

# Optimalizace řízení projektů ve firmě Stavitelství Zemánek s.r.o.

Diplomová práce

Vedoucí práce:

doc. Ing. Josef Holoubek, CSc.

Bc. Jiří Zemánek

Brno 2016



Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu své diplomové práce doc. Ing. Josefu Holoubkovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady a také za jeho ochotný přístup k vedení této práce.

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: **Optimalizace řízení projektů ve firmě Stavitelství Zemánek s.r.o.**

vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne: 17. května 2016

.....  
podpis

## **Abstract**

Zemanek J. Optimisation of project management in the company Stavitelství Zemánek s.r.o. Diploma thesis. Brno: Mendel University in Brno, 2016.

The diploma thesis deals with the real application of selected operational research methods. The time analysis of a completed construction project which is solved by using the Critical Path Method (CPM) is performed in the thesis. Furthermore, the time analysis of the project is extended using CPM/COST method and the cost aspect is added. A network diagram of the project in which the critical activities were found was also constructed. The Gantt chart was also shown. It was found how to shorten the duration of the project while reducing overall costs using CPM/COST method. The theoretical results were compared with the real implementation of the project.

## **Keywords**

Critical path method, CPM/COST, Gantt chart, building industry, network analysis, project.

## **Abstrakt**

Zemánek, J. Optimalizace řízení projektů ve firmě Stavitelství Zemánek s.r.o. Diplomová práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2016.

Tato diplomová práce se zabývá uplatněním vybraných metod operačního výzkumu v praxi. V práci je provedena časová analýza konkrétního, již dokončeného, stavebního projektu. K časové analýze je použita metoda kritické cesty (CPM). Dále je v práci obsaženo rozšíření časové analýzy projektu o nákladové hledisko metodou CPM/COST. Byl zkonstruován síťový graf projektu, ve kterém byly nalezeny kritické činnosti. Rovněž byl vyobrazen Ganttův diagram. Pomocí metody CPM/COST byl nalezen způsob, jak zkrátit dobu trvání projektu při současném snížení celkových nákladů. Teoretické výsledky dosažené pomocí těchto metod byly porovnány se skutečnou realizací daného projektu.

## **Klíčová slova**

Metoda kritické cesty, CPM/COST, Ganttův diagram, stavebnictví, síťová analýza, projekt.

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod práce</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Cíl a metodika práce</b>	<b>12</b>
2.1	Cíl práce .....	12
2.2	Metodika práce .....	12
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b>	<b>14</b>
3.1	Operační výzkum .....	14
3.2	Teorie grafů.....	15
3.3	Projektové řízení.....	16
3.4	Síťová analýza .....	18
3.4.1	Konstrukce síťového grafu.....	19
3.5	Časová analýza.....	21
3.5.1	Metoda CPM .....	22
3.5.2	Ganttův diagram.....	26
3.6	Rozšíření časové analýzy o nákladové hledisko .....	27
3.6.1	Metoda CPM/COST .....	27
3.7	Software použitý v rámci této práce.....	32
3.7.1	WinQSB .....	32
3.7.2	Microsoft Project .....	33
<b>4</b>	<b>Charakteristika zkoumaného objektu</b>	<b>34</b>
<b>5</b>	<b>Formulace modelu problému</b>	<b>36</b>
<b>6</b>	<b>Časová analýza sítě</b>	<b>43</b>
<b>7</b>	<b>Rozšíření časové analýzy o nákladové hledisko</b>	<b>57</b>
<b>8</b>	<b>Diskuze</b>	<b>63</b>
<b>9</b>	<b>Závěr</b>	<b>67</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b>	<b>68</b>

---

<b>A</b>	<b>Rozpočet stavebních prací</b>	<b>71</b>
<b>B</b>	<b>Tabulka jednotlivých hran síťového diagramu</b>	<b>82</b>
<b>C</b>	<b>Kritická cesta – Ganttův diagram</b>	<b>86</b>
<b>D</b>	<b>Uvažované kritické cesty v síťovém grafu</b>	<b>87</b>

## Seznam obrázků

<b>Obr. 1</b>	<b>Fáze řešení úlohy operačního výzkumu Zdroj: Žižka, 2003</b>	<b>14</b>
<b>Obr. 2</b>	<b>Určení činností v síťovém grafu Zdroj: Klusoň, 1973</b>	<b>20</b>
<b>Obr. 3</b>	<b>Normalizace síťového diagramu Zdroj: Klusoň, 1973</b>	<b>20</b>
<b>Obr. 4</b>	<b>Zakreslení uzlů při výpočtu v grafu Zdroj: Walter, Vejmolá, Fiala, 1989</b>	<b>25</b>
<b>Obr. 5</b>	<b>Ganttův diagram Zdroj: Sharma, 2006</b>	<b>27</b>
<b>Obr. 6</b>	<b>Závislost skutečných nákladů na skutečné délce trvání činnosti Zdroj: Fiala, 2004</b>	<b>29</b>
<b>Obr. 7</b>	<b>Závislost přímých nákladů na projekt na době trvání projektu Zdroj: Fiala, 2004</b>	<b>31</b>
<b>Obr. 8</b>	<b>Závislost celkových, přímých a nepřímých nákladů na délce trvání projektu Zdroj: NetMBA.com, 2016</b>	<b>32</b>
<b>Obr. 9</b>	<b>Síťový diagram projektu</b>	<b>42</b>
<b>Obr. 10</b>	<b>Kritická cesta v síťovém diagramu</b>	<b>51</b>
<b>Obr. 11</b>	<b>Uvažované kritické cesty v síťovém grafu</b>	<b>55</b>
<b>Obr. 12</b>	<b>Porovnání uvažovaných dob trvání projektu</b>	<b>64</b>



## Seznam tabulek

<b>Tab. 1</b>	<b>Metoda CPM – výpočet v tabulce Zdroj: Fiala, 2004 (upraveno)</b>	<b>25</b>
<b>Tab. 2</b>	<b>Kartotéka činností daného projektu</b>	<b>37</b>
<b>Tab. 3</b>	<b>Doplnění kartotéky činností o čekací a fiktivní činnosti Zdroj: Vytvořeno autorem</b>	<b>40</b>
<b>Tab. 4</b>	<b>Časová analýza projektu – metoda CPM</b>	<b>44</b>
<b>Tab. 5</b>	<b>Metoda CPM – kritické činnosti</b>	<b>49</b>
<b>Tab. 6</b>	<b>Úprava trvání čekacích činností po zohlednění pracovní doby 53</b>	
<b>Tab. 7</b>	<b>Kritická cesta při zohlednění pracovní doby</b>	<b>53</b>
<b>Tab. 8</b>	<b>Výchozí odhady pro zkracování dob trvání kritických činností</b>	<b>58</b>
<b>Tab. 9</b>	<b>Optimalizace doby trvání projektu při minimálních celkových nákladech na projekt</b>	<b>59</b>



# 1 Úvod práce

Projektové řízení je širokou a v současné době jistě aktuální problematikou, jejíž poznání i praktická aplikace vyžaduje značné úsilí manažerů. Společnosti z nejrůznějších odvětví jsou založeny právě na projektovém řízení. Obecně lze díky projektu získat určitý unikátní výsledek. Nejčastěji své výstupy dodávají formou projektu firmy z oblasti informačních technologií, podniky zaměřené na kusovou výrobu či stavební firmy.

