uspjela iskoristiti taj prostor zbog toga što projekti mogu biti itekako opsežni i komplicirani. Takvi softveri nam pomažu u sumiranju svih čimbenika i mogućih utjecaja na tijek gradnje te slikovito i jednostavno prikazati budući tijek, povezanost aktivnosti, križanje radnih skupina i kritičnost aktivnosti. Znači takvi programi nam omogućuju upravljanje vremenom, resursima, troškovima, rizicima i mnogim drugim komponentima projekta.[10]

Neki od poznatih softvera su:

- Microsoft Project – to je softver za koji se dio Microsoft Office-a, on je jedan od najpoznatijih softvera za upravljanje projektima najprije zbog toga što je dio Office paketa i sučelje mu je slično kao i ostalim softverima u istom paketu. Microsoft Project omogućuje pravljenje rasporeda projekta, planove projekta, upravljanje resursima, upravljanje troškovima, također kalendar projekta i mogućnost prikaza gantograma, histograma te kritičnost aktivnosti u projektu. Aktivnosti se mogu povezivati pomoću PDM metode. Najčešće ju koriste tvrtke malih i srednjih veličina.[10]



Slika 8. Prikaz sučelja Microsoft Project-a (fotografija zaslona računala, obrada autora)

- Oracle Primavera – to je softver koji služi za upravljanje projektima, on pomaže pri planiranju, upravljanju i izvođenju projekta. Neke od ključnih značajki softvera su upravljanje resursima, rizicima, troškovima, upravljanje kooperantima na projektu, upravljanje portfeljem. Također kao i u Microsoft Projectu, mogu se prikazati kritični put i pružiti optimalizacija rasporeda projekta. Također može se integrirati sa i drugim poslovnim softverima poput ERP (eng. Enterprise Resource Planning). Ovim softverom se mogu koristiti tvrtke svih veličina - malih i velikih. Ovaj softver ima više mogućnosti nego Microsoft Project, ali je zato i puno skuplji u usporedbi sa Microsoft Project-om.[10]



Slika 9. Sučelje Primavera[11]

- Autodesk Construction Cloud –jedan je od novijih softverskim programa ili bolje rečeno skup Autodesk-ovih programa za upravljanje projekta od projektiranja, početka izgradnje, završetka projekta te korištenja i održavanja objekta. Također unutar tog oblaka se nalaze i programi za samo mrežno planiranje, upravljanje resursima, dokumentima, rizicima, vremenom, troškovima. Veliki plus je što je međupovezan i sa ostalim softverima Autodesk-a poput Revit-a, Autodesk BIM360 i slično. Na slici 10. se može vidjeti sve mogućnost i Autodesk Construction Cloud-a.[12]



	AUTODESK BIM COLLABORATE		AUTODESK QUANTIFY	AUTODESK BUILD				
Capabilities	Design Collaboration	Coordination	Quantification	Project Management	Cost Management	Quality	Safety	Project Closeout
Workflows	<ul style="list-style-type: none"> <li>Constructability Review</li> <li>Change Visualization</li> <li>Revit Collaboration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Model Coordination</li> <li>Constructability Review</li> <li>Quality Planning</li> <li>Issue Management</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Scope Analysis</li> <li>2D/3D Take Off</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>RFIs</li> <li>Submittals</li> <li>Meeting Minutes</li> <li>Daily Reports</li> <li>Progress Tracking</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contract Creation / Administration</li> <li>Change Orders</li> <li>Payment Applications</li> <li>Forecasting</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quality Planning</li> <li>Quality Checking</li> <li>Punchlists</li> <li>Issue/Task Management</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Safety Planning</li> <li>Safety Training</li> <li>Safety Observations</li> <li>Safety Inspections</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Commissioning</li> <li>Turnover Documentation</li> <li>Warranty Mgmt.</li> <li>Final Completion</li> <li>As-Built Survey</li> </ul>
	Document Management			Document Control · Document Versioning · Document Approvals				
Unified Data	Models · Drawings · Documents · Cost Items · Assets · As-Built · Photos · Videos							
Insights	Dashboards · Reports · Construction IQ · Data Connector							
Admin	Admin Console · Permissions · Project Setup · Templates · Notifications							

Slika 10. Prikaz mogućnosti Autodesk Constrction cloud-a[12]

### 3. KRITIČNOSTI U STRUKTURI MREŽNOG PLANA

Kritičnost u strukturi mrežnog plana predstavlja ključnu dimenziju u upravljanju projektima. Kroz analizu kritičnosti, voditelji projekata mogu unaprijediti planiranje, smanjiti rizike, optimizirati resurse i osigurati da se projekti završe u skladu sa postavljenim financijskim i vremenskim okvirima. Upravo zbog toga, za uspjeh svakog projekta je potrebno dobro planiranje, organiziranje i kontroliranje svih čimbenika projekta.

#### 3.1. Planiranje projekata

Svrha planiranja po PMBOK-u(eng. Project Management Body of Knowledge) je pronaći pristup na koji način će se isporučivati pojedini dijelovi projekta. Planiranje može raditi projektni tim i samostalni planer koji razrađuje projekt i pokušava doći do željenih rezultata unutar roka isporuke projekta. Isto tako količina vremena utrošena na planiranje mora biti određena okolnostima projekta da se ne bi previše vremena utrošilo na planiranje nego što je potrebno. Prema tome informacije koje planer prikuplja moraju biti dovoljne da projekt napreduje prema rokovima i troškovima, ali ne trebaju biti i detaljnije nego što je potrebno. U današnje vrijeme potrebno je i promatrati društvene i okolišne utjecaje potencijalnog projekta koji razmatra utjecaj materijala i procesa u smislu održivosti okoliša.

##### 3.1.1 Čimbenici planiranja

PMBOK navodi nekoliko čimbenika koje je potrebno razmotriti kod planiranja nekog projekta, a to su :

- Opseg projekta – U opsegu projekta je potrebno promotriti od čega se sve sastoji neki projekt te što je sve potrebno da ga se isporuči investitoru. Potrebno je razdijeliti projekt po isporukama koje imaju smisla za taj projekt, a najčešće se koristi WBS koji može ukratko pokazati od čega se sastoji projekt te prema čemu će se kasnije detaljnije proučavati i planirati.
- Procjena projekta – pod procjenu se smatra utrošak rada ljudi, trajanje aktivnosti, utrošak novca. Takve procjene su kvantitativne koje daju uvid u veličinu projekta, takve procjene ne mogu biti točne, jer kada projekt napokon započne sa izgradnjom te količine dolaze do izražaja. Zbog toga takvim procjenama je potrebno posvetiti puno vremena kako bi one bile što bile stvarnim količinama kako ne bi dolazilo do naknadnih radova, prekoračenja roka ili troškova projekta. Postoje nekoliko metoda za pretpostavke projekta, a to su: deterministička ili probabilistička metoda, apsolutna ili relativna metoda, metoda toka aktivnosti, metoda procjene nesigurnosti.

- Raspored projekta – to je model po kojem se planiraju i prate aktivnosti, uključujući trajanje aktivnosti, međuovisnost aktivnosti te ostale informacije koje utječu na redoslijed projekta. PMBOK kaže da se projekt rastavi na pet koraka, a to su : povezivanje aktivnosti u niz, procjena utroška materijala, vremena i napora radnika, dodjeljivanje resursa i radnika aktivnostima na temelju dostupnosti, prilagođavanje redoslijeda aktivnosti uzimajući u obzir sve pretpostavka u svrhu utvrđivanja optimalnog rasporeda. Prilikom određivanja rasporeda aktivnosti važno je odrediti ovisnost između različitih aktivnosti.
- Troškovi projekta – procjenom troškova projekta određuje se osnovna vrijednost projekta. Određuje se prema aktivnostima i rasporedu projekta, te odražava kada će koji troškovi nastati. To nam omogućuje da se tijek novca može uravnotežiti kroz razdoblje izgradnje projekta. U procjenu troškova se također uključuje i rezervna sredstva za potencijalne nepredviđene troškove kao neka sigurnost za odgovor na rizične događaje ukoliko se pojave.
- Struktura projektnih timova i radnih skupina – planiranje podrazumijeva identificiranje skupa vještina potrebnih za kvalitetno izvršenje projekta. U to se uračunavaju vještine, razina stručnosti te iskustvo. Dobro odabrane radne skupine i projektni timovi mogu znatno utjecati na kvalitetu te brzinu isporuke projekta. Što dodatno utječe i na troškove projekta. Ukoliko projektni timovi ili radne skupine nisu dostatni za izvedbu projekta, potrebno je posegnuti za vanjskim suradnicima. Također za alokaciju vanjskih suradnika je potrebno procijeniti koliko će doprinijeti projektu u odnosu na troškove koje će izazvati.
- Komunikacija – planiranje komunikacija između dionika je važan faktor za njihovo učinkovito sudjelovanje u projektu. Postoje različite kategorije informacija koje se mogu izmjenjivati, a to su: interne, eksterne, osjetljive i javne. Potrebna za informacijama i kategorije tih informacija je temelj za uspostavljanje komunikacijskih procesa i planova tokom projekta.
- Logistika – potreba za resursima tijekom projekta je konstanta. Zbog toga planiranje unaprijed može postaviti očekivanja potrebe resursa. To omogućuje lakše odvijanje procesa nabave resursa što može utjecati na raspored i troškove projekta.
- Praćenje projekta – praćenjem projekta se određuje je li se projekt izvodi prema planu. Time se određuje neka vrsta norme radnih grupa koju je potrebno određivati kako bi



projekt bio izvršen u zadanom roku. Također treba pratiti i isporuku materijala, potrebu za budućim materijalima, te također praćenje tržišta koje može utjecati na isto.[13]

### 3.1.2. Neizvjesnost i rizik projekta

Građevinski projekti se sastoje od puno međusobno ovisnih aspekata. Ti odnosi pokazuju različite nelinearne odnose, jer njihovi uzroci i posljedice nemaju jednostavne proporcionalne korelacije. To sve čini kompleksnost građevinskih projekata koja se suočava neizvjesnošću koja je veća nego možda u ostalim industrijama. Ono što utječe na to je nedostatak pouzdanih informacija na koje utječe razni okolišni, organizacijski i tehnički čimbenici. Svi ti čimbenici se razlikuju od projekta do projekta. Odstupanje od temelja upravljanja projektima može se smanjiti kada se smanji i stupanj neizvjesnosti projekta. To se može postići kada su poznati svi detalji projekta koje smo obuhvatili u prethodnom poglavlju o planiranju. Stupanj neizvjesnosti se također može smanjiti uz iskustvo stečeno kroz prošle projekte. Kada projekt započne, točnost podataka skupljenih u planiranju postaju jasnije, no nemoguće ih je sve identificirati stoga bi bilo preporučljivo napraviti analizu rizika kako bi se smanjio njihov negativni učinak. Rizik u projektu može uzrokovati potencijalne promjene u planu i izvedbi projekta.[13]

Glavni razlozi neizvjesnosti projekta:

- Pretpostavke građevinskih projekata moraju se napraviti na temelju nepotpunih informacija. Takve informacije mogu negativno utjecati na napredak projekta. To je slučaj kod projekata koji se žele izvršiti čim prije kako bi se smanjilo vrijeme dolaska gotovog projekta na tržište. U takvim projektima faze planiranja i izvedbe se odvijaju paralelno, te se izvršenje temelji na nedovršenim i nepouzdanim planovima.
- Granični uvjeti po kojim se pretpostavlja izvršenje građevinskog projekta su promjenjivi. Na primjer kada se projekt izvodi nekoliko godina u tom periodu će se vjerojatno izmijeniti zakonodavni, okolišni ili ekonomski uvjeti.
- U građevinarstvu postoje različite metode izvedbe koje se mogu iskoristiti za ugradnju istog proizvoda. Prema tome donošenje odluke nije uvijek sigurno što dolazi sa iskustvom i trenutnim informacijama koje su na raspolaganju donositelju odluka
- Na izvršenje projekta velik utjecaj ima ljudska izvedba, na to utječe dob, stanje uma, fizičko zdravlje, emocije. Posljedično, stopa pogrešaka unutar procesa izgradnje je relativno visoka.
- Neizvjesnost investitora također može utjecati i na neizvjesnost projekta. Investitori rijetko mogu definirati sve svoje potrebe, ne mogu definirati potrebe za proizvodima

koji još ne postoje, što znači da i tijekom izgradnje i dalje donosi nove ideje što dodatno može produžiti vijek izgradnje.

