

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*

*Janova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si*



Visokošolski strokovni študij  
gradbeništva, Smer operativno  
gradbeništvo

Kandidat:

**Emir Kumalić**

# **Optimizacija časovnega poteka in tehnologije gradnje - izbrani primer trgovsko poslovnega objekta**

**Diplomska naloga št.: 359**

**Mentor:**  
izr. prof. dr. Jana Šelih

Ljubljana, 2010

## **STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA**

<b>Stran z napako</b>	<b>Vrstica z napako</b>	<b>Namesto</b>	<b>Naj bo</b>
-----------------------	-------------------------	----------------	---------------

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

**Podpisani Emir Kumalić izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:  
»OPTIMIZACIJA ČASOVNEGA POTEKA IN TEHNOLOGIJE GRADNJE –  
IZBRANI PRIMER TRGOVSKO-POSLOVNEGA OBJEKTA«**

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL, Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo

Ljubljana, \_\_\_\_\_2010

---

## **IZJAVA O PREGLEDU NALOGE**

Nalogo so si ogledali predavatelji Fakultete za gradbeništvo in geodezijo-operativna smer:

## **BIBLIOGRAFSKO - DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

<b>UDK:</b>	<b>65.012:69(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Emir Kumalić</b>
<b>Mentor:</b>	<b>doc. dr. Jana Šelih, univ. dipl. inž.grad.</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Optimizacija časovnega poteka in tehnologije gradnje – izbrani primer trgovsko-poslovnega objekta</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	
<b>Ključne besede:</b>	<b>tehnologija dela, organizacija gradbišča, terminski plani, teorija planiranja, shema podjetja</b>

### **Izvleček**

Glede uspeha na gradbišču ima ključni pomen terminski plan, ki nam omogoča časovno organiziranje gradbišča in zanesljivo ocenjevanje poteka gradnje.

Diplomska naloga obravnava organizacijo gradbišča in tehnologijo gradnje s poudarkom na optimizaciji terminskih planov na primeru trgovsko-poslovnega objekta, ki se bo gradil v Ljubljani. Po uvodnem delu je opisan objekt oz poslovno-trgovski center. Nadalje je v diplomski nalogi opisana tehnologija dela in pripravljalna dela. Podrobneje je predstavljeno organizacija gradbišča, z vsemi pripadajočimi načrti in izračuni.

Glavni namen naloge je izdelava kakovostnih terminskih planov za trgovsko-poslovni objekt. V ta namen sem preveril možnosti skrajšanja posameznih aktivnosti, ki bi lahko vodile k stroškovno in časovno optimiziranem poteku del. Posvetil sem se zlasti vplivu izbire težke mehanizacije in opažnega sistema.

## **BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

**UDC:** 65.012:69(043.2)  
**Author:** Emir Kumalić  
**Supervisor:** assist. prof. dr. Jana Šelih, univ. dipl. inž.grad.  
**Title:** Construction execution and techology optimization – commercial and business building case study  
**Notes:**  
**Key words:** construction technology, organization of construction site, time - schedule, theory of plan, scheme of company

### **Abstract**

The key element for successful construction site is time-schedule, which allows us time organizing of construction site itself and reliable evaluation of construction course. In my work I discuss organization of construction site and construction technology, with emphasis on optimization of time-schedule. I applied it on the case of commercial-business object, which will be built in Ljubljana. After introduction, I have described this object further I described work technology and preparatory work is presented. Organization of construction site, with all associated plans and calculations, is presented in detail. The main purpose of my work was to make quality time-schedule for the facility under consideration. In order to achieve this goal, various options leading to time to completion time reduction were analyzed. In particular, I analyzed selection of heavy construction equipment and form work system.

## KAZALO VSEBINE

### 1.0 UVOD

<i>1.1</i>	<i>Opredelitev problema</i> .....	<i>1</i>
<i>1.2</i>	<i>Namen naloge</i> .....	<i>2</i>

### 2.0 ZGODOVINSKI RAZVOJ ORGANIZACIJE.....2

### 3.0 OPIS OBJEKTA

<i>3.1</i>	<i>Podatki o projektu</i> .....	<i>6</i>
<i>3.2</i>	<i>Splošno</i> .....	<i>6</i>
<i>3.3</i>	<i>Podatki o lokaciji in objektu</i> .....	<i>7</i>
<i>3.3.1</i>	<i>Lokacija</i> .....	<i>7</i>
<i>3.3.2</i>	<i>Obstoječe stanje</i> .....	<i>8</i>
<i>3.3.3</i>	<i>Prometna ureditev</i> .....	<i>8</i>
<i>3.3.4</i>	<i>Programska zasnova</i> .....	<i>9</i>
<i>3.3.5</i>	<i>Objekt</i> .....	<i>11</i>

### 4.0 TEHNOLOGIJA BETONIRANJA

<i>4.1</i>	<i>Splošno o tehnološki pripravi dela</i> .....	<i>18</i>
<i>4.2</i>	<i>Oblikovanje tehnoloških procesov grajenja</i> .....	<i>19</i>
<i>4.3</i>	<i>Opis tehnologije betoniranja</i> .....	<i>24</i>
<i>4.3.1</i>	<i>Priprava in transport betona</i> .....	<i>24</i>
<i>4.3.2</i>	<i>Vgrajevanje betona</i> .....	<i>25</i>
<i>4.3.2.1</i>	<i>Mehanizacija</i> .....	<i>25</i>
<i>4.3.2.2</i>	<i>Priprava za betoniranje</i> .....	<i>26</i>
<i>4.3.2.3</i>	<i>Potek betoniranja</i> .....	<i>27</i>
<i>4.3.2.4</i>	<i>Delovni oder</i> .....	<i>28</i>
<i>4.3.3</i>	<i>Kontrola kakovosti betona</i> .....	<i>29</i>

## 5.0 PRIPRAVA NA GRADNJO

5.1	<i>Splošno o operativni pripravi grajenja</i> .....	29
5.2	<i>Organizacija gradbišča</i> .....	30
5.2.1	<i>Tehnično poročilo k projektu organizacije gradbišča</i> .....	31
5.2.2	<i>Organizacijska shema ureditev gradbišča</i> .....	35
5.3	<i>Opis organizacije gradbišča Kristalna Palača</i> .....	37

## 6.0 OPERATIVNI PLANI

6.1	<i>Vrste operativnih planov</i> .....	45
6.1.1	<i>Statični spremljajoči plan</i> .....	46
6.1.1.1	<i>Podatki potrebni za izdelavo statičnih spremljajočih planov</i> .....	46
6.1.1.2	<i>Statični plan delovne sile</i> .....	46
6.1.1.3	<i>Statični plan mehanizacije</i> .....	47
6.1.1.4	<i>Statični plan materialov</i> .....	48
6.1.2	<i>Dinamični oz. terminski plan</i> .....	48
6.1.2.1	<i>Gantogramski terminski plan</i> .....	48
6.1.3	<i>Mrežni terminski plan</i> .....	53

## 7.0 OPTIMIZACIJA TERMINSKEGA PLANA

7.1	<i>Preprečiti naravno povzročene izgube</i> .....	56
7.1.1	<i>Vplivi in omejitve na gradnjo objekta Kristalna Palača</i> .....	56
7.1.1.1	<i>Preprečitev podaljševanja časa gradnje s pomočjo določenih ukrepov</i> .....	60
7.2	<i>Preprečiti izgube pri mehanizaciji in opremi</i> .....	65
7.2.1	<i>Slabo oblikovan tehnološki proces</i> .....	65
7.2.1.1	<i>Predlog optimizacije gradbenih del na primeru Kristalne palače</i> .....	66
7.2.1.2	<i>Nepprimerno planiranje in slab raspored mehanizacije in opreme</i> .....	77
7.2.2	<i>Izguba zaradi komunikacije med gradbiščem in vodstvom</i> .....	81
7.2.3	<i>Izguba pri delu</i> .....	84
7.2.4	<i>Izguba pri materialu in energiji</i> .....	85



<b>8.0 ZAKLJUČEK</b> .....	<b>87</b>
----------------------------	-----------

<b>VIRI</b> .....	<b>88</b>
-------------------	-----------

<b>PRILOGE</b> .....	<b>91</b>
----------------------	-----------

## KAZALO SLIK

<b>Slika 1:</b>	Primer organizacije pri gradnji egiptovske piramide .....	3
<b>Slika 2:</b>	Taylorjev sistem funkcionalne organizacije dela.....	3
<b>Slika 3:</b>	Primer Ganttov plan oz gantogram-a.....	4
<b>Slika 4:</b>	Emersonov sistem linijsko-štabne organizacije dela.....	5
<b>Slika 5:</b>	Fayolov sistem hierarhične organizacije dela.....	5
<b>Slika 6:</b>	Lokacija trgovsko-poslovnega objekta Kristalna palača.....	7
<b>Slika 7:</b>	trgovsko-poslovni objekt Kristalna palača.....	10
<b>Slika 8:</b>	Tloris poslovnega nebotičnika – pisarne.....	12
<b>Slika 9:</b>	Tloris trgovskega dela objekta – trgovine.....	13
<b>Slika 10:</b>	Sintetična folija HDPE.....	17
<b>Slika 11:</b>	Izkop gradbene jame.....	20
<b>Slika 12:</b>	bager CAT 325D.....	21
<b>Slika 13:</b>	buldožer CAT D6R.....	21
<b>Slika 14:</b>	greder.....	22
<b>slika 15:</b>	valjar.....	22
<b>Slika 16:</b>	vibrovaljar BOMAG BW90.....	22
<b>Slika 17:</b>	Transport betona od betonarne do gradbišča.....	23
<b>Slika 18:</b>	Vibrirna letev Tremix EASY STRIKE.....	26
<b>Slika 19:</b>	Vsebinska delitev projekta organizacije dela.....	29
<b>Slika 20:</b>	Organizacijska shema velikih gradbišč.....	33
<b>Slika 21:</b>	Primer organizacije na gradbišču .....	36
<b>Slika 22:</b>	Gradbiščna ograja.....	37
<b>Slika 23:</b>	umivalnica na gradbišču.....	40
<b>Slika 24:</b>	Primer žerjav na gradbišču.....	42
<b>Slika 25:</b>	Začasna deponija izkopanega zemeljskega materiala.....	43
<b>Slika 26:</b>	opozorilna gradbiščna tabla.....	44
<b>Slika 27:</b>	napisna gradbiščna tabla.....	44
<b>Slika 28:</b>	Vrste Planov.....	46
<b>Slika 29:</b>	Časovni prikaz stroškov v primeru nedejavnosti.....	49

<b>Slika 30:</b>	terminski plan v računalniški obliki.....	49
<b>Slika 31:</b>	Metoda puščičnega mrežnega diagrama.....	54
<b>Slika 32:</b>	Metoda mrežnega diagrama.....	54
<b>Slika 33:</b>	Primer dvojnega opaža s segrevanjem betona s toplim zrakom.....	63
<b>Slika 34:</b>	Organizacijska shema poslovnega sistema SCT.....	83

## KAZALO PREGLEDNIC

<b>Preglednica 1:</b>	Statični plan delovne sile.....	47
<b>Preglednica 2:</b>	Statični plan mehanizacije.....	47
<b>Preglednica 3:</b>	Statični plan materialov.....	48
<b>Preglednica 4:</b>	delež pridobljene tlačne trdnosti betona pri različnih temperaturah zraka.....	60
<b>Preglednica 5:</b>	Zrnastost posameznih frakcij.....	62
<b>Preglednica 6:</b>	Skupna sestava zrn kamenega agregata – max zrno 16 mm.....	62
<b>Preglednica 7:</b>	Sestava betona za zimsko betoniranje.....	62
<b>Preglednica 8:</b>	določanje števila delovnih ur bagra.....	67
<b>Preglednica 9:</b>	dejanska mesečna poraba betona.....	70
<b>Preglednica 10:</b>	faktorji za opažni sistem Dokaflex.....	72
<b>Preglednica 11:</b>	Norme za opažni sistem Dokaflex.....	72
<b>Preglednica 12:</b>	norme in faktorji za opažni sistem Bled plošče.....	72
<b>Preglednica 13:</b>	Določevanje časa za opažerska dela v primeru uporabe Dokaflex sistema.....	75

## KAZALO GRAFIKONOV

<b>Grafikon 1:</b>	Povprečne dnevne temperature v Ljubljani v obdobju 1960 – 2009.....	59
<b>Grafikon 2:</b>	Povprečne minimalne temperature zraka v Ljubljani v obdobju 1960-2009.....	60
<b>Grafikon 3:</b>	Povprečne maksimalne temperature zraka v Ljubljani v obdobju 1960-2009.....	64
<b>Grafikon 4:</b>	Letno proizvodnja betona v letu 2008.....	70
<b>Grafikon 5:</b>	Letni plan za mehanizacijo – bager.....	78
<b>Grafikon 6:</b>	Letni plan za mehanizacijo – greder.....	78
<b>Grafikon 7:</b>	Ukrepi, povezani z varnostjo in zdravjem, proti izgubi časa ter stroškov na gradbišču.....	85

## 1 UVOD

### 1.1 Opredelitev problema

"Pravilno izrabljen dan pomeni več kot zapravljeno leto" Ura izgubljena ne vrne se nobena!" Že sam Kitajski pregovor govori, da je treba racionalno uporabljati čas. Da lahko racionalno uporabljamo čas, je treba v življenju in v poklicu biti organiziran.

Ker je tempo življenja vse hitrejši in nam čas prinaša dobiček, je treba čas organizirati tako, da smo vladarji časa mi in zato je potrebno v gradbeniškem poklicu dobro organizirati gradbišče in samo usklajenost projektne ekipe, ki sta pogoj, da je gradbeni projekt uspešen.

O načrtovanju realnih projektov ima večina mnenje, da s tovrstnimi opravili (operativno planiranje) ne bo težav. V mnogih primerih se kaj kmalu izkaže, da je ravno načrtovanje takšnih in drugačnih projektov zelo pomembno in nam na koncu lahko prihrani mnogo živcev, časa in denarja.

Beseda »plan« ima različne pomene. Prvenstveno pomeni projekt ali načrt, pomeni pa tudi predvidevanje dogodkov.

O planiranju govorimo takrat, ko predvideni dogodek doseže določen cilj. V odvisnosti od vrste dogodkov, ki jih s planiranjem predvidevamo, ločimo v več panog:

- družbene plane
- gospodarske plane
- operativne plane

V gradbenih izvajalskih podjetjih nas najbolj zanima operativni plan. Operativni ali proizvodni so kratkoročni plani proizvodnih enot, obratov, delavnic in gradbišč. Z njimi opredeljujemo časovni potek proizvodnje, lahko pa vključujejo še spremljajoče plane ( plan količin, delovne sile, mehanizacije, materialov). Osnovni cilj operativnih planov je zgrajen gradbeni objekt, skladen z zahtevami, ki so podane v projektni dokumentaciji, ki je dokončan v dogovorjenem roku. Za doseganje tega cilja moramo določiti vse potrebne aktivnosti, kot je zmanjševanje stroškov in kontinuirano izrabo delovnih sredstev, predmetov dela in delavcev ter z možnostmi učinkovitega usklajevanja tehnoloških procesov.

V praksi se pogosto izkaže, da plani niso dovolj skrbno pripravljene ne upoštevajo vseh okoliščin ali so narejeni s pomočjo neustreznih tehnik, zato je navedene projektne cilje težko realizirati.

## **1.2 NAMEN NALOGE**

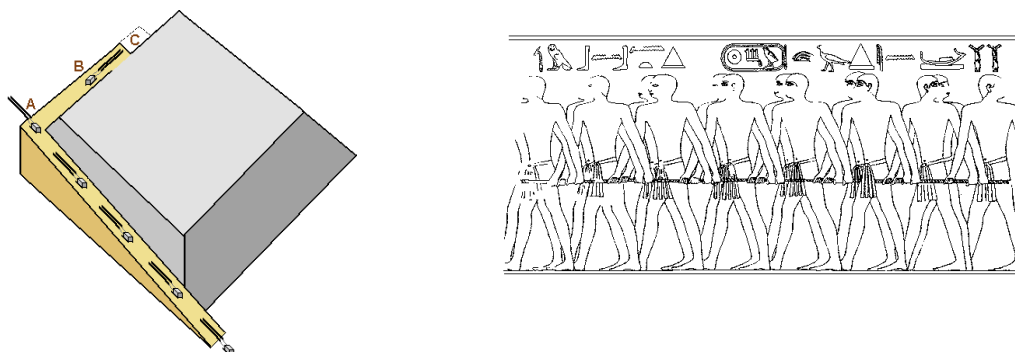
V sami fazi gradnje želimo doseči čim bolj kakovostno in časovno optimalno gradnjo, zato mora izvajalec podjetja v današnjem času v fazi planiranja uporabiti ustrezna orodja, ki vodijo k čim boljši organizaciji gradbišča oz podjetja in k zmanjšanju stroškov gradnje.

Namen diplomske naloge je tako podrobnejša predstavitev izvedbene faze gradbenega projekta, kjer je glavni poudarek na pripravi na delo, natančneje na področju optimizacije tehnologije in organizacije dela ter operativnih planov. Predvsem želim optimizirati oz. izboljšati posamezne elemente že izdelanega projekta organizacije gradnje ter pripadajočega terminskega plana.

## **2.0 ZGODOVINSKI RAZVOJ ORGANIZACIJE**

Težko je govoriti o prvih poskusih proučevanja organizacije, ker za to ni ohranjenih virov. Trdimo pa lahko, da so se zametki organizacije dela pojavili že v prvih procesih pridobivanja materialnih dobrin. Organizacija dela je skozi stoletja postopoma prehajala skozi tri faze in sicer iz intuitivnega pristopa organiziranja dela do organizacije podjetij, imenovano tudi organizacija poslovanja, kar se je pojavilo šele z razmahom industrializacije v začetnem obdobju kapitalizma.

Za obdobje starega veka je značilno stihijska organizacija dela: Egiptovske piramide, ki so jih gradili pred okoli 2500 let pred našim štetjem, so rezultat dela velikega števila ljudi. Glede na takratne delovne možnosti lahko sklepamo, da je le s smotrnim organiziranjem velikega števila posameznikov bilo mogoče zgraditi tako mogočne objekte.

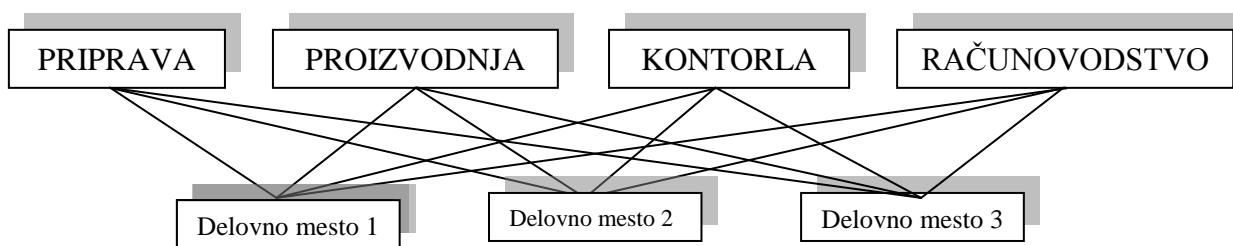


**Slika 1:** Primer organizacije pri gradnji egiptovske piramide (Vir podatkov:

<http://www.cheops-pyramide.ch/>)

V tretjem stoletju pred našim štetjem je bil zgrajen kitajski zid. Dokazano je, da so bili pri gradnji teh objektov prvič uporabljeni pristopi za preprosto planiranje časa in merjenja učinkov opravljenega dela. Prvič je bilo organizirano tudi razdeljevanje hrane za masovne potrebe

Prehod od stihijskega k izkustvenemu, to je empirično obravnavanje organizacije, se je začelo od Francisca Bacona v 13. stoletju pa do Reneja Descartesa in Savaryja v 17. stoletju. Prelomnico v proučevanju organizacije pa zaznamuje pionirsko delo F.W. Taylorja, ki je leta 1903 v ZDA objavil delo Shop Management (Taylor, 1903), ki šteje za prvo celovito znanstveno delo s področja organizacije. Taylor utemelji in predlaga funkcionalni sistem organizacije dela, kot ga prikazuje slika 2.

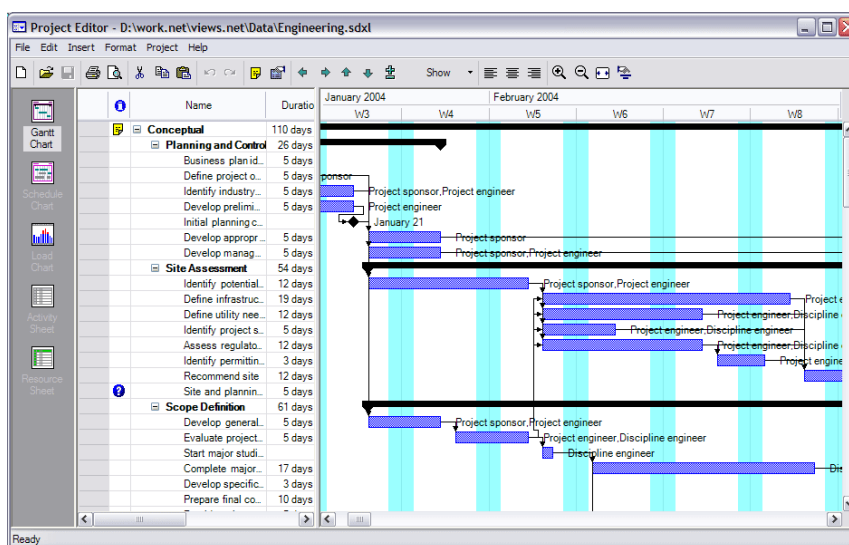


**Slika 2:** Taylorjev sistem funkcionalne organizacije dela (Rodošek, 1985)

Med klasiki znanstvene organizacije v ZDA pa ne gre prezreti še Gantta in Emersona. Henry L. Gantt je kot Taylorjev sodelavec proučeval predvsem načrtovanje dela. Njegova najpomembnejša doprinos je postavitev ene od klasičnih metod terminskega planiranja, ki se po njem imenuje Ganttov plan ali gantogram (slika 3). Posledice teh dognanj so izzvale

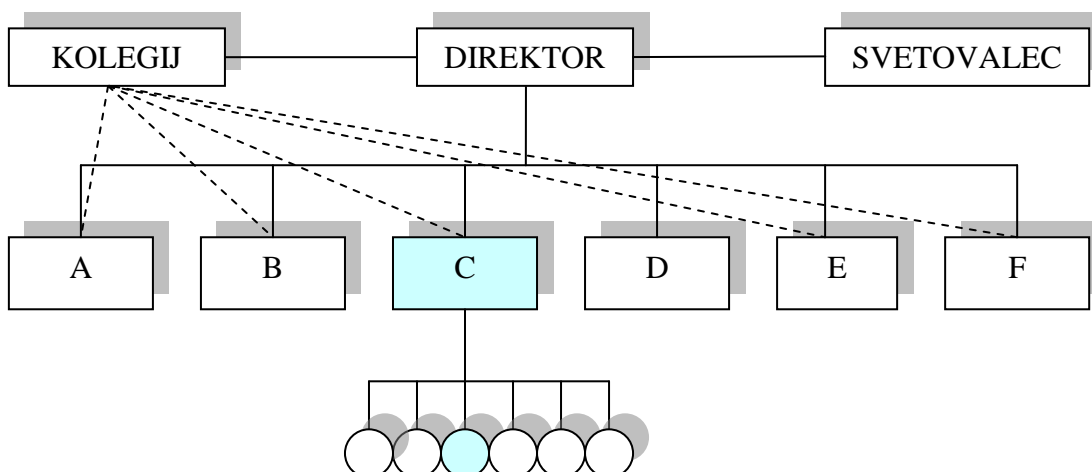


revolucionaren odziv na trgu izdelkov. Racionalizacija proizvodnje je rezultirala v povečani produktivnosti (oz. večjemu številu izdelkov na časovno enoto). Cena proizvoda se je zato lahko bistveno znižala, kar je pomenilo, da so podjetja, ki organizacijskih izboljšav niso uvedla, postala nekonkurenčna. Povečana ponudba cenejših proizvodov na trgu je omogočila preživetje le najboljših proizvajalcev. Tako je npr. leta 1903 obstajalo 3000 podjetij, ki so se ukvarjala s proizvodnjo avtomobilov. Leta 1930 jih je bilo le še okoli 30.



**Slika 3:** Primer Ganttov plan oz gantogram-a (Vir podatkov: <http://www.gantt-chart.biz/gantt-charting-made-easy/>)

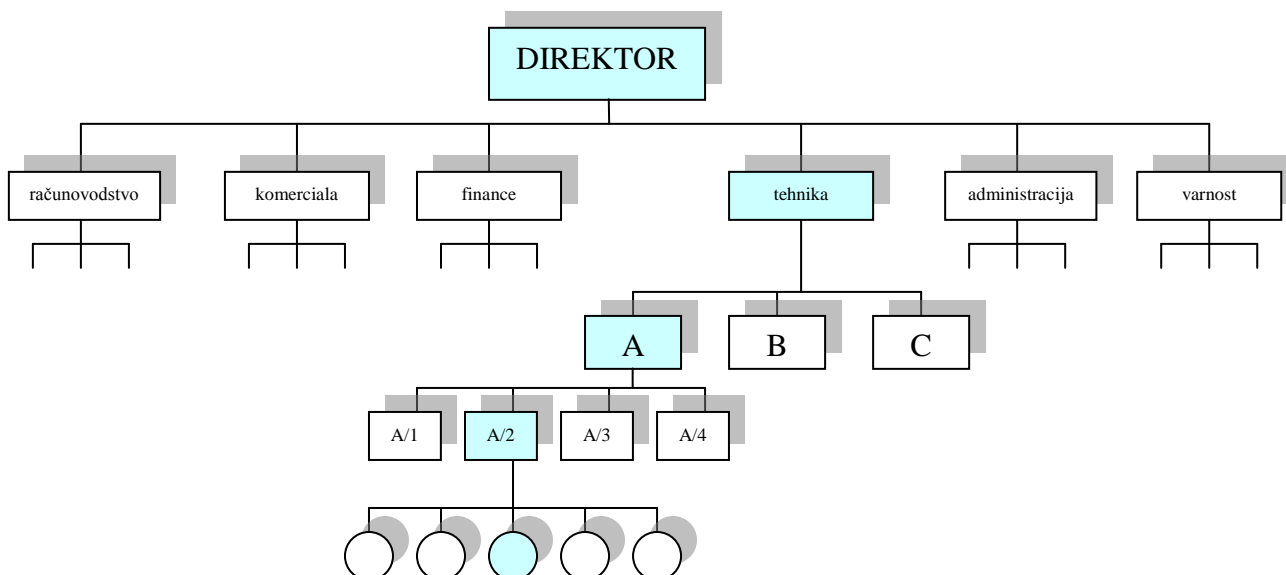
Ameriški teoretik H. Emerson je bil prav tako Taylorjev sodelavec in njegov naslednik. Doumevamo lahko, da je poznal tudi izsledke raziskovanja H. Fayola, saj se njegovi sklepi nanašajo na dopolnitev funkcionalnega vodenja z elementi upravnega sistema vodenja. Njegov poglaviti doprinos k organizaciji dela je utemeljitev teoretične zasnove funkcionalno hierarhičnega sistema organizacije podjetja. Emerson je združil in uskladil nekatere prvine Taylorjeve funkcionalne organizacije in Fayolovega štabnega sistema vodenja organizacije in ustvaril novo, linijsko-štabno organizacijsko strukturo. (Pšunder, 2008)



**Slika 4:** Emersonov sistem linijsko-štabne organizacije dela (Vir podatkov: Rodošek 1985)

Razvoj znanstvene organizacije v Evropi je drugačen od razvoja v ZDA. Evropske teoretike so zanimali predvsem problemi organizacije podjetja in organizacijska načela, ki uravnavajo funkcije in procese v podjetju, s skupnim imenom upravno vodenje. Evropski teoretiki so v takratnih proučevanjih upoštevali predvsem sociološki vidik organizacije.