Podobně jako v ostatních odvětvích jsou i ve stavebnictví kladeny značné nároky na kvalitní a rychlou realizaci projektu. Stavební firmy proto taktéž musejí efektivně vyhledávat a řídit zdroje.

K úspěchu na trhu musí mít firma všechny potřebné prostředky k tomu, aby odváděla kvalitní práci včas, s minimálními náklady. To samo o sobě však zdaleka nestačí. Všechny zdroje je nutné efektivně řídit, aby byl dodán produkt v požadovaných parametrech.

V praxi mohou být firmy řízeny převážně na základě zkušeností manažerů. Dalo by se očekávat, že s tímto přístupem se častěji setkáme u malých firem. V některých případech může být toto řízení úspěšné, avšak obecně je vhodné činit jakékoliv manažerské rozhodování na základě analýzy konkrétního problému.

Metody operačního výzkumu mohou být přesně tím nástrojem, který poskytne vědecky podložené, kvantifikované informace, kterých je možné využít pro úspěšné řízení firem.

Právě uplatněním vybraných metod operačního výzkumu v praxi se bude zabývat tato diplomová práce. Pozornost bude věnována metodám síťové analýzy, která využívá síťových grafů k modelování projektů. Sestrojené síťové grafy mohou být obecně analyzovány z hlediska času, nákladů a zdrojů.

Největší prostor bude v diplomové práci věnován časové analýze konkrétního stavebního projektu, která bude doplněna rovněž o nákladové hledisko.

Jednou z nejčastěji využívaných metod pro časovou analýzu projektu je metoda kritické cesty, označovaná taktéž zkratkou CPM (Critical Path Method). Metoda umožňuje kvantifikovat celkovou dobu potřebnou pro realizaci konkrétního projektu. Nalezením kritické cesty projektu jsou taktéž identifikovány dílčí činnosti projektu, jejichž opožděním se opozdí i realizace celého projektu.

Práce bude vycházet právě z principů uvedené metody.

## 2 Cíl a metodika práce

### 2.1 Cíl práce

Hlavním cílem této práce je provedení časové analýzy konkrétního stavebního projektu vybranými metodami operačního výzkumu. Dalším cílem je doplnit časovou analýzu projektu o nákladové hledisko. Cílem práce je rovněž porovnání vypočtených hodnot se skutečnou realizací projektu.

V rámci časové analýzy bude nalezena kritická cesta projektu metodou CPM. K dosažení tohoto cíle bude potřeba postupně naplnit následující dílčí cíle:

- Upravit data poskytnutá v projektové dokumentaci do podoby kartotéky činností.
- Na základě kartotéky činností sestrojít hranově ohodnocený síťový diagram.
- S pomocí počítačového programu vypočítat kritickou cestu projektu.

Doplnění časové analýzy projektu o nákladové hledisko bude provedeno s využitím metody CPM/COST. Před samotnou aplikací této metody bude zapotřebí získat odhady nejkratších možných délek trvání dílčích činností projektu a maximálních přímých nákladů na tyto činnosti. V rámci metody CPM/COST budou vedle přímých nákladů zohledněny rovněž náklady nepřímé. Pro účely této práce bude tedy potřeba získat hodnotu celkových nepřímých nákladů na projekt.

Dále bude provedeno srovnání vypočtených hodnot se skutečností. Konkrétně budou vypočtené hodnoty porovnávány se skutečně dosaženými výsledky stavebních prací na tomto projektu a také s požadavky investora tohoto projektu.

Výše popsaných cílů práce by nebylo možné dosáhnout bez nastudování odborných poznatků v rámci dané problematiky a jejich sepsání v literární rešerši této práce.

### 2.2 Metodika práce

Časová analýza projektu bude provedena metodou CPM. K výpočtu kritické cesty bude využito programu WinQSB, který na rozdíl od jiných dostupných programů umožňuje pracovat s projektem skládajícím se z více než 100 dílčích činností. Dále bude v práci využito programu Microsoft Project, který je nástrojem pro plánování a řízení projektu. V tomto programu bude vytvořen Ganttův diagram zkoumaného projektu.

Nezbytným nástrojem bude taktéž program RTS Stavitel, který je primárně určený pro vytváření stavebních rozpočtů. V této práci bude využit k výpočtu odhadů délek trvání dílčích činností a nákladů na tyto činnosti. Grafické ztvárnění síťových diagramů bude provedeno v programu Diagram Designer.

Projektová dokumentace poskytnutá firmou Stavitelství Zemánek s.r.o. bude postupnými kroky upravena do podoby kartotéky činností, ze které bude následně možné sestavit hranově ohodnocený síťový graf, vytvořit Ganttův diagram a provést výpočet kritické cesty, která představuje nejdelší cestu v síťovém grafu a současně nejkratší možnou délku realizace projektu.

K rozšíření časové analýzy o nákladové hledisko bude využita metoda CPM/COST.

Podrobněji o použitých metodách pojednává 3. kapitola této práce, nazvaná „Literární rešerše“.

## 3 Literární rešerše

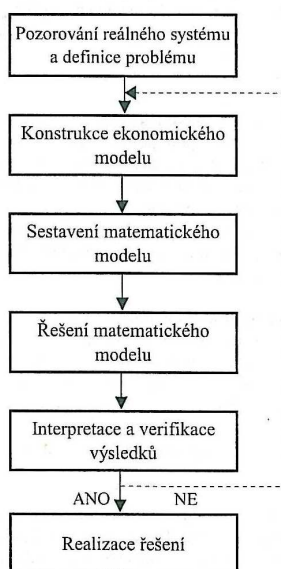
### 3.1 Operační výzkum

Podle Jablonského (2007, s. 9-10) je operační výzkum souborem relativně samostatných disciplín zaměřených na analýzu rozhodovacích problémů. Autor dále uvádí, že lze operační výzkum charakterizovat rovněž jako prostředek pro nalezení nejlepšího řešení daného problému při zohlednění různorodých omezení.

Počátky operačního výzkumu spadají do 30. a 40. let dvacátého století. K významnému rozvoji této disciplíny došlo během 2. světové války, kdy byla využívána pro analýzu strategie a taktiky vojenských operací. K významnému uplatnění operačního výzkumu docházelo zejména v 50. letech během poválečného ekonomického rozvoje. Metod operačního výzkumu bylo využíváno zejména díky jejich schopnosti uplatnit se při řešení praktických potřeb. Podobně jako v jiných disciplínách je i rozvoj operačního výzkumu do značné míry závislý na rozvoji výpočetních technologií.