### **3.2. Definiranje strukture mrežnih planova**

Definiranje strukture mrežnih planova i rasporeda zahtijeva planiranje projekta za sve čimbenike projekta kako bi se stvorio raspored koji će u konačnici dati slikoviti prikaz izvedbe projekta. Takvi mrežni planovi služe i za usporedbu sa stvarnim napretkom izgradnje projekta, te na kraju daje informacije što je točno, a što krivo pretpostavljeno prije početka izgradnje.[14]

Za kvalitetno definiranje strukture mrežnih planova potrebno je odrediti:

- Procene i procedure za upravljanje mrežnim planovima, poput formatiranje podataka, dostupnost podataka, pohranjivanje podataka i dohvaćanje podataka
- Odabir metodologije koja će se koristiti u razvoju i održavanju mrežnih planova, poput Earned Value Management-a(EVM), praćenje rizika, obujam detaljnosti proizvoda i aktivnosti
- Definiranje obveznih i potencijalnih ugovornih obveza
- Procene ažuriranja podataka u mrežne planove tijekom životnog ciklusa projekta
- Odabir kompetentnog projektnog tima[14]

#### 3.2.1. Izrada mrežnih planova i rasporeda

Kod izrade mrežnih planova koriste se razne metode, alati , predlošci za postizanje ciljeva projekta. Projekti bez takvih planova su često neučinkoviti, što rezultira većim troškovima, rizicima i duljim trajanjem projekta.

Model mrežnog plana i rasporeda obuvača sljedeće:

- Odabir metode za izradu planova poput PDM, PERT ili CPM metoda
- Odabir alata za modeliranje mrežnog plana poput MS Projecta, Oracle Primavera
- Plan izrade modela mrežnog plana
- Identificiranje vrste projekta
- Sve vrste planova moraju biti identificirani, kako ne bi došlo do križanja planova
- Određivanje radnih dana i praznika – ovo obuvača definiranje radnih sati po danima, radnih smjena, prekovremenih radnih sati i neradnih dana. Odabir kalendara znatno utječe na izračun kritičnog puta, slobodne i ukupne vremenske rezerve aktivnosti.

- Određivanje učestalosti ažuriranja planova – ono može biti po satu, dnevno, tjedno i mjesečno, to ovisi o vrsti projekta. Često se ažuriranje planova podjeli u dva različita dijela a to su izvješćivanje o napretku te održavanju projekta.
- Određivanje prekretnica projekta – to obuhvaća podjelu projekta u nekoliko prekretnica ili faza projekta kako bi se aktivnosti mogle ujediniti za lakše izvedbu i praćenje projekta.
- Planiranje i upravljanje resursima potrebnih za izvedbu projekta
- Mjerenje učinka i napretka projekta – definiranje ključnih pokazatelja izvršenja. Mjerenje opsega, rasporeda i troškova projekta za upravljanje zarađenom vrijednošću(EVM)[14]

### 3.2.2. Definiranje prekretnica projekta

Nakon definiranja projekta i podataka o projektu postavljaju se prekretnice. Prekretnice( eng. Milestones) imaju trajanje od 0 dana, nemaju dodjeljene resurse te se koriste kao mjerila napretka projekta, također označavaju početak i završetak projekta. Prekretnice također mogu biti i isporučivanje potrebnih dozvola ili resursa.[14]

### 3.2.3. Definiranje aktivnosti projekta

Na temelju WBS-a je potrebno definirati listu aktivnosti. Karakteristike koje definiraju aktivnost su:

- Aktivnost mora biti mjerljiv i opipljiv dio projekta
- Za obavljanje te aktivnosti mora biti odgovorna osoba, to ne isključuje da su potrebni višestruki resursi za obavljanje aktivnosti
- Svaka aktivnost mora imati svoj opis izvedbe
- Rad svake aktivnosti nakon što je započet trebao bi se moći izvesti u kontinuitetu bez prekida osim onih koji su nastali tijekom neradnih dana u kalendaru. Ukoliko se rad aktivnosti prekine takav zastoj treba identificirati i u mrežnom planu

Nakon završetka definiranja liste aktivnosti, te aktivnosti moraju obuhvatiti 100% rada potrebnog za izvedbu projekta.[14]

Na slikama 11. i 12. se može vidjeti kako može izgledati WBS nekakvog objekta u ovom slučaju visokogradnje. WBS je podijeljen u 3 razine.

## **1. PRIPREMNI RADOVI**

### 1.1. DOVOZI

Dovoz agregata

Dovoz cementa

Dovoz pijeska

Dovoz vapna

Dovoz opeke

## **2. TEMELJI**

### 2.1. TEMELJNA PLOČA

Dovoz i montiranje obrađene oplata, te dovoz i postavljanje gotove armature.

Spravljanje betona na gradilištu i betoniranje temeljne ploče.

Demontaža i odvoz oplata temeljne ploče.

## **3. PRIZEMLJE**

### 3.1. AB NOSIVI ZIDOVI

Dovoz i montiranje obrađene oplata, te dovoz i postavljanje gotove armature.

Spravljanje betona na gradilištu i betoniranje AB nosivih zidova prizemlja.

Demontaža i odvoz oplata AB nosivih zidova.

### 3.2. NOSIVI ZIDOVI OD OPEKE

Spravljanje morta na gradilištu i zidanje nosivih zidova od opeke prizemlja.

### 3.3. VERTIKALNI SERKLAŽ I STUPOVI

Dovoz i montiranje obrađene oplata, te dovoz i postavljanje gotove armature za VS i stupove.

Spravljanje betona na gradilištu i betoniranje VS i stupova prizemlja.

Demontaža i odvoz oplata VS i stupova.

**Slika 11. Prikaz WBS-a objekta (obrađa autora)**

### 3.4. HORIZONTALNI SERKLAŽI, GREDE I NADVOJI

Dovoz i montiranje obrađene oplata, te dovoz i postavljanje gotove armature za HS, nadvoja i greda prizemlja.

Spravljanje betona na gradilištu i betoniranje HS, nadvoja i greda prizemlja.

Demontaža i odvoz oplata HS, nadvoja i greda prizemlja.

### 3.5. STROPNA PLOČA I STUBIŠTE

Dovoz i montiranje obrađene oplata, te dovoz i postavljanje gotove armature za stropnu ploču i stubište prizemlja.

Spravljanje betona na gradilištu i betoniranje stropne ploče i stubišta prizemlja.

Demontaža i odvoz oplata stropne ploče i stubišta.

### 3.6. PREGRADNI ZIDOVI OD OPEKE

Spravljanje morta na gradilištu i zidanje pregradnih zidova od opeke prizemlja.

### 3.7. NADVOJI PREGRADNIH ZIDOVA

Dovoz i montiranje obrađene oplata, te dovoz i postavljanje gotove armature za nadvoja kata.

Spravljanje betona na gradilištu i betoniranje nadvoja prizemlja.

Demontaža i odvoz oplata nadvoja kata

#### **Slika 12. Prikaz WBS-a objekta(obrađa autora)**

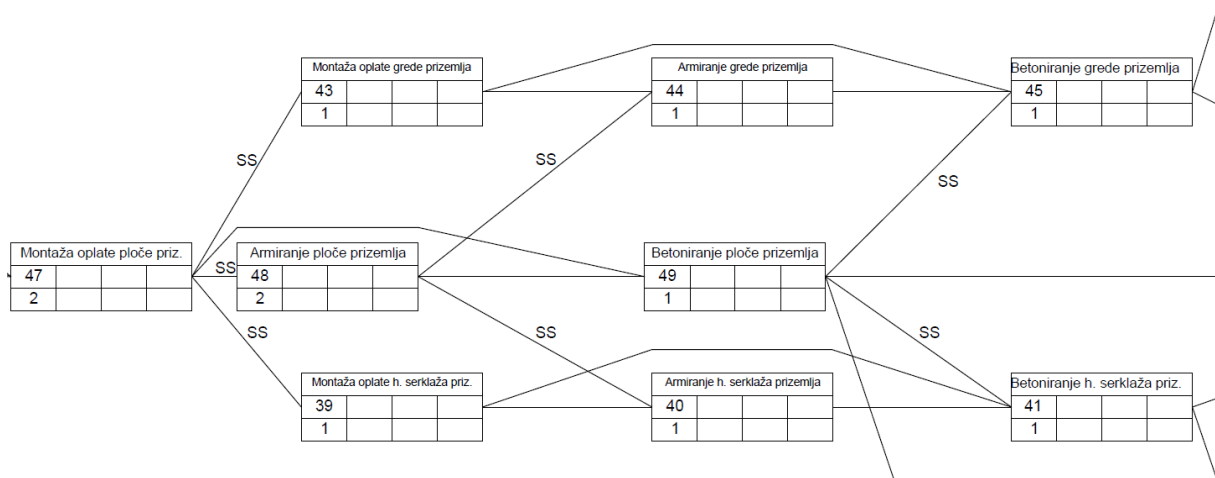
#### 3.2.4. Povezivanje aktivnosti

Povezivanje aktivnosti i redoslijed aktivnosti se najčešće određuje iskustveno i logikom slijeda. Svaka aktivnost osim prve i zadnje aktivnosti u projektu mora imati prethodnu i sljedbenu aktivnost. Prva i zadnja se povezuju sa prekretnicama koje označuju početak i kraj projekta. To sprječava da raspored ili mrežni dijagram ima otvorene krajeve. Obično bi svaka prethodna aktivnost završila prije početka sljedbene aktivnosti takva veza je poznata kao završetak-početak(FS) veza. No, ponekad je potrebno preklapati aktivnosti pa se koriste veze početak-početak(SS), završetak-završetak(FF). Kad je god moguće potrebno je koristiti FS veze, a druge treba koristiti uz potpuno razumijevanje odnosa između tih aktivnosti i softvera koji se koristi za mrežno planiranje. [14]