V Evropi je prvo znanstveno razlago organizacije podal Francoz H. Fayol, ki je leta 1908 predstavil rezultate svojega raziskovanja v delu *L'exposé de Principes Généraux D'administration* (Fayol, 1908). V svojem delu *Administration Industrielle et Générale* (Fayol, 1925) iz leta 1925 je podrobneje predstavil svoje poglede na poglobitve elemente organizacije in tako postavil temelje administrativnega managementa. Menil je, da lahko vsa dela in naloge razdelimo na šest skupin: tehnična, komercialna, finančna, računovodska, varnostna in administrativna funkcija. Slednje je smatral kot najpomembnejše.



**Slika 5:** Fayolov sistem hierarhične organizacije dela (Vir podatkov: Rodošek 1985)

Nobeden od teh avtorjev se ne ukvarja specifično z organizacijo gradbenih podjetij, za katera je značilno projektno delo, kjer je skrbno načrtovanje in planiranje dela še posebej pomembno. Današnja slovenska gradbena podjetja v svoji organizaciji sledijo Emersonovi organizacijski shemi, pri čemer je proizvodna/tehnična enota razdeljena na trenutne projekte.

V diplomski nalogi bom v nadaljevanju predstavil enega od projektov večjega slovenskega gradbenega podjetja.

### **3.0 OPIS OBJEKTA**

#### **3.1 Podatki o projektu**

naziv objekta:	STOLPNICA BTC II
investitor:	BTC d.d., Šmartinska c. 152, SI-1000 Ljubljana
kraj lokacije objekta:	Ljubljana
naslov objekta:	Šmartinska cesta
projektant:	ATELJE S, d.o.o., Šmartinska 152, p.p. 4086, SI-1000 Ljubljana

#### **3.2 Splošno**

Investitor BTC d.d. namerava na območju BTC ob hali A in južno od obstoječe stolpnice in poslovne stavbe Simobil zgraditi nebotičnik Kristalna Palača (slika 6) (V času pisanja diplomske naloge oz. pridobitev podatkov, je objekt Kristalna palača bil v fazi izkopa gradbene jame). V sklopu novogradnje se načrtuje tudi preureditev prometa ob zahodnem pročelju dvorane A (vzhodno od predvidene novogradnje) iz enosmerne v dvosmerno cesto skladno z določili prostorskega akta. Prvotno načrtovan rok izgradnje je leta 2011.



**Slika 6:** Lokacija trgovsko-poslovnega objekta Kristalna palača

(Vir podatkov: Skai Center d.o.o.)

Cilj projekta je ustvariti navzven odprto in hkrati kompaktno strukturo programskih enot, ki se medsebojno prepletajo in dopolnjujejo. Pretežno avtonomen objekt bo generiral prostor z intenzivnimi razvojnimi učinki na okolico. Rešitev se mozaično vklaplja v infrastrukturno mrežo območja in pušča strukturo širšega prostora odprto za raznotere prihodnje razvojne tokove.

Rešitev razvija obstoječe nastavke javnega prostorskega tkiva Aleja mladih s centralnim javnim prostorom in postavlja gravitacijsko središče območja. Novi nebotičnik vzpostavlja osrednje simbolno mesto območja in je zasnovano kot multiprogramski in multifunkcijski kompleks, kjer se srečajo vsi potenciali obstoječega prostora. Projekt predvideva prepletanje programov in prostorskih funkcij, ki se združujejo preko javnih in poljavnih prostorov.

### 3.3 Podatki o lokaciji in objektu

#### 3.3.1 Lokacija

Poseg je predviden na območju BTC City-a v Ljubljani. Lokacija predvidenega posega se nahaja južno od obstoječe stolpnice BTC in upravne stavbe Simobil.

### **3.3.2 Obstoječe stanje**

#### **Dostopnost**

Lokacija je dostopna po obstoječi interni enosmerni cesti, ki povezuje severna in južna vrata BTC Cityja. Cesta poteka po vzhodnem robu parcele. Dostop na parcelo je po začasno urejeni makadamski klančini, ki premaguje nivojsko razliko.

#### **Objekti na zemljišču**

Obstoječe zemljišče predstavlja raven plato, na katerem ni objektov na območju prometne ureditve vzdolž dvorane A je obstoječa enosmerna cesta v smeri sever – jug in parkirišča ob dvorani A.

#### **Gospodarska javna infrastruktura**

Na območju BTC City-ja so sledeči obstoječi vodi gospodarske javne infrastrukture:

- vodovodno omrežje
- kanalizacijsko omrežje (mešani sistem)
- elektroenergetsko omrežje
- vročevodno omrežje
- telekomunikacijsko omrežje

Projekt predvideva nov priključek na vročevod, nov priključek na kanalizacijsko omrežje in priključek na obstoječa interna vodovodno in telekomunikacijsko omrežje. Priključki so obdelani v načrtih, ki so integralni del projektne dokumentacije.

### **3.3.3 Prometna ureditev**

Dostopi do objekta se urejajo po severnem in zahodnem robu gradbene parcele. Dostopanje do površin za mirujoči promet je s severno-zahodnega vogala območja obdelave.

Ureditev prometa med severnim krožiščem ob obstoječi stolpnici BTC in južnim krožiščem pri tržnici BTC je predmet posebnega načrta tega projekta in predvideva ureditev

dvosmernega prometnega režima med novogradnjo in dvorano A v profilu, ki ga določa prostorski akt.

Ob severnem pročelju stolpnice se uredi hitro parkiranje in parkirana mesta za taksi službe. Zunanje parkiranje se uredi še ob zahodnem pročelju nebotičnika, vse ostali mirujoči promet pa se umesti v kletne etaže.

Prva klet bo namenjena javnemu parkiranju obiskovalcev nebotičnika in programa v pritličnem delu, druga in tretja klet pa uporabnikom nebotičnika. Omogočen bo nadzor nad vstopanjem v dele nebotičnika, ki niso javnega značaja. Dostava se bo vršila preko 1. kletne etaže, za kar je predvidena višina 2,70 m, kar omogoča dostop dostavnim vozilom. Svetle višin 2. in 3. kleti bosta 2.20 m.

### **Mirujoči promet**

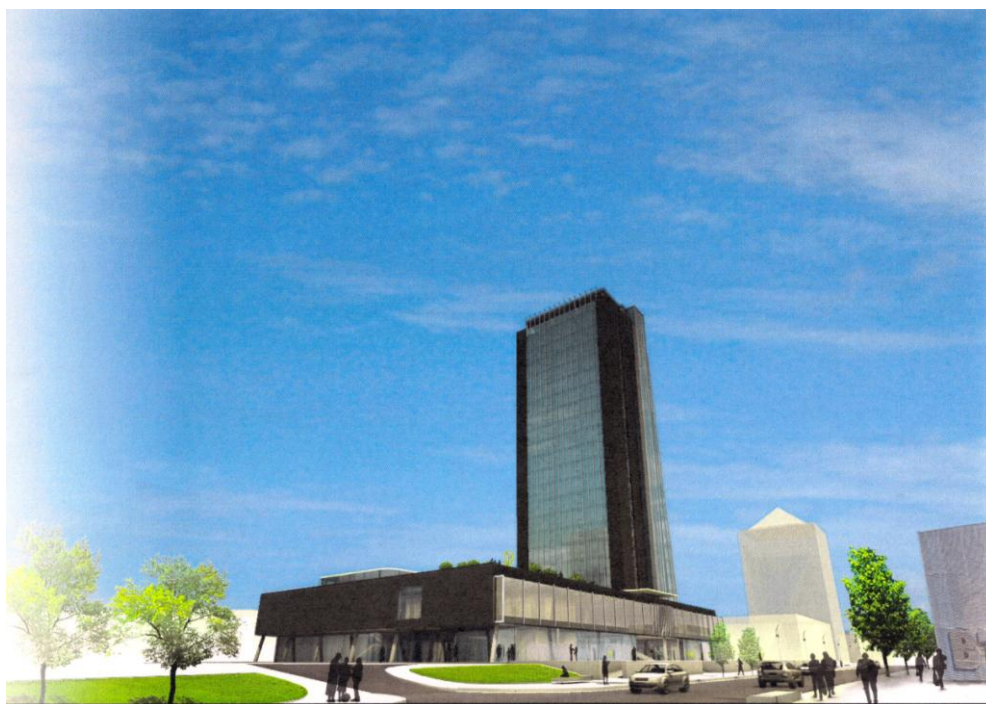
V treh kletih je predvideno 573 parkirnih mest, od katerih bo 30 (5%) namenjenih parkiranju invalidov (v vsaki kletni etaži po 10 parkirnih mest širine 3,50 m).

Ob parkiranju pod nivojem terena je predvidenih še 39 parkirnih mest na nivoju terena, od katerih sta dve namenjeni parkiranju invalidov.

V drugi kleti je predvideno tudi prostor za odpadke (odpadki gostinskega dela so ločeni od ostalih), ki se sprotno odvažajo na reciklažno dvorišče. Površine v prostorih za odpadke so izvedene iz pralnih materialov (keramika) in opremljene s pipo s tekočo vodo in talnim sifonom.

### **3.3.4 Programska zasnova**

Osnovni programski koncept povezuje poslovni nebotičnik z nizkim trgovskim delom tako, da bosta soustvarila generator intenzivnega urbanega utripa v območju BTC City-ja. Obe osnovni programski celoti se prepletata z dopolnilnimi dejavnostmi, ki bodo omogočile avtonomno življenje objekta in s tem nase navezale tudi okoliš.



**Slika 7:** trgovsko-poslovni objekt Kristalna palača (Vir podatkov: Skai Center d.o.o.)

Objekt se programsko deli na poslovni nebotičnik in trgovinski nizki del. Oba dela bosta medsebojno povezana z nadzorovanim prehodom.

Načrtovane površine glede na namembnost so prikazane v preglednici 1.

Namembnost	površina(m <sup>2</sup> )	delež(%)
PISARNE	12.687,46	30,43
TRGOVINE	2.355,96	5,65
GOSTINSTVO	1.448,35	3,46
WELLNESS	686,50	1,65
SERVISNI PROSTOR	278,58	0,67
TEHNIČNI PROSTOR	1.289,53	3,09
KOMUNIKACIJE - trgovine	820,20	1,97
KOMUNIKACIJE - skupine	5.253,47	12,60
<u>KOMUNIKACIJE - prometne površine</u>	<u>16.878,18</u>	<u>40,48</u>
Skupaj	41.698,23	100,00

**Preglednica 1:** Načrtovane površine objekta

### 3.3.5 Objekt

#### Poslovni nebotičnik

Vhodna avla z recepcijo in nadzorno sobota: Dostopanje do poslovnega dela se s trga uredi skozi reprezentančno avlo z recepcijo in nadzorno sobo objekta. Avla se navezuje na trgovinski del. Dostop iz garaže se omogoča iz pol javnih 2. in 3. kleti nadzorovano neposredno v pisarniške etaže. Obiskovalcem, ki lahko dostopajo zgolj do parkirnih mest v 1. kleti, pa se omogoči dostopanje do pisarniških etaž nebotičnika zgolj preko pritličja in recepcije (prestopanje z dvigalom).

Konferenčna dvorana s preddverjem in potrebnimi servisnimi prostori: Dvorana s 162 sedeži, dvema kabinama za prevajalce in prostorom za multimedijsko opremo bo namenjena konferenčni dejavnosti. Dvorano je mogoče deliti na dva dela. Iz dvorane sta predvidena dva neodvisna evakuacijska izhoda.

Restavracija z barom: Gostinska dejavnost je locirana v najvišji etaži in izkorišča poglede na okolico. V najvišjem, 20. nadstropjem se uredi galerija z barom, ki je del restavracije. Oblikovanje prostora in infrastrukture bo omogočala ponudbo na najvišji ravni. Ambianta restavracije in bara se smiselno prepletata. Povezava kuhinje restavracije s servisnimi prostori v kleti je predvidena s servisnim dvigalom. Dostopanje do gostinske dejavnosti v najvišji etaži bo mogoče s panoramskim dvigalom.

Razgledna plošča: Razgledna plošča na strehi nebotičnika je namenjena javni uporabi in je delno pokrita. Varnost se zagotavlja tako, da se steklena fasada opna nebotičnika dvigne do nivoja strehe nad jedrom stolpnice in s tem popolnoma prepreči možnost padcev.

Pisarniški prostori: Etaže od prvega do devetnajstega nadstropja so namenjene pisarnam s pripadajočim servisnimi prostori. Etaža je predeljena na dva dela z vmesnim skupnim komunikacijskim in servisnim jedrom. V južnem delu etaža je mogoča ureditev dvoetažnih enot.



Osnovni princip ureditve pisarn upošteva oceanski tloris, ki pa ga je mogoče deliti tudi na manjše enote. Napeljave se nameščajo v dvojnem podu svetle višine 25 cm. Za fleksibilno nameščanje razsvetljave se izvede dvojni strop. Svetla višina pisarniških prostorov je 3,00 m. V vzhodnem in zahodnem pročelju severnega stolpa visokega dela je mogoče na štirih lokacijah odpirati okna, ki so s strukturnim detajlom umeščena v fasadno opno. Odpiranje je mogoče zgolj na vertikalni pregib z odpiranjem na spodnji strani. Predvidena je možnost signalizacije odprtega okna pri odhodu iz prostora.

Višina vrat bo 2,30 m. Predvidena je uporaba kvalitetnih obložnih materialov – tekstilne obloge, keramika, kamen, lesene obloge.

Sanitarni prostori so locirani ob jedru ločeno po dvojne sanitarije ločene po spolu za severni in južni del nebotičnika.

V vsaki pisarniški etaži je mogoče urediti tudi prostore za strežnike (opremljenost s priključki za ustrezno hlajenje)

Zasnova objekta načrtuje učinkovito rabo energije, možnost namestitve fotovoltaičnega sistema in zasnovo ovojnega plašča (fasada), ki bo pri maksimalni naravni osvetlitvi delovnih prostorov izkazoval minimalne toplotne izgube.

Infrastruktura južnega dela nebotičnika omogoča tudi ureditev prostorov za počitek.

Pisarniški prostori bodo izpolnjevali najvišje bivalne standarde za delo (temperatura, osvetlitev (naravna in umetna), sveži zrak, zaščita pred hrupom) in vso potrebno infrastrukturo za najsodobnejšo informacijsko in tehnološko opremljeno delovnih mest.



**Slika 8:** Tloris poslovnega nebotičnika - pisarne

## Trgovinski nizki del

Trgovine: Trgovinski program bo namenjen prodajnim prostorom elitnih blagovnih znamk. Zasnova prostorov temelji na fluidnem prehajanju prostora nadkritega trga v pol javne dinamične sprehajalne poti med izložbami in v nadzorovane ambiente trgovin. Dinamika nakupovanja v trgovinah z opremo notranjščin skozi transparentne ovoje trgovin tvorno soustvarjata zunanjo podobo centra.

Pri zasnovi trgovskih prostorov je predvidena možnost uporabe prostorov za dopolnilne dejavnosti trgovin.



**Slika 9:** Tloris trgovskega dela objekta - trgovine

Javni trg: Posebna pozornost je posvečena integraciji javnega prostora v program centra. Trg površine 1189 m<sup>2</sup> je glavni tvorec urbanosti, pri čemer obiskovalcu in mimoidočemu ponuja tudi ustrezno gostinsko ponudbo (dnevni bar z zunanjim delom) in ustrezne funkcionalne ter asociativne navezave na trgovinski del. Trg vključuje tudi naravne elemente (naravna svetloba, zelenje, nebo, voda) in več atraktivnih elementov, ki skupaj tvorijo prvovrstno urbani ambient.

Trg je lociran v izteku osi Aleje mladih, ki se čez dvorano A nadaljuje v osrednji prostor novega objekta, ki se splete v javni program nizkega dela stolpnice.

Restavracija: Restavracija je dnevnega tipa s široko izbiro jedi. Locirana je ob povezavi med poslovnim in trgovinskim delom in povezuje pritličje mezanin ter streho nad nizkim delom. Restavracija je odprtega tipa in namenjena ciljnemu obiskovalcu centra in zaposlenim v poslovnem delu. Sanitarije za potrebe restavracije so predvidene v sklopu sanitarij trgovinskega dela. Servisni prostori restavracije se napajajo iz 1. kletne etaže. Jedilnica restavracije se preko odprtih v ovoju objekta intenzivno odpira v zunanjščino.

Mini bar: Nad restavracijo se na terasi nad nizkim delom uredi mini bar, ki je pretežno namenjen sezonskemu obratovanju v letnem času. Izven sezone se njegova dejavnosti skrči pretežno na ponudbo »take away« toplih napitkov in strežbo za točilnim pultom za zaposlene v nebotičniku.

Wellness: Center vključuje prostore, ki jih bo mogoče opremiti za rekreativno dejavnost in storitve za nego telesa. Program vključuje manjšo dvorano za vodeno rekreacijo, savne, solarije, kopeli, nego nog in rok, frizerski salon in vse pripadajoče prostore. Zasnova je fleksibilna in dopušča možnosti spremenljivega obsega programa. Frizerski salon in lokal za nego rok in nog sta locirana ob javnem programu, medtem, ko je dostopanje do ostalih storitev preko sprejema v intimnejši del objekta.

V okviru wellness programa so predvideni tudi prostori za opravljanje ambulantnih zdravstvenih storitev, ki pa se v skladu s specifično namembnostjo uredijo od oddaji.

Bar: Ob javnem trgu se uredi dnevni bar, ki se navezuje na program restavracije in intenzivno soustvarja urbani utrip javnega prostora. Notranjščina in zunanjščina fluidno prehajata ena v drugo. Bar vključuje zunanje površine trga za svoje kapacitete. Lokacija bara povezuje poslovni del s trgovinskim.

Park na strehi nizkega dela: Na strehi nizkega dela se uredi park, ki bo v večjem delu namenjen najemnikom in lastnikom prostorov v nebotičniku in dejavnosti wellness programa. Manjši južni del se nameni ambientu trgovine na jugu, ki se dviga skozi tri etaže nizkega dela.

## Oblikovanje

Tipologija nebotičnika ima velik simbolni potencial, ki ga predstavlja predvsem stremljenje proti nebu. Pri tem je bistven vtis višine. Ker absolutne višine zaradi omejitev prostorskih aktov ne morje zadovoljiti ciljev, ki so tipologijo imanentni (preseganje meja, izraz vitalnosti, rasti), je potrebno simbolne konotacije poudariti z oblikovanjem.

Z delitvijo vertikalnega volumna na dva dela dobimo dve sloki telesi, ki objemata konstrukcijsko jedro. Jedro je hkrati komunikacijska in inštalacijska hrbtenica stolpnice, ki se dvigne nad steklene etaže. Dve stekleni 20-nadstropni telesi sta obešeni na jedro z zamikom, ki vogalnim prostorom odpre veličastne poglede na mesto.

Ker mora nebotičnik v predstavnem svetu delovati enovito, rešitev predvideva vzpostavitev jasne hierarhije, ki oblikovno monolitno in homogeno definira podobo severnega pogleda. Strogost paralelepipedičnega volumna se mehča z rahlo vbočenim zgornjim in spodnjim robom gladkega severnega pročelja. Steklена opna severnega stolpa je enotna, steklena, ki pokriva nosilno konstrukcijo oboda. Južni stolp je oblečen v dvojno stekleno opno. Ta notranjost ščiti pred premočnim sončnim sevanjem, obenem pa nudi razgled proti Ljubljani pod gradom in Alpam na zahodu. Fasada ima v nasprotju z gladkim severnim stolpom poudarjene vertikale, nosilni stebri pa so v tem stolpu umaknjeni v notranjosti.

Glavni vhod v stolpnico označuje fontana ob zadržano oblikovanem trgu ob severovzhodnem robu zemljišča. Vhodni hall odpira poglede na vodo ob nagnjenem severnem pročelju, z zabrisanimi odsevi gornjih nadstropij. Na drugi strani se odpirajo pogledi v živahni trgovinski del. Ta javni del hall-a ima vstop v panoramsko dvigalo, ki dvigne obiskovalce do restavracije v najvišji etaži in do panoramske ploščadi na strehi stolpnice. Sprejemni pult je kontrola točka, nujna straža sodobnega sveta, ki spušča prebivalce in obiskovalce do dvigal v notranjosti jedra ali pa jih usmeri v udobne naslanjače v elegantnem ambientu, ki omogoča neformalne sestanke zaposlenih v stolpnici. Iz tega osrednjega hall-a vodijo stolpnice na galerijo pred manjšo dvorano.

## **Končne obdelave**

Končne obdelave vseh površin na poteh za umik (požarni izhod) bodo izvedeni iz negorljivih materialov razreda A (steklo, beton z ometom ali vidni kamen, terazzo, keramika, mineralne plošče).

Vse površine na javno dostopnih mestih se izvedejo iz trajnih in visoko kvalitetnih materialov (kamen, umetni kamen, terazzo, steklo, vidni beton, lesne obloge)

Talne obloge so predpisani v grafičnem delu načrta, končne obdelave vertikalnih in stropnih površin se predpiše v PZI projektu in jih izbere projektant skladno s projektno nalogo in smernicami elaboratov.

Stropne obloge predvidevajo sisteme spuščenenih stropov z modularnimi elementi, ki omogočajo servisiranje inštalacij v prostoru med konstrukcijo in spuščenenim stropom.

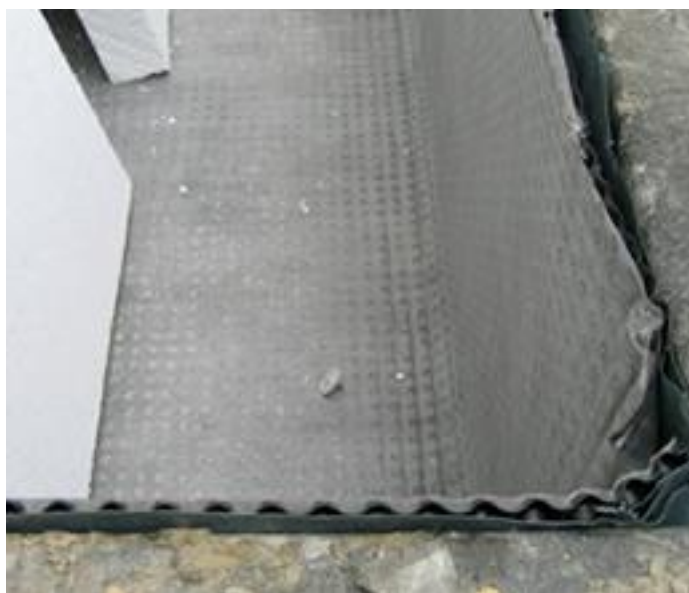
## **Zaščita stavbe pred vlago**

Ovoj stavbe je potrebno izvesti tako, da stavbo štiti pred talno vodo in vlago, atmosferskimi padavinami (dežjem, snegom, točo, talečim se snegom in ledom ter pred vodo iz napeljav v stavbi).

Streha objekta so predvidene v izvedbi obrnjenih ravnih streh. Zaščita pred atmosferskimi padavinami in njihovimi posrednimi posledicami se zagotavlja z odvajanjem padavin in talečega se snega ter ledu s sistemom vtočnikov, ki so povezani v sistem meteornih cevi, ki vodijo v ponikanje ob objektu. Te vode se na ravnih strehah vodijo do vtočnikov z naklonskimi površinami, ki so zaščitene s hidroizolacijsko membrano, ki mora zagotavljati popolno vodotesnost in zadržati hidrostatični tlak najmanj 0,4 bara (4 m vodnega stolpca). Hidroizolacijski sloj je na vseh strešnih površinah oz horizontalnih površinah izpostavljenih meteornim vodam mora biti v celoti zaščiten pred UV sevanjem in pred mehaniskimi poškodbami. Pri obrnjenih ravnih strehah se zaščita zagotavlja s slojem toplotne izolacije (ekstrudirani polistiren, nizka absorpcija vlage –  $WD(V)3$ ,  $\lambda \leq 0,036$  W/mK, tlačna trdnost  $\geq 400$  kPa) in sloji končnih tlakov. Pri zelenih strehah se izvede tudi koreninska zaščita hidroizolacije. Pri vseh vencih streh je potrebno izvesti hidroizolacijo po priključni vertikalni površini najmanj 30 cm nad končno površino strehe. Vsi preboji morajo biti izvedeni

vodotesno. Vsi zunanji hladni žlebovi se ogrevajo, da bi preprečevali zamrzovanje in s tem zamašitev.

Zunanje kletne zidove moramo zaščititi pred vlago in vodo, ki prihaja iz zemljišča. Vertikalna hidroizolacija se polaga na zunanji strani zidu in se poveže s horizontalno hidroizolacijo nad kletnimi etažami in tisto pod temeljno ploščo. Na takšen način dobimo nepropusten bazen – keson, v katerem so kletne konstrukcije zaščitene pred vlago in talno vodo. Kesonska konstrukcija (armirano-betonski sklop talne plošče z obodnimi stenami) je dimenzionirana tako, da vzdrži hidrostatični tlak najmanj 6 barov (60 m vodnega stolpca), s čimer zaščitimo objekt pred morebitnim nabiranjem precejajočih se vod. Podtalnica je v tem primeru 4 – 5 m pod nivojem najglobljih delov objekta. Za doseganje vodotesnosti in onemogočenja prodora talne vode do površine AB obodne konstrukcije kesona se izvede membranska hidroizolacija. Zaščita objekta (hidroizolacija) pred vplivom talne vode se vgradi pod talno ploščo in na zunanjo stran obodne AB stene. Uporabi se kombiniran sistem hidroizoliranja kesonske konstrukcije, ki ga pod talno ploščo sestavlja sintetična folija HDPE – polietilen visoke



**Slika 10:** Sintetična folija HDPE (Vir podatkov: <http://www.wallbarn.com/protecto-drain.htm>)

Gostote (slika 10), po zunanjih kletnih zidovih pa bitumenski samolepilni trak (bitumenkavčuk, zadrži hidrostatični tlak min 6 bar – 60 m vodnega stolpca). Vertikalna hidroizolacija se zaščiti s slojem ekstrudiranega polistirena (tlačna trdnost  $\geq 300$  kPa) debeline min. 5 cm.

Zaščita pred vodo iz napeljav v stavbi se doseže s tesnostjo vseh stikov napeljav, ki se jih preveri pri tlačnih preizkusih, ter z zajemanjem vseh vod iz izpustov v ustreznih izlivnikih, ki so z notranjo kanalizacijsko mrežo zbrani in odpeljani do priključka na javno kanalizacijsko omrežje.

### **Požarna varnost**

Kristalna palača bo v celoti varovana s šprinklarskim sistemom in avtomatskim javljanjem požara, nameščeno bo tudi gasilsko dvigalo. V palači ne bo požarno nevarnih prostorov. Vse evakuacijske poti so ustrezno locirane in dimenzionirane in bodo omogočale varen umik v primeru požara

## **4.0 TEHNOLOGIJA DELA**

### **4.1 Splošno o tehnološki pripravi dela**

Tehnološka priprava dela raziskuje problematiko tehnologij in tehnoloških procesov grajenja. Tehnologijo grajenja opredeljuje končni izdelek (objekt ali del objekta), način dela (aktivnosti ter njihovo zaporedje) ter za način potrebne vire. Tehnološki procesi grajenja obravnavajo vrstni red in način izvrševanja delovnih procesov.

O tehnologiji grajenja odločajo projektanti, o tehnološkem procesu grajenja pa tehnološka priprava dela, ki deluje v sklopu izv. podjetja. Tehnološka priprava dela lahko za isto tehnologijo grajenja določi več različic tehnološkega procesa. Optimalna različica tehnološkega procesa navadno povzroča najnižje stroške gradnje. V nekaterih primerih je optimalna različica tehnološkega procesa, ki je sicer dražja, toda ne zahteva novih vlaganj v mehanizacijo in delovne naprave. Podobno je lahko optimalna različica tehnološkega procesa tista, ki zagotavlja največjo hitrost realizacije

Določitev optimalnega tehnološkega procesa pomeni optimalno oblikovanje in optimalno planiranje tehnološkega procesa. Optimalno oblikovanje tehnološkega procesa pomeni:

- izbor optimalnih strojev in naprav
- izbor optimalne kvalifikacijske strukture delavcev

- izbor optimalnega načina transporta
- izbor optimalnih delovnih operacij in delovnih postopkov

Optimalno planiranje tehnološkega procesa pomeni izbor optimalnih delovnih časov za delovne operacije in delovne postopke.