Předmětem jeho zkoumání jsou operace v rámci určitého systému. Přitom je snahou analyzovat a koordinovat operace takovým způsobem, aby bylo dosaženo optimálního fungování celého systému.

Obecný postup řešení úlohy operačního výzkumu je znázorněn na obr. 1.



Obr. 1 Fáze řešení úlohy operačního výzkumu

Zdroj: Žižka, 2003

Dle Žižky (2003, s. 12-16) je prvním krokem při řešení úloh operačního výzkumu rozpoznání a definice problému. Za rozpoznání problému a následné posou-

zení účelnosti použití metod operačního výzkumu bývají obvykle odpovědní vedoucí pracovníci, kteří následně sestavují tým odborníků z různých oborových oblastí (pro zajištění komplexního posouzení daného problému), jejichž úkolem je řešení daného problému. V této fázi je snahou co nejpřesnější specifikace objektu našeho zájmu, požadovaných cílů, hledisek hodnocení, ovlivňujících faktorů, omezení, vztahů mezi danými cíli, zdroji a procesy v systému.

Na první etapu navazuje formulace ekonomického modelu. Ekonomický model abstrahuje od vlastností, které nejsou při řešení daného problému považovány za důležité. Lze jej popsat jako zjednodušené zobrazení reality. Věrné popsání reality modelem bývá spojeno s jeho velice obtížným řešením a příliš jednoduchý model zase dostatečně nevystihuje reálnou situaci. Proto je obtížným úkolem manažera nalézt při svém rozhodování vhodnou míru zjednodušení reality modelem.

Třetí fáze spočívá v převedení ekonomického modelu na model matematický. Matematický model se od ekonomického modelu odlišuje způsobem vyjádření. Žižka (2003, s. 14) uvádí, že: „*Matematický model vyjadřuje vztahy platné v reálném systému formou matematických výrazových prostředků, jako jsou funkce a soustavy rovnic a nerovnic.*“ Přitom je potřeba definovat proměnné, požadovaná či existující omezení a za pomoci funkce proměnných vyjádřit cíl chování systému.

Při čtvrté fázi řešení úlohy operačního výzkumu nejprve naplníme model konkrétními číselnými údaji a následně standardními metodami řešíme matematický model. K tomuto účelu se v praxi obvykle využívají počítačové programy.

Dalším krokem je interpretace a verifikace výsledků. V této etapě je úkolem prověřit, zda model věrně popisuje realitu.

V případě, že je model shledán vyhovujícím, přistupujeme k poslední fázi, tedy k realizaci řešení. V opačném případě je nutné navrátit se k předchozím fázím (konkrétně ke konstrukci ekonomického modelu) a napravit nalezené nedostatky (Žižka, 2003, s. 12-16).

### 3.2 Teorie grafů

Teorie grafů je jedním z oborů matematiky (popřípadě topologie), který studuje vlastnosti útvarů označovaných jako grafy. V rámci této teorie se pod pojmem graf rozumí útvar zobrazený v rovině či prostoru za pomoci uzlů a hran. Hrany jsou znázorněny jako přímé, křivé či lomené čáry a spojují odpovídající dvojici uzlů zakreslených nejčastěji kroužky či čtverečky. Je přitom podstatné, zda uzly existují a zda jsou či nejsou spojeny hranou, nikoliv znázorněná velikost a poloha uzlů ani tvar a délka hran (Walter, Vejmolá, Fiala, 1989, s. 9).

Pomocí grafů lze názorně a srozumitelně reprezentovat reálné systémy. Konkrétně při řízení projektů, kterému bude věnována pozornost v dalších částech této práce, jsou hrany grafickým znázorněním reálných činností a uzly představují zahájení či ukončení jednotlivých činností.

Grafy je možné členit podle mnoha kritérií. Jedno z nich rozlišuje grafy na orientované a neorientované. Orientovaný graf je tvořen orientovanými hranami, které umožňují pouze jednostranný pohyb mezi jednotlivými uzly grafu a bývají znázorněny pomocí šipek. Oproti tomu graf neorientovaný je tvořen neorientovanými hranami, které umožňují oboustranný pohyb mezi dvojicí uzlů.

Graf, ve kterém je možné přiřadit všem hranám (uzlům) reálnou hodnotu, nazýváme grafem hranově (uzlově) ohodnoceným (Jablonský, 2007, s. 169-170).

Dále rozlišujeme grafy konečné, nekonečné a nulové. Konečný graf má konečný počet uzlů a nekonečný počet uzlů má graf nekonečný. Nulový graf se vyznačuje neprázdnou množinou uzlů a prázdnou množinou hran.

O souvislém grafu hovoříme v případě, že jsou všechny uzly vzájemně spojeny alespoň jednou hranou.

Pod pojmem „cesta“ rozumíme v rámci teorie grafů posloupnost na sebe navazujících hran v orientovaném grafu. Specifický případ cesty představuje tzv. cyklus, kdy cesta začíná i končí ve stejném uzlu. Graf, který neobsahuje cyklus ani smyčku (hranu začínající a končící ve stejném uzlu), nazýváme acyklický graf.

Na základě předchozích odstavců je možné definovat síťový graf, který je souvislý, konečný, orientovaný, acyklický, nezáporně ohodnocený, s jedním počátečním a jedním koncovým uzlem (Holoubek, 2009, s. 119-122).

### 3.3 Projektové řízení

V úvodu této kapitoly bude nejprve objasněn pojem „projekt“. Za projekt lze považovat jednorázový proces směřující k dosažení stanovených cílů, který prochází řadou etap a fází, během nichž se mění úkoly, organizace a zdroje (Fiala 2004, s. 13).

Svozilová (2011, s. 22) definuje projekt jako: „*Dočasné úsilí vynaložené na vytvoření unikátního produktu, služby nebo určitého výsledku.*“

Projekt prochází od jeho zahájení až po ukončení různými fázemi a má tedy charakter procesu. V této souvislosti se hovoří o tzv. životním cyklu projektu. Životní cykly projektů se od sebe odlišují jednak počtem, jednak pojmenováním jednotlivých fází projektu v závislosti na typu, rozsahu či potřebách řízení konkrétního projektu.

Zonková (1997, s. 26) popisuje životní cyklus projektu pomocí fáze iniciační, fáze koncepční, fáze návrhu, prováděcí fáze, fáze kompletace a likvidační fáze.

Poněkud odlišným způsobem popisuje životní cyklus projektu Fiala (2004, s. 24), který člení fáze projektu na koncepční, plánu, realizace a předání.

V rámci projektu lze rovněž rozeznávat fázi předinvestiční, fázi investiční a fázi provozu a vyhodnocování. V průběhu předinvestiční fáze dochází zejména k plánování a přípravě projektu. Významnou součástí této fáze bývá obvykle ověřování proveditelnosti jednotlivých etap projektu. Investiční fáze spočívá ve jmenování projektového manažera a zpracování implementačních plánů, které zahrnují např. stanovení časových a zdrojových parametrů či realizaci výběro-



vých řízení. V průběhu fáze provozu a vyhodnocení bývá projekt komplexně vyhodnocen (Ochrana, Pavel, Vitek, 2010, s. 200).