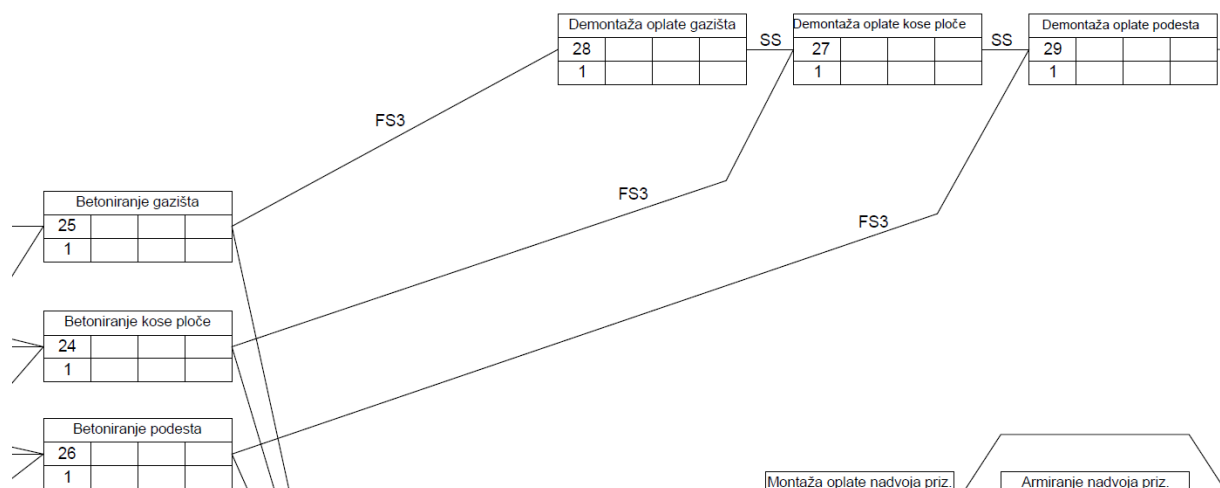
Kod povezivanja aktivnosti vezama FS,SS i FF moguće je koristiti i odgodu(eng. Lag). One se dodjeljuju aktivnostima npr. ako su aktivnosti povezane SS vezom s odgodom od 5 dana, sljedbene aktivnost će započeti 5 dana kasnije od početka prethodne aktivnosti. Planer koji se koristi takvim vezama mora razumjeti i njihov učinak. One se koriste za odgode koje su fizički neophodne npr. nakon betoniranja zida oplata se može skinuti tek nakon 3 dana kako bi beton dobio potrebnu čvrstoću. Neki planeri znaju koristiti odgodu u smisli kada se odvija neki rad,

naprimjer kao pregled dokumentacije prije nastavka iduće aktivnosti. Preporuča se ovakve vrste radova prikazuju kao aktivnosti u mrežnom planu. Kada su takve aktivnosti definirane moguće je i odrediti odgovornu osobu za izvršenje te aktivnosti na primjer kada nadzorni inženjer treba odobriti neku dokumentaciju za nastavak izgradnje. Ovakva praksa omogućuje bolju kontrolu nad projektom.[14]

Na slikama 13. i 14. se može vidjeti kako izgleda jedan PDM dijagram sa određenim aktivnostima i njihovim vezama. Veze između koje nisu označene slovima se smatraju da su to FS veze. Veze koje sadrže broj nakon teksta označava odgodu poput FS3 znači da sljedbena aktivnost može započeti 3 dana nakon završetka prethodne.



Slika 13. Prikaz povezivanja aktivnosti PDM metodom (obrađa autora)



Slika 14. Prikaz povezivanja aktivnosti PDM metodom (obrađa autora)

U suštini svaka aktivnosti treba imati FS ili SS prethodnu aktivnosti, te FS ili FF sljedbenu aktivnost. Bez ovakvih odnosa između aktivnosti, aktivnosti se nazivaju „visećim“ i neizvjesnost u njihovim trajanjima neće nužno se odraziti na ostatak mrežnog plana kako bi možda trebala.

### 3.2.5. Definiranje resursa po aktivnostima

Procjena resursa neke aktivnosti je proces određivanja vrste i količine materijala, radnika, opreme ili infrastrukture potrebne za izvršenje svake aktivnosti. Iako se ponekad izvode zajedno, proces procjene resursa aktivnosti treba dovršiti prije procjene trajanja aktivnosti. Resursi mogu definitivno utjecati na kritični put ako ih projektni tim ne razmotri i posveti određeno vrijeme definiranju potrebnih resursa.[14]

**Tablica 1. Definiranje resursa po aktivnostima(obrađa autora)**

Broj aktivnosti	Ime aktivnosti	Ime podaktivnosti	Sastav radne grupe		Q [jedinica proizvoda]
1.	Priprema gradilišta	-	1	bludozer	104,95 m <sup>2</sup>
			1	SV	
2.	Dovoz opeke	-	1	toranjska dizalica	13355 kom
			1	SVI	
			1	RII	
			1	kamion sandučar	
			1	SV	
			1	toranjska dizalica	
			1	SVI	
			1	RII	
3.	Dovoz pijeska	-	1	bager	9,86 m <sup>3</sup>
			1	SV	
			1	kamion kiper	
			1	SV	
4.	Dovoz cementa	-	1	viljuškar	46,27 t
			1	SV	
			1	kamion sandučar	
			1	SV	
			1	viljuškar	
			1	SV	
5.	Dovoz vapna	-	1	viljuškar	3,3 m <sup>3</sup>
			1	SV	
			1	kamion sandučar	
			1	SV	
			1	viljuškar	
			1	SV	

Tablica 2. Definiranje resursa po aktivnostima (obrađa autora)

11.	Armiranje zidova podruma	Armiranje zidova podruma gotovom armaturom 4-12 mm	1	toranjska dizalica	2245,6 kg
			1	SVI	
			1	RII	
			1	kamion sandučar	
			1	SV	
			1	toranjska dizalica	
			1	SVI	
			1	RII	
			1	toranjska dizalica	
			1	SVI	
			1	RII	
			1	AIV	
			1	AIII	
12.	Montaža oplata zidova podruma	-	1	viljuškar	255,84 m <sup>2</sup>
			1	SV	
			1	kamion sandučar	
			1	SV	
			1	toranjska dizalica	
			1	SVI	
			1	RII	
			1	TV	
13.	Betoniranje zidova podruma	-	2	mješalica	32,08 m <sup>3</sup>
			2	RII	
			1	toranjska dizalica	
			1	SVI	
			1	RII	
			7	BV	
			7	RIII	
			1	pervibrator	
			1	RII	
14.	Demontaža oplata zidova podruma	-	1	TIII	255,84 m <sup>2</sup>
			2	RII	
			2	RII	
			1	toranjska dizalica	
			1	SVI	
			1	RII	
			1	kamion sandučar	
			1	SV	
			1	viljuškar	
			1	SV	

Na tablicama 1. i 2. se može vidjeti određivanje resursa potrebnih za izvršenje neke aktivnosti, broj radnika i strojeva, količina materijala za izvršenje aktivnosti.

### 3.2.6. Definiranje trajanja aktivnosti

Trajanje aktivnosti je procjena vremena koje je potrebno da se izvede neki rad uključen u aktivnost. Broj radnika ili strojeva koji se očekuje da će biti dostupni za aktivnosti, zajedno sa



njihovom produktivnosti može odrediti trajanje aktivnosti. Čimbenici koji utječu na trajanje su vrsta strojeva ili razina vještine radnika. Odnos između trajanja aktivnosti i troškova bit će izražen u osnovi procjene ili pretpostavke zbog toga trajanje treba redovito ažurirati te promatrati kako on utječe na rokove projekta, raspored ostalih aktivnosti te osobito na kritični put.[14]

**Tablica 3. Prikaz određivanja trajanja aktivnosti na primjeru objekta visokogradnje (obrada autora)**

Broj aktivnosti	Ime aktivnosti	Nv, RG[h/jedinici proizvoda]	nRG	hD[h/dan]	Tpa[dan]	Ta[dan]
1.	Priprema gradilišta	0,003576	1	8	-	0,047-1
2.	Dovoz opeke	0,00034	2	8	-	2,8-3
3.	Dovoz pijeska	0,065	1	8	-	0,08-1
4.	Dovoz cementa	0,105	1	8	-	0,61-1
5.	Dovoz vapna	0,1883	1	8	-	0,08-1

Tablica 4. Prikaz određivanja trajanja aktivnosti (obrađa autora)

11.	Armiranje zidova podruma	0,017	2	8	-	2,4-3
12.	Montaža oplata zidova podruma	0,18	2	8	-	2,9-3
13.	Betoniranje zidova podruma	0,15	1	8	-	0,6-1
14.	Demontaža oplata zidova podruma	0,07	2	8	-	1,12-2

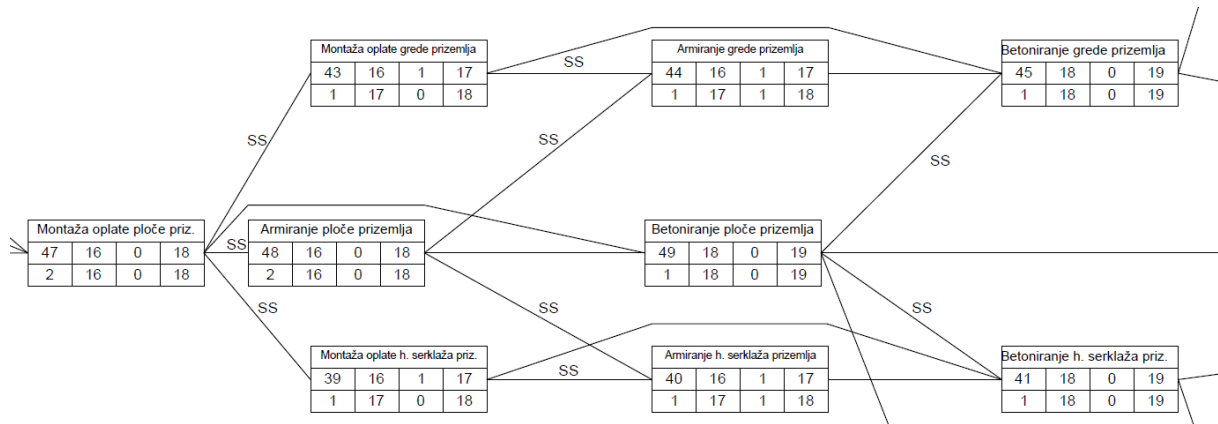
### 3.3. Analiza mrežnih planova

Analizom mrežnih planova i rasporeda tijekom izgradnje objekta služi za identificiranje odstupanja od osnovnog plana. Cilj analize je rana identifikacija prijetnji i prilika za projekt.

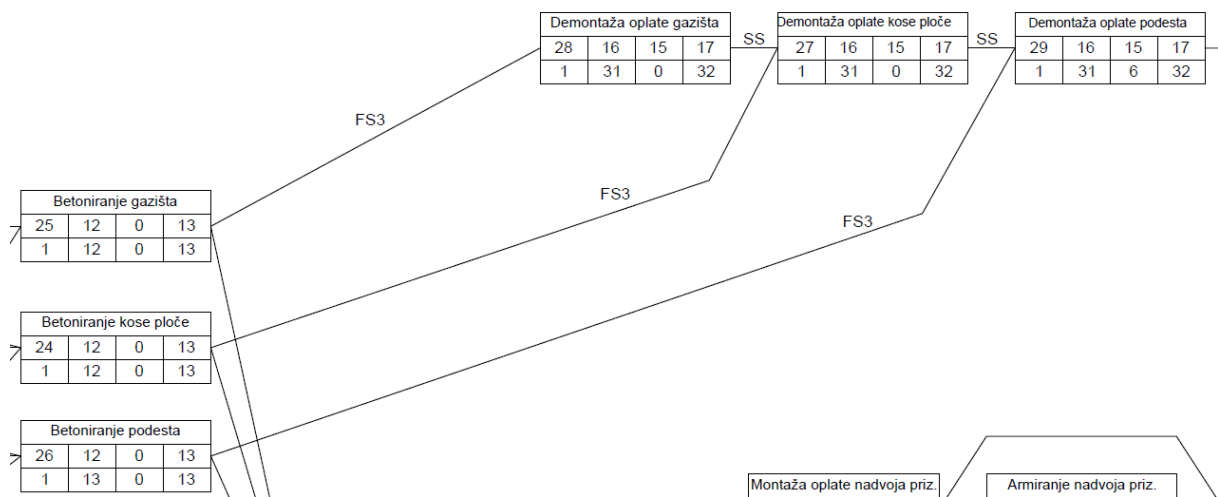
#### 3.3.1. Kritični put aktivnosti

Kritični put je slijed planiranih aktivnosti koji definira najdulje trajanje projekta. Općenito je to najduži put aktivnosti i stoga određuje trajanje projekta (Slika 15. do slika 18.). No, kritični put može završiti i na prekretnicama u sredini mrežnog plana. Ograničenja projekta mogu također djelovati na kritični put aktivnosti, time mogu negativno utjecati na projekt tako da pridodaju