Oblikovanje in planiranje tehnološkega procesa izvede tehnološka priprava dela s projektom organizacije tehnološkega procesa gradbene proizvodnje. Pri manj zahtevni gradnji se projekt organizacije tehnološkega procesa omeji na terminski plan grajenja, imenovana tudi operativni plan grajenja. Pri zahtevnejših gradnjah pa je projekt organizacije tehnološkega procesa gradbene proizvodnje potreben. (Pšunder, 2008)

#### **4.2 Oblikovanje tehnoloških procesov grajenja**

- Ker je objekt sestavljen iz številnih sestavnih delov in elementov, je tudi cena objekta sestavljena iz vsote cen sestavnih delov in cen elementov. Osnovni element, za katerega oblikujemo cene, je najprej določen z opisom materiala oz. postopkom, kako se element izvaja, nato določimo količino elementa ( $m'$ ,  $m^2$ ,  $m^3$ , kos, kom, kpl) in kot zadnje znesek za element. Seznam vseh potrebnih materialov in del v opisani tabelarični obliki imenujemo popis del. Da bi bil tehnološki proces grajenja še bolj pregleden, pokažemo vse zahtevane karakteristike elementov objekta. Posamezne postavke popisa del razvrstimo v standardne skupine del, kot so gradbena dela, obrtniška dela, instalacije in oprema. Znotraj posamezne skupine del nato razdelimo postavke po vrstah del. Gradbena dela tako razdelimo na zemeljska dela, betonska dela, železokrivska dela, tesarska dela, zidarska dela, kanalizacijska dela. Obrtniška dela delimo na krovška dela, izolacijska dela, kleparska dela, slikopleskarska dela, suhomontažna dela, steklarska dela, tapetarska dela, keramičarska dela, asfalterska dela, kamnoseška dela, zunanjeureditvena dela....

Na primeru gradnje objekta Kristalna palača bom opisal zemeljska dela, armiranobetonska dela, tesarska dela in ostala dela.



### ➤ Zemeljska dela

Zemeljska dela so potekala po več fazah. Po vrstnem redu obsegajo naslednja glavna dela: izvedbo pilotov pod stolpnico, poglobljeni izkop za dvigalne jaške, planiranje dna gradbene jame, polaganje ločilnega sloja, gramozni tampon ter zasip za objektom.



**Slika 11:** Izkop gradbene jame (foto: Kumalić, 2009)

Poglobljeni izkop za dvigalne jaške so se izvajala z bagrom npr. CAT 325D (slika 12), ki s tehnologijo ACERT omogoča varčno porabo goriva in manj obrabe. Z ACERT tehnologijo je izboljšán sistem izgorevanja, ki zagotavlja optimalne učinke motorja in nizke emisije izpušnih plinov. Na voljo je široka izbira delovnih orodij, vključno z žlicami, spojkami, kladivi, drobilniki, hidravličnimi drobilniki, multiprocesorji, škarjami in grabeži.



**Slika 12:** CAT 325D

Fino planiranje gradbene jame so se izvajala z buldožerjem npr. CAT D6R (slika 13),



**Slika 13:** CAT D6R (foto: Kumalić, 2009)

vgrajevanje tampona pa z grederjem in valjarjem (slika 14, 15).



**Slika 14:** Greder (foto: Kumalić, 2009)



**slika 15:** Valjar (foto: Kumalić, 2009)

Zasipavanje objektov so se izvaja po plasteh, strojno z bagri, komprimacija se je izvaja z vibrovaljarjem npr. BW90.



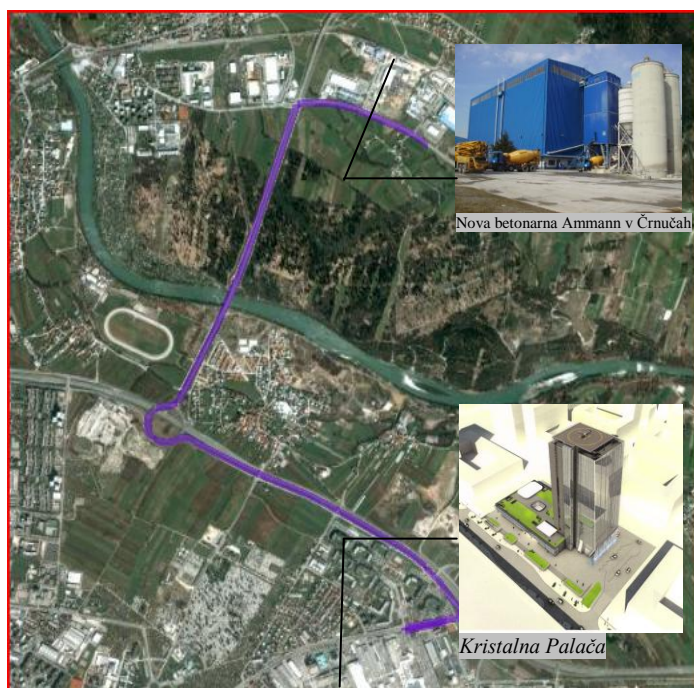
**Slika 16:** vibrovaljar BOMAG BW90

### ➤ **Armiranobetonska dela**

Rezanje, krivljenje in vezanje armature se izvaja v železokrivnici v Ljubljani.

Z avtopriklopnikom za armaturo transportiramo že zakrivljeno in vezano armaturo do gradbišča. S tem dosežemo večjo kakovost zvezane armature ter zmanjšamo količino dela na samem gradbišču, kjer izvršimo le manjše dodelave.

Betonsko mešanico se proizvede v betonarni v Črnučah s kapaciteto mešanja zahtevnejših betonskih mešanic  $120 \text{ m}^3$  na uro (nominalna kapaciteta betonarne znaša  $200 \text{ m}^3$  na uro), in se jo nato z avtomešalniki za beton transportira na gradbišče do mesta vgraditve. Transportna pot je prikazana na sliki 17.



**Slika 17:** Transport betona od betonarne do gradbišča (Vir podatkov: Google Earth)

Odvzem vzorcev in kontrola betona se bo vršila po Projektu betona s programom preiskav za zagotovitev kakovosti v laboratoriju za beton podjetja Igmat d.d. Ljubljana. Projekt betona se izdelava pred pričetkom betonskih del.

Podložni beton pod temelji vgrajujemo direktno iz avtomešalca. Beton kleti in spodnje etaže vgrajujemo z avtočrpalko, beton višjih etaž pa s stabilno črpalko za beton. Cevovod za stabilno črpalko bo speljan in sidran v dvigalnem jašku. Za betoniranje bo uporabljena roka, ki se bo dvigala do naslednje etaže z žerjavom. Po zaključku betoniranja pričnemo z nego betona, ki mora trajati najmanj 7 dni. Vrsta nege betona je odvisna od letnega časa in vremenskih razmer v času vgrajevanja betona in bo predpisana s Projektom betona s programom preiskav. Potrebno je paziti, da je dobava betona kontinuirna, da se izognemo delovnim stikom na neprimernih mestih. Armaturno železo polagamo v skladu z armaturnim načrtom. Transport armature se vrši z žerjavom.

### ➤ **Tesarska dela**

Za vse opažne konstrukcije pasovnih temeljev, sten in plošč se skladno z napredovanjem gradnje pripravi detajlna tehnologija opažanja in podpiranja, ki se jo na gradbišče posreduje vzporedno z napredovanjem del.

Vertikalni prenos opažnih materialov izven objekta se bo vršil z žerjavom. Sistemske opaže za konstrukcije, odre in rezan les za opaže dobavimo iz centralnih obratov SCT Ljubljana. Na gradbišču bomo postavili tesarsko lopo za manjše predelave opažev in zagotovili deponije za opažni material in odre.

Za vsa dela se uporabijo premični odri na stolicah ali delovni odri sistemskih opažev.

Za opažanje nosilne AB konstrukcije so izbrani naslednji sistemi:

- pravokotni stebri – kovinski opažni elementi Doka Top 50,
- okrogli stebri – kovinski opažni elementi Doka RS,
- stene – okvirni opažni elementi Doka Framax,
- plošče – opažni sistemi za plošče Dokamatic in Dokaflex.

### ➤ **Ostala dela**

Zidarska dela izvajamo v skladu s projektno dokumentacijo. Potrebna cementna malta za potrebe zidarskih del in vzdavo obrtniških elementov se pripravi na gradbišču. Ometi in betonski estrihi se bodo izvajali strojno.

## **4.3. Opis tehnologije betoniranja**

### **4.3.1. Priprava in transport betona**

Beton bo pripravljen v betonarni, kakršno sem opisal v predhodni točki:

- SCT betonarna v Črnučah s kapaciteto mešanja  $120 \text{ m}^3 / \text{uro}$  (max  $200 \text{ m}^3 / \text{uro}$ )

Prevoz betona se bo vršil z avtomešalci za beton ob počasni rotaciji betona.

### 4.3.2. Vgrajevanje betona

Poleg skrbnega projektiranja sestave betona je za kakovost AB konstrukcij pomembno tudi pravilno vgrajevanje in nega svežega betona. Upoštevamo Eurocode 2, ki se sklicuje na evropski standard za beton EN 206-1:2000. Ta standard obravnava lastnosti, proizvodnjo, vgradnjo in kriterije za oceno spoštovanja predpisanih zahtev. Na osnovi tega standarda smo v Sloveniji izdali svoj standard SIST EN 206-1:2002(sl), ki je po vsebini enak evropskemu.

#### 4.3.2.1. Mehanizacija

##### Avtomešalci

1.) Prevoz SCT betonarna v Črnučah – gradbišče Kristalna palača:

Predpostavljen čas za 1 cikel avtomešalca ob normalnih pogojih je cca 44 min (0,73 ure).

Ob upoštevanju količine 7 m<sup>3</sup> betona na avtomešalec kapacitete transporta

Izračun trajanja vožnje avtomešalca:

-	Obojestranski prevoz betonarna – gradbišče	2 × 15 min
-	Polnjenje v betonarni	4 min
-	Praznjenje na gradbišču	<u>10 min</u>
	skupaj:	44 min (0,73 ure)

1 avtomešalec v eni uri pripelje sledečo količino:

$$\frac{7m^3}{0,73ure} = 9,59 m^3 / uro / avtomešalec$$

Za prevoz 80 m<sup>3</sup> betona na uro (vgrajevanje betona z dvema črpalkama) je torej potrebno zagotoviti :

$$\frac{80 \text{ m}^3 / \text{uro}}{9,59 \text{ m}^3 / \text{uro} / \text{avtomešalec}} = 8,34 = 9 \text{ avtomešalcev po } 7 \text{ m}^3$$

### Črpalka za beton

Beton bomo vgradili z dvema črpalkama za beton kapacitete 35 – 40 m<sup>3</sup> vgrajenega betona na uro. Potrebna je uporaba črpalk z razdelilno roko dosega 27,0 m. V primeru okvare ene od črpalk je potrebno zagotoviti prihod nove črpalke v času pol ure.

### Oprema za betoniranje

Za vibriranje betona bomo zagotovili 4 iglične vibratorje in eno rezervo na eno betonsko črpalko. Kapaciteta pervibratorja je 6 – 8 m<sup>3</sup> / uro. Za zgornjo poravnano in površinsko vibriranje se uporabijo vibrirne letve z vodili.



**Slika 18:** Vibrirna letva Tremix EASY STRIKE (Vir podatkov: <http://www.tremix.com/>)

#### 4.3.2.2. Priprava na betoniranje

Pred pričetkom vgrajevanja betona je potrebno:

- postaviti črpalke za beton na ustrezno mesto in preveriti delovanje črpalk,
- določiti prostor za obračanje in čakanje avtomešalcev,

- pripraviti vibratorje in vibracijske letve ter preizkusiti delovanje,
- opremiti vse delavce z ustrezno opremo in jih seznaniti s potekom dela,
- zagotoviti rezervno opremo in dodatke,
- pripraviti način izvedbe,
- pripraviti prekrivni material za nego betona,
- sprati dno opaža z vodnim curkom, da se odstrani nečistoča,
- preskrbeti certificiran beton in zagotoviti nadzor svežega betona na gradbišču.

#### 4.3.2.3. Potek betoniranja

Beton je potrebno vgraditi takoj po dospelju na gradbišču. Na gradbišču mora biti vsa predvidena mehanizacija in oprema, brezhibna in zadostne kapacitete. Zagotovljeno mora biti tudi predvideno število delavcev.

Če znaša površina  $2481,31 \text{ m}^2$  in debelina plošče znaša  $0,30 \text{ m}$ , znaša volumen betonske plošče  $744,40 \text{ m}^3$ . Ker zaradi oblike zgradbe ter dostopnosti do dela, kjer se izvaja betonaža, ne moremo zabetonirati vsega naenkrat, moramo razdeliti količino betona na takte:

- 1 polje  $\longrightarrow 200 \text{ m}^3$
- 2 polje  $\longrightarrow 200 \text{ m}^3$
- 3 polje  $\longrightarrow 200 \text{ m}^3$
- 4 polje  $\longrightarrow 145 \text{ m}^3$

Predvidena ekipa delavcev je naslednja:

Ob eni črpalki potrebujemo:

- 2 betonerja za usmerjanje cevi betonske črpalke
- 3 betonerji za vibriranje
- 2 betonerja za razgrinjanje betona in ravnanje pred letvijo
- 1 zidar za poravnavo betona ob izlivnikih
- 8 delavcev za eno črpalko

+

Ob obeh za delo potrebnih črpalkah potrebujemo še



2 zidarja za pomikanje vibrirne letve

1 nadzor povesa odra

Skupno število potrebnih delavcev za dve črpalki je torej  $(8 \text{ delavcev} \times 2 \text{ črpalke}) + 3$  delavci = 19 delavcev

Predviden čas za betoniranje posameznega takta ( $200 \text{ m}^3$  betona) s črpalčkama kapacitete  $40 \text{ m}^3$  vgrajenega betona na uro :

priprava na betoniranje	1 ura
vgradnja betona	$\frac{200 \text{ m}^3}{40 \text{ m}^3 / \text{uro}} = 5,00 \text{ ur}$
dela po končanju vgradnje betona	1,00 ura
<hr/>	
skupaj :	7,00 ur

Med vgrajevanjem betona ne sme segregirati, ves čas mora ohranjati primerno konsistenco. Čas vgrajevanja in debelina sloja mora biti takšna, da je glede na okoliščine še možna revibracija spodnjega sloja betona. Gumijasto cev betonske črpalke je potrebno potisniti pod zgornji sloj armature in čim globlje v opaž, da se ne bi sprejemal na vrhu. Upoštevati je potrebno predpis, da sme višina prostega pada betona znašati največ 1,5 m. Med vibriranjem betona se z vibratorji ne sme dotikati armature. Premik betona z vibracijsko iglo ni dovoljen. Za poravnavo in površinsko vibriranje je predviden en prehod s trikotno Alu vibrirno letvijo Tremix EASY STRIKE. Za robni vodili bomo uporabili kovinski L kotnik, ki ga bomo pritrdili na vertikalni opaž robu konzol. Opaž mora biti dobro podprt (zaradi vibracij) in podprt na delovni oder.

#### 4.3.2.4. Delovni oder

Delo bomo vršili iz podpornega odra, na katerega je postavljen opaž konstrukcije ter zavarovani in dostopni delovni plati.

### 4.3.3. Kontrola kakovosti betona

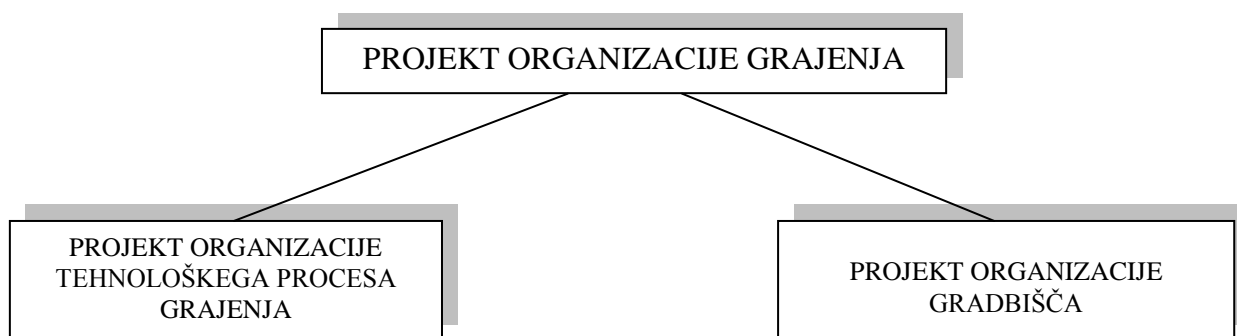
Spremljanje poteka betoniranja z jemanjem vzorca in kontrolo svežega betona na gradbišču, bo opravljal institut, ki je pooblaščen za kontrolo kakovosti betona. Vzorci, na katerih bodo izvedene meritve, so vzeti za temelje, stene, plošče na katerih se bodo izvajale preizkusi na tlačno trdnost vzorca, odpornost betona proti prodiranju vode ter odpornost površine betona proti zmrzovanju in tajanju.

## 5.0 PRIPRAVA NA GRADNJO

### 5.1 Splošno o operativni pripravi grajenja

Pri operativni pripravi grajenja proučujemo organizacijo gradbene proizvodnje, s katero določimo ukrepe za pripravo proizvodnje s čim manj zastojev, v kar se da najugodnejših okoliščinah, varno in skladno s tehnološko pripravo gradbene proizvodnje. Zaradi posebnosti ločimo operativno pripravo posamične in serijske gradbene proizvodnje ter operativno pripravo masovne gradbene proizvodnje. Organizacijo posamične gradbene proizvodnje imenujemo tudi organizacija gradbišča. Operativno pripravo masovne gradbene proizvodnje imenujemo tudi organizacija obrata.

Projekt organizacije gradbene proizvodnje imenujemo projekt organizacije grajenja, če gre za posamično proizvodnjo. Pri posamični gradbeni proizvodnji imenujemo projekt organizacije tehnološkega procesa tudi projekt organizacije tehnološkega procesa grajenja. (Pšunder, 2008)



**Slika 19:** Vsebinska delitev projekta organizacije dela ( Vir podatkov: organizacija grajenja, Pšunder, 2008)

## 5.2 Organizacija gradbišča

Po prejetem obvestilu investitorja o izboru izvajalca se pričnejo aktivnosti na izdelavi projekta organizacije gradbišča, s katerim se definira organizacija bodočega gradbišča. Prve aktivnosti v sklopu projekta organizacije gradbišča izvede bodoči vodja gradbišča s sodelavci iz priprave dela z ogledom lokacije bodočega gradbišča. Projekt organizacije gradbišča obravnava pripravljalna dela, ki jih je potrebno izvesti na gradbišču, da bi gradnja objekta potekala tekoče, varno in skladno s projektom organizacije tehnološkega procesa grajenja. Zato je potrebno za kvalitetno izdelavo projekta organizacije gradbišča proučiti: (Pšunder, 2008)

- gradbeno pogodbo,
- dokumentacijo o lokaciji objekta,
- projektno dokumentacijo za izvedbo objekta,
- projekt organizacije tehnološkega procesa grajenja,
- možnosti nabave potrebnih surovin in materialov,
- razpoložljiva delovna sredstva in možnosti njihove nabave,
- organizacijske možnosti na lokaciji bodočega gradbišča.

Na podlagi teh proučitev dimenzioniramo začasne objekte, naprave in napeljave ter nato za gradbišče izdelamo projekt organizacije gradbišča, ki običajno vključuje: (Pšunder, 2008)

- dimenzioniranje začasnih objektov, naprav in napeljav
- tehnično poročilo k projektu organizacije gradbišča
- organizacijsko shemo ureditve gradbišča
- predračun pripravljalnih in zaključnih del
- terminski plan izvedbe pripravljalnih in zaključnih del
- elaborat o varnem delu na gradbišču (v kolikor le-ta ni zajeta v samostojnem varnostnem načrtu)
- gradbiščni red, požarni red in havarija (nepredvideni dogodki)
- priloge

### 5.2.1 Tehnično poročilo k projektu organizacije gradbišča

Tehnično poročilo k projektu organizacije gradbišča je namenjeno tekstualni obrazložitvi pripravljanih del na gradbišču. Funkcija tehničnega poročila k projektu organizacije gradbišča je dodatno pojasniti vse vidike organizacije pripravljanih del na gradbišču, še posebej podrobno tista dejstva, ki niso razvidna iz sheme organizacije gradbišča. Tehnično poročilo k projektu organizacije gradbišča je običajno razdeljeno v naslednja poglavja:

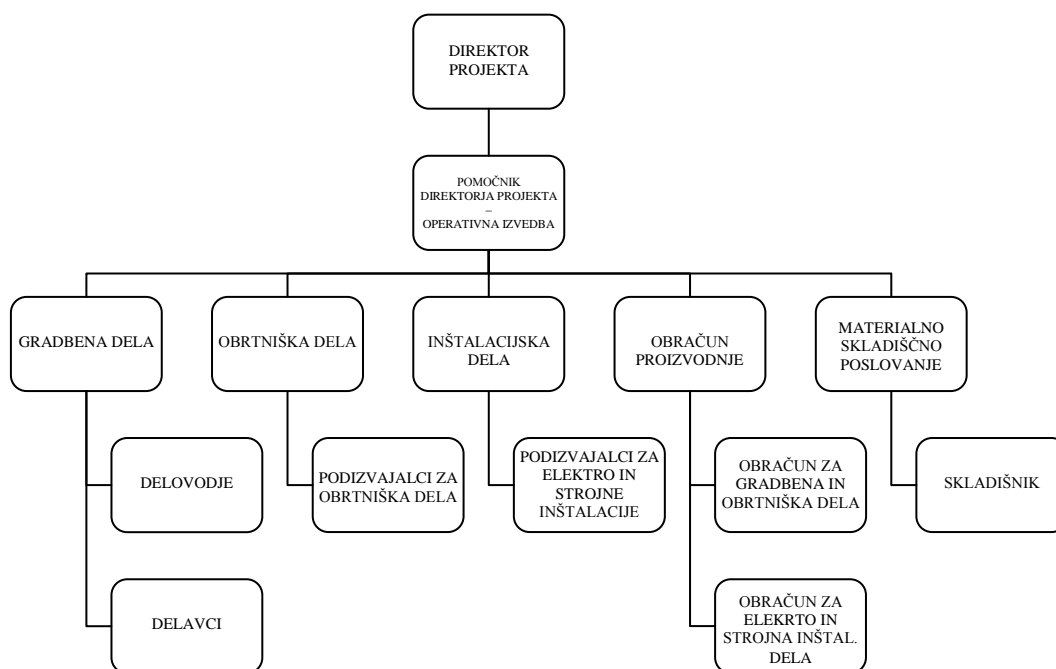
- SPLOŠNI DEL: Splošni del tehničnega poročila vsebuje tehnični opis organizacije ureditve gradbišča in dimenzioniranje začasnih objektov, naprav in napeljav za potrebe gradbišča. V splošnem delu tehničnega poročila je potrebno posebej podrobno opisati:
  - kako bo izvedena postavitev gradbiščna ograja
  - kako bo izvedena postavitev gradbiščne table, opozorilne table in začasnih prometnih znakov
  - katera dela na gradbišču bo potrebno izvesti najprej, npr. izgradnjo cestne poti do gradbišča
  - kako bo rešen zunanji transport do gradbišča
  - kje se nahaja glavni viri osnovnih gradbenih materialov, npr. gramoz, pesek, cement...
  - kako bodo izvedeničasni objekti, deponije in inštalacije
  - kakšne so možnosti oskrbovanja gradbišča z materiali v okolici gradbišča
  - kako bo rešen dostop, dovoz, notranji transport in začasne prometnice na gradbišču
  - na kakšen način je potrebno organizirati izvedbo zapore javnih prometnih površin
  - kako bodo rešene komunalne naprave, vodi in priključki
  - kako bo rešena osvetlitev gradbišča
  - kako bo potekalo delo preko zime in kateri so organizacijski ukrepi
  - kako bo potekal nadzor kvalitete izvajanja del
  - kako se bo vodila gradbiščna dokumentacija

- vrsto drugih zahtev, ki jih narekuje posebnost projekta organizacije gradbišča
- MAKROORGANIZIRANOST GRADBIŠČA: Proces grajenja je v splošnem možno organizirati:
- po posameznih gradbiščih, to je vsako gradbišče zase predstavlja organizacijsko enoto
  - po vrstah del, to je določena vrsta del predstavlja organizacijsko enoto
  - po skupinah gradbišč na isti ali bližnji lokaciji, to je skupina gradbišč predstavlja organizacijsko enoto

Organizacijska enota je v obravnavanih primerih proizvodna enota, ki se oskrbuje s proizvodnimi sredstvi, ima svojega vodjo in mesečno ugotavlja poslovni rezultat. Gradbeni izvajalci običajno oblikujejo organizacijske enote po posameznih gradbiščih, razen v primerih zahtevnejših gradbišč, kjer se na isti lokaciji in za istega investitorja gradi več objektov hkrati. V takšnih primerih predstavlja več objektov eno gradbišče, to je organizacijska enota.

- MIKROORGANIZIRANOST GRADBIŠČA: Gradbišča lahko na velikost razdelimo v tri skupine:
- Mala gradbišča – do 25 delavcev
  - Srednje velika gradbišča – od 25 do 50 delavcev
  - Velika gradbišča – nad 50 delavcev

Običajna organizacijska shema mikroorganiziranosti velikih gradbišč je predstavljena na sliki 20:



**Slika 20:** Organizacijska shema velikih gradbišč

Gradbeno podjetje, ki prevzame celotno gradnjo objekta, mora imenovati vodjo ali direktorja projekta. Direktor projekta je običajno inženir s strokovnim izpitom in z večletnimi izkušnjami na različnih gradbiščih. Na gradbišču navadno opravlja naslednje naloge:

- sestavlja poročila o napredovanju del,
- kontrolira ekonomičnost gradbišča,
- kontrolira racionalnost in kakovost izvajanja del,
- kontrolira pravočasnost napredovanja del s predvidenim terminskim planom,
- potrjuje račune in situacije podizvajalcem,
- potrjuje obračune ur,
- izdaja delovne naloge pomočniku, delovodij, skladiščniku, tehniku,
- priskrbi manjkajoče detajle projekta za izvedbo,
- usklajuje potek dela na gradbišču z vsemi udeleženci pri gradnji,
- kontrolira in nadzoruje varnost pri delu,
- potrjuje oz podpisuje gradbeni dnevnik,
- potrjuje oz podpisuje knjigo obračunskih izmer,

- potrjuje dokumentacijo za tehnični pregled objekta,
- potrjuje zapisnike operativnih sestankov,
- vodi tedenske operativne sestanke,
- piše mesečna poročila,
- kontrolira plačila investitorja,
- kontrolira in usklajuje plačila kooperantov.

Pomočnik direktorja projekta je običajno mlajši inženir, ki se z delom na gradbišču usposablja, da bo po nekajletnih izkušnjah tudi sam postal direktor projekta gradbišča.

Pomočnik praktično pomaga pri izvajanju vseh nalog direktorja projekta s to razliko, da sam ne more sprejemati odgovornosti ali potrjevati dokumentov.

Pomočnik je posebej zadolžen za:

- vodi obračun opravljenih delovnih ur,
- kontrolira in evidentira dobavnice ter prevoznice,
- pripravlja dokumentacijo za tehnični pregled,
- vodi zapisnike operativnih sestankov,
- kontrolira knjige obračunskih izmer, račune itd..

Delovodja je visokokvalificiran delavec z opravljenim delovodskim izpitom ali s končano srednjo tehnično šolo. V preteklosti je obstajala delovodska šola, ki je delovala v okvirju gradbene tehnične šole. Danes pa se delovodje izpopolnjujejo v okviru določenih centrov pod okriljem Gospodarske zbornice. Nekatera podjetja zaposlujejo gradbene tehnike, da opravljajo delovodsko delo. Glavna naloga delovodje je proučiti projekt za izvedbo in po njem voditi gradnjo objekta. Poleg tega delovodja opravlja še naslednje naloge:

- evidentira opravljene delovne ure delavcev v knjigi opravljenih ur,
- naroča dostavo potrebnih gradbenih proizvodov, materialov, strojev in mehanizacije,
- potrjuje dobavnice in prevoznice,
- izdaja delovne naloge skupinovodjam in delavcem,

- skrbi za varnost pri izvajanju del.