Obecně definujeme projektové řízení jako způsob řízení pomocí projektů. Jedná se o nástroj, který umožňuje manažerům dosahovat požadované kvality výstupu s minimálními nároky na čas a ostatní zdroje. Kromě řízení jednotlivých projektů zahrnuje projektové řízení rovněž vytvoření organizační struktury a koordinaci projektů z hlediska termínů a disponibilních zdrojů (Fiala, 2004, s. 19).

Projektového řízení podniků je užíváno mnoha společnostmi napříč různými odvětvími. Podle Svozilové (2011, s. 41) se projektově řízené společnosti typicky zaměřují na aktivity, které jsou řízeny formou procesů s omezenou dobou trvání a s dočasným přidělením zdrojů. Jinak řečeno ty podniky, které jsou řízeny formou projektů.

Podle Zonkové (1997, s. 8-9) lze projektové řízení charakterizovat pěti základními rysy, kterými se odlišuje od řízení tzv. rutinních procesů. Tyto rysy jsou uvedeny v následujícím výčtu:

1. Projektové řízení představuje řízení projektu, který má přesně definovaný začátek a konec. Pro projektové řízení bývá velmi podstatné dodržení dílčích a zejména pak závěrečného termínu.
2. Řízené procesy (činnosti) se neopakují a je tedy omezena možnost náprav omylů, způsobených předchozími rozhodnutími.
3. Dodavatelsko-odběratelské vztahy účastníků projektu jsou pouze dočasné. Oproti stabilním partnerským vztahům ve výrobním podniku se vyznačují vyšší nestálostí a rizikovostí. Proto se k základním rysům projektového řízení řadí proměnlivost jeho účastníků.
4. Projektové řízení je spojeno s vysokou neurčitostí definovaných cílů i způsobů realizace těchto cílů. Rozhodování probíhá v situaci rizika až nejistoty.
5. Z důvodu uplynutí dlouhého časového období mezi projektovým záměrem a konečným výsledkem existuje pouze velmi slabá vazba mezi výsledkem rozhodovacího procesu a rozhodnutím samotným. Zpětnou vazbu poskytují spíše zkušenosti z realizace projektu, které je možné využít při realizaci příštích projektů.

Definujeme-li činnost projektu jako časově ucelenou transformaci vstupů činnosti (pracovních sil, předmětů, nástrojů a finančních prostředků) na výstupy (výrobky, služby či nespotřebované vstupy), lze z této definice následně odvodit další možné pojetí projektu. Ten je v tomto smyslu chápán jako prostorově a časově ohraničený soubor technologicky a organizačně souvisejících činností, jehož uskutečnění je podmínkou dosažení určitého cíle (Fiala, 2004, s. 79-80).

Pro účely této práce budeme pracovat s pojmem „projekt“ v obecném slova smyslu, jak jej popisuje Jablonský (2007, s. 185) či Klusoň (1973, s. 11), tedy jako soubor činností, které tvoří homogenní celek.

### 3.4 Síťová analýza

Grafické vyjádření pomocí síťových grafů (diagramů) patří k nejčastějším způsobům modelování projektů. Jak již bylo naznačeno v kapitole 3.2, v hranově ohodnocených síťových grafech jsou jednotlivé činnosti projektu znázorněny pomocí hran a uzly reprezentují zahájení (ukončení) realizace činnosti.

Podle Fialy (2004, s. 79) lze síťovou analýzu definovat jako: „*Soubor modelů a metod, které vycházejí z grafického vyjádření složitých projektů a provádějí analýzu těchto projektů z hlediska času, nákladů nebo zdrojů nutných k jejich realizaci.*“

Rovněž Blecha (1989, s. 21-22) třídí hlediska, podle kterých lze analýzu projektu provést na časové, zdrojové a nákladové. Přičemž zkoumá-li se projekt z časového hlediska, hovoříme o **časové analýze**, při které se posuzují časové údaje a termíny jednotlivých činností i projektu jako celku.

S požadavky na zdroje všeho druhu a jejich čerpání je spojena **analýza zdrojů**. Ta v sobě obvykle zahrnuje širokou škálu rozborů síťových grafů a jejich úprav, elementární odvození nároků na vybrané zdroje i složitější optimalizační postupy.

**Nákladová analýza** představuje základní druh analýzy zdrojů, který na základě nákladového hlediska umožňuje komplexně posuzovat ekonomickou stránku celého projektu.

Stejným způsobem člení metody síťové analýzy taktéž Dudorkin (1997, s. 242). K časové, zdrojové a nákladové analýze přidává navíc pravděpodobnostní analýzu síťových grafů. Autor navíc předkládá další dva způsoby klasifikace metod síťové analýzy. Z hlediska druhu použitého síťového grafu rozlišuje metody s hranově definovaným a s uzlově definovaným síťovým grafem. Podle způsobu ohodnocení síťového grafu rozeznává metody deterministické a stochastické.

Účelem síťové analýzy je plánování a řízení složitých komplexů (projektů). Pro všechny metody síťové analýzy je základem síťový graf (Blecha 1989, s. 3-4).

Dudorkin (1997, s. 243) spatřuje přednosti metod síťové analýzy kupříkladu v získání jasného přehledu o projektu, v přiblížení problematiky řízení projektů více pracovníkům či v získání variantních způsobů realizace projektu.

Před samotným řešením problému pomocí některé z metod síťové analýzy je podle Jablonského (2007, s. 186-187) třeba:

1. Rozčlenit projekt na jednotlivé činnosti.
2. Odhadnout dobu trvání, případně náklady na realizaci jednotlivých činností.
3. Definovat časovou návaznost provádění jednotlivých činností (určit, které činnosti musí být dokončeny před zahájením provádění ostatních činností).
4. Na základě informací z předcházejících kroků sestavit síťový graf.

Na základě 1. - 3. kroku předcházejícího výčtu se sestavuje tzv. **kartotéka činností**, v níž jsou vypsány jednotlivé činnosti daného projektu včetně odhadu

doby jejich trvání (nákladů na jejich realizaci) a všechny činnosti, které jim musí předcházet.

### 3.4.1 Konstrukce síťového grafu

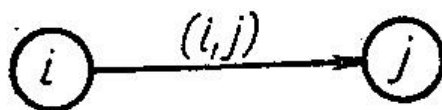
Ze sestavené kartotéky činností je možné následně zhotovit síťový graf, který se používá při řízení projektů k jejich grafickému znázornění. V kapitole „Teorie grafů“ bylo uvedeno, že v síťovém grafu jsou jednotlivé dílčí činnosti zakresleny pomocí orientovaných hran grafu ohraničených vždy dvěma uzly (zobrazených nejčastěji kruhy). Každá spojnice dvou uzlů tedy odpovídá určité činnosti. Činnostmi se zde nerozumí pouze provedení dílčích pracovních operací, nýbrž všech úkonů, které je třeba vykonat ke splnění určitého komplexního úkolu. To zahrnuje například i práce administrativní, přípravné, plánovací či řídicí povahy (Klusoň, 1973, s. 23).