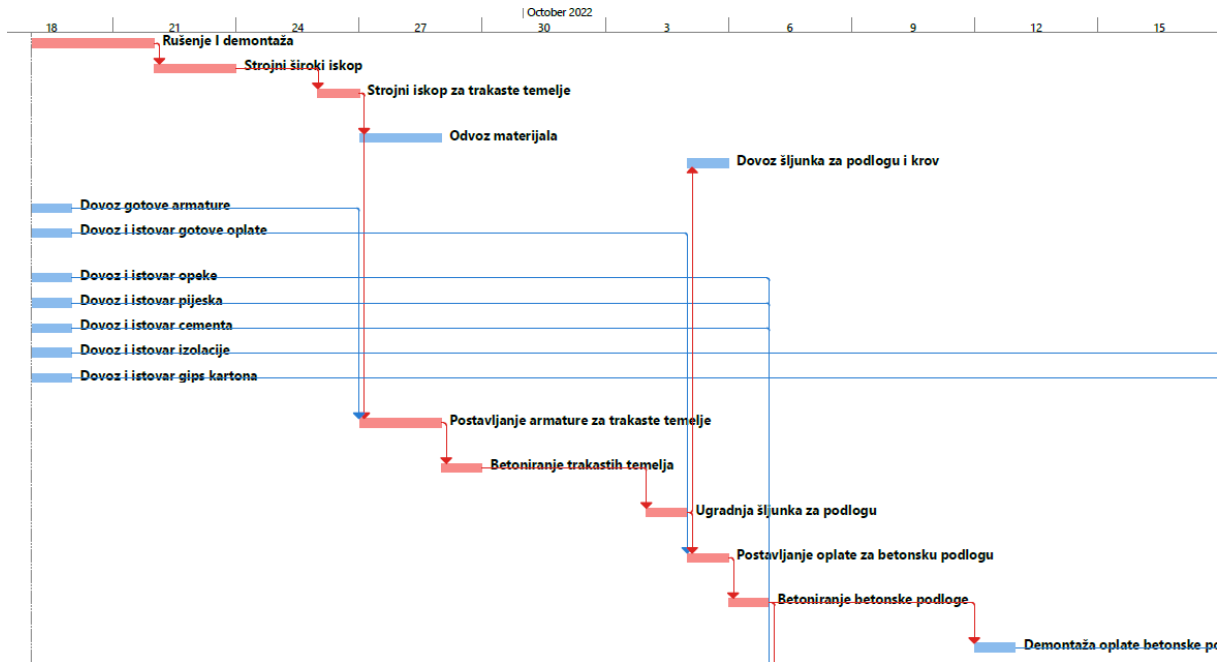
važnost na neke naizgled manje aktivnosti i uzrokuju neočekivane promjene u trajanju i troškovima projekta. Svaki projekt može imati više kritičnih puteva. Takvi projekti imaju veću razinu rizika.[14]



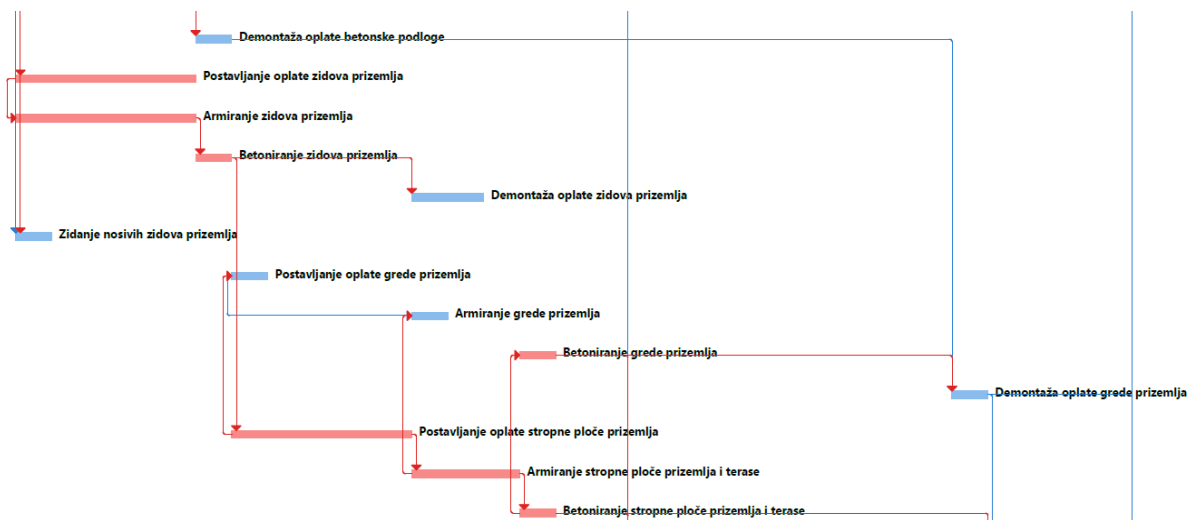
Slika 15. Prikaz određivanja trajanja aktivnosti PDM metodom mrežnog dijagrama (obrađa autora)



Slika 16. Prikaz određivanja trajanja aktivnosti PDM metodom mrežnog dijagrama (obrađa autora)



Slika 17. Prikaz izgleda gantograma i crvenom bojom označene kritične aktivnosti i kritični put (obrada autora)



Slika 18. Prikaz izgleda gantograma i crvenom bojom označene kritične aktivnosti i kritični put (obrada autora)

### 3.3.2. Kritične aktivnosti

Vrlo važno je razlikovati aktivnosti kritičnog puta i kritične aktivnosti. Kritični put aktivnosti su one aktivnosti koje se nalaze na kritičnom putu, a kritične aktivnosti su one aktivnosti koje su od velikog značaja za uspjeh projekta iako se te aktivnosti možda ne nalaze na kritičnom putu aktivnosti. Kritične aktivnosti su aktivnosti koje su obično velikog rizika u smislu količine materijala, visokih troškova, dugog trajanja. Takve aktivnosti mogu ne samo uzrokovati kašnjenje projekta nego i povećavaju mogućnost neuspjeha projekta ukoliko se ne pridoda

povećana pažnja takvim aktivnostima. Sve aktivnosti koje se nalaze na kritičnom putom se isto smatraju kritičnim aktivnostima.[14]

A 1	Ručno postavljanje i vezivanje jednostavne i složene armature(20% fi 4-12 80% 14 i više) grede. Armatura se dovozi kamionom sandučarom s deponije udaljene 5 km. Unutarnji transport se obavlja toranjskom dizalicom na 10m visine. Obračun se vrši po kg ugrađene armature.	kg	6.740,04
A 1	Ručno postavljanje i vezivanje jednostavne i složene armature(fi 4-12) AB zidova. Armatura se dovozi kamionom sandučarom s deponije udaljene 5 km. Unutarnji transport se obavlja toranjskom dizalicom na 10m visine. Obračun se vrši po kg ugrađene armature.	kg	22.284,34
A 1	Ručno postavljanje i vezivanje jednostavne i složene armature(40% fi 4-12 60% 14 i više) AB ploča. Armatura se dovozi kamionom sandučarom s deponije udaljene 5 km. Unutarnji transport se obavlja toranjskom dizalicom na 10m visine. Obračun se vrši po kg ugrađene armature.	kg	74.620,54
A 1	Ručno postavljanje i vezivanje jednostavne i složene armature(40% fi 4-12 60% 14 i više) kose ploče stubišta. Armatura se dovozi kamionom sandučarom s deponije udaljene 5 km. Unutarnji transport se obavlja toranjskom dizalicom na 10m visine. Obračun se vrši po kg ugrađene armature.	kg	3.603,58
<b>A Armirački radovi :</b>			<b>177.671,24</b>

Slika 19. Prikaz određivanja kritične aktivnosti po trošku (obrađa autora)

Na slici 19. može se vidjeti aktivnost koja je po trošku kritična zbog toga što samo ona odnosi 42% svih troškova armiračkih radova.

Radi izmjene vrsta radova i resursa, kod građenja sa velikim brojem aktivnosti u slijedu u mrežnom planiranju javljaju se učestale faze uhodavanja, koje su se dokazale kao sporije i izazovnije. Drugim riječima, kad projekt ima manji broj aktivnosti u slijedu, a jednako traje kao drugi sa većim brojem aktivnosti u slijedu, za očekivati je da će ovaj drugi biti sklon zastojsima ili produljenjima rokova. Kako svaka aktivnost ima pripremnu, glavnu fazu i završnu fazu, na koju se nadograđuje pripremna faza sljedbene aktivnosti, zbog promjene resursa pripremni i završni dijelovi aktivnosti povećavaju trajanje i iziskuju više koordinacije nego što je slučaj kod kontinuiranog rada na jednoličnoj aktivnosti. Ova kritičnost nije dovoljno istražena i postoji prostor za daljnja istraživanja.[15]

### 3.3.3. Ukupna i slobodna vremenska rezerva

Slobodna vremenska rezerva aktivnosti se računa po CPM metodi. Ona predstavlja vrijeme u kojem datum ranog završetka može odgoditi bez utjecaja na datum ranog početka svih sljedbenih aktivnosti. Ukupna vremenska rezerva po CPM metodi predstavlja količinu vremena aktivnosti gdje se datum ranog početka ili datum ranog završetka može odgoditi bez utjecaja na datum kasnog završetka cijelog projekta. Tijekom izvođenja radova potrebno je analizirati je li se vremenska rezerva aktivnosti promijenila u usporedbi sa početnim planom. Svake promjene u vremenskoj rezervi je potrebno provjeriti kako bi se spriječilo odgađanje projekta to jest da projekt bude odrađen u zadanim rokovima.[14]

## **4. ZNAČAJ MREŽNOG PLANIRANJA ZA PRAKSU**

Planiranje u građevinskoj industriji donosi razne rezultate koji pomažu pri shvaćanju obujma projekta. Ti rezultati mogu biti poput količine radova, broj radnika, strojeva, troškova, razine rizika projekta i ostalih čimbenika navedenih u prethodnom poglavlju. Kod mrežnog planiranja određuju se aktivnosti koje je potrebno izvesti kako bi se projekt završio. Te aktivnosti nam pokazuju na to što sve možemo očekivati od potrebnih radova, količine materijala, resursa ljudi, troškova i trajanja. Takve aktivnosti je potrebno povezivati logičnim slijedom gradnje koji proizlazi iz iskustva izvođača radova. Način povezivanja tih aktivnosti je prikazan u poglavlju 2.1. Metode mrežnih planiranja. Za shvaćanje tih metoda i povezivanja aktivnosti te stvaranja mrežnog plana je potrebno imati kompetentnu osobu(planera) koji će sastavljati takve planove.

### **4.1. Rezultati mrežnog planiranja**

Kao rezultat mrežnog planiranja se smatra da je određen tijek aktivnosti koje je potrebno izvršiti za isporuku projekta investitoru. Takvi rezultati daju informacije o projektu svim budućim sudionicima u gradnji, te i samom investitoru. U današnje vrijeme najvažniji podaci za investitora su vrijeme i novac. Često investitori nemaju dovoljno vremena za shvaćanje projekta nego žele slikovite prikaze tijeka njihovog projekta što podrazumijeva trajanje izvedbe i tijek novca kroz izvedbu projekta. Što upravo ovakvi planovi prikazuju.