Skladiščnik na gradbišču skrbi za oddajo in sprejem delovnih naprav, opreme in gradbenih materialov, ki se nahajajo v skladišču gradbišča. Običajno na začetku delovnika delavcem razdeli delovne naprave in orodja iz skladišča ter ob koncu delovnika poskrbi, da se le-ta vrne v enakem številu v skladišče. Poleg tega je navadno zadolžen, da delovodjo pravočasno obvešča o potrebni nabavi, servisu ali zamenjavi dotrajanih orodij in naprav.

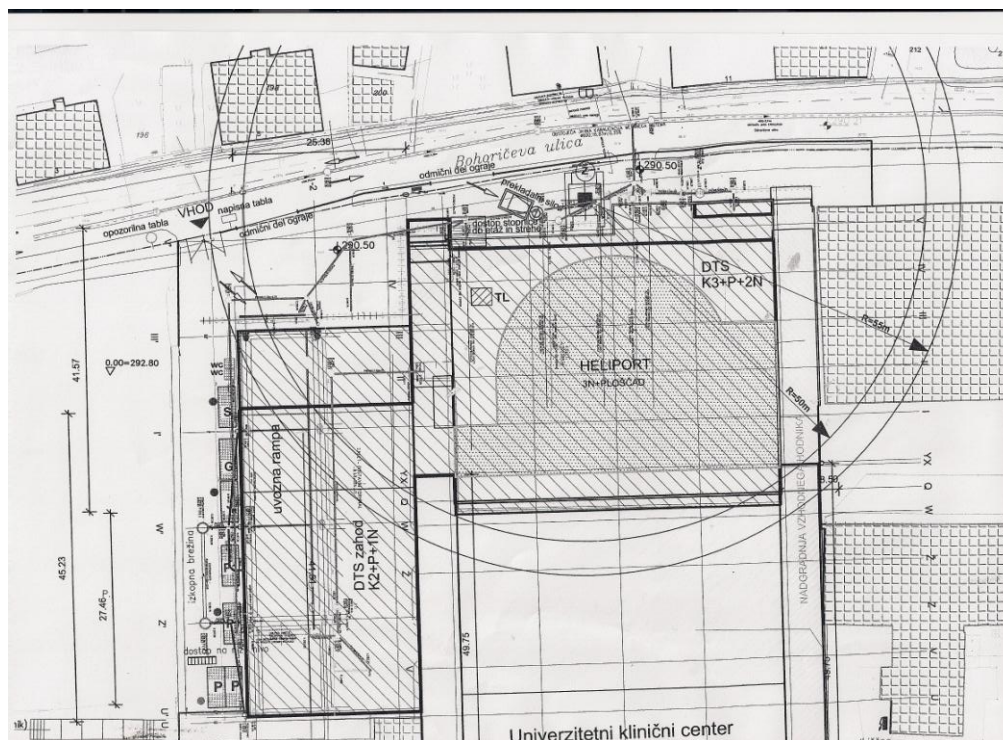
## **5.2.2 Organizacijska shema ureditev gradbišča**

Organizacijsko shemo ureditve gradbišča v praksi pogosto imenujemo situacijo organizacije gradbišča. Situacija organizacije gradbišča s svojimi prilogami predstavlja eden izmed najbolj pomembnih delov projekta organizacije gradbišča. V situaciji organizacije gradbišča so grafično prikazani vsi gradbiščni objekti in inštalacije, ki smo jih predvideli in dimenzionirali za nemoten in varno opravljanje del.

Situacija organizacije gradbišča je pregledni načrt. Zato se v takšno risbo kotirajo le najbolj pomembne dimenzije za organizacijo gradbišča, npr. ročica žerjava, oddaljenost žerjava od objekta in višina kljuge. V številnih situacijah organizacije gradbišča je kotirana le ročica žerjavne roke. Situacija organizacije gradbišča je tehnična risba, ki se običajno izdelava v tlorisni situaciji v merilih od 1:200 za mala gradbišča do 1:1000 za velika ali razvlečena gradbišča. V situaciji organizacije gradbišča se vrisujejo objekti, ki jih nameravamo graditi in naslednji gradbiščni objekti ter inštalacijski vodi. (Pšunder, 2008)

Na zahtevnejših gradbiščnih, na primer kjer hkrati drug zraven drugega obratuje več gradbenih žerjavov, je potrebno poleg najbolj običajne tlorisne situacije organizacije gradbišča izdelati tudi narise, stranske risbe in po potrebi tudi prereze situacije organizacije gradbišča.





**Slika 21:** Primer organizacije na gradbišču ( Vir podatkov: interna dokumentacija SCT)

Za označevanje objektov, inštalacij, mehanizacije, opreme in deponije v situacijah organizacije gradbišča še ne obstajajo standardizirane označbe. Zato v praksi običajno uporabimo:

- krajši tekst
- simbole
- črke
- številke

Za objekte komunalne, energetske in telekomunikacijske infrastrukture in nekatere druge objekte lahko uporabimo tudi simbole iz knjižnice topografskega ključa za izdelavo in prikaz geodetskih načrtov (Geodetska uprava Republike Slovenije, 2004). Razen krajšega teksta je potrebno vse uporabljene označbe obrazložiti z legendo. (Pšunder, 2008)

### 5.3 Opis organizacije gradbišča Kristalna Palača

V času gradnje bo potrebno omogočiti nemoten pristop delavcem in mehanizaciji na mesto gradnje. Gradnja mora biti organizirana tako, da bo odvijanje lokalnega prometa čimmanj moteno.

#### Ograja in varnostni nadstrešek

Gradbišče bo ograjeno s PVC gradbiščno ograjo, kovinskimi ograjnimi paneli in obstoječo ograjo. Lokacija gradbiščne ograje je razvidna iz Splošne organizacije gradbišča. Za uvoz na gradbišče postavimo gradbiščna vrata širine 4 m.



**Slika 22:** Gradbiščna ograja (foto: Kumalić, 2009)

#### Provizoriji

Vse potrebne prostore za zaposlene na gradbišču se uredi v kontejnerjih. Potrebujemo pisarniške kontejnerje za vodstvo, investitorja in delovodje. Za delavce potrebujemo garderobo in delilnico hrane, potrebujemo tudi skladiščni kontejner za shrambo orodja in drobnih strojev. Vsi kontejnerji so tipa Arcont velikosti 2,44 x 6,06 m. Na gradbišču lociramo še pet kemičnih stranišč vel. 1,5 x 1,5 m. Razpored provizorijev je razviden iz priložene sheme organizacije gradbišča (Priloga C).

Poleg navedenih začasnih objektov za delavce je za potrebe gradbišča potrebno postaviti še tesarsko lopo. Tesarska lopa je velikosti 4 x 6 m. V njej opravljamo predelave opažev in manjše železokrivske dodelave.

➤ Dimenzioniranje provizorijev gradbišča:

- Potrebno število delavcev

Za začetek izračuna potrebne površine pomožnih objektov je treba vedeti, koliko delavcev bo na objektu.

Rok za dovršitev objekta je 20 mesecev, od tega računamo za gradbena dela 13 mesecev. Z upoštevanjem izkustvenih pridobljenih okvirnih normativov za tako vrsto gradnje (18 ur/m<sup>2</sup> bruto površine) in rok gradnje gradbenih del 13 mesecev, dobimo okvirno potrebno število delavcev.

$$N = \frac{\text{bruto}(m^2) \times \text{normativ}}{\text{mesece gradnje} \times \text{število ur mesecno}}$$

Iz načrta je razvidna sledeča površina načrtovanega objekta : 6787,31 m<sup>2</sup>

$$N = \frac{6787,31 \times 7,5}{16 \times 224} = 14,20 = 15 \text{ delavcev}$$

Na gradbišču mora povprečno delati 15 delavcev. Zaradi letnih dopustov, bolezni in v konicah mora na gradbišču delati 5 % več delavcev.

$$15 \times 1,05 = 15,75 = 16 \text{ delavcev}$$

Objekt, ki je namenjen delavcem, dimenzioniramo za 16 delavcev. Na gradbišču bodo zaposleni še 2 delovodja, skladiščnik, 2 obračunska tehnika, pomočnik direktorja projekta in direktor projekta.

- Izračun potrebnih površin pomožnih prostorov – objektov s pomočjo normativov
  - Jedilnica : 3,5 m<sup>2</sup> na delavca

$$16 \text{ delavcev} \times 3,5 \text{ m}^2 \text{ na delavca} = 56,00 \text{ m}^2$$

Jedilnica mora ustrezati higiensko tehničnim predpisom. V zimskem času je jedilnico potrebno ogrevati.

- Sanitarije : - 1 stranišče na 25 delavcev  
- 1 pisoar na 30 delavcev

$$\frac{\text{št. zaposlenih}}{25} \times (1,5 \times 1,5) = \frac{23}{25} \times 2,25 = 2,07 \text{ m}^2$$

Kemično stranišče vsebuje tako pisoar kot stranišče in zaradi tega mi ni potreba računati vsako posebej. Vzel sem manjšo število delavcev, ker bom tako dobil večjo površino. V tem številu so dodatni poleg delavcev še vodstvo, obračunski tehnik, delovodja in nadzor.

- Umivalnik : - 1 pipa na 6 delavcev

$$\frac{\text{št. zaposlenih}}{6} = \frac{23}{6} = 3,83 = 4 \text{ pip}$$

Večinoma se uporablja prenosna umivalnica, ki je opremljena s šestimi umivalnimi enotami, ki so namenjena izključno osebni higieni delavca na gradbišču (slika 23). Pranje orodja in ostalih pripomočkov v gradbeništvu v umivalnici ni dovoljeno. Pred postavitvijo takšne umivalnice mora sam izvajalec zagotoviti : ravno površino (plato) za postavitvev umivalnice, priključitev umivalnice na vodovodno in kanalizacijsko omrežje in ogrevanje notranjosti umivalnice v zimskem času.



**Slika 23:** umivalnica na gradbišču (vir podatkov: <http://www.vigrad.si>)

- Garderoba : Na delavca se računa 0,45 m<sup>2</sup> garderobne površine

$$16 \times 0,45 = 7,2 \text{ m}^2$$

Garderoba je opremljena z garderobnimi kovinskimi omaricami s patentno ključavnico (patentiran profil ključa, ki ga s klasičnimi stroji za kopiranje ključev ni mogoče izdelati). V sklopu garderob je treba predvideti sušilnico obutve in oblek cca 15,00 m<sup>2</sup>.

- Pisarne : Za pisarniške delavce od 3,00 do 3,25 m<sup>2</sup> na delavca
  - 1 pisarna za vodja gradbišča
  - 1 pisarna za obračunskega tehnika
  - 1 pisarna za odgovornega nadzornika
  - 1 pisarna za delovodje

Vse pisarne so opremljene s standardnimi pisalnimi mizami in stoli. V delovodski pisarni je postavljena večja miza za načrte. V vseh pisarnah je potrebno postaviti omare za odlaganje dokumentacije, obešalnike za garderobo in delovne halje ter zaščitne čelade. V vseh pisarnah je napeljana telefonska linija, vključno z internetno povezavo. Prostore ogrevamo z termoakumulacijskimi pečmi in radiatorji. V prostorih so

nameščena svetlobna telesa s žarnico iz nitke in natrijeva fluorescenca, ki osvetljuje pisarno.

○ Skladišča

▪ Skladišče priročnega orodja in drobnih strojev

Navedeno skladišče je locirano v kontejnerju, ki je namenjeno shranjevanje priročnega orodja in drobnih strojev. Orodje v skladišču mora biti pravilno nameščeno in dostopno. Zato je po obodnih stenah potrebno narediti police in po potrebi še po sredini skladišča.

▪ Tesarska lopa

Lokacija tesarske lope je razvidna iz sheme organizacije gradbišča. V lopi je nameščena krožna žaga. Pri izdelavi tesarskih lop je treba upoštevati varstvene ukrepe v smislu ognjevarnosti in osebne zaščite.

▪ Lopa za nevarne snovi

Nevarne snovi na gradbišču so hranjene v prostoru, ki so ločene od drugih in označene ter urejene namensko v skladu z lastnostmi snovi in navodila z varnostnih listin.

V neposredni bližini hranjenja nevarnih snovi so vedno na voljo kopije varnostnih listin ter ustrezna sredstva in oprema za nudenje prve pomoči, v primeru hranjenja vnetljivih ali eksplozivnih snovi pa tudi oprema za gašenje.

▪ Začasni prostor za shranjevanje občutljivih proizvodov

Namen takšnega prostora je, da občutljive materiale kot je fasadno okno, ločimo od ostalih materialov: pesek, orodje, nevarne snovi itd.

#### SPISEK PROVIZORIJEV:

- pisarniški kontejner 6,06 x 4,88 m	1 kom
- pisarniški kontejner 6,06 x 7,32 m	1 kom
- pisarniški kontejner 6,06 x 2,44 m	1 kom
- skladiščni kontejner 6,06 x 2,44 m	2 kom
- garderoba – kontejner 6,06 x 2,44 m	2 kom
- delilnica hrane 6,06 x 2,44 m	3 kom
- skladiščna baraka 2,50 x 8,00 m	1 kom
- kemični WC	5 kom
- tesarska lopa 4,00 x 6,00 m	1 kom
- lopa za nevarne snovi 4,00 x 6,00 m	1 kom
- začasni prostor za shranjevanje fasadnih oken	1 kom

#### Deponije in delovni platoji

Na gradbišču so predvideni 3 žerjavi z ročicami 60, 50 in 35 m. Žerjave lociramo v skladu s Shemo organizacije gradbišča. Žerjave 1 in 2 bosta sidrana v temeljno ploščo, žerjava 1 pa še v stolpnico. Žerjav 3 postavimo na žerjavno progo dolžine 11 m. Pred postavitvijo žerjava je potrebno pripraviti ustrezno utrjen in izravnani plato, na katerega se bo postavilo žerjav.



**Slika 24:** Primer žerjava na gradbišču (foto: Kumalić, 2009)

Izkopni material, ki bo uporaben za zasip, deponiramo na začasni deponiji čim bližje gradbišču (slika 25).



**Slika 25:** Začasna deponija izkopanega zemeljskega materiala (foto: Kumalić, 2009)

Manjše deponije gradbenih materialov so predvidene na prostih površinah gradbišča. Potrebujemo predvsem deponije opažev, odrov in armature. Gradbene materiale skladiščimo čim bližje mestu vgradnje. Material sprti dovažamo in ga po možnosti takoj vgradimo. Deponije gradbenih materialov morajo biti praviloma zložene, dovolj stabilno do višine največ dveh metrov, da ne pride do porušitve.

### **Prometna ureditev in transportne poti gradbišča**

Dostop na lokacijo je iz Šmartinske ceste. Pri transportu z gradbeno mehanizacijo je potrebno upoštevati dovoljeno obremenitev vozišča. Med gradnjo je potrebno javne ceste v območju gradbišča redno čistiti in opravljati.

Za transportne poti po gradbišču se uporabljajo gradbiščne ceste. Upoštevati je potrebno omejitev hitrosti 5 km/h. Ob izvozu iz gradbišča je potrebno kolesa tovornjakov očistiti, da ne raznašajo materiala po zunanjih javnih cestah.

Opozorilne in napisne table ob vhodu imajo sledečo vsebino:



- prometni znaki: pozor gradbišče, prepoved vstopa nezaposlenim, omejitev hitrosti vozil na 5 km/h, obvezna uporaba čelad, pozor viseče breme, gibanje delavcev dovoljeno samo v območju gradbišča, pozor avto



Slika 26: opozorilna gradbiščna tabla (foto: Kumalić, 2009)

- napisana tabla z nazivom projekta, št. in datumom izdaje gradbenega dovoljenja, nazivom in sedežem investitorja, nazivom in sedežem projektanta, nazivom in sedežem izvajalca in nazivom in sedežem nadzornika



Slika 27: napisna gradbiščna tabla

## **Notranji transport**

Izkope, zasipe, planiranje in ostala zemeljska dela izvajamo z bagrom, rovokopačem, buldožerjem, valjarjem itd. Izkopani material vozimo na deponijo s tovornjak prekucnik.

Pilote pod temeljno ploščo stolpnice izvajamo z vrtalno garnituro za pilote.

Vertikalni in horizontalni transport gradbenega materiala izvajamo s stolpnimi žerjavi.

Vgradnjo betona v konstrukcijske elemente bomo izvajali direktno iz avtomešalca (podložni beton) in s pomočjo avto črpalke ter stabilne črpalke za beton.

Za vertikalni transport ljudi na stolpnici se bo uporabljala transportna platforma.

Horizontalne Transporte materiala do gradbišča izvajamo s tovornjaki, avtovlačilci, avtomešalniki za beton in tovornjakom s Hiabom, s katerim tudi nakladamo, prevažamo in montiramo kontejnerje za potrebe gradbišč.

## **6 OPERATIVNI PLANI**

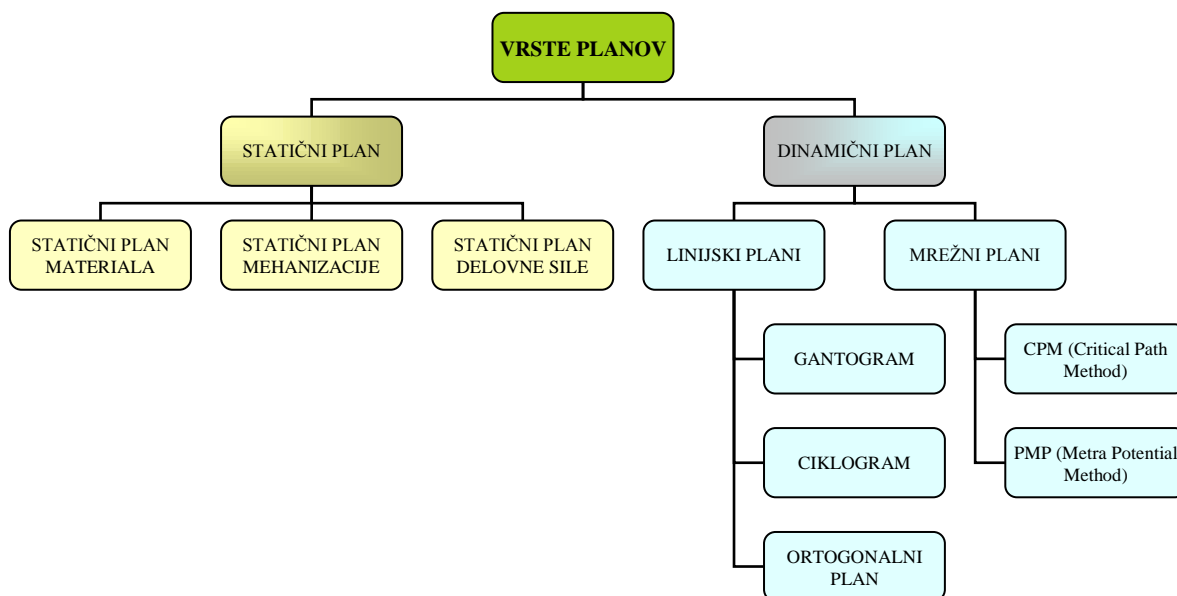
### **6.1. Vrste operativnih planov**

Operativne plane v gradbeništvu lahko razvrščamo na namembnost in glede na predmet planiranja. V tem primeru se osredotočim na predmet planiranja, ki razvrščamo operativne plane na:

- terminske plane in
- spremljajoče plane (slika 28).

Spremljajoče plane imenovani tudi pomožni plani, so za prikaz potrebe po delovnih silah, mehanizaciji, materialih in finančnih sredstvih.

Terminski plan so najpomembnejši plani operativnega planiranja. Služijo kot osnova za izdelavo spremljajočih planov ter kor osnova za organizacijske ukrepe (vodenje, pravočasno izvajanje del, časovna kontrola izvajanja del). Terminske plane izdelujemo grafično in to s pomočjo gantogramske tehnike, ciklogramske tehnike, ortogonalne tehnike in tehnike mrežnega planiranja. V večini primera se v praksi uporablja gantogramska tehnika in tehnika mrežnega planiranja, zato sem te dve metodi izpostavil in ju tudi opisal.



**Slika 28:** Vrste planov

### 6.1.1. Statični spremljajoči plani

Izdelava statičnih spremljajočih planov vedno predstavlja prvo fazo operativnega planiranja. Z izdelavo teh planov želimo številčno prikazati količino in strukturo (vrsto) delovne sile, mehanizacije, materialov, potrebnih za realizacijo planske naloge. Gre za neke vrste bilanco ali zbir vseh sredstev, potrebnih za gradnjo objekta.

#### 6.1.1.1. Podatki, potrebni za izdelavo statičnih spremljajočih planov

Podatke za izdelavo statičnih spremljajočih planov črpamo običajno iz glavnih analiz vseh obračunskih postavk gradbenega objekta. Le v primeru, da glavnih analiz nimamo izdelanih, moramo pred izdelavo statičnih spremljajočih planov za vsako obračunsko postavko posebej (ali za skupine obračunskih postavk) ugotoviti potrebe po delovni sili, mehanizaciji in materialih.

#### 6.1.1.2. Statični plan delovne sile

S statičnim planom delovne sile prikažemo skupne potrebe po številu delavcev, izražene v norma urah in kvalifikacijski strukturi delavcev, potrebnih za gradnjo objekta.

Resource Name	Group	Work	Detail	Qtr 3, 2009		Qtr 4, 2009			Qtr 1, 2010	
				Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb
DELAVEC GRADBENI NK	D	10.538,3 h	Work	265,52h	669,78h	861,47h	744,88h	557,28h	585,85h	566,63h
DELAVEC GRADBENI PK	D	21.544,9 h	Work	1.620,55h	1.800,12h	819,9h	677,1h	397,77h	476,15h	1.252,32h
DELAVEC GRADBENI KV	D	930,22 h	Work	242,4h	234,98h	35,52h	7,37h	5,45h	24,98h	20,15h
DELAVEC GRADBENI VK	D	67,7 h	Work							

**Preglednica 1:** Statični plan delovne sile (Vir podatkov: Microsoft Project, Kumalić)

Oznake pomenijo: VK – visokokvalificirani delavec

KV – kvalificirani delavec

PK – polkvalificirani delavec

NK – nekvalificirani delavec

ST – strojnik

Iz vsote potrebnih ur posameznih skupin delavcev lahko izračunamo, koliko delavcev s takšno in takšno kvalifikacijsko strukturo bo na gradbiščih v povprečju potrebnih, da objekt zgradimo v določenem roku in koliko dni bo treba za izvršitev posameznih potrebnih del, če predhodno določimo delovne skupine (število delavcev) in čas trajanja dela na dan (8 ur, podaljšani delovni čas, izmensko delo itd.).

### 6.1.1.3. Statični plan mehanizacije

S statičnim planom mehanizacije prikažemo skupne potrebe po mehanizaciji in opremi.

Skupne potrebe izrazimo v norma urah za posamezno vrsto mehanizacije in opreme na način, prikazano v preglednici 2.

Initials	Resource Name	Group	Detail	Qtr 1, 2010		
				Feb	Mar	Apr
G106	BULDOZER 20-25T (CAT-D6R, N, LIEBHERR 734)	stroj	Work		0,1h	0,25h
G113	ROVOKOPAČ < 0,5m3 (MF 50, TEREX 820)	stroj	Work	24,13h	55,3h	77,05h
G134	BAGER GOSENIČAR <20T (0,6-0,9m3 - RH5,RH6)	stroj	Work		8,75h	36,55h
G136	BAGER GOSEN. 20-25T (0,9-1,5m - CAT 225,LIEB.R914)	stroj	Work	65,63h	84,38h	62,5h
G140	BAGER KOLESNI <20T (0,6-0,9m3 - MH5, LIEB.A 904)	stroj	Work		1,02h	3,45h

**Preglednica 2:** Statični plan mehanizacije (Vir podatkov: Microsoft Project, Kumalić)

#### 6.1.1.4. Statični plan materialov

S statičnim planom materialov prikažemo skupne potrebe po glavnih materialih, izražene v enotah mere.

Initials	Resource Name	Group	Work	Detail	Qtr 1, 2010		
					Feb	Mar	Apr
G1400	LES OBLI ZA PILOTE,IGLAVEC,L=DO 3m	material	3,6 m3	Work		0,19	0,88
G2000	VODA IZ VODOVODA	material	1.407,87 m3	Work	69,02	115,59	111,41
G2001	VODA NA TERENU (50% G2000)	material	152,88 m3	Work	0,48	2,36	7,39
G2040	MIVKA - OSTR	material	32,21 m3	Work	0,18	2,54	2,47
G2051	CEMENT 42,5 OSNOVNI II/B-M (L-P)42,5N - vreče	material	72.331,99 kg	Work	978,12	5.489,73	5.975,48
G2226	CEV KARTONSKA FI 600mm	material	11,59 m1	Work		4,31	3,97
G3011	PODLOŽKA PLASTIČNA ZA ARMATURO 3cm	material	684.446,08 kos	Work	39.316,4	67.350,99	50.535,9

**Preglednica 3:** Statični plan materialov (Vir podatkov: Microsoft Project, Kumalić)

#### 6.1.2. Dinamični oz. terminski plani

Izdelava terminskih planov, dinamičnih planov toka grajenja ali planov napredovanja del, kot jim najpogosteje pravimo, predstavlja drugo fazo operativnega planiranja. Z izdelavo teh planov želimo grafično, lahko pa tudi številčno, prikazati časovni potek izvajanja del.

V odvisnosti od vrste terminskega plana ( generalni – traja nekaj tednov ali celo nekaj mesecev, detajlni – traja kakšen teden) in planske stopnje se moramo najprej odločiti za vrsto aktivnosti, ki ji bomo planirali. Aktivnosti lahko predstavljajo faze investicijskega procesa, objekta na nekem, gradbenem kompleksu, etaže na objektu, konstrukcijske elemente objekta, delovne procese na objektu in celo delovne operacije.

Po izbiri najprimernejše tehnike začnemo ugotavljati čase trajanja aktivnosti in določati vrstni red aktivnosti. Zatem skonstruiramo terminski plan ( pri mrežnih tehnikah ga predhodno izračunamo) in ga številčno ali, kar je bolj običajno, grafično ponazorimo.

##### 6.1.2.1. Gantogramski terminski plan

Gantogramska tehnika je najstarejša tehnika terminskega planiranja. Njen utemeljitelj je Henry L. Gantt, predstavnik klasične znanstvene organizacije v ZDA.

MILL., *Textile* ..... *June* ..... 191*6*.

SYMBOL	DEPARTMENT OR MACH. CLASS	% OF CAPACITY USED ON <i>Day</i> TURN							TOTAL EXPENSE OF IDLENESS	DETAILS OF IDLENESS EXPENSE DUE TO					REMARKS		
		18	20	30	40	50	60	70		80	90	LACK OF WORK	LACK OF HELP	LACK OF AND POOR MATERIAL		REPAIRS	POOR PLANNING
	<i>Spinning</i>	[Gantt bars]							18 70	18 70							
	<i>Winding</i>	[Gantt bars]							118 74		103 74				15 00		
	<i>Doubling</i>	[Gantt bars]							10 61	10 61							
	<i>Twisting</i>	[Gantt bars]							17 95	17 95							
	<i>Quilling</i>	[Gantt bars]							70 67	10 67	10 00						
	<i>Warping</i>	[Gantt bars]							390 75			390 75				Lack of Wound Yarn	
	<i>Weaving</i>	[Gantt bars]							915 25	75 00		840 75				Lack of Warps	
	<i>Finishing</i>	[Gantt bars]							210 72			210 72				Lack of Woven Goods	
	<i>Inspecting</i>	[Gantt bars]							49 70		10 70	39 00				Lack of Woven Goods	
	<i>Shipping</i>	[Gantt bars]							216 17	66 00		150 17				Lack of Woven Goods	
	<i>Total</i>	[Gantt bars]							1969 76	198 93	174 44	1630 89	15 00				

APPROVED BY \_\_\_\_\_ SUPP

FIG. 1.—IDLENESS EXPENSE CHART

**Slika 29:** Časovni prikaz stroškov v primeru nedejavnosti (Vir podatkov: Organizing for work, H. L. Gantt)

Osnovna ideja izdelave terminskih planov s pomočjo gantogramske tehnike je zelo enostavna: uporabiti moramo koordinatni sistem tako, da nam horizontalna os predstavlja čas, vertikalna os pa aktivnost (slika 30).