Blecha (1989, s. 7-8) rozlišuje následující druhy činností:

- **Pravé činnosti** kladou nároky na čas i zdroje. Jedná se o činnosti v pravém slova smyslu, které typicky představují určitý pracovní úkon, např. ve stavebnictví „hrubé terénní úpravy“ či „provedení hydroizolace“. Hrany znázorňující pravé činnosti se v grafech kreslí jako plné čáry.
- **Fiktivní činnosti** nekladou nároky ani na čas ani na zdroje, ale vyjadřují nejčastěji organizační nebo technologické vztahy mezi pravými činnostmi. Jsou-li například prováděny dvě různé činnosti stejným strojem, je vztah mezi těmito dvěma činnostmi zachycen právě fiktivní činností. V grafu se fiktivní činnosti zakreslují přerušovanou čarou.
- **Čekací činnosti** jsou užívány pro vyjádření určitého časového odstupu mezi danými úkony, který je nutno dodržet. Kladou tedy nároky na čas, nikoliv však na zdroje. V grafech se zakreslují vlnovkou.

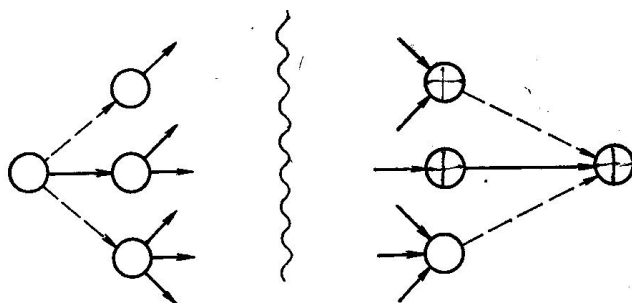
Dalším základním prvkem síťového grafu jsou uzly. Ty v hranově ohodnocených grafech představují časové okamžiky, v nichž činnosti začínají, respektive končí. Proto bývají někdy nazývány kontrolními body projektu. Pomocí orientovaných úseček a uzlů je možné graficky znázornit nejrozličnější práce ze všech oblastí lidské činnosti. Je však nutné dodržovat základní pravidla pro sestavování síťových diagramů:

1. Každá činnost je vždy jednoznačně určena jedním uzlem počátečním a jedním uzlem koncovým. Označíme-li počáteční uzel indexem  $i$ , a koncový uzel indexem  $j$ , potom je každá činnost dána uspořádanou dvojicí čísel  $(i, j)$ , což ilustruje obr. 2.



Obr. 2 Určení činností v síťovém grafu  
Zdroj: Klusoň, 1973

2. Síťový diagram má vždy jeden uzel počáteční a jeden uzel koncový. Pokud by měl zadaný projekt více počátečních (koncových) uzlů, normalizujeme graf tak, že vybereme jeden počáteční (koncový) uzel a spojíme ho s ostatními počátečními (koncovými) uzly pomocí fiktivních činností. Normalizace síťového diagramu je znázorněna na obr. 3.



Obr. 3 Normalizace síťového diagramu  
Zdroj: Klusoň, 1973

3. Žádná činnost nemůže být zahájena dříve, než jsou ukončeny všechny činnosti, které jí bezprostředně předcházejí. Druhý způsob interpretace tohoto pravidla říká, že nelze zahájit činnost, dokud nebylo dosaženo jejího počátečního uzlu.
4. Síťový graf musí správně popisovat závislost jednotlivých činností. Závislost činností nalezneme buď tam, kde dvě nebo více činností končí anebo tam, kde dvě či více činností vychází z jednoho společného uzlu. Přitom se rozlišují závislosti technologické, které vycházejí z technologie pracovního procesu, a organizační závislosti, které jsou výsledkem organizace práce a závisí na zvoleném způsobu práce. Oproti technologickým závislostem jsou považovány za více flexibilní. V situacích, kdy je jen určitá část následujících činností závislá na dokončení předcházejících činností, se k oddělení činností závislých od těch nezávislých využívají fiktivní činnosti.
5. V pořadí páté pravidlo se týká dalšího způsobu využití fiktivních činností při konstrukci síťových grafů. Pomocí fiktivních činností se v síťovém diagramu oddělují tzv. souběžné činnosti. Splnění určité dílčí práce bývá v praxi často spojeno s nejistotou. Právě za účelem snížení stupně nejistoty dosažení dílčího cíle se zařazují již zmíněné souběžné (podpůrné) činnosti.

6. Délka úseček v síťovém diagramu nikterak neinformuje o době trvání příslušných činností. Vychází pouze z potřeb grafického znázornění. Postup času je v grafu zleva doprava a je naznačen šipkami (Klusoň, 1973, s. 23-41).

### 3.5 Časová analýza

Metody síťové analýzy se využívají napříč různými oblastmi lidské činnosti. I z tohoto důvodu existuje velké množství těchto metod a jejich modifikací. Všeobecně tyto metody vycházejí z grafického vyjádření pomocí sítí.

Časová analýza sítí se vyznačuje časovým ohodnocením činností projektu. Výsledky analýzy tohoto druhu jsou např. časy začátků a konců činností projektu či nejdříve možný termín dokončení projektu. Na časovou analýzu je možné dále navazovat analýzou nákladů a zdrojů (Fiala, 2004, s. 79-80).

Dudorkin (1997, s. 243) nahlíží na časovou analýzu jako na nástroj, jehož cílem je stanovení a následný rozbor číselných charakteristik projektu, které jej charakterizují z hlediska jeho časového průběhu.

Typickým úkolem časové analýzy je určení doby realizace projektu. K tomu, aby byla nejkratší možná doba trvání celého projektu určena seriózně, je podle Holoubka (2009, s. 137) potřeba:

1. Zhotovit úplný seznam činností, z nichž se celý projekt skládá.
2. Správně stanovit návaznosti a vzájemné závislosti některých dílčích činností a případně i možnosti souběžné realizace jiných činností.
3. Určit dobu trvání jednotlivých činností.
4. Sestavit hranově ohodnocený síťový graf.

Nyní se pozastavíme nad třetím bodem předcházejícího výčtu. Doba trvání jednotlivých činností je v první řadě odvislá od objemu práce a velikosti využitelných kapacit. K určení doby trvání dílčích činností lze využít výpočtu na základě normativních údajů, kvantifikovaného odhadu či statistického zjišťování. Rovněž je podstatné rozlišit, zda se bere v potaz určitý vliv náhodných vlivů (počasí, poruch strojů, nemocnosti a podobně). Právě podle tohoto kritéria se rozeznávají dva způsoby stanovení doby trvání dílčích činností i celého projektu. Zatímco při **deterministickém** způsobu se s náhodnými vlivy nepracuje, **stochastický** způsob k vlivům náhodné povahy přihlíží.