Osim što takvi planovi služe investitorima, tako i nadzornim tijelima. Možemo reći da je to i najveći aspekt mrežnih planova. Svaki mrežni plan sadrži kalendar te u njemu se nalazi početak i kraj projekta. Svaki projekt bi trebao započeti danom koji je naveden u mrežnom planu kako bi praćenje bilo moguće. Tijekom izgradnje ta planove je potrebno ažurirati te svakodnevno provjeravati je li se izgradnja odvija unutar zadanih rokova. Najčešće se prate kritične aktivnosti koje ne smiju kasniti jer ukoliko kasne to upućuje na produljenje roka projekta. Time, ovisno o ugovoru izvođača i investitora, izvođač može platiti penale za kašnjenje što može negativno utjecati na likvidnost poduzeća izvođača.

Ovisno o složenosti i značaju projekta, potrebno je proporcionalno i više vremena posvetiti planiranju i stvaranju mrežnih planova. Jer ovisno o podacima mrežnih planova ovisi i njihova detaljnost.

Mrežno planiranje je najbitnije za izvođača radova. Svaki izvođač radova mora napraviti svoj mrežni plan izvedbe projekta prema svojim mogućnostima. To znači da izvođač mora poznavati mogućnosti svojih radnika, postavljati norme po kojima će izvršiti izračune trajanja, posjedovati potrebnu tehnologiju za izvedbu. Ukoliko izvođač to ne posjeduje može posegnuti

za podizvođačima koji imaju potrebnu tehnologiju i znanje za izvedbu pojedinih aktivnosti u projektu.

U konačnici mrežni planovi pridodaju raznim aspektima u građevinskoj industriji u cilju poboljšanja i povećavanja učinkovitosti izvedbe projekta.

#### **4.2. Mrežno planiranje u hrvatskoj građevinskoj industriji**

Za mrežno planiranje u Hrvatskoj ne postoji nikakva regulativa koja nalaže kako je potrebno izraditi mrežne planove. Mrežni planovi nisu dio obavezne tehničke dokumentacije poput dnevnika, čak ni građevinska knjiga nije propisana, no uobičajeni je način za dokazivanje izvedenih količina. Po nalogu investitora se traže mrežni planovi. Od 01. siječnja 2023. godine je uveden građevinski e-Dnevnik koji otvara nadzorni inženjer kako bi se radovi mogli započeti. Takav dnevnik pokazuje da Hrvatska ide prema smjeru digitalizacije građevinske industrije. Što daje naznake da će u budućnosti i mrežni planovi dobiti svoje mjesto, kao dio obavezne tehničke dokumentacije jer praćenje i kontrola projekta je puno efikasnija putem dobro razrađenih mrežnih planova. To dodatno može utjecati i na povećanje efikasnosti izvedbe, manjom pojavom vantroškovničkih radova i potrebom za promjenama u projektu.



## **5. PRIJEDLOG PRESLIKAVANJA KRITIČNOSTI U GANTOGRAM**

Kao prijedlog preslikavanja kritičnosti u gantogram će se izvesti na primjeru projekta iz prakse. Projekt koji će se promatrati je „Dogradnja i rekonstrukcija Centra za odgoj i obrazovanje Vinko Bek“. U pogledu odnosa, uložilac glavnog izvođača je Tehnika d.d. Za nadzor radova je zadužena tvrtka Qualis Projekt d.o.o. Glavni projektant je tvrtka Jadranovo d.o.o.

### **5.1. Tehnički opis projekta**

Riječ je o rekonstrukciji na kojoj se na većem dijelu radi novi dio zgrade, na katastarskoj čestici broj 1761/3 katastarske općine Peščenica u Gradu Zagrebu.

Zgrada se sastoji od 5 etaža. Površina zgrade 35,01x28,91 m ukupne površine 1012 m<sup>2</sup>.

Podrum u kojem se nalazi sprinkler stanica, nekoliko spremišta opreme, spremišta el. Pomagala, soba za vidne stimulacije i trening, likovni kabinet te garderobe i sanitarije.

Prizemlje na kojem se nalazi prostorija za stručne suradnike, soba voditelja, boravak i blagovanje predškolaraca, soba tehničke obuke, soba za vježbu vida, soba za fizioterapiju, soba za kineziterapiju, tamna soba, soba za socijalni rad, soba za psiho terapiju, soba za edukacijsku rehabilitaciju, soba za procjenu vida, soba za likovnu terapiju, soba logopeda, soba za glazboterapiju te garderobe i sanitarije za korisnike i zaposlenike.

Na 1. katu se nalazi dvorana za seminare, zbornica, nekoliko različitih soba za predmete osnovne škole te učionice, soba voditelja, te garderobe i sanitarije za korisnike i zaposlenike. Na prvom katu se nalazi i glavni ulaz u zgradu preko mosta koji spaja postojeću i novo izgrađenu zgradu.

Na 2. katu se nalazi soba za odgoj, soba za vježbe orijentacije, boravak i blagovanje za osnovnoškolce, soba za svakodnevne vještine, soba za socijalni rad, soba za psihološku podršku, boravak i čajna kuhinja, te sobe za boravak korisnika i sestara.

Na 3. katu se nalazi terasa, blagovanje i boravak za odrasle, zbornica, voditelj, sanitarije, sobe za razne predmete osnovne škole, te ostale učionice.

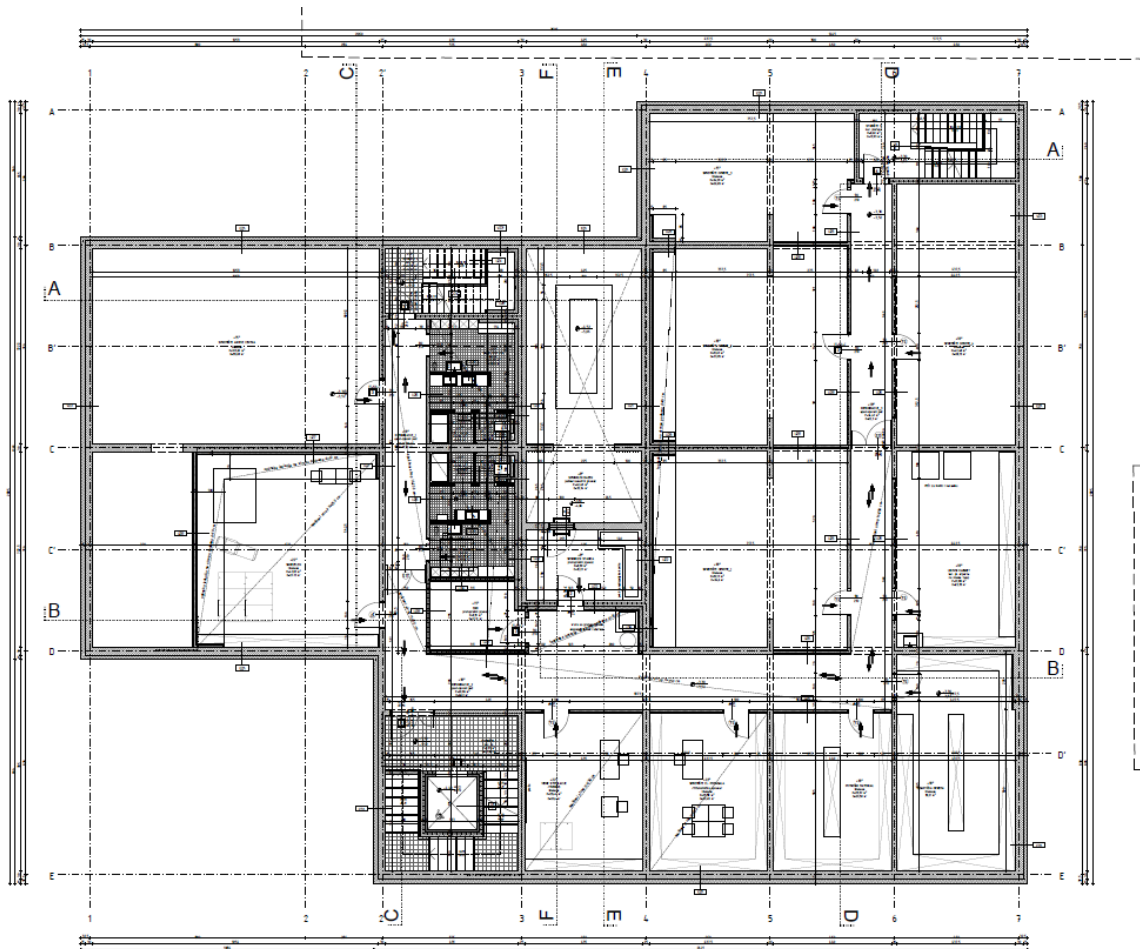
Zadnja etaža je ravna krovna etaža te ona nije namijenjena za korištenje, na njoj se nalazi strojarnica i prostorija tehnike zgrade.

Kroz cijelu zgradu na svim etažama također se nalazi i dizalo koje je posebno prilagođeno uvjetima za korisnike zgrade. Sa sjeverne strane će se nalaziti požarni pristup zgradi. Krajobraz zgrade se sastoji opločnika koji su namijenjeni za slabovidne.

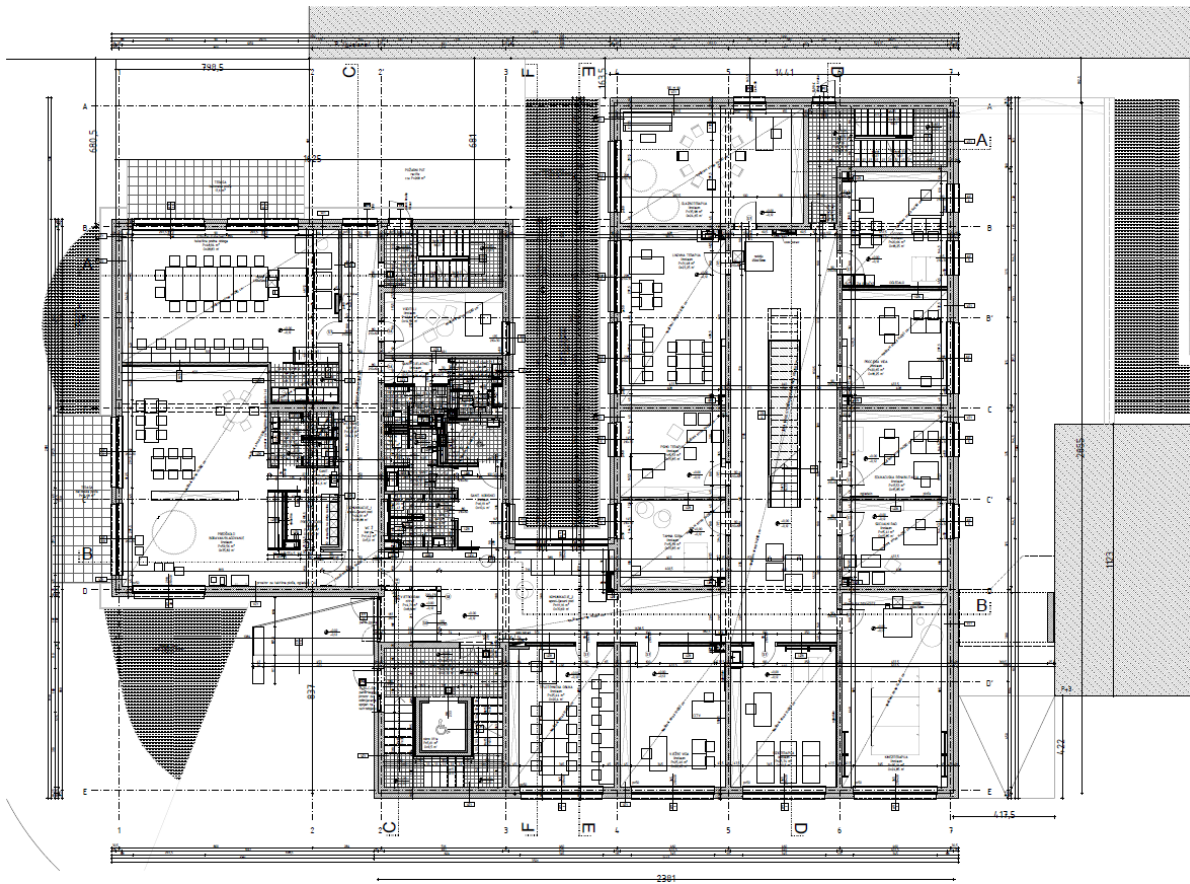
Tijekom završnih radova mora se paziti na visinu poda po cijeloj zgradi, gdje ne smije biti razlike u visini niti u jednoj prostoriji.