ID	Aktivnost	Delovni dnevi	Začetek	Konec	Predi	Oct '09	Nov '09	Dec '09	Jan '10	Feb '10	Mar '10	Apr '10	May '10	Jun
2	DTS - UKC, LJUBLJANA	230 d	Fri 13.11.09	Wed 30.6.10		13.11.09	[Gantt bar]							
3	UVEDBA V DELO	1 d	Fri 13.11.09	Fri 13.11.09		13.11.09	13.11.09							
4	ORGANIZACIJA GRADBIŠČA	76 d	Mon 16.11.09	Sat 30.1.10		16.11.09	[Gantt bar]							
5	GO DELA ZA ZA DOSTOP IN DOVOZ DO URGENCE, GARAŽA DOSTOP IN DOVOZ (ZAČASNA IN TOVORNA RAMPA)	172 d	Fri 13.11.09	Mon 3.5.10		13.11.09	[Gantt bar]							
6	TOVORNA RAMPA	146 d	Mon 16.11.09	Sat 10.4.10		16.11.09	[Gantt bar]							
7	RUŠITVENA DELA	28 d	Mon 16.11.09	Sun 13.12.09		16.11.09	13.12.09							
8	RUŠENJE AB PLOŠČE	20 d	Mon 16.11.09	Sat 5.12.09		16.11.09	5.12.09							
9	RUŠENJE AB STEN IN TEMELJNIH GRED	18 d	Thu 26.11.09	Sun 13.12.09		26.11.09	13.12.09							
10	ZEMELJSKA DELA	10 d	Mon 14.12.09	Wed 23.12.09		14.12.09	23.12.09							
11	IZKOPI	7 d	Mon 14.12.09	Sun 20.12.09		14.12.09	20.12.09							

**Slika 30:** terminski plan v računalniški obliki (Vir podatkov: Microsoft Project, tehnični sektor)

Rezultat gantogramske tehnike izdelave terminskih planov so gantogrami, imenovani tudi Ganttovi diagrami, blokovni diagrami, linijski plani, paralelni plani ali koledarski plani. Gantogrami so danes najbolj razširjena grafična oblika prikazovanja terminskih planov. V gradbeništvo smo jih pri nas pričeli izdelovati po prvi svetovni vojni.

Iz njih je razvidno, kako si aktivnosti časovno sledijo, koliko časa je za posamezno aktivnost na razpolago, kako se nekatere od aktivnosti prekrivajo in kakšen je čas za izvršitev

aktivnosti. Prikaz je enostaven, lahko razumljiv in preprost za spremljanje (kontrola). To so glavne prednosti gantograma.

Gantograme pa v modificirani obliki lahko izdelamo tudi s pomočjo mrežnih tehnik. V tem primeru prikazuje takšen gantogram tudi rezervne čase aktivnosti in kritično pot, ne nakazuje pa medsebojnih odvisnosti, kot bomo še videli.

Gantogramska tehnika izdelave terminskih planov je smiselno uporabljiva tudi za izdelavo dinamičnih spremljajočih planov: plana delovne sile, plana količin, mehanizacije in plana finančnih sredstev. Razlika je le v tem, da na vertikalno os koordinatnega sistema ne nanašamo dejavnosti, temveč v ustreznem merilu delovno silo, mehanizacijo, glavne materiale in finančna sredstva.

### **Določitev aktivnosti**

Značilne aktivnosti v gantogramski tehniki izdelave terminskih planov gantogramov so pri gradnji objekta lahko:

- etaže (kletne etaže, pritličje, I. nadstropje itd.)
- konstrukcijski elementi (temelji, armiranobetonski stebri itd.)
- delovni procesi (izdelava opaža, armature, betona itd.)
- delovne operacije (ravnanje, rezanje ali krivljenje armature)

Izbira aktivnosti je seveda odvisna od tega, za kakšne potrebe in za kakšno razdobje izdelujemo gantograme. Za investitorje npr. zadostuje gantogram z aktivnostmi etaž objekta, za gradbene izvajalce na gradbiščih pa je potrebna izbira konstrukcijskih elementov ali delovnih procesov za aktivnosti terminskega plana gradnje objekta, pa tudi trimesečnega, mesečnega in dekadnega (desetdnevnega) terminskega plana. Pri dnevnih terminskih planih pa je za aktivnosti nujno treba izbrati delovne operacije.

V gradbeni praksi se najpogosteje srečujemo s potrebami po izdelavi gantogramov za gradnjo objektov v celoti; za aktivnosti v ta namen izberemo konstrukcijske ali delovne elemente tehnološkega procesa. Te je enostavno izbrati, če imamo tehnološki proces oblikovan z diagrami toka materiala ali pa s karto delovnega procesa.

Drugače je za določitev aktivnosti potrebnih precej izkušenj.

## Določitev časov trajanja aktivnosti

Način oz. postopek določitve časov trajanja aktivnosti je pri gantogramski tehniki terminskega planiranja odvisen od vrste aktivnosti. Za tehnološke aktivnosti (aktivnosti so delovne operacije ali delovni procesi) in objektne aktivnosti (to so konstrukcijski elementi ali etaže oz. odseki objektov) določimo čas trajanja aktivnosti praviloma deterministično s pomočjo normativov, za aktivnosti investicijskih procesov (objekti ali faze investicijskega procesa) pa izkustveno. Izkustveno določamo tudi čase trajanja tistih tehnoloških in objektivnih aktivnosti, za katere nimamo na razpolago normativov (za pripravljalna dela, zaključna dela, montažna dela, ki ji opravljamo prvič).

Deterministično izračunamo čase trajanja aktivnosti s pomočjo naslednjih enačb:

$$T = \frac{(Q \times Nu)}{(Sd \times t)} - \text{za ročno delo}$$

$$T = \frac{(Q \times Snu)}{(Ss \times t)} - \text{za strojno delo}$$

T.... čas trajanja aktivnosti (v dnevih)

Q.... planirana količina aktivnosti (v enoti mere)

Nu.... norma ure za enoto aktivnosti

Snu.... strojne norma ure za enoto aktivnosti

Sd.... število delavcev, angažiranih v izmeni

Ss.... število strojev, angažiranih v izmeni

t.... dolžina delovnika v urah na delovni dan

V teh enačbah so količine v števcu podane, v imenovalcih pa nam je prepuščena izbira števila delavcev, števila strojev in več ali manj tudi dolžina delavnika v urah na delovni dan, saj lahko v določenih primerih predvidimo tudi večizmensko delo ali pa delo v podaljšanem delovnem času.



Seveda predvidimo pri določanju časov trajanja aktivnosti tolikšno število delavcev in strojev, kot je za izvajanje posameznih aktivnosti potrebno, če naj bi bili stroški izvedbe minimalni, upoštevajoč predvideno organizacijo gradbišča.

### **Določitev vrstnega reda izvajanja aktivnosti**

Pri določanju vrstnega reda izvajanja aktivnosti, ki je glavni in najtežji del izdelave gantograma, se srečamo v praksi z dvema primeroma:

1. rok izgradnje je predviden oz. vnaprej določen s pogodbo o izvajanju del, in
2. rok izgradnje ni določen vnaprej.

V prvem primeru je cilj izdelave gantograma oz. cilj določitve vrstnega reda aktivnosti v tem, da z vzporednim izvajanjem aktivnosti (s popolnim ali delnim prekrivanjem aktivnosti), za katere je čas trajanja podan (poznan), uspemo vse aktivnosti razporediti v pogodbeno dogovorjenem roku. To je seveda težka naloga, ki zahteva poznavanje tehnoloških procesov, operativno prakso in spretnost planerjev, da s prekrivanjem aktivnosti, kjer je to možno, dosežejo pogodbeno dogovorjeni rok gradnje. V določenih primerih seveda tega ni možno doseči, ne da bi s ponovnim izračunom trajanja aktivnosti skrajšali ali podaljšali čas trajanja aktivnosti na ta način, da predvidimo večje ali manjše število delavcev in strojev za opravljanje posameznih aktivnosti, ali pa tako, da predvidimo podaljšani delovni čas ali celo večizmensko delo. V izjemnih primerih je potrebno za skrajšanje trajanja gradnje predvideti tudi spremembe v tehnologiji gradnje oz. v vrstnem redu izvajanja aktivnosti.

V drugem primeru je cilj izdelave gantograma oz. cilj določitve vrstnega reda aktivnosti v tem, da z vzporednim izvajanjem aktivnosti, za katere je čas trajanja podan, uspemo vse aktivnosti razporediti tako, da bo skupen čas trajanja izgradnje optimalen glede na stroške. Znano je namreč, da pretirano kratek in pretirano dolg rok gradnje povečujeta stroške gradnje. Pri pretirano kratkem roku gradnje se povečuje direktni (neposredni) stroški gradnje (stroški materiala, amortizacije, dela in energije za izvedbo posameznih aktivnosti), pri pretirano dolgem roku pa indirektni (posredni) stroški gradnje (stroški režije gradbišča, temeljne organizacije in delovne organizacije).

Ne glede na to, s kakšnim primerom opredelitve cilja imamo opravka, pa moramo pri določitvi vrstnega reda izvajanja aktivnosti posvetiti pozornost tudi zveznosti zaposlitve delavcev (delovne sile) in mehanizacije. Nedopustno in neracionalno bi bilo, če bi aktivnosti razporedili tako, da bi njihovo izvajanje zahtevalo skokovito menjavanje potreb po delavcih in strojih. Zato moramo od spremljajočih planov hkrati izdelati vsaj plan delovne sile in plan mehanizacije, da bi s pomikom aktivnosti zagotovili maksimalno možno zveznost zaposlitve delavcev in mehanizacije.

### **6.1.3. Mrežni terminski plani**

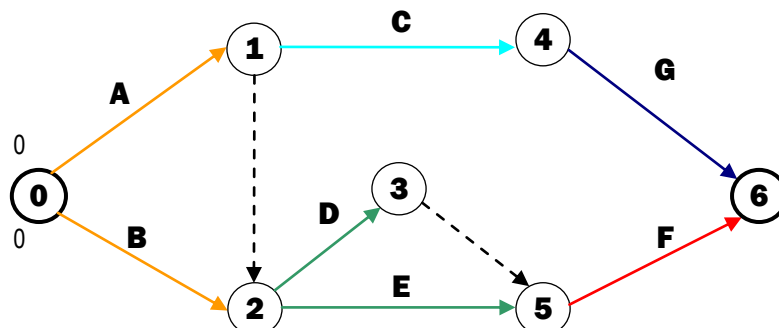
Po drugi svetovni vojni je kompleksnost projektov in pojemanja vojne preskrbe z delovno silo zahtevala nove organizacijske strukture. Razvijejo se kompleksne tehnike mrežnega planiranja, katerih namen je zagotoviti vodjem projektov večji nadzor nad obsežnim in kompleksnimi projekti.

Glavna prednost mrežnih tehnik je v tem, da je z njimi možno ugotoviti tista dela (aktivnosti), od katerih je odvisen rok izgradnje objektov oz. realizacija projektov na splošno. Imenujemo jih kritična dela (kritične aktivnosti). Poleg te prednosti lahko omenimo še:

- Zanesljivost v pogledu merljivosti in točnosti rezultatov. Rezultati vseh drugih tehnik terminskega planiranja so v večji meri kot pri mrežnih tehnikah odvisni od intuicije planerjev.
- S pomočjo mrežnih tehnik lahko razmeroma enostavno in hitro korigiramo plane, če se delovne razmere spremenijo.
- Hitro in enostavno lahko ugotovimo prehitevanja oz. zamude v realizaciji del in točno izračunamo novi čas, potreben za realizacijo, s prikazom nove kritične poti.
- Možnost ugotavljanja rezervnih časov za nekritične aktivnosti.
- Možnost za računalniško podprto uporabno metodo.

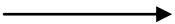
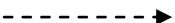

Za potrebe operativnega terminskega planiranja so danes največ v rabi:

- CPM (Critical Path Method), pri nas imenovana metoda puščičnega mrežnega diagrama. (Pšunder, 2008)



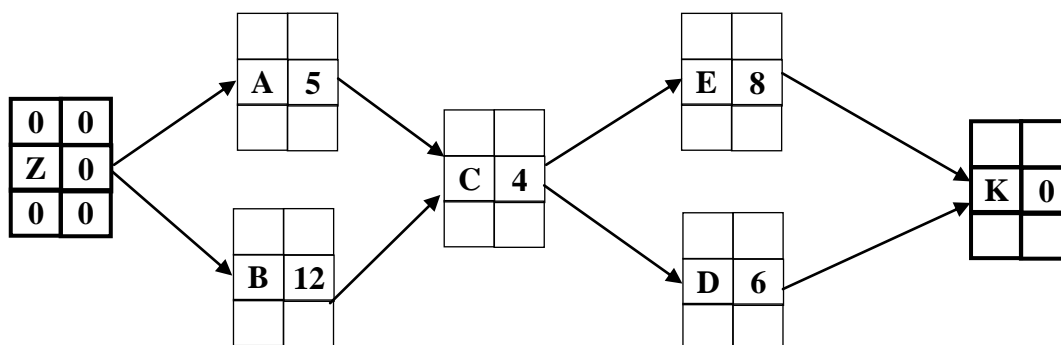
Slika 31: Metoda puščičnega mrežnega diagrama

Po tej metodi skonstruirani mrežni diagrami so sestavljeni iz treh osnovnih grafičnih simbolov, in sicer:

- za aktivnost...polna puščica 
- Za odvisnost...črtkana puščica 
- Za dogodek...krog 



Puščični mrežni diagram je torej sestavljen iz vrste aktivnosti, ki zahtevajo določen čas za izvedbo, istočasno pa nakazuje tudi tehnološko povezanost med dvema aktivnostma oz. tehnološki tok povezanih aktivnosti.

- PMP (Metra Potential Method), pri nas imenovana metoda mrežnega diagrama s kvadrati aktivnosti (Pšunder, M.)



Slika 32: Metoda mrežnega diagrama

Po tej metodi skonstruirani strukturni mrežni diagram je sestavljen iz dveh osnovnih grafičnih simbolov, in sicer:

- Za aktivnost....kvadrat 
- Za odvisnost....polna puščica 

Mrežni diagram s kvadrati je torej sestavljen iz vrste aktivnosti, ki zahtevajo določen čas za izvedbo. Tehnološko povezanost med aktivnostmi oz. tehnološki tok povezanih aktivnosti prikazujejo puščice.

## 7. OPTIMIZACIJA TERMINSKEGA PLANA

Z določenimi preišljenimi ukrepi in posegi v plan lahko izboljšamo, skrajšamo čas in zmanjšamo stroške gradnje s optimizacijo posameznih delovnih procesov.

Vzroke, ki v obravnavanem primeru onemogočajo skrajševanja časa terminskega plana, lahko z določenimi orodji eliminiram ter tako preprečim, da se čas gradnje poveča namesto da ga bi optimiziral. Zato bom v naslednjih točkah opisal in razložil, kakšna orodja se uporabljajo za čim boljše optimizacijo terminskega plana.

Vzroki, ki povzročajo izgube pri času, pri stroških in normativih, so:

- naravno povzročene izgube
- izgube pri mehanizaciji in opremi
- izguba zaradi komunikacije med gradbiščem in obratom
- izgube pri delu
- izgube pri materialu in energij
- napačno privzeti ali manjkajoče številke o učinku
- spremembe časovnega poteka gradnje zaradi lagodnosti v izvedbi

## **7.1. Preprečiti naravno povzročene izgube**

Naravno povzročene izgube na gradbišču so tiste, ki jih povzroča narava s svojimi pojavi, npr. zaradi dežja, mraza, potresa, požara ipd. O izgubah, povzročenih z »višjo silo«, govorimo takrat, ko so povzročene s pojavi, na katere človek ne more vplivati, npr. potres in poplava. Na zmanjšanje izgub zaradi ostalih naravnih pojavov lahko človek delno vpliva z določenimi organizacijskimi ukrepi. Na primer v dežju ali mrazu je potrebno delavca prerazporediti na delo v pokrite prostore ali pa jih primerno zaščititi. V primeru visokih voda je potrebno predvideti zaježitve vode ali izvesti prečrpavanje itd.

### **7.1.1. Vplivi in omejitve na gradnjo objekta Kristalna Palača**

#### **➤ Vrste omejitev**

#### **Omejitve delimo na naravne in antropogene.**

Med **naravne** omejitve ki omejujejo izgradnjo objektov sodijo: nestabilna tla, tla s slabo nosilnostjo, poplavna območja, strmine z več kot 30% naklona, izrazito osojne lege, seizmično najbolj aktivna območja, klimatske razmere, območja z visokim hrupom, vidni koridorji, dobra zemlja, ...

Od **antropogenih** vplivov so najbolj izraziti: rezervati-zaščitena območja (naravni in vodnogospodarski), odmik od avtocest, plinovodi, daljnovodi, naftovodi RTV ali PTT omrežja, raba površine...

#### **➤ Vpliv reliefa**

Vpliv reliefa na zidavo je zanemarljiv, saj je teren izrazito raven, in je zelo povezljiv na obstoječo cestno infrastrukturo. Območje zazidave je v mestnem lokacijsko zazidalnem območju, tako da je zemljišče neuporabno v kmetijske namene.

### ➤ **Vpliv geomehanskih in seizmičnih razmer**

Na lokaciji gradbišča so izrazito ugodne geomehanske in seizmične razmere. Prevladujejo prodno peščena tla z vmesnimi vložki gline in konglomerata, ki ne bodo predstavljali večjih ovir pri izkopu. Izkop materiala za kletne prostore torej ne bo težaven.

### ➤ **Vpliv hidroloških razmer**

Na gradbišču ni pričakovati izlivov ali površinskih vdorov vode. Podzemne vode na tem področju so po znanih podatkih globoko pod kotami temeljev. Predvideva se, da je visoka voda podtalnice na koti 274,50 oziroma okoli 19 m pod koto terena. Objekt je v bližini III. vodovarstvenega pasa črpališča vodovoda Hrastje, vendar po svoji namembnosti ne bo imel nobenega vpliva na kakovost pitne vode v okrožju.

### ➤ **Vpliv klimatskih razmer**

Na območju gradnje lahko vpliva predvsem na terminski plan izgradnje objekta, v smislu zamud pri gradnji in pravilnem in bolj smotrnem planiranju del na objektu ter na ceno izgradnje objekta. Vplivi klimatskih razmer so naslednji:

- padavine, kot je dež, ne bo povzročal večjih težav, saj so nalivi bolj redek pojav, pa tudi sama geologija terena in sestava tal omogoča hiter odtok vode v podzemlje.
- megla, ki je najbolj pogosta decembra in januarja, lahko delno ovira dostavo materiala z vertikalnimi dvigali na daljših razdaljah.
- veter ne bo oviral dela na gradbišču, saj je moč in hitrost vetra na tem območju pod mejnimi vrednostmi za tako vrst zidave.
- sneg, ki je pogost pojav v mesecih december-februar, lahko povzroči težave zaradi zastojev dobave materiala na gradbišče pa tudi samih zastojev gradnje. Snežna odeja, ki čez noč prekrije gradbišče v količini, ki zahteva odstranitev na določenih

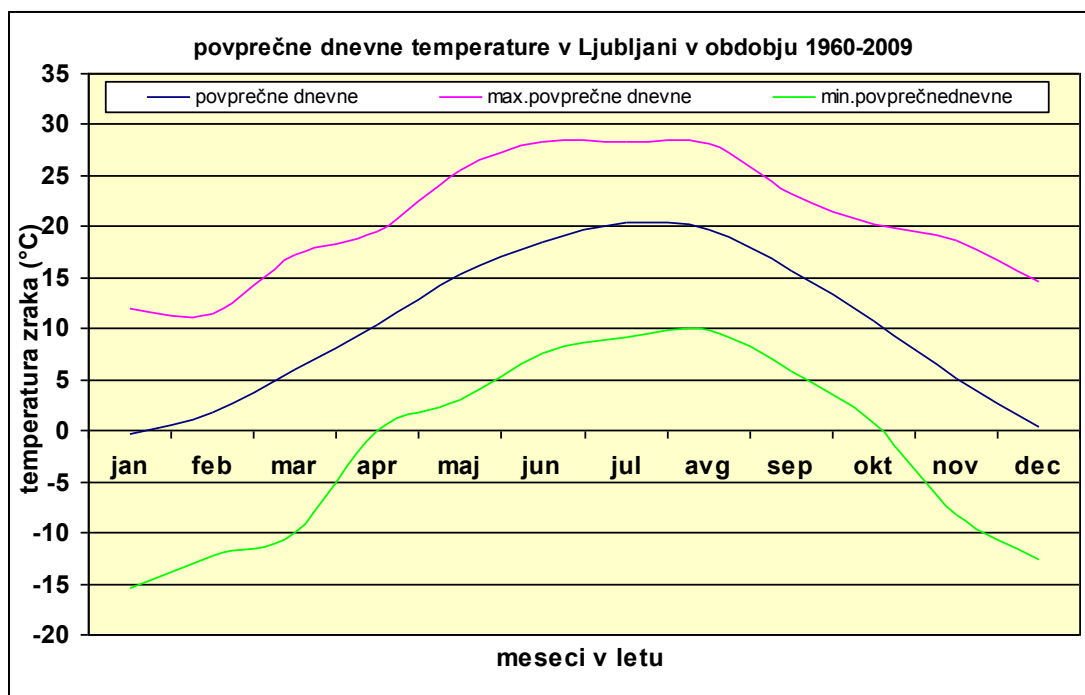
delih gradbišča in z določenih že zgrajenih ali pripravljenih delov objekta, lahko povzroči zastoj. Za odstranitev je potreben čas, ki se planira v odvisnosti od najkrajšega časa zadrževanja snežne odeje in sicer po 1 dan v mesecih december-februar. Pri nizkih temperaturah lahko zamudo povzročijo že najmanjše padavine, ki potem zmrznejo in se nabirajo okoli armature, opaža ali drugih delov že opravljenega dela na gradbišču.

- temperatura zraka najbolj vpliva na izgradnjo objektov in se odraža na ceni izgradnje objekta kakor tudi skozi zamude pri izgradnji objekta. Temperatura zraka pod 5°C negativno vpliva na proces hidrotacije betona, zato so potrebni dodatni napor ob vgrajevanju, ki zvišujejo ceno ter podaljšujejo čas izgradnje objektov. Temperature pod 0°C pa še dodatno otežujejo izgradnjo, saj so zahteve po zaščiti pred mrazom še bolj zahtevne v obsegu dela in ceni vgradnje.

Zelo visoke temperature zahtevajo večjo pozornost na gradbišču, kot pogoji dela za delavce pa tudi za vgradnjo določenih materialov (stekla, betona, aluminija, izolacijskega materiala...).

Časovna obdobja povečanega tveganja na gradbišču v smislu organizacije gradbišča in planiranja del ter pravih kalkulacij so razvidna iz prikazanih nihanj temperature v obdobju 1960-2009 za meteorološko postajo Ljubljana.

Podatki nam pokažejo, da je povprečna dnevna temperatura v Ljubljani 10,37°C, ter da povprečna maksimalna temperatura ne presega 28,4°C. V povprečju so na območju gradbišča vremenski pogoji za gradnjo torej zelo ugodni. ( Priloga A )



**Grafikon 1:** Povprečne dnevne temperature v Ljubljani v obdobju 1960 – 2009

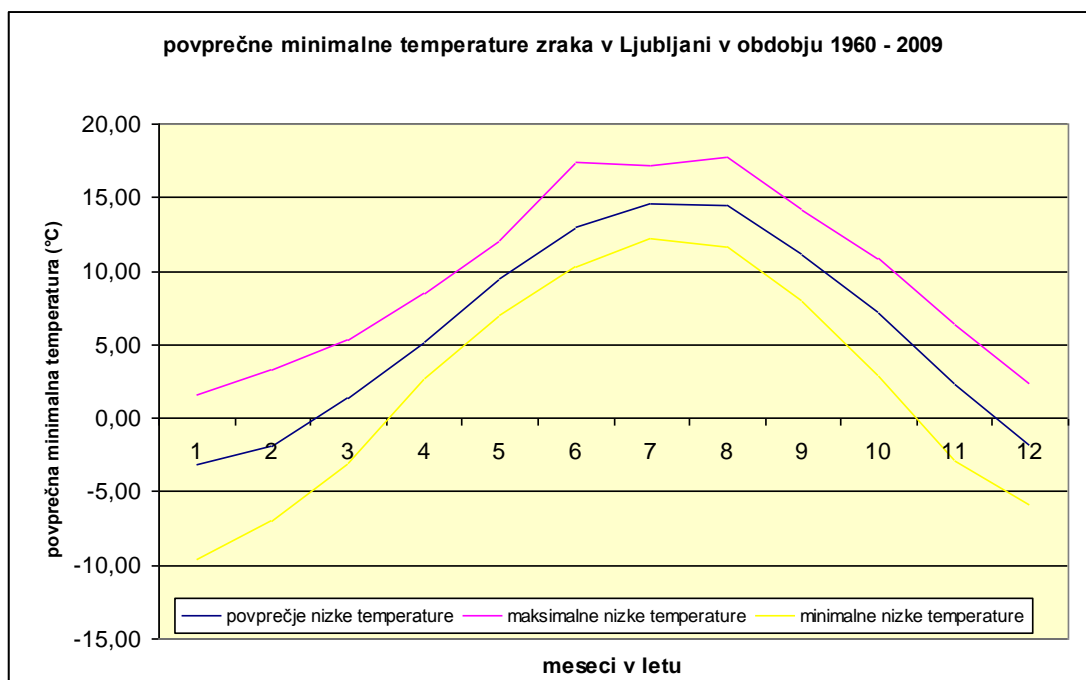
(Vir podatkov: ARSO)

Iz grafikona 1 povprečnih dnevni temperatur je razvidno, da so dnevne temperature zraka v Ljubljani, v povprečju od 20. novembra do 10. marca nižje od 5°C ter da so od 15 decembra do 20. januarja v povprečju nižje od 0°C. Pri betoniranju lahko pri navedenih nizkih temperaturah pride do negativnih vplivov na kakovost betona. Led poveča volumen (okoli 9%) in zrahlja notranjo strukturo. Če je beton izpostavljen nizkim temperaturam med vezanjem, lahko pride do nepopravljive škode. Zato mora biti temperatura sveže betonske mase ob vgrajevanju od +5°C do +30°C in vsaj + 5°C še 3 – 4 dni po vgradnji.



### 7.1.1.1. Preprečitev podaljševanja časa gradnja s pomočjo izbranih ukrepov

#### ➤ Betoniranje pri nizkih temperaturah



**Grafikon 2:** Povprečne minimalne temperature zraka v Ljubljani v obdobju 1960 - 2009

(Vir podatkov: ARSO)

Meseči s povprečnimi nizkimi temperaturami, ki so prikazani na grafikonu 2 (november do marec), so časovna obdobja povečanega tveganja izvajanja gradbenih del betoniranja na prostem. V teh obdobjih je možno, da bo potrebno uporabiti postopke za zimsko betoniranje, ki pridejo v poštev, ko se temperatura dneva spusti pod  $+5^{\circ}\text{C}$  za več kot 3 dni. Z upoštevanjem takšnih postopkov (npr. postopek American Concrete Institute z oznako ACI 306 R – 78) se omogoči nemoten proces hidratacije cementa, ki se sicer pri temperaturah, ki so nižje od  $5^{\circ}\text{C}$ , praktično ustavi (preglednica 4).