Dvěma základními a nejčastěji využívanými metodami síťové analýzy jsou metoda *CPM - Critical Path Method (metoda kritické cesty)* a metoda *PERT - Program Evaluation and Review Technique*. Obě metody vznikly na konci 50. let 20. století a vzešly z potřeb nalezení nástrojů pro řešení praktických problémů v rámci projektového řízení. Obě tyto metody vycházejí z hranově ohodnoceného síťového grafu. CPM je deterministickou metodou, která uvažuje pevně dané doby trvání všech dílčích činností. Metoda PERT je stochastická.

V této práci se budeme podrobněji zabývat pouze metodou CPM.

### 3.5.1 Metoda CPM

Jak již bylo uvedeno v předcházejícím textu, metoda CPM je jednou z nejčastěji využívaných metod síťové analýzy. Tato metoda předpokládá, že jsou doby trvání všech dílčích činností pevně dány (není uvažována jejich změna). (Jablonský, 2007, s. 191)

Podle Dudorkina (1997, s. 244) a Fialy (2004, s. 86) probíhá samotný výpočet termínů metodou CPM ve dvou etapách. V první etapě se stanovují nejdříve možné termíny. Při této fázi se postupuje směrem od počátečního uzlu k uzlu koncovému. Ve druhé etapě se stanovují nejpozději přípustné termíny a postupuje se od koncového uzlu směrem k počátečnímu uzlu.

V rámci řešení problému metodou CPM je podle Jablonského (2007, s. 191) nezbytné určit pro každou dílčí činnost tyto čtyři časové charakteristiky:

- **Nejdříve možný začátek (NMZ)** provádění činností. Dílčí činnost může být zahájena, teprve po ukončení všech činností, které v tomto uzlu končí.
- **Nejdříve možný konec (NMK)** provádění činností je dán součtem nejdříve možného začátku a doby trvání dané činnosti.
- **Nejpozději přípustný konec (NPK)** provádění činností. Nejpozději v tomto okamžiku musí činnost skončit, aby nedocházelo ke zpoždění navazujících činností.
- **Nejpozději přípustný začátek (NPZ)** provádění činností. Jedná se o rozdíl nejpozději přípustného konce a doby trvání dané činnosti.

Na rozdíl od autorů uvedených v úvodu této kapitoly popisuje Holoubek (2009, s. 140-143) postup při výpočtu úlohy CPM ve třech etapách:

**V první etapě** je třeba vypočítat NMZ a NMK dílčích činností a na jejich základě následně stanovit nejdříve možný termín ukončení celého projektu. Postupuje se od počátečního uzlu k uzlu koncovému a hledáme nejdelší cestu v grafu mezi těmito dvěma uzly. Délka takto nalezené nejdelší cesty je totožná s nejkratší možnou dobou realizace projektu.

Postup výpočtu v rámci první etapy:

1. NMZ činností, které vycházejí z počátečního uzlu, je roven nule. Tato hodnota se obvykle zapisuje ke vstupu do počátečního uzlu.
2. Pokračujeme výpočtem NMK dalších činností. Hodnoty NMK získáme součtem NMZ a doby trvání dané činnosti (označené ve vzorci (1) symbolem  $t_{i,j}$ ). Tyto hodnoty zapíšeme ke vstupu do uvedených uzlů. Přitom platí, že NMK v uzlu končící činnosti se rovná NMZ činnosti v tomtéž uzlu začínající. V případě, že do uzlu vstupuje více než jedna hrana, vypočteme k příslušným hranám NMK a hodnota NMZ pro daný uzel bude totožná s maximální z vypočtených hodnot NMK v tomto uzlu. Výpočet hodnot NMZ se tedy provede podle vzorce (1):

$$NMZ_{j,k} = \max(NMZ_{i,j} + t_{i,j}) = \max NMK_{i,j} \quad (1)$$

3. Maximální z vypočtených hodnot NMK celého projektu (koncového uzlu) označíme písmenem  $T$  a její hodnotu zapíšeme k výstupu koncového uzlu. Hodnota  $T$  je nejdelší cestou v grafu, jejíž délka je totožná s nejkratší možnou dobou realizace projektu.

Na předcházející postup navazuje **druhá etapa** výpočtu metody CPM, při které se nejprve vypočtou NPK a NPZ pro jednotlivé činnosti a následně se s jejich pomocí stanoví kritické činnosti a kritická cesta v grafu. V této fázi se vychází z koncového uzlu a postupuje se směrem k uzlu počátečnímu.

Postup druhé etapy:

1. Vycházíme ze zjištěné hodnoty NMK koncového uzlu (hodnoty  $T$ ). Tu položíme rovnu NPK stejného uzlu a z této hodnoty dopočítáme NPZ pro dílčí činnosti, které ústí do koncového uzlu. Hodnotu NPZ dané činnosti získáme odečtením délky trvání této činnosti od jejího NPK. Vypočtené hodnoty NPZ informují o tom, kdy nejpozději musí být zmíněné činnosti zahájeny, aby byl celý projekt ukončen ve stanoveném termínu  $T$ . Hodnoty NPZ se zapíší k místu, kde zmíněné činnosti vystupují z předchozích uzlů. Takto postupujeme ve všech uzlech, ze kterých vychází pouze jedna hrana. Přitom dodržujeme pravidlo, že hodnota NPZ následující činnosti je totožná s hodnotou NPK činnosti předcházející.
2. V případě, že z uzlu vychází více než jedna hrana (jedná se o rozvodný uzel), vypočteme NPZ všech činností, které z daného uzlu vycházejí. Z nich vybereme minimální hodnotu a NPK končící v daném uzlu ohodnotíme právě zmíněnou minimální hodnotou NPZ. Tento postup lze vyjádřit za pomoci vzorce (2):

$$NPK_{i,j} = \min NPZ_{j,k} \quad (2)$$

3. V tomto kroku je třeba stanovit kritické činnosti. K jejich nalezení využijeme vypočtených hodnot NMK a NPZ pro jednotlivé činnosti. V grafu jsou kritické činnosti ohraničeny uzly, do kterých vstupují činnosti se stejnou hodnotou NMK, jako je hodnota NPZ činností, které z těchto uzlů vystupují. Jinými slovy kritické činnosti ohraničují uzly, pro které platí vztah ve vzorci (3):

$$NMK_{i,j} = NPZ_{j,k} \quad (3)$$

Kritické činnosti tvoří souvislou cestu od počátečního uzlu, až po uzel koncový. Takovou cestu nazýváme kritická cesta.

Jablonský (2007, s. 192-193) upozorňuje, že od tohoto termínu je odvozen originální název metody CPM – metody kritické cesty. Kritická cesta je podle Dudorkina (1997, s. 245-246) cestou maximální délky, která je tvořena pouze kritickými činnostmi. V tomto případě vysvětluje délku jako součet časových

ohodnocení jednotlivých hran (činností) cesty. Autor dále zmiňuje, že délka kritické cesty je totožná s dobou trvání celého projektu. Obecně může v síťovém grafu existovat více kritických cest.