Visina podruma je 3,16m, prizemlja je 3,36m , 1. kata 3,36 m , 2. kata 3,06 m , 3,06 m, a ukupna visina zgrade je 14,13 m.

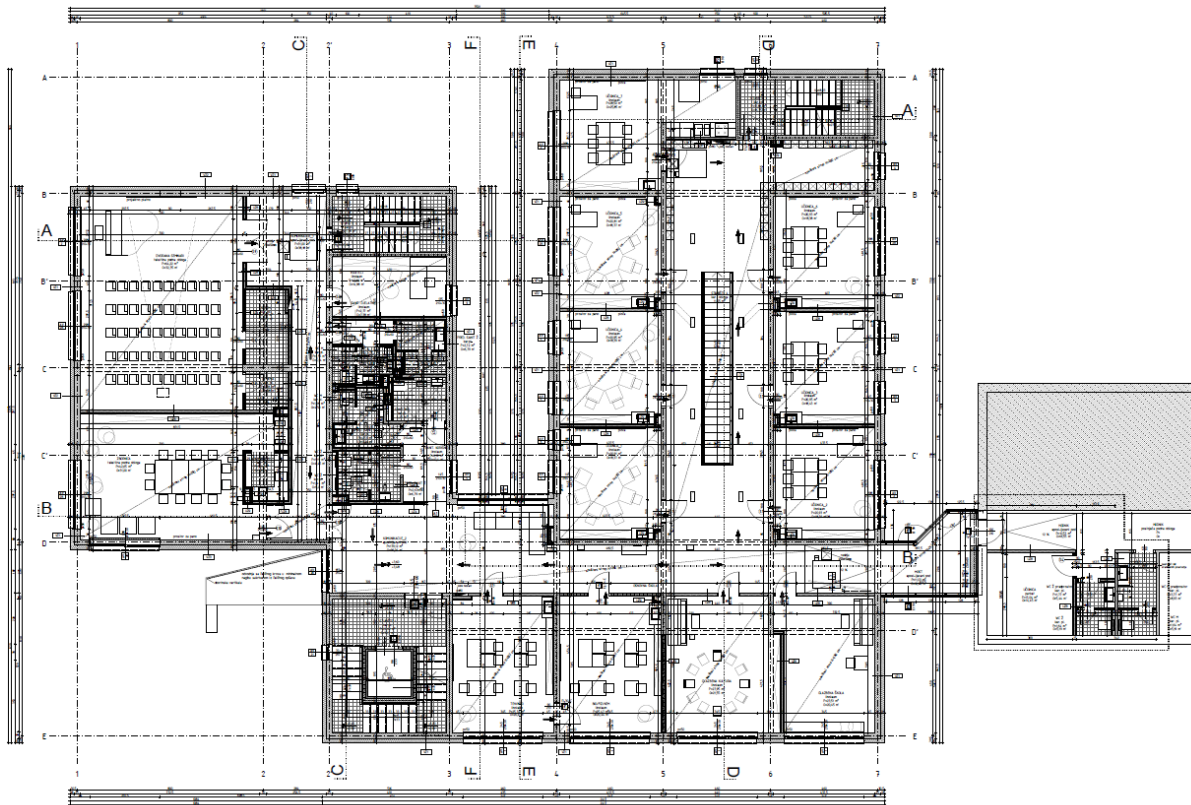
Nacrti projekta su prikazanim na sljedećim slikama.



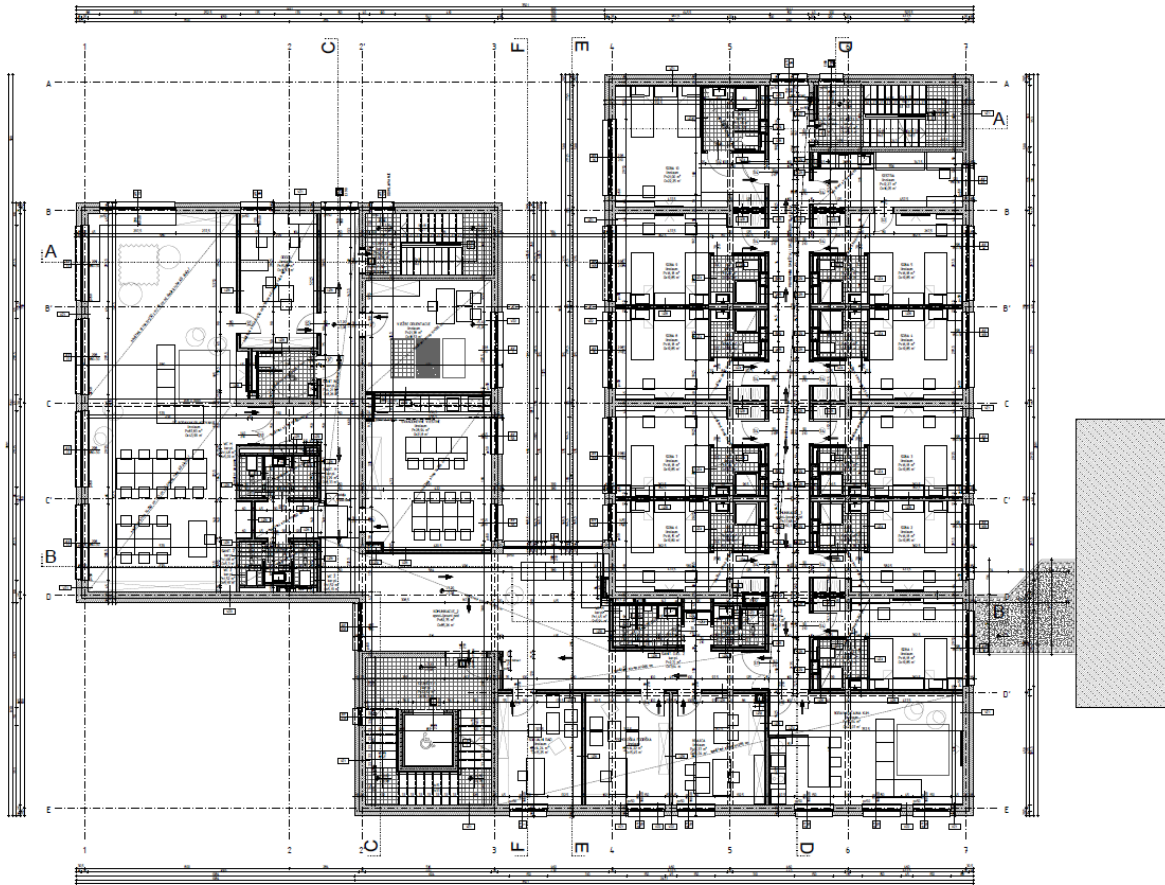
Slika 20. Tlocrt podruma – projekt Gradnja i rekonstrukcija Centra za odgoj i obrazovanje „Vinko Bek“ [16]



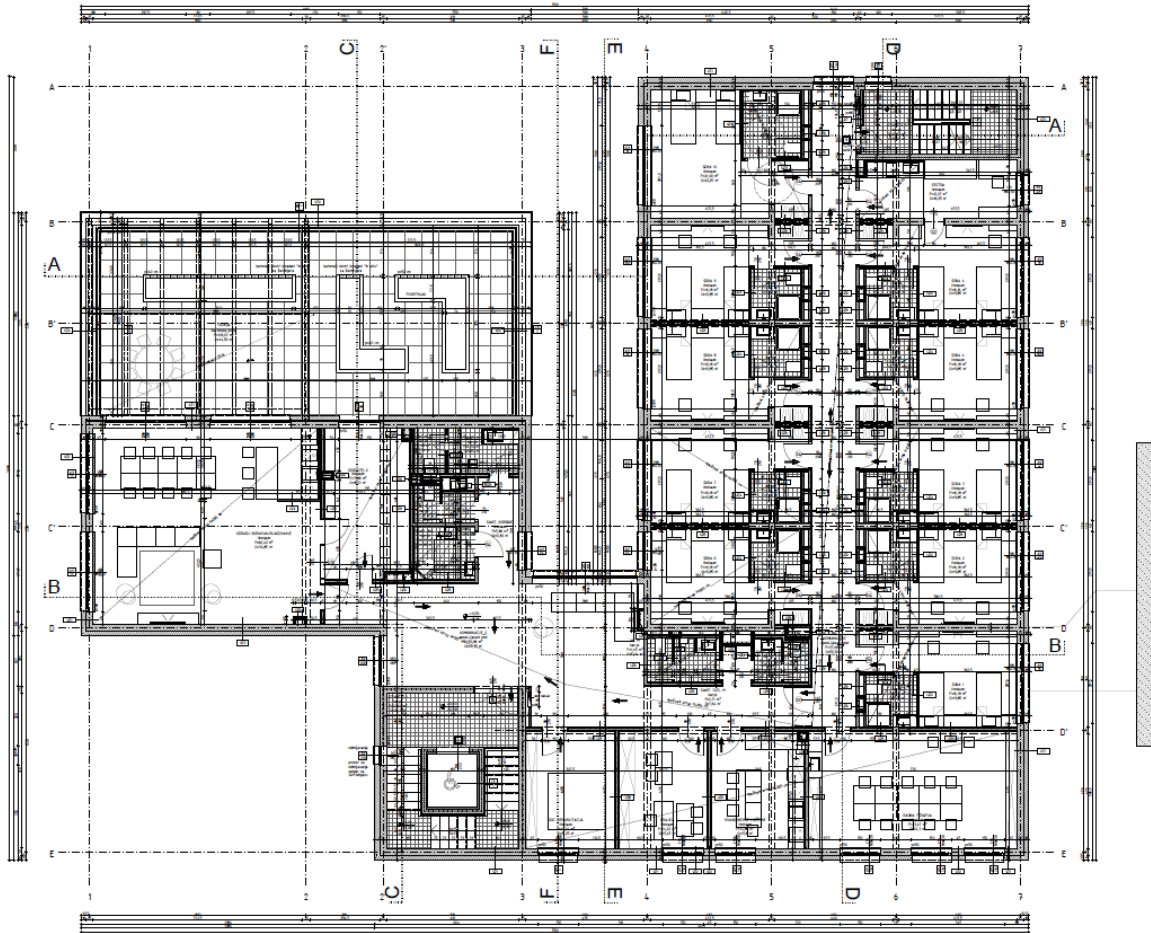
Slika 21. Tlocrt prizemlja – projekt Gradnja i rekonstrukcija Centra za odgoj i obrazovanje „Vinko Bek“ [16]