<b>temperatura zraka (°C)</b>	20	5	0	-5
<b>% trdnosti betona</b>	100	70-80	40-50	6-12

**Preglednica 4:** Delež pridobljene tlačne trdnosti betona pri različnih temperaturah zraka

(Vir podatkov: SCT)

Postopki za betoniranje pri nizkih temperaturah določajo obvezno uporabo kemijskih dodatkov, ki skrajšujejo čas vezave betona, kakor tudi uporabo drugih preventivnih ukrepov za zaščito betonske površine. Pri betoniranju je potrebno upoštevati naslednja priporočila:

- ustrezna betonarna,
- uporabljati moramo portland cemente z majhno vodno potrebo in to v količinah nad  $300 \text{ kg/m}^3$  betona; najboljši so cementi z višjo hidrationsko toploto,
- ogrevanje frakcij,
- ogrevanje materiala s paro,
- potrebno se je izogibati cementov z dodatkom pucolana,
- pokrivanje frakcij, da ne pride zmrzovanja materiala,
- frakcije osušiti predhodno, da ne vsebuje  $\approx 10 \%$  vode,
- ogrevanje vode,
- smiselno je uporabljati večjo/manjšo količino cementa,
- upoštevati moramo, da je beton v tankih konstrukcijah bolj izpostavljen ohlajevanju in s tem zmrzovanju kot beton v masivnih konstrukcijah,
- prirejena receptura : V/C faktor mora biti čim nižji (0,45). Pri tem je potrebno manjša količina vode kompenzirati z uporabo dodatkov. Voda ne sme prodreti na površje, saj bi v tem primeru prišlo do razpoke,
- potrebno je zagotoviti ustrezno začetno temperaturo svežega betona,
- uporabljati dodatke za pospeševanje vezanja in utrjevanja betona, tako da beton v čim krajšem času doseže predpisano trdnost, saj pri večini cemente, če ne dodajamo dodatkov, se začne vezanje pri temperaturi  $0^\circ\text{C}$  šele po 10 – 15 urah,
- uporabljati dodatke, ki so specifični za zimsko betoniranje, vendar ne pri objektih, ki se nahajajo v agresivnem okolju,
- temperatura vgrajevanja betona naj ne preseže  $65^\circ\text{C}$ .

Preglednice 5 do 7 prikazujejo zrnavost posameznih frakcij in sestavo betona za zimsko betoniranje:

VRSTA AGREGATA	Odprtina sita [mm]								
	0,125	0,25	0,50	1,0	2,0	4,0	8,0	16,0	31,5
Mivka Mežica	8,7	61,3	92,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
0/4 Verd	3,7	10,8	24,0	45,0	67,3	94,8	100,0	100,0	100,0
4/8 Verd	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	3,6	94,1	100,0	100,0
8/16 Verd	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	6,4	93,1	100,0
16/31,5 Verd	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	100,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

**Preglednica 5:** Zrnavost posameznih frakcij

VRSTA AGREGATA	Proc. [%]	Odprtina sit [mm]								
		0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0	16,0	31,5
Mivka Mežica	10,0	0,9	6,1	9,2	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
0/4 Verd	38,0	1,4	4,1	9,1	17,1	25,6	36,0	38,0	38,0	38,0
4/8 Verd	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,7	18,8	20,0	20,0
8/16 Verd	32,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	2,0	29,8	32,0
16/31,5 Verd	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SEŠTEVEK	100	2,3	10,2	18,4	27,1	35,6	47,3	68,9	97,8	100,0

**Preglednica 6:** Skupna sestava zrn kamenega agregata – max zrno 16 mm

Osnovni materiali	Proc. [%]	Masa v kg	Pr. masa v kg/dm <sup>3</sup>	Volumen v litrih	Sestava za 1,000 m <sup>3</sup>	Vlaga materiala v %	Masa vlažnega materiala
<b>Vrsta cementa :</b>							
Anhovo CEM II/A-S 42,5 R		370	3,100	119,4	370 kg		370 kg
Količina vode		168	1,000	167,6	168 l		168 l
<b>Dodatki betonu :</b>							
1. Omega F	3,0	11,1	1,130	9,8	11,1 l		11,1 l
2. Eta S-TKK	0,05	0,185	1,030	0,2	0,2 l		0,185 l
3.	0,0	0,0	1,100	0,0	0,0 l		0,0 l
Procent por	5,0			50,0			
<b>Ostali dodatki :</b>							
Agregat		1766	2,150	0,0	0 kg	0,0	0,00 kg
Mivka Mežica	10,0	170	2,600	65,3	170 kg	0,0	170 kg
0/4 Verd	38,0	675	2,720	248,2	675 kg	0,0	675 kg
4/8 Verd	20,0	355	2,721	130,6	355 kg	0,0	355 kg
8/16 Verd	32,0	566	2,710	209,0	566 kg	0,0	566 kg
16/31,5 Verd	0,0		2,720		0 kg	0,0	0 kg
			2,700		0 kg	0,0	0 kg
Seštevek		2315 kg/m <sup>3</sup>		1000 l			

**Preglednica 7:** Sestava betona za zimsko betoniranje

Pri tem je dodatek *Omega F* dodatek za hitro strjevanje betona, *Eta S-TKK* pa je plastifikator za beton.

Takoj po vgraditvi betona je potrebno betonske konstrukcije ustrezno negovati s pomočjo naslednjih ukrepov:

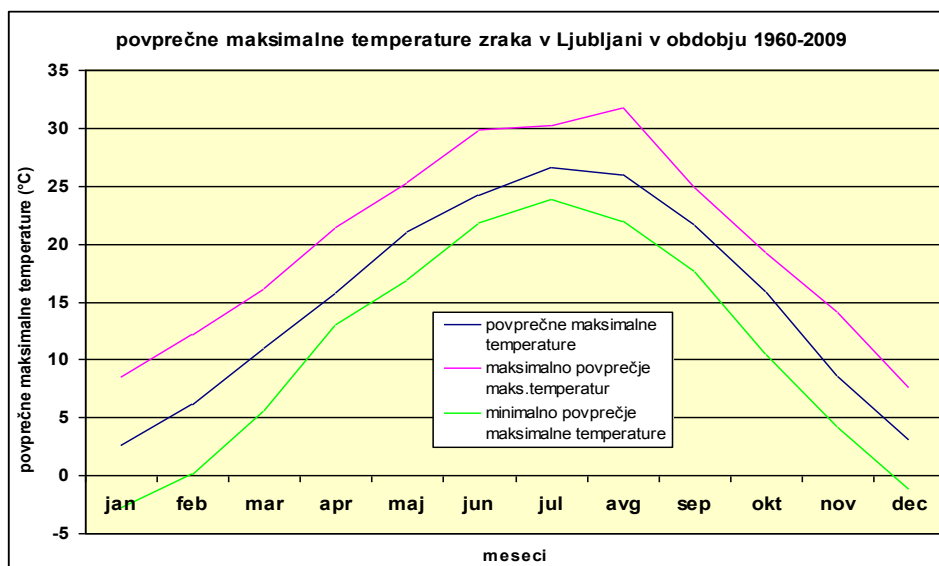
- Led in sneg na opažu ali armaturi sta za beton zelo škodljiva, zato je potrebno paziti na podlago (armatura, opaž), da ne pride do zmrzovanja,
- betonsko površino pokrijemo s filcem oz kameno volno,
- uporabimo opaže z dodatnim slojem izolacije
- zabetonirane elemente in konstrukcije shranimo v zaprte prostore, ki jih lahko ogrevamo (nadstrešnice, šotori,...),
- uporabimo toplotno izolirni dvojni opaž (slika 33; med opažema se nahaja topli zrak). Da dosežemo določeno stopnjo trdnosti betona, si pomagamo z enačbami, ki nam povejo, kolikšna je lahko sproščanje toplote, izgubljene toplote preko sten opaža itd.



**Slika 33:** Primer dvojnega opaža s segrevanjem betona s toplim zrakom

- ogrevanje betona s pomočjo enosmernega toka preklopa elektrike na armaturo. Pri tem moramo zagotoviti varnost in to tako, da transformator ločimo od ostalega. Paziti moramo, da napetost ne preseže več kot 50 V, saj s tem zagotovimo tako varnost ljudi in zaščito materiala. Ta ukrep se v Sloveniji praktično ne izvaja, je pa pogosta praksa v nekaterih drugih deželah, npr. Rusiji.

➤ **Betoniranje pri povišanih temperaturah ( > 30°C )**



**Grafikon 3:** Povprečne maksimalne temperature zraka v Ljubljani v obdobju 1960-2009

(Vir podatkov: ARSO)

Nizke temperature zahtevajo uporabo sredstev, ki krajšajo čase vezave, visoke temperatura pa zahtevajo uporabo sredstev, ki upočasnijo čas vezave.

Meritve povprečne maksimalne temperature v zadnjih 50 letih v Ljubljani (grafikon 3) kažejo, da je povprečna maksimalna temperatura 28,4°C, kar je za pripravo in nego betona spremenljiva temperatura. V določenih obdobjih, kot je razvidno iz grafikona 3, se pojavijo temperature, ki presegajo več kot 30°C in to od sredi junija do konca avgusta. V tem primeru je potrebno uporabiti postopke za betoniranje v poletnem času. Poleg visoke temperature okolice imamo opravka še z neugodnimi vplivi zaradi nizke relativne vlažnosti zraka.

Značilni pojavi, ki spremljajo betoniranje pri povišanih temperaturah, so:

- potreba po večjih količinah vode v betonu,
- hitra sprememba konsistence betona in krajši čas začetka vezanja,
- hitro izparevanje vode preko odprtih površin vgrajevanja betona, kar povzroča velike plastične skrčke (in s tem razpoke),
- zmanjšanje trdnosti betona.

Ukrepi za zmanjšanje temperature svežega betona so:

- beton mora imeti dovolj nizko začetno temperaturo ( $< 30^{\circ}\text{C}$ ),
- silos za cement termično zaščitimo, saj v poletnih časih doseže cement temperaturo v silosih tudi do  $160^{\circ}\text{C}$ ,
- agregat zaščitimo pred neposrednimi sončnimi žarki (uporaba lahkih nadstrešnic) .

Če zgoraj navedeni ukrepi ne zadostujejo, je potrebno:

- hladiti vodo ( $6^{\circ}\text{C}$ ),
- uporabiti drobljen led, ki ga damo v cisterno z vodo ali neposredno v mešalec betona (takšen primer se je uporabljal v Iraku),
- izvajati betoniranje ponoči ali zgodaj zjutraj.

## **7.2. Preprečevanje izgube pri mehanizaciji in opremi**

Izgube pri mehanizaciji in opremi povezujemo z neizkoriščenostjo teh resursov. Najpogostejši vzroki izgube pri mehanizaciji in opremi so:

- slabo oblikovan tehnološki proces,
- neprimerno planiranje in slab raspored mehanizacije in opreme,
- nestrokovno upravljanje ter preobremenjenost mehanizacije in opreme,
- nekontinuirnost zasedenosti kapacitete.

### **7.2.1. Slabo oblikovan tehnološki proces**

V točki 4.2. sem navedel oblikovanje tehnoloških procesov grajenja na objektu Kristalna palača. Da bi prišlo do izboljšave terminskih planov, bi lahko vsa raznovrstna dela zemeljska dela, armiranobetonska dela, tesarska dela in ostala dela izboljšati tako, da uvedem novejšo mehanizacijo, izboljšam transportne poti do samega gradbišča, izboljšam opazne sisteme itd. Ob tem se je potrebno vprašati, če se pri izboljšavi terminskega plana povečajo tudi stroški gradnje.

Smotno bi bilo, da bi skrajšali trajanje projekta za 1 mesec, s čimer bi iz izkustvenih primerih, stroške gradnje zmanjšali za  $\approx 5\%$  do  $10\%$  od same vrednosti gradnje.

### 7.2.1.1. Predlog optimizacije gradbenih del na primeru Kristalna palače

S pomočjo kritične presoje obravnavanega projekta sem identificiral ukrepe, za katere sodim, da bi lahko vodili k manjšanju časa ob nespremenjenih stroških.

#### ➤ Zemeljska dela

Poglobitev izkopa za gradbene jaške in gradbene jame se je izvajal z bagrom CAT 325D, ki je uporabljal ojačano bagsko žlico prostorninske kapacitete  $0,66 \text{ m}^3$ , ki je namenjena za izkopavanje in nakladanje materialov, kot so zemlja, ilovica, gramoz itd.. Za izbiro takšnega način izkopavanja in uporabe žlice se odločimo zato, ker iz geotehničnega poročila sledi, da je površinska plast do max. globine 3,1 m sestavljajo zameljen in zaglinjen prod in grušč, tampon, ponekod železje, peščena glina z gruščem, kosi opeke ipd. Do globine max. 3,5 m se nato pojavijo plast zameljenega do peščenega proda. 10 m pod površjem se pojavi glina, nato do globine  $\approx 18$  m pojavi zaglinjeni prod ipd. Do globine 30 m pa se pojavi prod rjave barve. Za žlico prostorninske kapacitete  $0,66 \text{ m}^3$  moramo imeti rok z dolgim dosegom (6500 mm), ki je zasnovano za uporabljanje izkopov, nakladanja in izkopov jarkov. Pri tem moramo vedeti, da se sme uporabljati krak dolžine 2650 mm, ki je najprimernejše za izkop jarkov, izkop jam in za splošna dela v gradbeništvu. Paziti moramo, da je žlica namenjena za material maksimalne gostote  $1800 \text{ kg/m}^3$ .

- Kakšen je učinkoviti delovni čas bagra?

- Najprej izmerimo površino dvigalnih jaškov iz načrta

$$A_1 = 4,10 \times 2,80 \times 2 = 23,16 \text{ m}^2 \quad (1)$$

$$A_2 = (4,17 + 3,17 + 3,17 + 0,30) \times (4,97 + 2,50 + 13,71 + 2,29) = 100,81 \text{ m}^2 \quad (2)$$

- poglobitev dvigalnega jaška je 5,9 m

$$V_{\text{Jaška}} = 100,81 + 17,36 \times 5,9 = 1287,203 \text{ m}^3 \quad (3)$$

- Ob uporabi žlic s prostornino  $0,66 \text{ m}^3$ , ki so jo uporabljali na gradbišču, mora bager z njo zajeti  $N_1$  – krat.

$$N_1 = \frac{1287,21}{0,66} = 1950,32 = 1951 \quad (4)$$

- iz terminskega plana ugotovimo število delovnih ure ( $U_1$ ), ki jih je opravil bager (preglednica 8).

ID	Aktivnost	Delovni dnevi	Start	Finish	Month 1		Month 2	
41	POGLOBITVE ZA DVIGALNE JAŠKE, AB DEL	14 d	Tue 25.8.09	Wed 9.9.09				
8	POGLOBITVE ZA DVIGALNE JAŠKE, AB DEL	8 d	Thu 13.8.09	Sat 22.8.09				

Initials	Resource Name	Group	Work	Detail	Qtr 3, 2009		
					Aug	Sep	Oct
G134	BAGER GOSENIČAR <20T (0,6	stroj	355,82 h	Work	104,67h	16,83h	

**Preglednica 8:** Določanje števila delovnih ur bagra ( Vir podatkov: MS project)

$$U_1 = 104,67 + 16,83 = 121,5 \text{ ur} = 122 \text{ ur} \cong 16 \text{ delovnih dni} \quad (5)$$

122 ur ni predvideno za izkop jame za dvigalni jašek, temveč tudi za priprave. Zato v delovnih izračunih ne vzamemo 122 ur, ampak ocenimo, da je izključno za izkop jaška potrebno cca. **90** ur. V tej vrednosti so predvideni vsi premiki bagra iz ene lokacije na drugo lokacijo, okvare na mehanizmu, čakalna doba za menjavo tovornjak - prekucnik itd.

- Povprečna vrednost časa, ki ga bager potrebuje z enim zajemom v humus in nakladanje na tovornjak - prekucnik je.

$$T_z = \frac{90 \text{ ur} \times 60 \text{ min}}{1951} = 2,77 \text{ min/zajem} \quad (6)$$



V zgornjem času ( $T_Z$ ) upoštevamo premik bagra, okvaro na mehanizma, čakalno dobo itd.

$$T_{\text{izkopa}} = \frac{90 \text{ ur}}{8 \text{ ur / dan}} = 11,25 \cong 12 \text{ dni} \quad (7)$$

S takšnim načinom izkopa dvigalnega jaška je potrebnih 12 dni.

- Na kakšen način lahko povečamo produktivnost in s tem zmanjšamo čas izkopa dvigalnega jaška?

V prejšnjem primeru sem uporabljal žlico prostornine  $0,66 \text{ m}^3$ . Da bi zmanjšal čas izkopa dvigalnega jaška, se lahko odločimo za uporabo večjo prostornine žlice. Povečal jo bom iz  $0,66 \text{ m}^3$  na  $1,16 \text{ m}^3$ , pri katerem uporabljamo isti tip bagra CAT 325D.

Površino ter prostornino izkopa sem že določil.

- Število zajemov bagra z žlico  $N_2$  določimo z izrazom s prostornino  $1,16 \text{ m}^3$  (ki so jo uporabljali na gradbišču)

$$N_2 = \frac{1287,21}{1,16} = 1109,67 = 1110 \quad (8)$$

- Dolžina 1 zajema je  $\frac{90 \text{ ur} \times 60 \text{ min}}{1951} = 2,77 \text{ min/zajem}$ . Število ur, ko bomo uporabljali žlico s prostornino  $1,16 \text{ m}^3$ , je ob predpostavki 8 urnega delovnika enako:

$$U_2 = \frac{2,77 \times 1110}{60} = 51,245 \text{ ur} \longrightarrow \frac{51,245}{8} = 6,41 = 7 \text{ dni} \quad (9)$$

Kot vidimo iz računa (5) in (9), je razlika očitna. Ob majhni spremembi pri kapaciteti žlice se pokažejo precejšnje razlike časa izkopa. Že v majhni količini izkopa nekega materiala se nam čas zmanjša za 5 dni. Če bi bili izkopi večji, bi se lahko čas zmanjšal tudi za 1 mesec.

Vprašanje je, zakaj se takšna ni uporabljala pri izkopu materiala za dvigalni jašek.

Velika verjetnost je, da žlice s kapaciteto  $1,16 \text{ m}^3$  ni bilo na razpolago in zato so morali izvajati delo s žlico prostornine  $0,66 \text{ m}^3$ , kar je podaljšalo čas izkopa.

➤ Armiranobetonska dela

Tehnološki proces za armiranobetonska dela je sestavljen iz več vrst funkcij: rezanje, krivljenje in vezanje armature, transport armature, priprava mešanice betona, transport betona in vgraditev betona.

Za optimizacijo AB del se bom osredotočil na dobavo betona na gradbišče. V primeru dobave betona imamo nekaj rezerve v času in v proizvodnji, pri čemer lahko to rezervo izkoristimo tako, da povečamo dobavo iz iste betonarne. Ker sem v točki 3.2. (oblikovanje tehnoloških procesov grajenja → armiranobetonska dela) navedel, da bo dobava betona iz Črnuč zadovoljevala potrebe za gradbišče, ne da bi se mi s tem čas gradnje podaljšal, lahko v določenih primerih povečamo dobavo betona in s tem zmanjšamo trajanje te aktivnosti.

Kje in kako bi rezerve izkoristili? Z novo tovarno betona v Črnučah so pridobili večjo zmogljivost pri pripravi, transporta in vgradnji transportnega betona. Njena dnevna max. proizvodnja je  $\approx 2000 \text{ m}^3$ , tako bi mesečno lahko proizvedli  $26 \text{ dni} \times 2000 \text{ m}^3 = 52000 \text{ m}^3 / \text{dan}$ , kar pomeni letno  $52000 \times 12 = 624000 \text{ m}^3 / \text{leto}$ . O številki  $624000 \text{ m}^3 / \text{leto}$  govorimo, ko betonarna obratuje s polno kapaciteto.

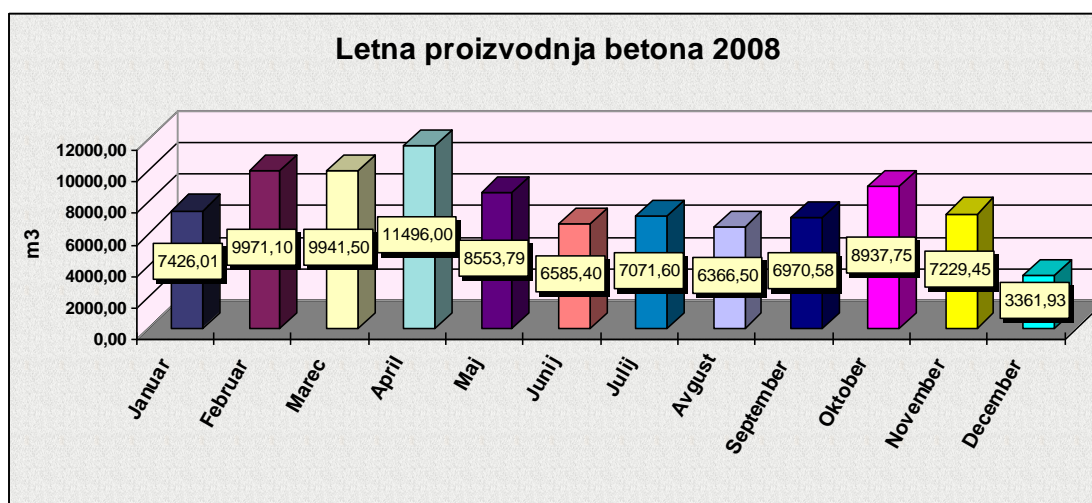
Preglednica 9 prikazuje dejanske mesečne proizvedene količine betona v letu 2008 na betonarni Črnuče.

Mesec	Skupaj m <sup>3</sup>	IBK d.o.o.-zunanji kupci m <sup>3</sup>	%	Delavnica Črnuče m <sup>3</sup>	%	SCT d.d.-gradbišča m <sup>3</sup>	%	SECTOR BETON m <sup>3</sup>	%
Januar	7426,01	485,40	6,5	68,26	0,9	6730,85	90,6	141,50	1,9
Februar	9971,10	683,60	6,9	214,30	2,1	9045,70	90,7	27,50	0,3
Marec	9941,50	754,80	7,6	65,50	0,7	9067,70	91,2	53,50	0,5
April	11496,00	589,65	5,1	308,35	2,7	10515,00	91,5	83,00	0,7
Maj	8553,79	1201,15	14,0	429,55	5,0	6788,09	79,4	135,00	1,6
Junij	6585,40	510,20	7,7	377,30	5,7	5556,65	84,4	141,25	2,1
Julij	7071,60	680,20	9,6	280,20	4,0	6031,20	85,3	80,00	1,1
Avgust	6366,50	1033,45	16,2	100,15	1,6	5041,90	79,2	191,00	3,0
September	6970,58	941,50	13,5	65,00	0,9	5540,58	79,5	425,50	6,1
Oktober	8937,75	844,90	9,5	98,00	1,1	7546,60	84,4	448,25	5,0
November	7229,45	996,80	13,8	221,85	3,1	5502,80	76,1	508,00	7,0
December	3361,93	218,95	6,5	116,40	3,5	2970,58	88,4	56,00	1,7
Skupaj m3	93911,61	8940,60	9,5	2342,86	2,5	80337,65	85,5	2290,50	2,4

**Preglednica 9:** dejanska mesečna proizvodnja betona na izbrani betonarni (leto 2008)

Iz preglednice 9 so vidna podjetja, ki so naročila beton za svoje potrebe. To so:

- IBK – industrija betonskih konstrukcij: Izdeluje AB montažne hale ter različne betonske izdelke: ograje New Jersey, protihrupne ograje itd.
- Delavnica Črnuče: Izdelujejo nosilce za velike razpetine, razširitev objekta v Črnučah
- SCT d.d. – gradbišča: *Visoke gradnje* (Stanovanjski objekti, industrijske hale, trgovski objekti, šolski program)  
*Nizke gradnje* (predori, ceste)
- Sector Beton: Solastnik betonarne naroči beton za svoje gradbišče



**Grafikon 4:** proizvodnja betona v letu 2008 po mesecih

Če primerjamo maksimalno možno kapaciteto betonarne ( $624000 \text{ m}^3/\text{letno}$ ) in dejansko celotno proizvodnjo iz leta 2008 ( $93912 \text{ m}^3$ ), vidimo, da je betonarna sposobna dobavljati bistveno večje količine betona. kot so bile dejansko naročene, za obravnavani primer.

➤ Tesarska dela

Opaževanje in tehnološka zasnova sta pomembna sestavna dela gradnje armiranobetonskih konstrukcij. Izbira opažnega sistema bistveno vpliva tako na hitrost in učinkovitost izvajanja gradbenih del, kakor tudi na kakovost izgotovljenega elementa.

Pred začetkom gradnje je potrebno presoditi, kateri opažni sistemi so najbolj primerni za obravnavan objekt. Možni sistemi so:

- **Klasičen lesen opaž**, ki odpade zaradi visoke cene, neustrezne kakovosti betonske površine vgrajenega betona, velike porabe časa in veliko odpadnega materiala. Ta sistem je sicer izjemno prilagodljiv, zato se lahko uporabi za opaževanje posameznih elementov, ne moremo pa ga uporabiti za opažanje celotnega objekta.
- **Opažne mize** ustrezajo vsem kriterijem, ki vplivajo na izbiro opažnega sistema razen pri plošči v kleti, ker imamo 3 kleti, ki so s vseh štirih strani zaprte z armiranobetonskimi stenami in ne bi mogli spraviti opažnih miz v naslednjo etažo. Pri opažnih mizah je strošek in poraba časa manjši kot pri predhodnem opisanem elementu.
- **Opažni sistem Dokaflex** je časovno najugodnejša varianta . Je hiter in fleksibilen opaž plošče za poljubne tlorise, nosilce in stropne obloge. Opaž plošče lahko izdelamo celo brez izdelanega opažnega načrta, kot tudi brez uporabe tračnega merilnega traku. Ti elementi se lahko poljubno ponovno uporabijo in s tem se zmanjšajo stroški gradnje. Takšen sistem opaževanja se bo uporabljal tudi na objektu Kristalna Palača.