Na tomto místě se vrátíme k výkladu postupu výpočtu metodou CPM tak, jak jej popisuje Holoubek (2009, s. 143). Konkrétně se dostáváme již ke **třetí etapě**. V této části se provádí výpočet celkové časové rezervy (ČR) pro jednotlivé dílčí činnosti. Celková ČR dané činnosti poskytuje informaci o tom, o kolik je přípustné prodloužit dobu trvání, popřípadě posunout začátek, této dílčí činnosti, aniž by byl ohrožen termín dokončení celého projektu  $T$ .

Výpočet celkových časových rezerv dílčích činností se provádí na základě vzorce (4) respektive (5):

$$\check{C}R_{i,j} = NPZ_{i,j} - NMZ_{i,j} \quad (4)$$

$$\check{C}R_{i,j} = NPK_{i,j} - NMK_{i,j} \quad (5)$$

Jak je patrné ze vzorců (4) a (5), k výpočtu využijeme hodnot NPZ a NMZ (resp. NPK a NMK) získaných pro jednotlivé činnosti v předchozích dvou etapách. Oběma způsoby výpočtu je možné dospět k hodnotě celkových časových rezerv dílčích činností. Celková časová rezerva pro dílčí činnost existuje v případě, že je časový interval mezi NPK a NMZ dané činnosti větší než doba trvání této činnosti.

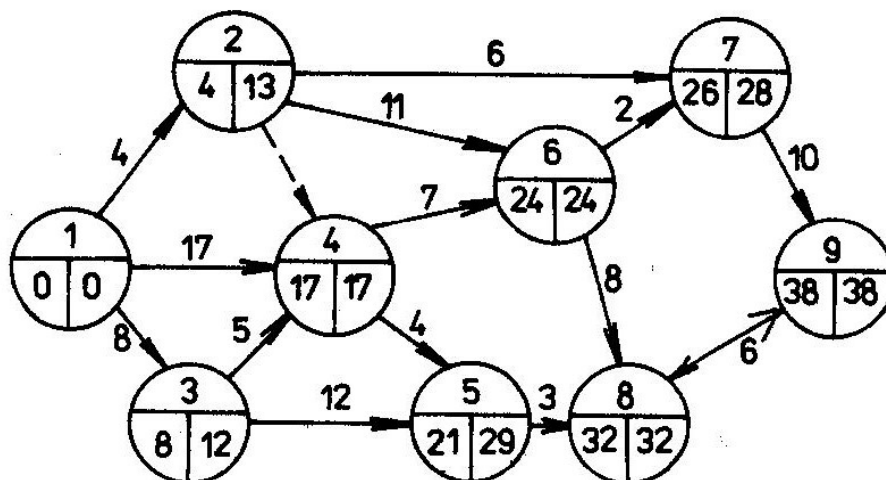
K tomuto názoru se přiklání i Jablonský (2007, s. 194), podle kterého je celková časová rezerva dána rozdílem nejpozději přípustného konce, nejdříve možného začátku a doby trvání činnosti.

V případě, že je celková časová rezerva dílčí činnosti rovna nule, jedná se o kritickou činnost, jež leží na kritické cestě. O činnostech s nenulovou časovou rezervou hovoříme jako o nekritických činnostech. Existence nulových časových rezerv u kritických činností naznačuje, že není možné prodloužit dobu trvání kritických činností, aniž by nebyla zpožděna realizace celého projektu. Stejný závěr platí i pro nedodržení nejdříve možných a nejpozději přípustných dob u kritických činností. (Holoubek, 2009, s. 143)

Samotný výpočet termínů, které byly vysvětleny v předcházejícím textu lze podle Fialy (2004, s. 88) provést přímo v grafu, v tabulce nebo v matici. Pro účely této práce postačí popsat pouze první dva uvedené způsoby výpočtu.

Přímo na zadané síti (v grafu) je vhodné počítat úlohu v případě, že se jedná o síť malých rozměrů. Konkrétně se v literatuře hovoří o sítích, jež mají rozsah do 100 uzlů. V těchto případech lze provádět ruční výpočet přímo na zadané síti. Při tomto způsobu výpočtu se doporučuje znázorňovat uzly pomocí zvětšených kroužků, do kterých je možné zapsat údaje o NMZ (do levé dolní poloviny kroužku), NPK (do pravé dolní poloviny kroužku) i index uzlů (v horní části kroužku). Takovéto znázornění uzlů si můžete prohlédnout na obr. 4. (Walter, Vejmolá, Fiala, 1989, s. 166)





Obr. 4 Zakreslení uzlů při výpočtu v grafu  
Zdroj: Walter, Vejmolá, Fiala, 1989

V tabulkovém pojetí výpočtu jsou jednotlivé činnosti uspořádány v řádcích. Národně je výpočet uveden v tab. 1. Tabulka je rozdělena na sedm sloupců. Ve sloupci (1) jsou zachyceny dílčí činnosti, které jsou v tabulce reprezentované indexy počátečních a koncových uzlů jednotlivých hran. Ve sloupci (2) jsou obsaženy doby trvání jednotlivých činností. Sloupce (3) a (4) zachycují výsledky první fáze obecného postupu metody CPM, který byl popsán dříve. Tedy ve sloupci (3) jsou zobrazeny NMZ a ve sloupci (4) NMK provádění činností. Výsledky druhé etapy jsou zachyceny ve sloupcích (5) a (6). Jedná se o NPZ ve sloupci (5) a NPK ve sloupci (6). Hodnoty celkových časových rezerv ve sloupci (7) můžeme vypočítat jako rozdíl hodnot ve sloupcích (6) a (4). K totožným výsledkům lze dospět odečtením hodnot ve sloupci (3) od hodnot ve sloupci (5). Kritické činnosti, které mají nulové časové rezervy, jsou v tab. 1 podbarveny šedě. Obdobnou formu výpočtu poskytují počítačové programy (Fiala, 2004, s. 88-89).