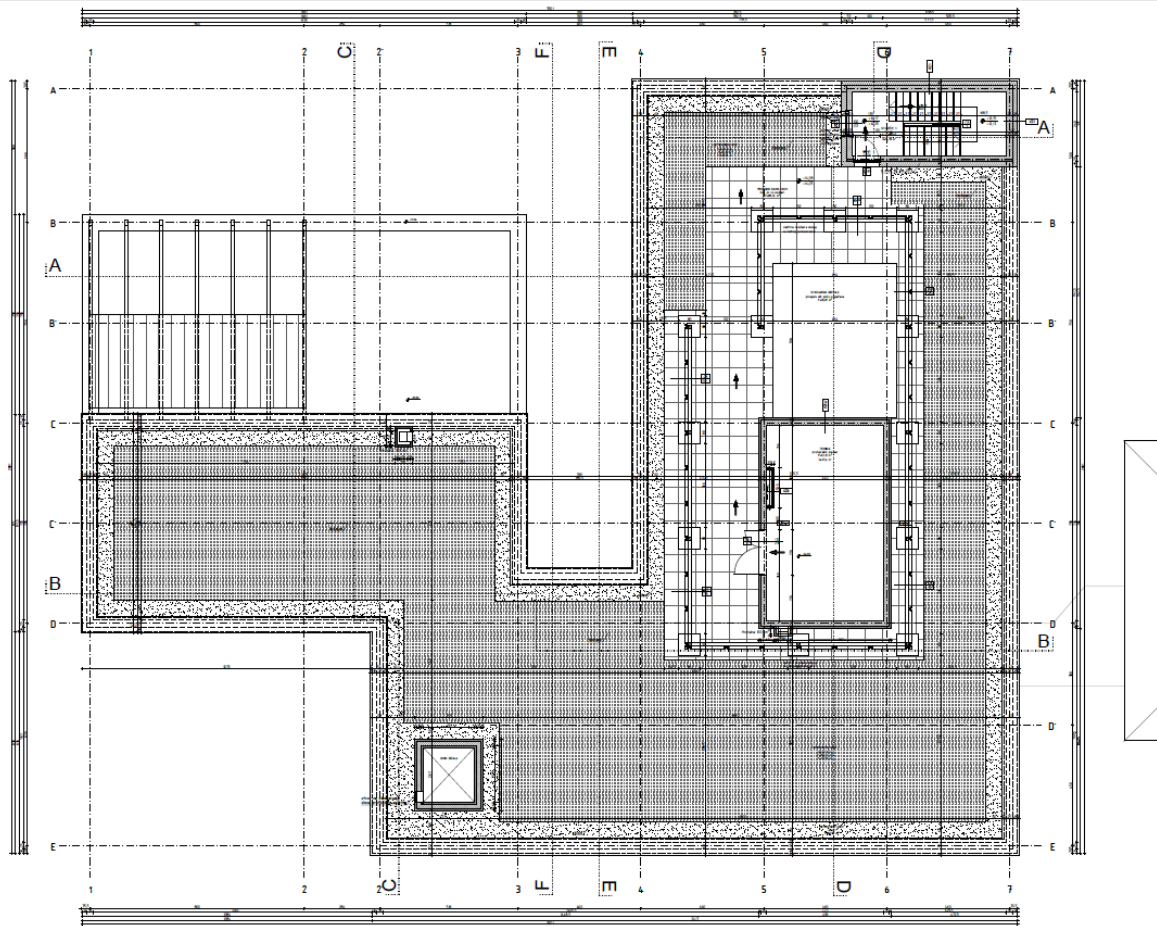
Slika 22. Tlocrt 1. kata – projekt Gradnja i rekonstrukcija Centra za odgoj i obrazovanje „Vinko Bek“ [16]



Slika 23. Tlocrt 2. kata – projekt Gradnja i rekonstrukcija Centra za odgoj i obrazovanje „Vinko Bek“[16]

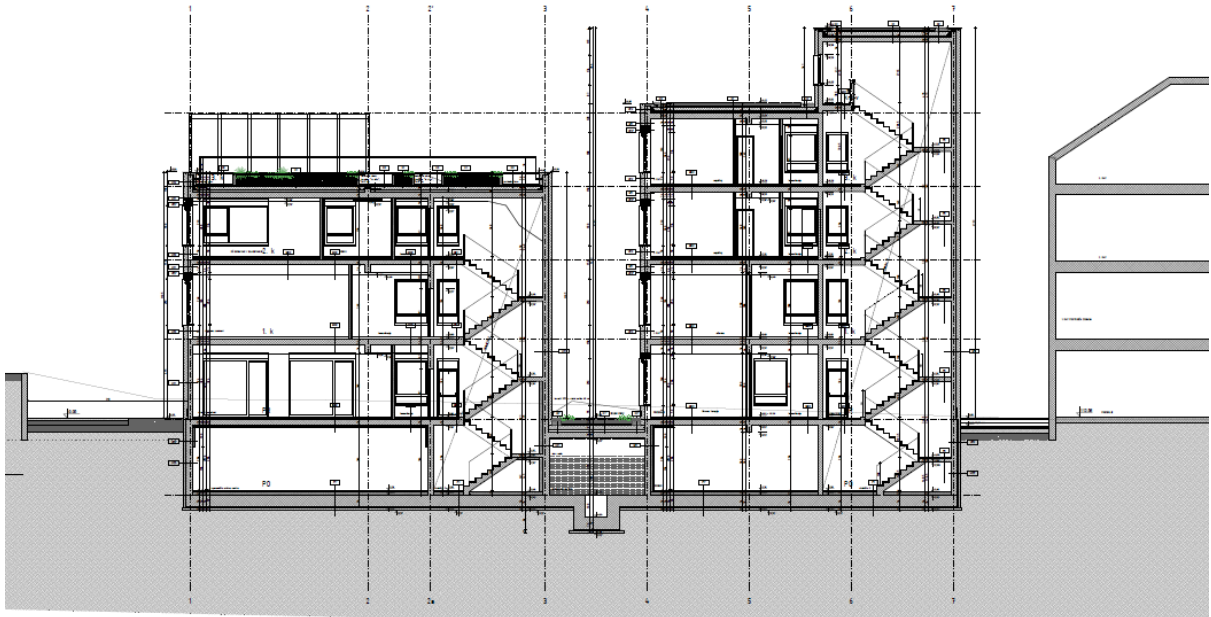


Slika 24. Tlocrt 3. kata – projekt Gradnja i rekonstrukcija Centra za odgoj i obrazovanje „Vinko Bek“ [16]



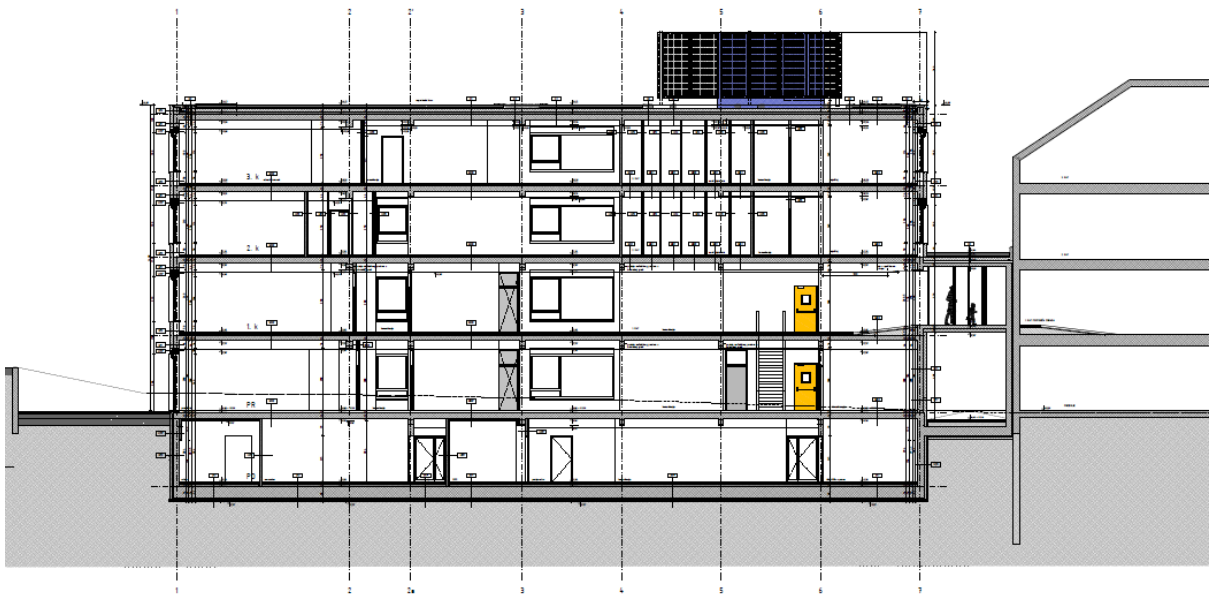
Slika 25. Tlocrt krovne etaže – projekt Gradnja i rekonstrukcija Centra za odgoj i obrazovanje „Vinko Bek“ [16]

AA



Slika 26. Poprečni presjek A-A – projekt Gradnja i rekonstrukcija Centra za odgoj i obrazovanje „Vinko Bek“ [16]

BB



Slika 27. Poprečni presjek B-B – projekt Gradnja i rekonstrukcija Centra za odgoj i obrazovanje „Vinko Bek“ [15]



## 5.2. Specifičnosti projekta i određivanje kritičnih aktivnosti

Ovaj projekt obuhvaća izgradnju novog objekta i rekonstrukciju dijela stare zgrade gdje se spaja sa spojnim mostom sa novom zgradom.

Neke od specifičnosti i kritične aktivnosti u projektu su:

- Jedna od specifičnosti projekta je ta je zgrada namijenjena za slijepce i slabovidne osobe te osobe sa posebnim potrebama. Zbog toga kao uvjet investitora je da su sve razine podova iz prijelaza u različite sobe, hodnike i sanitarije jednake. Što iziskuje izrazito točnu ugradnju cementnog estriha zbog toga što se javljaju 4 vrste podova različitog materijala, a to su epoksidna smola, linoleum, keramičke pločice i tepisoni.
- Također jedna od specifičnosti je i problem kanalizacije i odvodnje. Pošto novi objekt se radi na parceli iza stare zgrade, a nova zgrada se nalazi na topografskoj nižoj poziciji od glavne gradske kanalizacijske mreže što zahtijeva posebne uvjete za odvodnju. Jedini pristup kanalizacijskoj mreži je preko mreže kanalizacije stare zgrade. Zbog toga je potrebno izvesti prepumpnu stanicu koja nije predmet projekta izgradnje nove zgrade nego kao zasebni projekt.
- Zbog toga što su budući korisnici nove zgrade slijepi i slabovidni, uvjeti za njihov boravak moraju biti posebni. To znači da na mjestima je potrebno ugrađivati posebne vrste materijala za zvučnu izolaciju poput dijamantnih gipskartonskih ploča. Vrata svih učionica i prostorija moraju biti u različitoj boji od zidova kako bi korisnici mogli prema kontrastima u boji snalaziti u prostoru što iziskuje posebne narudžbe materijala.
- Zgrada se u cijelost i grije preko podnog grijanja što zahtijeva velike tlačne probe ugrađenih cijevi, poseban dodatak u cementi estrih za grijane podove.
- Za spoj stare i nove zgrade se izvodi spojni armirano betonski most, koji je konstrukcijski dio nove zgrade, te je u potpunosti dilatiran od stare zgrade.
- U sklopu stare zgrade se također nalazi i škola za slijepce i slabovidne, te zbog toga tijekom trajanja školske godine i matura, zabranjeno je proizvoditi veliku buku u određenim periodima dana zbog toga što su to ljudi koji su jako osjetljivi na sluh. Što iziskuje posebne uvjete rada i planiranja kada se može što izvoditi.
- Konstrukcijski zgrada je u potpunosti armiranobetonska što zahtijeva dobru dinamiku dostave armature i betona.