S povečanjem površine opažnih elementov lahko z določenimi ukrepi skrajšamo trajanje te dejavnosti. Ker se bo na gradbišču uporabljal opaž Dokaflex, bom upošteval sledeče norme in faktorje, kot jih predlaga proizvajalec opažnega sistema:

KRITERIJI	FAKTOR VPLIVA	OCENA POSAMEZNIH FAKTORJEV						TOČKE
			točke		točke		točke	
<b>Konstrukcija 33 %</b>	velikost prostora	> 50 m <sup>2</sup>	2	25 - 50 m <sup>2</sup>	6	< 25 m <sup>2</sup>	10	
	Geomterija / zapletenost	enostavno	2	srednje	6	težko	10	
	Površina za opaževanje	>1000 m <sup>2</sup>	1	100 - 1000 m <sup>2</sup>	3	< 100 m <sup>2</sup>	5	
	Ponavljjanje / takti / serije	> 10E	2	4 - 9E	10	< 3E	15	
	Potrebna betonska površina	brez	2	srednje	6	visoko	10	
<b>Opazni sistem 100 %</b>	Opazni sistem - metode	velika površina	2	mešano	8	ročno	15	
<b>Oprema gradbišča 17 %</b>	Razpoložljiva kapaciteta železnice	zadostno	2	omejena	8	nezadostno	15	
	Razmerje prostora in skladišča	čezmerno	2	zadostno	6	ozko	10	
<b>Osebj na gradbišču 20 %</b>	Vodstvo	dobro	2	povprečje	6	neizkušen	10	
	Kvaliteta osebja / vodstva	dobro	2	srednje	6	slabo	10	
	Moč osebja / oprema	optimalna	2	normalna	6	nezadostno	10	
<b>Priprava na delo - ukrepi 13 %</b>	V pisarni	dobro	2	srednje	6	brez	10	
	Spremljajoče krmiljenje	dobro	2	srednje	6	malo	10	
<b>Okvirni pogoji 7 %</b>	Vreme / letni časi / okolje	ugodno	2	normalno	6	neugodno	10	

**Preglednica 10:** Faktorji za opažni sistem Dokaflex

št. točk	čas (ure)	št. točk	čas (ure)	št. točk	čas (ure)	št. točk	čas (ure)
50 - 55	0,30 - 0,32	75 - 80	0,40 - 0,43	100 - 105	0,58 - 0,62	125 - 130	0,85 - 0,93
55 - 60	0,32 - 0,33	80 - 85	0,43 - 0,46	105 - 110	0,62 - 0,67	130 - 135	0,93 - 1,00
60 - 65	0,33 - 0,35	85 - 90	0,46 - 0,49	110 - 115	0,67 - 0,73	135 - 140	1,00 - 1,07
65 - 70	0,35 - 0,38	90 - 95	0,49 - 0,53	115 - 120	0,73 - 0,79	140 - 145	1,07 - 1,17
70 - 75	0,38 - 0,40	95 - 100	0,53 - 0,58	120 - 125	0,79 - 0,85	145 - 150	1,17 - 1,25

**Preglednica 11:** Norme za opažni sistem Dokaflex

Za primerjavo bom uporabljal klasične lesene plošče (Bled plošče), kjer so dimenzije Bled plošče napram Dokaflex elementov majhne in s tem bodo prišle faktorji do izraza. Za Bled plošče bom vzel norme iz Giposs-a

GNG-4.210:

Opaži armiranobetonskih plošč		Material						Delo	
Postavka	Opis	deske	tramiči	opažne plošče BLED	opažne plošče Bosanka	žičniki	olja	KV	PK
		m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	kg	kg	ur	ur
4.211	opaž ravnih betonskih plošč	0,008	0,002			0,05			
		(0,032)	(0,02)						
	podpiranje za 1 m' višine	0,001	0,001			0,02			
		(0,005)	(0,01)						
	— opaženje							0,40	0,40
	— razopaženje								0,18
	— čiščenje								0,11
4.212	opaž ravnih betonskih plošč								
	z opažnimi ploščami Bled		0,002	0,02		0,05	0,05		
			(0,02)						

**Preglednica 12:** norme in faktorji za opažni sistem Bled plošče

V sledečem primeru izračuna bom skušal z določenimi potezami skrajšati čas opaževanja plošče, ki se nahaja v kletnem prostoru objekta Kristalna palača:

○ **Število potrebnih delavcev za tesarska dela v primeru uporabe Bled plošč**

- Površine plošče, ki jo je potrebno opažati je 2481,31 m<sup>2</sup>
- Normativ za sestavljanje opaže z Bled ploščami, če upoštevamo podatke iz preglednice 12, znaša:

$$0,40 + 0,40 + 0,18 + 0,11 = 1,09 \text{ ur} / \text{m}^2 \quad (10)$$

Pri opažanju, razopažanju in čiščenju sta potrebna dva tesarska delavca (KV in PK)

- Opravljane ure za opažanje, razopažanje in čiščenje znaša :

$$2481,32 \text{ m}^2 \times 1,09 \text{ ur} / \text{m}^2 = 2704,64 \text{ ur} \quad (11)$$

- Upoštevam, da mora biti opažersko delo opravljeno v 3 mesecih (kar pomeni, da je potrebno izvesti vsak mesec  $(2704,64 \text{ ur}) / (3 \text{ mes.}) = 901,55 \text{ ur/mesec}$ ) in da ima mesec 20 delovnih dni, kar pomeni, da je na dan potrebno za sestavo opaža:

$$T_{\text{sestavo opaža}} = \frac{901,55 \text{ ur}}{20 \text{ dni}} = 45,10 \text{ ur / dan} \quad (12)$$

- Število delavcev, potrebnih za opaženje, razopaženje in čiščenje bled plošč je torej:

$$N_{\text{delavcev}} = \frac{45 \text{ ur / dan}}{8 \text{ ur / dan}} = 5,64 \text{ delavcev} = 6 \text{ delavcev} \quad (13)$$

Upošteval sem zakonsko določenih 8 urni delovnik in s tem sem dobil 6 delavcev. Iz normativa (preglednica 12) vidimo, da potrebujemo pri sestavljanju opaža kvalificirane in polkvalificirane delavce. Delo bomo torej izvajali s 3 PK in 3 KV delavci.

- **Število potrebnih delavcev za tesarska dela v primeru uporabe Dokaflex opažev**

- Površina plošče je enaka, kot je navedeno zgoraj
- Potrebne ure dela za Dokaflex opaž določimo s pomočjo tabel, ki jih daje na razpolago proizvajalec opažnega sistema. Potrebno število ur določimo na podlagi podatkov o zahtevnosti objekta, geometriji opaževanja, površini opaževanja, opažnih sistemih, osebju na gradbišču, pripravi del, vremenu itd.

KRITERIJI	FAKTOR VPLIVA	OCENA POSAMEZNIH FAKTORJEV						TOČKE
			točke		točke		točke	
Konstrukcija 33 %	velikost prostora	> 50 m <sup>2</sup>	2	25 - 50 m <sup>2</sup>	6	< 25 m <sup>2</sup>	10	2
	Geometrija / zapletenost	enostavno	2	srednje	6	težko	10	6
	Površina za opaževanje	>1000 m <sup>2</sup>	1	100 - 1000 m <sup>2</sup>	3	< 100 m <sup>2</sup>	5	1
	Ponavljanje / takti / serije	> 10E	2	4 - 9E	10	< 3E	15	10
	Potrebna betonska površina	brez	2	srednje	6	visoko	10	10
Opažni sistem 100 %	Opažni sistem - metode	velika površina	2	mešano	8	ročno	15	2
Oprema gradbišča 17 %	Razpoložljiva kapaciteta žerjava	zadostno	2	omejena	8	nezadostno	15	2
	Razmerje prostora in skladišča	čezmerno	2	zadostno	6	ozko	10	2
Osebj na gradbišču %	Vodstvo	dobro	2	povprečje	6	neizkušen	10	2
	Kvaliteta osebja / vodstva	dobro	2	srednje	6	slabo	10	2
	Moč osebja / oprema	optimalna	2	normalna	6	nezadostno	10	2
Priprava na delo - ukrepi 13 %	V pisarni	dobro	2	srednje	6	brez	10	2
	Spremljajoče krmiljenje	dobro	2	srednje	6	malo	10	6
Okvirni pogoji 7 %	Vreme / letni časi / okolje	ugodno	2	normalno	6	neugodno	10	6

**Σ = 55**

št. točk	čas (ure)	št. točk	čas (ure)	št. točk	čas (ure)	št. točk	čas (ure)
50 - 55	0,30 - 0,32	75 - 80	0,40 - 0,43	100 - 105	0,58 - 0,62	125 - 130	0,85 - 0,93
55 - 60	0,32 - 0,33	80 - 85	0,43 - 0,46	105 - 110	0,62 - 0,67	130 - 135	0,93 - 1,00
60 - 65	0,33 - 0,35	85 - 90	0,46 - 0,49	110 - 115	0,67 - 0,73	135 - 140	1,00 - 1,07
65 - 70	0,35 - 0,38	90 - 95	0,49 - 0,53	115 - 120	0,73 - 0,79	140 - 145	1,07 - 1,17
70 - 75	0,38 - 0,40	95 - 100	0,53 - 0,58	120 - 125	0,79 - 0,85	145 - 150	1,17 - 1,25

**Preglednica 13:** Določevanje časa za opažerska dela v primeru uporabe Dokaflex sistema

Točke sem določil tako, da sem ocenil vrednosti za posamezne faktorje vpliva. Kot vemo, je prostor velik  $\approx 2500 \text{ m}^2$ , kar je več kot  $50 \text{ m}^2$ . Sama geometrija prostora je srednje zapleteno, saj na določenih prostorih potrebna detajlna študija.

Površina opaževanja je  $2481,31 \text{ m}^2$ . Ponavlja se v več etažah. V kleti je predvidena garažna hiša, tako da bo beton viden in zato sem dal visoki faktor. Vsa opažerska dela za ploščo se bo izvajalo z žerjavom. 3 žerjava na gradbišču bosta zadostovala za potrebe dela. Vodstvo, kvaliteta osebja je ustrezno usposobljeno (na ravni dobrega), kar pomeni da bo gradnja kvalitetna. Moč osebja je vidna iz plana. Vremenske razmere so v jesenskem obdobju normalna, kar omogoča opaževanja plošče.

S pomočjo število točk določim čas, za potrebno sestavo  $1 \text{ m}^2$  opaža, ki mi bo pomagalo pri izračunu število delavcev na gradbišču in zmanjševanju časa opaževanja.



- Izberemo opaž večjih dimenzij, kar Dokaflex sistem omogoča in nato izračunam število ur za potrebe opaževanja, razopaževanja in čiščenja

$$\text{Dokaflex norma} \longrightarrow N = 0,33 \text{ ur} / \text{m}^2$$

$$2481,31 \text{ m}^2 \times 0,33 \text{ ur} / \text{m}^2 = 818,83 \text{ ur} \quad (14)$$

- Izvajanje tesarskih del z opažem Dokaflex s 6-imi delavci bo trajalo

$$T = \frac{818,83 \text{ ur}}{48 \text{ ur} / \text{dan}} = 17,06 \text{ dni} = \underline{18 \text{ dni}} \quad (15)$$

$$\begin{array}{l} \uparrow \\ \text{_____} 6 \text{ delavcev} \times 8 \text{ ur} / \text{dan} = 48 \text{ ur} / \text{dan} \end{array}$$

- o Časovna razlika med Bled ploščo in Dokaflex z uporabo 6-ih tesarjev

$$2704,64 \text{ ur} - 818,83 \text{ ur} = 1885,81 \text{ ur} \quad (16)$$

$$\frac{1885,81 \text{ ur}}{48 \text{ ur} / \text{dan}} = 39,29 \text{ dni} = \underline{40 \text{ dni}} \text{ (skrajšanje trajanja tesarskih del pri 6 delavcih)}$$

Sistema imata različne dimenzije osnovnih elementov. Sistem Dokaflex z dimenzijo max. 2,50 m × 5,00 m in Bled ploščo z dimenzijo max. 0,50 m × 3,00 m vodita k bistveno drugačni porabi časa. Vidimo lahko, da je razlika trajanja tesarskih del pri upoštevanju 6 delavcev več kot 1 mesec, kar lahko v gradbeništvu pomeni zelo veliko.

Očitna razlika nastane zato, da se Bled plošče postavljajo ročno, kar pripomore k podaljšanju trajanja aktivnosti. Nadalje ta sistem razpolaga z manjšimi površinami opažnih plošč, kar pomeni, da je potrebna večja število opažev in s tem se ponovno poveča čas gradnje.

Opozoriti velja, da velja ta izsledek za obravnavani primer in ga ne moremo posplošiti.

### **7.2.1.2. Neprimerno planiranje in slab raspored mehanizacije in opreme**

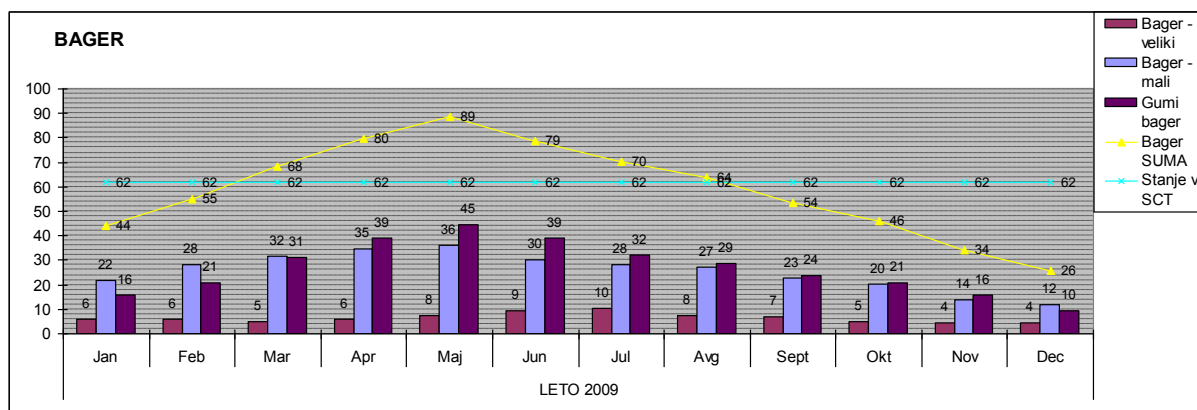
Velikokrat se zgodi, da pride do situacije, ko je potrebno imeti dobro planirano in razporejeno mehanizacijo in opremo na gradbišču. V določenih obdobjih in primerih pride do povečanega povpraševanja in v takšni situaciji je potrebno imeti dober plan mehanizacije. Vzroki za slab raspored mehanizacije in opreme je sledeč:

- najem vozil (v določenih primerih ni zadosti mehanizacije na gradbišču, s tem smo primorani najeti večjo število vozil, a ni mogoče, saj strojni park ne razpolaga s tolikšno število vozil),
- vremenski vplivi,
- najem gradbenega stroja, ki je specializiran le za določeno vrsto dela,
- okvara stroja, ni planiranega rezervnega stroja,
- prekoračitev predvidenega časa gradbenega stroja na gradbišču (npr. predvideno 500 ur na gradbišču, dejanska potreba po gradbenem stroju je 600 ur). Nepravilna priprava plana pred začetkom gradnje,
- Neprimerna mehanizacija (potreben za gradbišče 10 – 15 T prekucnik, posredujejo nam 5 – 10 T prekucnik),
- strokovna usposobljenost strojnika (operaterja).

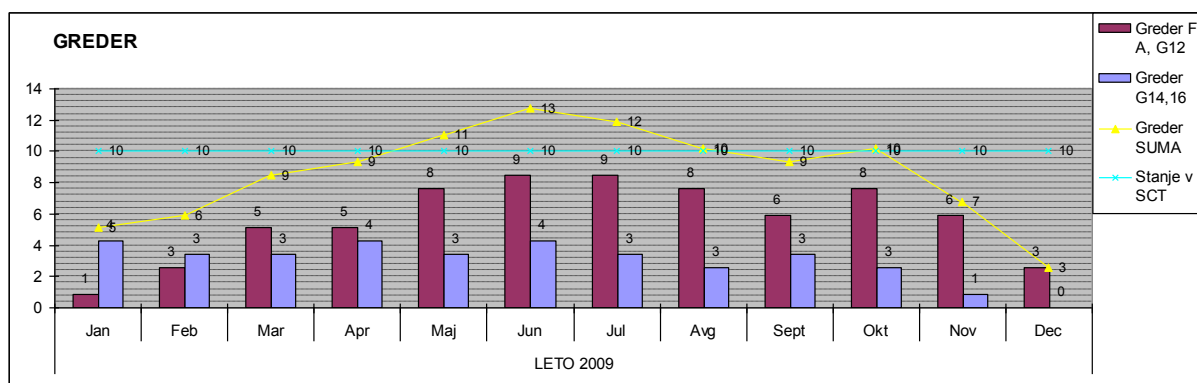
Vsi naštetih vzroki največkrat povzročijo podaljševanje terminskega plana in s tem povečevanje stroške gradnje.

Da se izognemo podaljševanju terminskega plana in povečanju stroškov gradnje, zaradi slabih razporedov mehanizacije, se osredotočimo na plan, ki ga pripravi gradbišče in obrat za mehanizacijo. Pripravi se letni plan ali trimesečni plan. V obeh primerih morata biti plana med seboj usklajena.

Primer plana, ki se uporablja za časovno razporeditev mehanizacije, je prikazan na grafikonih 5 in 6.



**Grafikon 5:** Letni plan za mehanizacijo - bager (Vir podatkov: SCT d.d.)



**Grafikon 6:** Letni plan za mehanizacijo - greder (Vir podatkov: SCT d.d.)

Da lahko izboljšamo oz optimiziramo terminski plan in zmanjšamo stroške gradnje, se lahko poslužujemo naslednjih ukrepov:

- povečamo kapacitete mehanizacije,
- plan mehanizacije uskladimo z letnim časom ,
- zmanjšamo lastne produktivne cene mehanizacije,
- uporabljamo mehanizacijo z manjšo uporabo goriva in manjšo obrabo opreme,
- uporabljamo sodobnejšo, tehnološko dovršeno opremo oz mehanizacijo,
- povečamo produktivnost delovne sile itd.

S pomočjo primerjave dveh tovornjakov prekucnikov, ki bosta imela različno prostornino kesona, bom analiziral strošek prevoza materiala.

Za tovornjak 5 – 10 t predpostavljam, da prevaža maksimalno količino materiala (zemljina) 10 t.

$$\frac{10 \text{ t}}{16,6 \text{ kN/m}^3} = \frac{10000 \text{ kg}}{1660 \text{ kg/m}^3} = 6,024 \text{ m}^3 = 6,00 \text{ m}^3 \quad (17)$$

Za tovornjak 10 – 15 t predpostavljam, da prevaža maksimalno količino materiala (zemljina) 15 t.

$$\frac{15 \text{ t}}{16,6 \text{ kN/m}^3} = \frac{15000 \text{ kg}}{1660 \text{ kg/m}^3} = 9,036 \text{ m}^3 = 9,00 \text{ m}^3 \quad (18)$$

Tako sem dobil primerjavo med tovornjakom - prekucnikom MAN 5 - 10 t in tovornjakom - prekucnikom MAN 10 – 15 t, ki ima maksimalno nosilnost materiala od 6,024 m<sup>3</sup> do 9,04 m<sup>3</sup> pri prostorninski teži  $\gamma = 16,6 \text{ kN/m}^3$ .

V nadaljevanju bom določil strošek prevoza materiala, ki se bo pridobil pri poglobitvi dvigalnega jaška na objekta Kristalna palača, za obe vrsti tovornjakov.

- **Tovornjak - prekucnik MAN 5 – 10 t**

Iz izraza (17) dobimo prostornino kesona tovornjaka, ki lahko odvozi količino materiala  $\approx 6 \text{ m}^3$ . Za poglobitev dvigalnega jaška tovornjak potrebuje 36,16 h, kar je vidno iz preglednice terminskega plana

POGLOBITVE ZA DVIGALNE JAŠKE, AB DELA ZA DVIG. JAŠKE | stroj | 36,13 h | Work | 15,48h | 20,65h

- Cena odvoza materiala je: 22 €/h
- Poglobitev dvigalnega jaška zahteva izkop količine : 1287,203 m<sup>3</sup>
- Število odvozov izkopanega materiala s tovornjak - prekucnik MAN je

$$\frac{1287,203m^3}{6m^3} = 214,53 = 215 \quad (19)$$

- Strošek količine izkopanega materiala z odvozom

$$215 \times 22 \text{ €/h} = 4730 \text{ €} \quad (20)$$

4730 € predstavlja strošek za odvoz materiala, ki ga opravimo s tovornjakom - prekucnik MAN 5 – 10 t.

- o **Tovornjak - prekucnik MAN 10 – 15 t**

Iz izraza (18) dobimo prostornino kesona tovornjaka, ki lahko odvozi materiala  $\approx 9 \text{ m}^3$ . Za poglobitev dvigalnega jaška tovornjak potrebuje 36,16 h, kar je vidno iz preglednice terminskega plana.

- Cena odvoza materiala je: 29 €/h
- Poglobitev dvigalnega jaška zahteva izkop količine: 1287,203 m<sup>3</sup>
- Število odvozov izkopanega materiala s tovornjak – prekucnik MAN je

$$\frac{1287,203m^3}{9m^3} = 143,02 = 143 \quad (21)$$

- Strošek količine izkopanega materiala z odvozom

$$143 \times 29 \text{ €/h} = 4147 \text{ €} \quad (21)$$

4147 € predstavlja strošek, za odvoz materiala, ki ga opravimo s tovornjak - prekucnik MAN 10 – 15 t.

Pri primerjavi dveh gradbene mehanizacije različne kapacitete, v tem primeru tovornjak prekucnik, je razlika vidna v strošku odvoza izkopenega materiala, ki znaša  $4730 \text{ €} - 4174 \text{ €} = \underline{556 \text{ €}}$  in razliko v številu potrebnih odvozov izkopenega materiala, ki znaša  $215 - 143 = \underline{72}$ . S takim načinom izračuna, kjer lahko primerjamo določene količine, si pomagamo pri skrajševanju terminskega plana in zmanjševanju stroškov. 72 dodatnih odvozov predstavlja približno 1 dan in pol dela več v primeru, da bi uporabljali tovornjak - prekucnik 5 – 10 T, kar bi pri večjih količinah izkopa predstavljalo tudi do 10 kratno povečanje stroškov in časa gradnje.

### **7.2.2. Izguba zaradi komunikacije med gradbiščem in vodstvom**

V točki 7.2.1.2. sem navedel problematiko *neprimerno planiranje in slab razpored mehanizacije in opreme*, kar lahko primerjam s slabo komunikacijo med gradbiščem in obratom. Ustrezna komunikacija znotraj podjetja pripomore k dobri realizaciji poslovanja, izboljševanju podjetja ter optimizaciji časa gradnje. Iz vidika operative je ključnega pomena, da med gradbiščem in obratom poteka hitro in usklajeno komuniciranje. Če je obveščanje (npr. glede spremembe plana) dolgotrajno, se avtomatično poveča čas gradnje, s tem pa tudi povečajo stroški gradnje.

Zato bom navedel potek komunikacij, ki naj bi pripomoglo k boljšemu obvladovanju znotraj podjetja. Vemo, da so znotraj vsakega podjetja vzpostavljene komunikacijske poti, po katerih se izmenjujejo informacije in podatki. Predpisane komunikacijske poti so dokumentirane v organizacijskih predpisih in določajo povezavo med organizacijskimi enotami. Komuniciranje z (vsemi) zaposlenimi poteka pisno. Običajno uporablja vodstvo:

- pisna obvestila o poslovanju družbe in o pomembnejših dogodkih, povezanih s poslovanjem družbe,
- pisna navodila in obvestila o vseh nevarnostih, ki grozijo in o vseh ukrepih, ki naj bi jih izvajali delavci za preprečitev te nevarnosti.

Najbolj razširjene oblike komuniciranja znotraj podjetja so:

- razširjeni sestanki upravnega odbora

- konference direktorjev
- kolegiji pri izvršnih direktorjih področij in direktorjih programov
- proizvodni sestanki z direktorji projektov in ostalimi sodelujočimi
- sestanki na gradbiščih in v skupinah

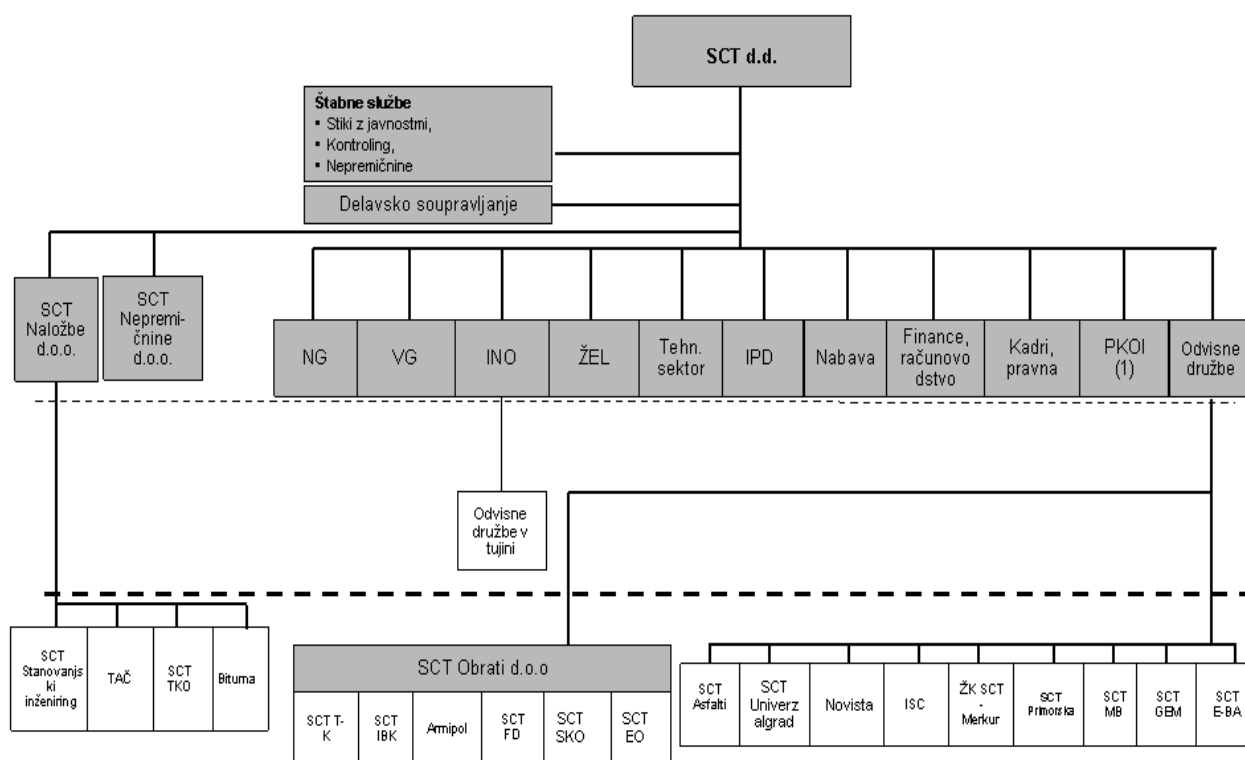
Da postane komunikacija učinkovita, mora imeti podjetje določene ukrepe, ki jih uporabi v primeru pojava neskladnosti med navodili in dejansko izvedbo. Z uporabo ukrepov lahko pride do izboljšav v komuniciranju in drugih procesih, saj z njihovo implementacijo odpravimo vzroke za nastale probleme ali neskladnosti kjerkoli v poslovnem procesu ter preprečimo, da bi se problemi ali neskladnosti ponovili.

Iz slike 33 je vidna organizacijska shema poslovnega sistema SCT, pri katerem je ključni poudarek na načinu, kako poteka komunikacija med vodstvi funkcijskih enot in vodstvi odvisnih družb. Vidimo da je glavni nosilec Upravni odbor, ki je odgovoren za vodenje družbe in poslovnega sistema kot celote. Načrtuje vizijo in strategijo družbe, sprejema politike delovanja na posameznih področjih, med katerimi sta tudi politika kakovosti in politika ravnanja z okoljem. Odgovoren je tudi za vzpostavitev organizacije poslovnega sistema, komuniciranje z odjemalci itd. Na naslednjem nivoju so funkcijske enote, ki jih vodijo izvršni direktorji za posamezna področja kot so nizke gradnje (NG), visoke gradnje (VG), inozemstvo (INO), železnice (ŽEL)..., pri katerem nosi odgovornost politike za svoje področje dela, za vodenje svojih področjih delovanja in nenehno izboljševanje sistemov vodenja kakovosti in ravnanja z okoljem in drugih sistemov vodenja.

Za komuniciranje med gradbiščem in podjetjem je ključnega pomena tehnični sektor, ki se ukvarja z razvojem, načrtovanjem, inženirskim projektiranjem in varstvom pri delu:

- Razvoj: - članstvo v gradbeni tehnološki platformi
  - koordinacija in program razvojnih projektov
  - strokovna podpora pri pridobivanju certifikatov
- Načrtovanje: - kalkulacije
  - plan in tehnologija
  - ponudbe
  - TEE (tehno-ekonomski elaborat)

- Inženirsko projektiranje: - projektiranje alternativnih rešitev  
- virtualna gradnja (računalniške simulacije)
- Varstvo pri delu: - Elaborat in predpisovanje pravil VPD  
- Nadzor na terenu  
- Zapis ugotovitev in ukrepov



**Slika 34:** Organizacijska shema poslovnega sistema SCT (vir podatkov: SCT d.d., 2009)

Za uspešen operativen potek dela na gradbišču je najbolj pomembna komunikacija med gradbiščem in obrati (betonarna, železokrivnica, strojni park, centralno skladišče), medtem ko je komunikacija z vodstvom podjetja pomembna na nivoju celotnega projekta. Zaključimo lahko, da izguba zaradi slabe komunikacije med gradbiščem in vodstvom podjetja ni ključnega pomena in zaradi nje ne more priti do bistvenega povečanja časa gradnje in stroškov.