### 5.3. Praćenje izvedbe projekta i utjecaj aktivnosti na produljenje projekta

Ovaj projekt je projektiran 2019. godine i te godine je proveden natječaj. No, međutim investitor je imao poteškoća sa financijama i nije bilo moguće odmah započeti s radovima. Investitor je 2021. godine došao do financija te je htio krenuti u izvođenje, ali zbog toga što je ugovor i troškovnik između izvođača i investitora potpisan 2019. godine izviđač je zahtijevao RUC (Razlika u cijeni) zbog toga što se dogodio veliki rast cijena materijala, te troškovnik više nije odgovarao trenutnim cijenama na tržištu. Investitor je prihvatio i obvezao se da će isplaćivati razliku u cijeni za dovršene radove. Tako je do danas priznat RUC za armiranobetonske radove jer su oni u potpunosti završeni, ali u postupku su izrade ostali RUC-ovi za obrtničke radove.

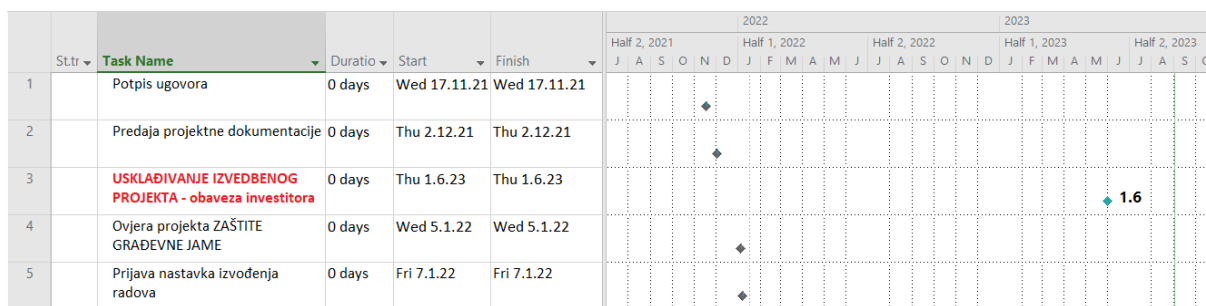
Tijekom izgradnje izvođač je naišao na puno problema u samoj projektnoj dokumentaciji, gdje se nakon izvedbe konstrukcije primijetilo da u projektu oplata nisu ucrtani skoro niti jedni prodori za elektroinstalacije, strojarske instalacije, sprinkler instalacije, vodovodne i kanalizacijske instalacije, samo su bili ucrtani prodori za ventilacijsku instalaciju. Što je kasnije rezultiralo bušenjem konstrukcije dijamananim krunama različitih veličine, a neke su instalacije slagane ispod greda za koje je projektant konstrukcije zabranio bušenje. To stavljanje instalacija ispod greda je zahtijevalo spuštanje projektiranih visina spuštenog stropa i mijenjanje magistrala instalacija. To je dosta utjecalo na troškove projekta i trajanje, jer svako bušenje zahtijeva neko određeno vrijeme, prijava bušenja konstrukcije projektantu i njegovo odobrenje, dodatno naručivanje materijala za mijenjanje i etažiranje magistrala instalacija.

Također nakon što je konstrukcija napravljena, odvodnja krova i odvodni sustav zgrade, hidroizolacija krova, potrebno je bilo napraviti privremenu odvodnju zgrade na vanjski teren. Nije bilo dopušteno spajanje na kanalizacijski sustav stare zgrade jer investitor nije napravio projekte i započeo radove prepumpne stanice koja je potrebna za odvodnju vode, to je napomenuto u prethodnom poglavlju kao kritična aktivnost. To je trenutno aktivnost koja odgađa puno ostalih aktivnosti zbog kojeg se projekt produžuje za 3 mjeseca. Još jedan problem odvodnje se našao na parkiralištu gdje se postavljaju novi slivnici i prespajaju na postojeće šahtove, problem je bio kriva očitavanja visine dna šahtova u projektu sa stvarnom visinom. Na jednom šahtu dno šahta je krivo očitano za 9 cm, što je zahtijevalo izmještanje cijevi i postavljanja cijevi u sami temelj spojnog mosta.

#### 5.4. Prijedlog preslikavanja u gantogram

Prije početka radova potrebno je izvesti planiranje projekta prema uputama koje su dane u poglavlju 3.2. *Definiranje strukture mrežnih planova*. Prema tome odrediti kritične aktivnosti. U slučaju ovog projekta neke specifičnosti i kritične aktivnosti su spomenute u poglavlju 5.2. *Specifičnosti projekta i određivanje kritičnih aktivnosti*. ž

Na slici 27. se može vidjeti postavljanje prekretnice kao „Usklađivanje izvedbenog projekta – obaveza investitora“. Nakon izgradnje cjelokupne konstrukcije, projektna dokumentacija se pokazala nepotpunom gdje su nedostajali prodori. To je predstavljao veliki problem za ostale instalacijske radove pa redovitim praćenjem tog dana je sazvan sastanak kako bi se svi projektanti usuglasili na koji način će instalacije prolaziti i definirati mjesta križanja instalacija.



Slika 28. Prikaz gantograma projekta-postavljanje prekretnica(obrađa autora)

Na slici 28. se vide prekretnice projekta (crvena boja) za izmještanje vodovoda i rekonstrukcije odvodnje. Te prekretnice su bile značajne za projekt jer te obaveze investitora direktno utječu na trajanje projekta. Dok se te aktivnosti ne odrade zgrada se ne smije spojiti na odvodnju što znači da sva voda koja otječe sa krova zgrade mora se usmjeravati oko objekta što otežava rad i stopira ostale izvođače poput vanjske aluminijske stolarije. Ispravno je postavljeno da su te aktivnosti ključni događaji.



## 6. ZAKLJUČAK

Može se zaključiti da su metode planiranja od velikog značaja u građevinskoj industriji. Efikasno planiranje može značajno pridonijeti uspješnom izvršenju građevinskih projekata, smanjenju troškova, poboljšanju kvalitete i skraćanju vremena izgradnje. Različite metode planiranja, kao što su PDM, CPM i PERT, nude različite pristupe i alate za optimizaciju procesa planiranja. Međutim, uspješno planiranje zahtijeva pažljivo razmatranje specifičnosti svakog projekta i prilagodljivost u primjeni odabranih metoda. Uz brz tehnološki napredak i promjene u građevinskoj industriji, konstantno unaprjeđenje metoda planiranja je ključno kako bi se ostvarili optimalni rezultati i konkurentska prednost na tržištu.

Mrežno planiranje je neizostavan element u građevinskoj industriji sa dubokim značajem i utjecajem na uspješnost projekata. Kroz precizno definiranje aktivnosti, vremenskih okvira i međusobnih veza, mrežno planiranje omogućava voditeljima projekta i investitorima da bolje razumiju, kontroliraju i optimiziraju procese izgradnje. Identifikacija kritičnih puteva i kritičnih aktivnosti omogućava efikasno upravljanje resursima i smanjenje rizika od kašnjenja i prekoračenja troškova. Mrežno planiranje omogućava bolju komunikaciju između svih sudionika u građevinskom projektu, što doprinosi smanjenju nesporazuma i poboljšava koordinaciju između različitih timova. Ova metoda također olakšava identifikaciju potreba za promjenama i prilagođavanje planova kako bi se odgovorilo na promjenjive okolnosti. U vrijeme brzih promjena i kompleksnih projekata, mrežno planiranje ostaje ključni alat za postizanje efikasnosti, smanjenje troškova i osiguravanje kvalitete u građevinskoj industriji. To čini ovu metodologiju neprocjenjivom za uspješno vođenje projekata u ovoj dinamičnoj i zahtjevnoj industriji.

Kritične aktivnosti su ključni elementi u mrežnom planiranju projekata. Identifikacija i pažljivo praćenje kritičnih aktivnosti omogućavaju voditeljima projekta da fokusiraju svoju pažnju na najvažnije zadatke kako bi se osigurala uspješna realizacija projekata. Kritične aktivnosti predstavljaju dio projekta, gdje kašnjenje u jednoj aktivnosti može prouzrokovati kašnjenje u cjelokupnom projektu. Metode kao što su CPM i PERT pružaju efikasne alate za identifikaciju i upravljanje kritičnim aktivnostima. U današnjem dinamičnom poslovnom okruženju, razumijevanje i efikasno upravljanje kritičnim aktivnostima postaje još važnije kako bi se projekti završili na vrijeme, unutar troškova sa visokom razinom uspješnosti.

## LITERATURA

- [1] Sharmark W. *Dynamic Network Planning in Construction Projects using Configurable Reference Process Models*, Dresden, Techinschen Universitat Dresden; 2011
- [2] Mandić Ž., Car-Pušić, Marović I., *Utvrdjivanje vremenskih i troškovnih odstupanja na primjeru projekta stambene gradnje u Štinjanu*, Rijeka, Sveučilište u Rijeci Građevinski fakultet; 2022
- [3] Antill James M., Woodhead Ronald W., *Critical path methods in costruction practice 4th Edition*, New Jersey, Wiley Interscience, 1991
- [4] Nahod Maja-Marija, *Predavanje Tehnike planiranja*, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, 2022
- [5] Shah A., *PERT vs CPM : A cross review analysis*, Indija, International Journal of Social Impact, 2021
- [6] Wiest J.D., *Journal of Operations Management : Precedence Diagramming Method: Some Unusual Characteristics And Their Implications For Project Managers*, Utah, 1981
- [7] Kolarić S., *Vježbe dinamičko planiranje*, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, 2021
- [8] Lee S. H., Pena-Mora F., Park M., *Automation in Construction: Dynamic planning and control methodology for strategic and operational construction project management*, vol. 15 izdanje 1., 2006
- [9] Mubarak S., *Construction Project Scheduling and Control 4th Edition*, New Jersey, John Wiley & Sons, 2019
- [10] Avakumović Č., Avakumović J., Vujačić N., Milinković M., *Računarski softveri i njihova primena u menadžentu poslovno proizvodnih sistema građevinarstva*, Beograd, 2010
- [11] <https://www.primaverascheduling.com/product/primavera-p6-eppm/>
- [12] Sanner J., Lacourciere B., *What is Autodesk Construction Cloud*, 2020 [Online] Dostupno : <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/What-Construction-Cloud-2020#presentation> (Pristupljeno: 18.08.2023.)
- [13] Project Management Institute, *The standard for project management and a guide to the project management body of knowledge*, Pennysylvania USA, 2021
- [14] Project Management Institute, *Practice Standard for scheduling*, Pennysylvania USA, 2021
- [15] Nahod, M.-M., *Utjecaj kompetentnog upravljanja promjenama na uspješnost građevinskih projekata*, doktorska disertacija, Zagreb, Građevinski fakultet, Zagreb, 2014
- [16] Lončar Filjar I., *Gradnja i rekonstrukcija centra za odgoj i obrazovanje „Vinko Bek“*, Jadranovo d.o.o., Zagreb, 2019