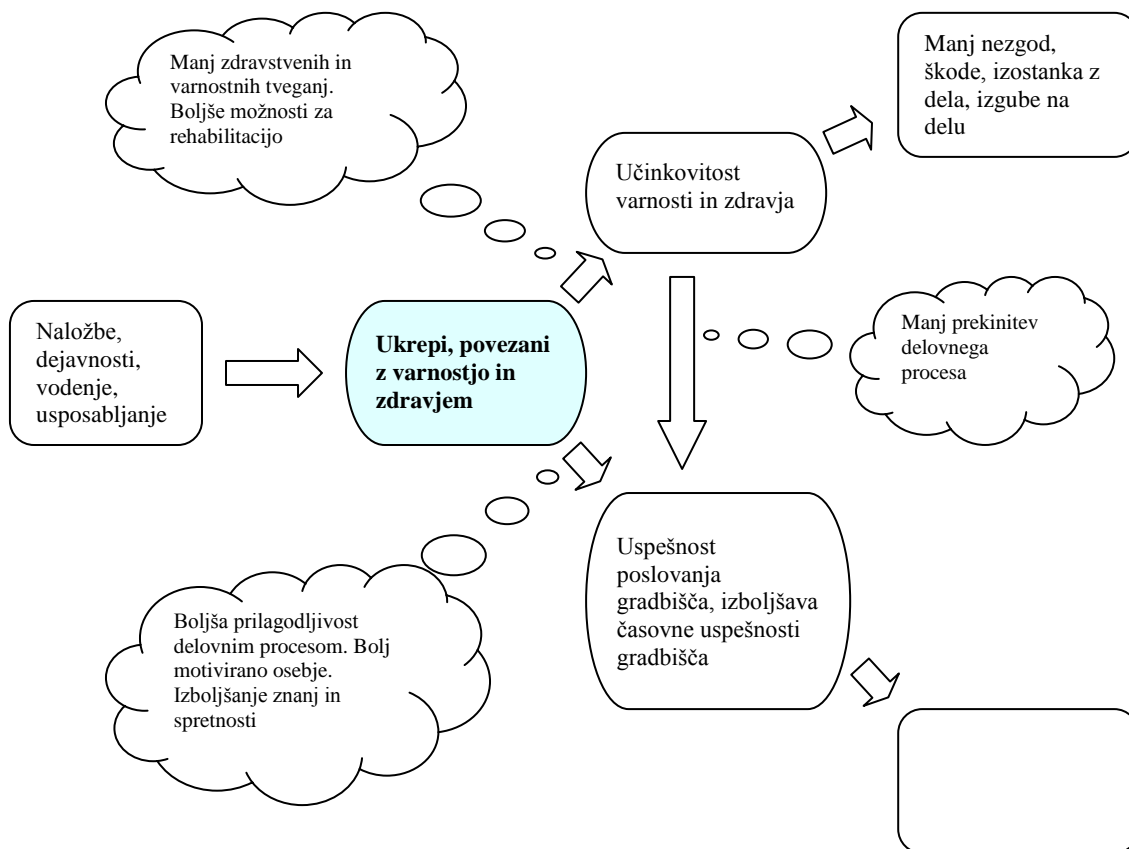


### 7.2.3. Izguba pri delu

Človek je glavni nosilec proizvodnje in najpomembnejši proizvodni faktor za večanje produktivnosti proizvodnje. Z izboljšavo varnosti in zdravja pri delu lahko podjetjem prinese ekonomske koristi, v nasprotnem primeru, kot so nezgode in poklicne bolezni, pa podjetjem povzročijo visoke stroške. Informacije o prihodnjih učinkih odločitev in njihovo dojetanje, po možnosti izražene v denarju, pomagajo delodajalcem pri odločanju. Učinkovit način je denimo priprava finančnih ali ekonomskih ocen in podaja realističnega pregleda skupnih stroškov nezgod in koristi njihovega preprečevanja.

Preprečevanje nezgode pri delu, poklicnih poškodb in bolezni ne le zmanjšuje stroške, temveč tudi izboljšuje poslovno uspešnost gradbišča. Varnost in zdravje pri delu lahko vplivata na poslovno uspešnost podjetja na številne načine, na primer:

- zdravi delavci so bolj produktivni in lahko proizvajajo bolj kakovostno
- manjše število nezgod pri delu pomeni manj bolniških dopustov. Posledica tega so nato nižji stroški in manjše število prekinitev proizvodnih procesov,
- oprema in delovno okolje, čim bolj prilagojena potrebam delovnega procesa in dobro vzdrževanje, povečujeta produktivnost, izboljšujeta kakovost in zmanjšujeta število zdravstvenih in varnostnih tveganj
- zmanjšanje število poškodb in bolezni pomeni manj škode in manjša tveganja za obveznosti.



**Grafikon 7:** Ukrepi, povezani z varnostjo in zdravjem, proti izgubi časa ter stroškov na gradbišču

### 7.2.5. Izguba pri materialu in energiji

Material in energija sta pomembna dejavnika pri optimizaciji terminskega plana in pri stroških gradnje. Zato morata biti predmet zanimanja vsakega organizatorja, saj si mora prizadevati za njuno racionalno rabo.

Najpogostejši vzroki proizvodnih izgub, ki so povezane z materialom in energijo, so:

- uporaba neustrezne mehanizacije in opreme
- visok kalo zaradi manj uporabnih oblik embalaže
- prevelike zaloge ali nevestna manipulacija z materialom
- slaba kontrola in neizkoriščanje ostankov
- uporaba neustrezne tehnologije in prave tehnologije ob nepravem času
- neustrezen raspored in lokacija energetskih virov

Najvažnejša naloga konstruktorjev in tehnologov je izdelati proizvode oz. materiale s čim manj surovinami. Zato mora biti le-ta izbran v taki obliki in s takimi lastnostmi, da nastane pri proizvodnji najmanjši možni odpadki, da se porabi za proizvodnjo čim manj energije in je obdelava najmanjša in najhitrejša.

Glavni prihranek osnovnega materiala je pri pripravi postopkov izdelave. Za druge prihranke, kot je energija, pa prinašajo modernizacija tehnologije ter racionalizacija pri delu.

Pri energiji je potrebno predvsem preučiti izbor optimalne energije za določeno vrsto dela. So določeni pogoji, pri katerih lahko ohranimo čas in strošek gradnje, lahko pa tudi optimiziramo oba pogoja.

Načelno velja, da je elektrika relativno cenejša in tudi ekološko prijaznejši vir od derivatov nafte, zato jo je treba uporabiti, kjer koli je to mogoče. Izjema so longitudinalno ali površinsko razvlečena gradbena dela, predvsem zemeljska, gradnja prometnic in pod, kje so edina možnost stroji, ki jih poganjajo motorji z notranjim izgorevanjem. Za ogrevanje konstrukcij in prostorov je vselej potrebno proučiti uporabo (zemeljskega) plina, ki je pogosto konkurenčen vsem drugim virom energije in ekološko spremenljiv energent. (Rodošek, 1998) Minimalizacije izgube materiala in energije na izbranem primeru nisem obravnaval.

## 8.0 ZAKLJUČEK

Izvajanje gradbenih del je ena od stroškovno najbolj potratnih faz gradbenega projekta. Zato je izjemno pomembno, da pred začetkom projekta natančno preučimo, kakšne so možnosti optimizacije potrebne mehanizacije, opreme in tehnologije, saj lahko s tem dosežemo večjo produktivnost in stroškovno učinkovitost projekta, pa tudi doseganje zastavljenega časovnega roka.

V diplomskem delu prikazujem nekatere možnosti optimizacije časa gradnje, predvsem s pomočjo študija tehnologije gradnje in organizacije gradbišča za izbrani primer trgovsko poslovnega objekta. Posvetil sem se zlasti izbiri težke mehanizacije za odvoz izkopanega materiala ter vrsti opaznega sistema. Rezultati kažejo, da lahko pravilna izbira tako mehanizacije kot opaznega sistema prihrani precej časa. Prihranek časa je lahko dragocen zaradi morebitnih kasnejših zapletov pri gradnji, ki bi sicer vodili k prekoračenju pogodbenega roka.

Za optimalni potek del je koristno upoštevati, če je to možno, da je smotrno začeti projekt tako, da se izognemo izvajanju večjih količin betonskih del v zimskem času. S tem pridobimo na času, saj poteka betoniranje pri nizkih temperaturah počasneje, pa tudi finančno, ker se zaradi hitrejše gradnje zmanjšajo režijski stroški gradbišča.

Nadalje želim poudariti, da se poleg vseh analiz, študij in računov, ki se opravljajo v fazi priprave na gradnjo ter kasneje na gradbišču, ne sme zanemariti izkušenj človeka na gradbišču. Teoretične osnove in razna priporočila so gotovo kristen pripomoček in se uporabljajo kot pomoč pri delu, v določenih primerih pa se rešitve določijo in izvedejo kar na osnovi predhodnih izkušenj, kar velja še zlasti pri reševanju tekočih problemov, ki jih je potrebno rešiti hitro, ter organizaciji gradbišča.

## **VIRI**

Pšunder, M., Klanšek, U., Šuman, N. 2008. Organizacija grajenja. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo: str. 151 str.

Žarnić, R., 2003. Lastnosti gradiv. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 350 str.

Pšunder, M. 2008. Ekonomika gradbene proizvodnje. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo: 132 str.

Čubra, N. 1980. Planiranje u građevinarstvu. Beograd, Centar za analizu i projektovanje prostornih sistema: 124 str.

Rodošek, E. 1998. Osnove organizacije v gradbeništvu. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 192 str.

Trbojevič, B. 1992. Organizacija građevinskih radova. Beograd, Univerza u Beogradu, Građevinski fakultet: 200 str.

Žabčić, B. 1987. Programiranje planiranje i analiza građenja. Sarajevo: 314 str.

Ivković, B., Popović, Ž. Upravljanje projektoma u građevinarstvu. Beograd: 480 str.

GNG – Gradbene norme GIPOSS, četvrta izdaja. 1984. Ljubljana: 186 str.

Pajk, M. 1982. Gradbeno poslovanje. Ljubljana, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo: 80 str.

Žemva, Š. 2006. Gradbene kalkulacije in obračun gradbenih objektov. Ljubljana, Gospodarska zbornica Slovenije: 366 str.

Priročnik za gradbene izvajalce. 2004. Ljubljana, Obrtna zbornica Slovenije, Sekcija gradbincev

Teknoxgroup Slovenija d.o.o. . 2009. CAT 325D L in 325D LN hidravlični bager – katalog

Epic , d.o.o. Postojna. EPIC ECO in EPIC ECO SKY SPEED - katalog

Gradbeno podjetje SCT d.d. . 2009. Organizacija za naslednje srednjeročno obdobje 2009 – 2012 – interni dokument

Gradbeno podjetje SCT d.d. . 2008. Poslovnik SCT d.d. – interni dokument

Taylorjev organizacijski sistem:

[http://en.wikipedia.org/wiki/Frederick\\_Winslow\\_Taylor](http://en.wikipedia.org/wiki/Frederick_Winslow_Taylor) (14. november 2009)

Zgodovina organizacije:

<http://www.cheops-pyramide.ch> (14. november 2009)

Shema organizacije:

[http://www.gradst.hr/katedre/orteogr/og\\_org\\_8\\_t.htm](http://www.gradst.hr/katedre/orteogr/og_org_8_t.htm) (3. september 2009)

Shema organizacija:

<http://wiki.bwl-master.com/organisation/organisationsstrukturen> (8. avgust 2009)

Gantogram:

<http://www.gantt-chart.biz/gantt-charting-made-easy/> (6. november 2009)

Sintetična folija HDPE:

<http://www.wallbarn.com/protecto-drain.htm> (13. oktober 2009)

Vibrirna letev Tremix EASY STRIKE:

<http://www.tremix.com/> (23. avgust 2009)

Umivalnice, sanitarije na gradbišču:

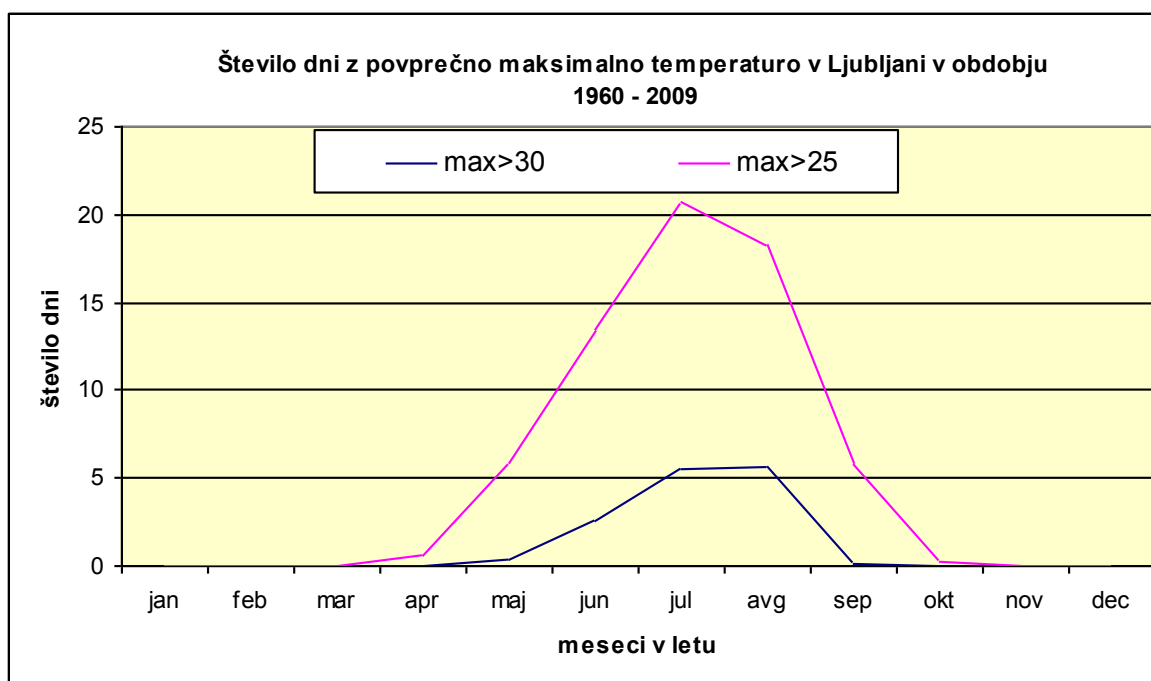
<http://www.vigrad.si> (13. oktober 2009)

## PRILOGA A:

### Grafični prikaz temperature v Ljubljani za obdobje 1960 – 2009

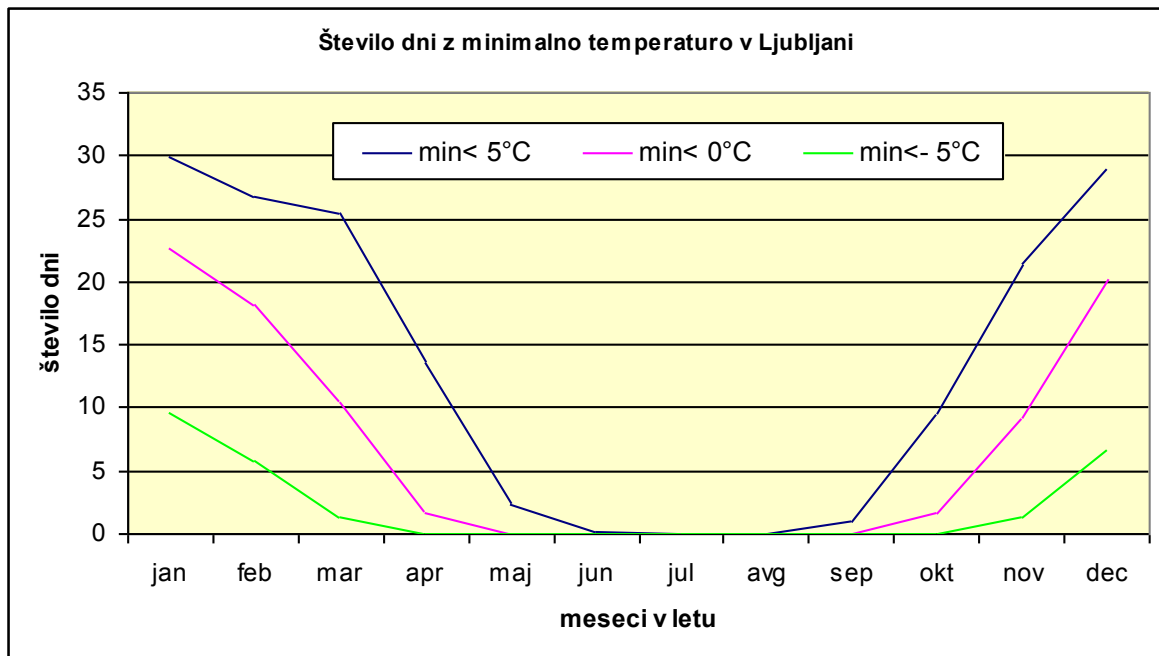
- ŠTEVILO DNI Z TEMPERATURE ZRAKA V LJUBLJANI V OBDOBJU 1960-2009

mesec	Max >30	Max >25
Jan.	0	0
Feb.	0	0
Mar.	0	0
Apr.	0	1
Maj.	0	6
Jun.	3	13
Jul.	6	21
Avg.	6	18
Sep.	0	6
Okt.	0	0
Nov.	0	0
Dec.	0	0





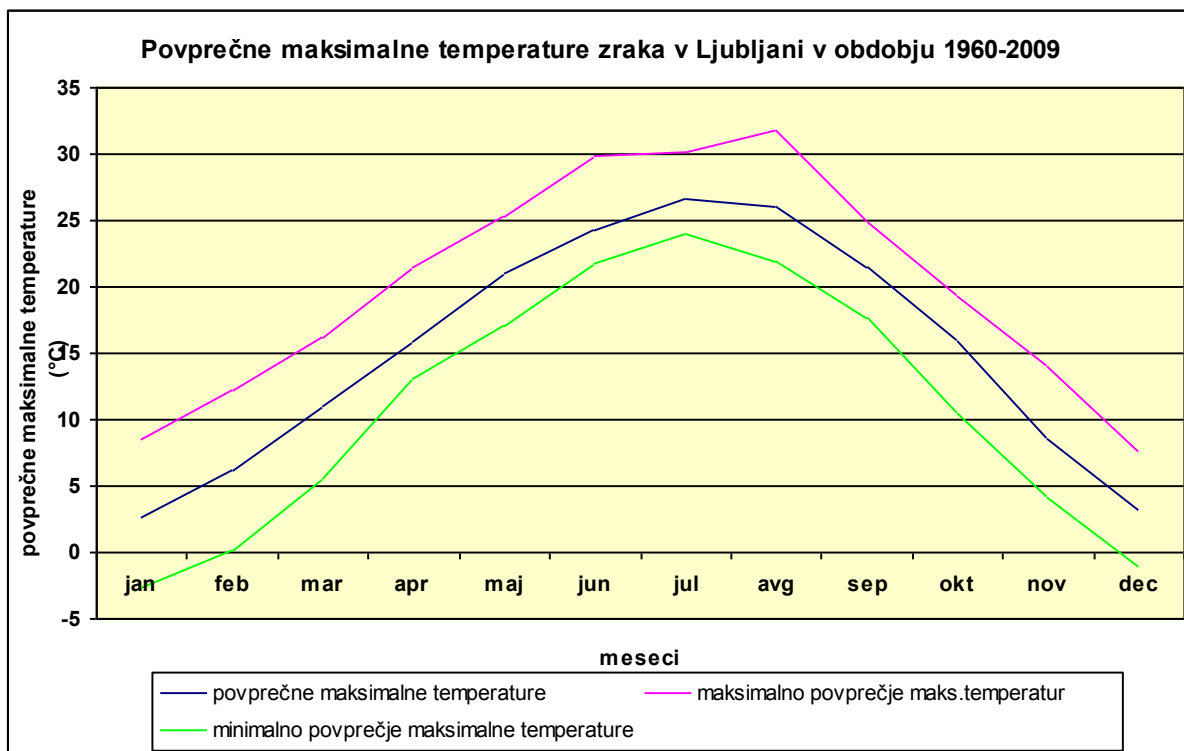
mesec	Min < 5°C	Min < 0°C	Min < - 5°C
Jan.	30	23	10
Feb.	27	18	6
Mar.	25	10	1
Apr.	14	2	0
Maj.	2	0	0
Jun.	0	0	0
Jul.	0	0	0
Avg.	0	0	0
Sep.	1	0	0
Okt.	10	2	0
Nov.	22	9	1
Dec.	29	20	7



➤ POVPREČNE MAKSIMALNE TEMPERATURA ZRAKA V LJUBLJANI V OBDOBJU 1960 - 2009

**Povprečna maksimalna temperatura zraka**

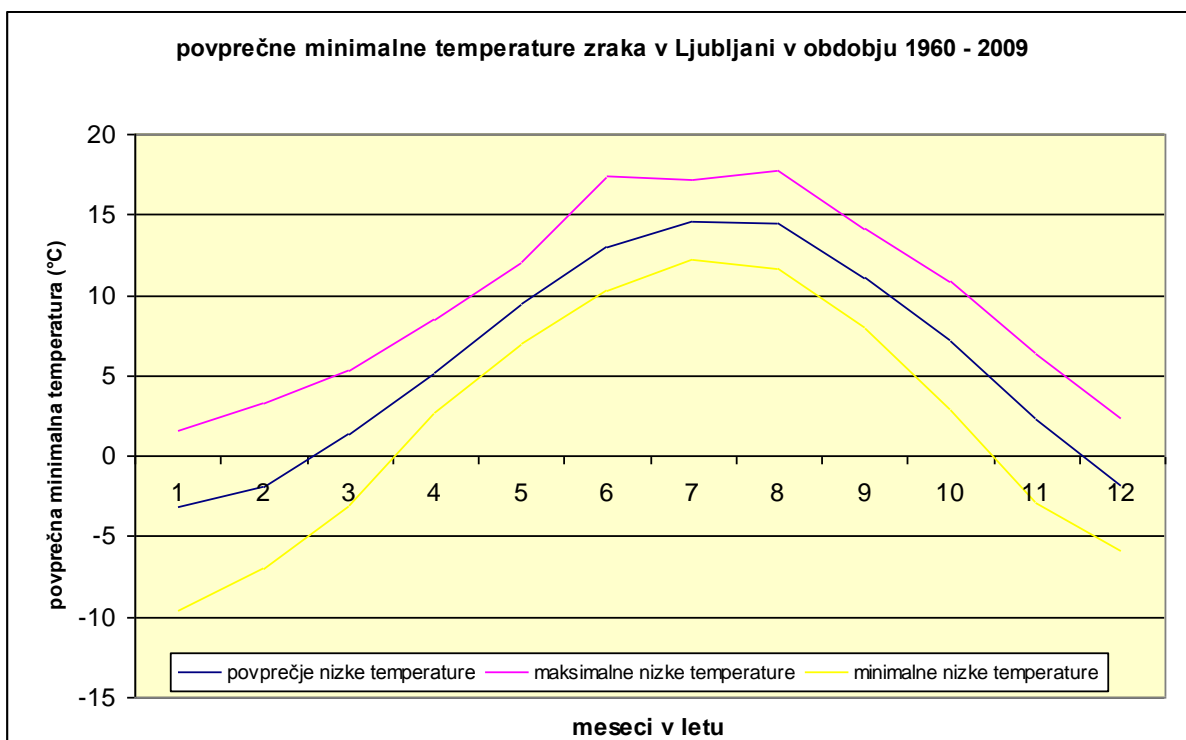
mesec	pov. Max	Max	Min
Jan.	2,654	8,6	-2,7
Feb.	6,118	12,2	0,2
Mar.	10,988	16,2	5,6
Apr.	15,83	21,4	13,1
Maj.	21,032	25,3	17
Jun.	24,26	29,9	21,8
Jul.	26,58	30,2	23,9
Avg.	26,034	31,7	21,9
Sep.	21,528	24,9	17,6
Okt.	15,858	19,2	10,4
Nov.	8,553061	14	4,1
Dec.	3,042857	7,5	-1,2
<b>povprečje</b>	<b><u>15,23796</u></b>	<b><u>20,09167</u></b>	<b><u>10,975</u></b>



➤ POVPREČNE MINIMALNE TEMPERATURA ZRAKA V LJUBLJANI V OBDOBJU 1960 - 2009

**Povprečne minimalne temperature zraka**

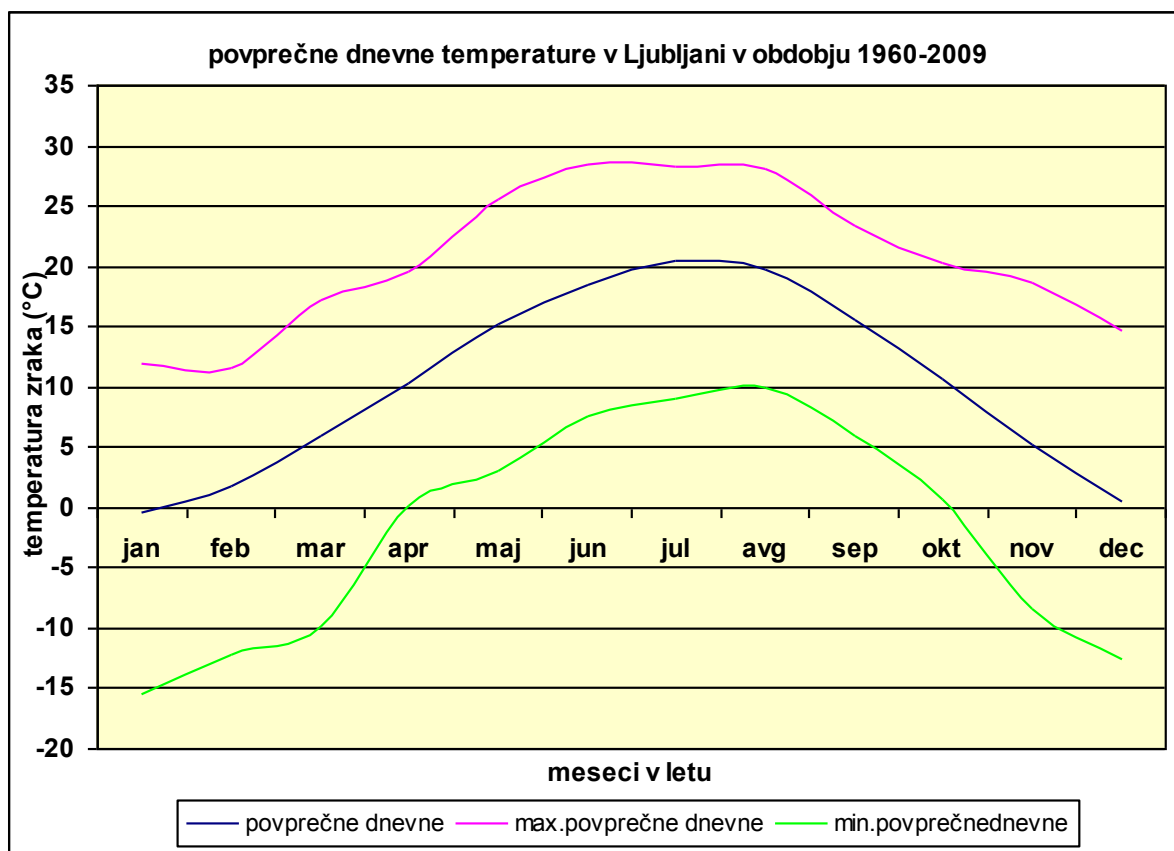
mesec	pov.od Min.	Max	Min
Jan.	-3,15	1,60	-9,60
Feb.	-1,87	3,30	-7,00
Mar.	1,36	5,30	-3,00
Apr.	5,17	8,50	2,70
Maj.	9,54	12,10	7,00
Jun.	13,05	17,40	10,30
Jul.	14,57	17,20	12,20
Avg.	14,42	17,70	11,60
Sep.	11,05	14,10	7,90
Okt.	7,07	10,80	2,80
Nov.	2,32	6,30	-2,90
Dec.	-1,85	2,30	-5,80
<b>povprečje</b>	<b><u>5,99</u></b>	<b><u>9,72</u></b>	<b><u>2,18</u></b>



- POVPREČNE DNEVNE TEMPERATURE V LJUBLJANI V OBDOBJU 1960 - 2009

**Povprečne dnevne temperature zraka v Ljubljani**

mesec	pov. dnevna	Max.	Min.
Jan.	-0,40	12	-15,5
Feb.	1,81	11,5	-12,2
Mar.	5,96	17,2	-9,9
Apr.	10,36	19,6	0,1
Maj.	15,23	25,5	3
Jun.	18,56	28,4	7,6
Jul.	20,45	28,3	9,1
Avg.	19,77	28,1	9,9
Sep.	15,59	23,3	5,9
Okt.	10,76	20,3	0,7
Nov.	5,16	18,6	-8,3
Dec.	0,46	14,7	-12,6
<b>Povprečne T.</b>	<b><u>10,37</u></b>	<b><u>20,625</u></b>	<b><u>-1,85</u></b>



## **PRILOGA B:**

Terminski plan za objekt Kristalna palača – Ljubljana

## **PRILOGA C:**

Shema organizacije gradbišča za objekt Kristalna palača - Ljubljana