Tab. 1 Metoda CPM – výpočet v tabulce  
Zdroj: Fiala, 2004 (upraveno)

(1) (i, j)	(2) $t_{i,j}$	(3) $NMZ_{i,j}$	(4) $NMK_{i,j}$	(5) $NPZ_{i,j}$	(6) $NPK_{i,j}$	(7) $\check{C}R_{i,j}$
1,2	4	0	4	9	13	9
1,3	8	0	8	4	12	4
1,4	17	0	17	0	17	0
2,4	0	4	4	17	17	13
2,6	11	4	15	13	24	9
2,7	6	4	10	22	28	18
3,4	5	8	13	12	17	4

3,5	12	8	20	17	29	9
4,5	4	17	21	25	29	8
4,6	7	17	24	17	24	0
5,8	3	21	24	29	32	8
6,7	2	24	26	26	28	2
6,8	8	24	32	24	32	0
7,9	10	26	36	28	38	2
8,9	6	32	38	32	38	0

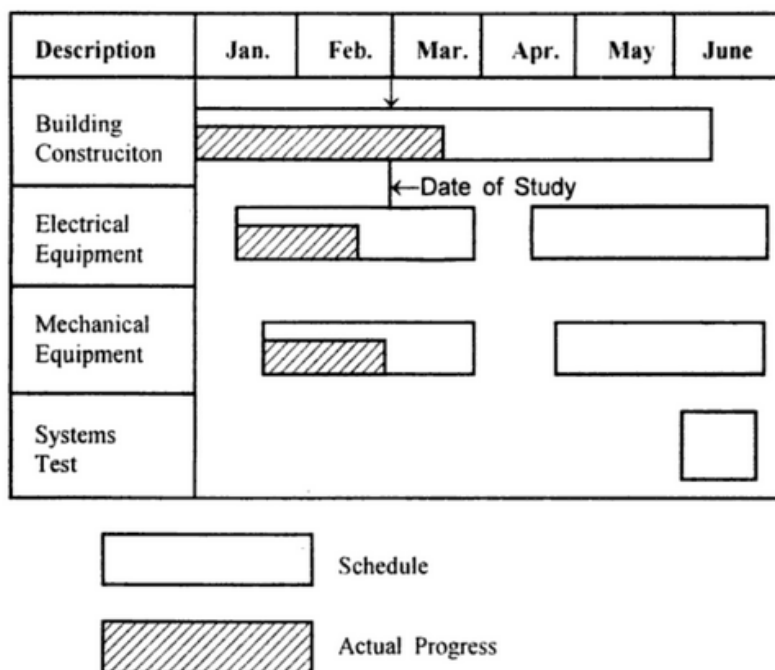
Mezi způsoby, kterými lze zkracovat délku kritické cesty projektu, řadíme:

- Vyloučení určité činnosti na kritické cestě. Tento způsob lze aplikovat pouze u činností, jejichž dokončení nemá vliv na dokončení projektu nebo je riziko tohoto vlivu minimální.
- Provádět souběžně některé z kritických činností, které byly původně navrhovány jako postupné činnosti.
- Zkrátit kritické činnosti převedením části rezerv z nekritických cest (Duchon, 2007, s. 251).

### 3.5.2 Ganttův diagram

Ganttův diagram byl vyvinut konzultantem dělostřelectva americké armády v období před 1. světovou válkou. Jmenoval se Henry L. Gantt a zmíněnou metodu vytvořil v návaznosti na potřebu nástroje pro plánování a kontrolu armádních logistických procesů.

Ganttův diagram znázorňuje harmonogram projektu, včetně aktuálně dosaženého stavu. Pro každou činnost projektu je v diagramu vykreslen pruh na časové ose. Na obr. 7 je znázorněn Ganttův diagram výstavby malé továrny. Aktuálně dosažený stav jednotlivých úkolů projektu je na obr. 7 vyznačený šrafováním příslušného pruhu. Konkrétně je na obr. 7 zachycen stav dílčích úkolů k 28. únoru, přičemž k tomuto datu stavební práce (building construction) předstihují stanovený plán. Avšak práce na elektrických zařízeních (electrical equipment) i práce na mechanických zařízeních (mechanical equipment) jsou oproti časovému plánu opožděny. V takovém případě by se pozornost projektového manažera upřela zejména na práce na elektrických a mechanických zařízeních. V Ganttově diagramu plyne čas zleva doprava a dílčí činnosti projektu jsou řazeny shora dolů (Sharma, 2006, s. 11).



Obr. 5 Ganttův diagram  
Zdroj: Sharma, 2006

Z pohledu Janišové a Křivánka (2013, s. 371) je Ganttův diagram tabulkou tvořenou řádky nadepsanými dílčími činnostmi projektu a sloupci nadepsanými kalendářem. V každém řádku je poté vykreslena úsečka určující časový rámec pro všechny dílčí činnosti (začátek, trvání, konec). Ganttův diagram tedy umožňuje zobrazit časovou posloupnost dílčích činností projektu.

Zmínění autoři dále nabízejí srovnání Ganttova diagramu se síťovým grafem. Zatímco Ganttův diagram přehledněji zobrazuje posloupnosti provádění činností v čase, výhodou síťového grafu je poskytnutí vizuálního přehledu o možnosti paralelního provádění činností (skupin činností).

## 3.6 Rozšíření časové analýzy o nákladové hledisko

### 3.6.1 Metoda CPM/COST

Podle Ochrany, Pavla a Vítka (2010, s. 205) je předmětem zájmu projektového managementu jednak hledisko časové, jednak nákladové hledisko projektu. V tomto smyslu nás zajímá zejména to, jaké finanční zdroje na sebe jednotlivé činnosti vážou. Právě k tomuto účelu lze využít metodu CPM/COST. Jedná se o jednu z metod kritické cesty. Tato metoda zkoumá rovněž nákladové hledisko projektu a rozšiřuje CPM o kalkulaci finančních zdrojů. Vedle časového hodnocení je tedy k jednotlivým činnostem projektu nutné přidat rovněž nákladovou kalkulaci. Údaj o nákladovém ohodnocení je možné zanést taktéž do síťového grafu (obvykle bývá umísťován do závorky za časové ohodnocení hran).

Metoda CPM/COST se tedy zabývá současnou optimalizací času a nákladů. Doby trvání dílčích činností i náklady na tyto činnosti jsou v rámci této metody určovány deterministickým způsobem. Časovou analýzu klasické metody CPM rozšiřuje metoda CPM/COST o analýzu nákladovou.

Uvažovaná metoda předpokládá, že se změnou doby trvání dílčí činnosti projektu dochází ke změně v nákladech na jejich realizaci. Proto je možné zvolit doby trvání dílčích činností takovým způsobem, aby byly celkové náklady na projekt minimální (Fiala, 2004, s. 99).

Celkové náklady na projekt jsou tvořeny jednak přímými náklady, jednak náklady nepřímými. Nepřímé náklady se skládají zejména z režijních nákladů, kancelářských a administrativních výdajů či z poplatků za prodloužení prací. Snížení doby realizace projektu s sebou obvykle přináší i snížení nepřímých nákladů. Přímé náklady zahrnují náklady na materiál, stroje, práci a subdodávky (Telsand, 1998, s. 295).

Přímé náklady přímo spojeny s dílčími činnostmi projektu. Pokud je cílem zkrácení doby realizace celého projektu, musí být zvýšeno tempo provádění činností, což klade požadavky na vynaložení více prostředků a obvykle dochází k navýšení přímých nákladů. Oproti tomu nepřímé náklady vztažené na časovou jednotku jsou relativně stále po celou dobu životnosti projektu. Proto při zkrácení doby realizace projektu dochází ke snížení nepřímých nákladů (*NetMBA.com*, 2016).

Celková doba realizace projektu může být snížena díky redukci obvyklých (deterministických odhadů) dob trvání kritických činností projektu. Důsledkem zkrácení dob trvání pod stanovenou normu však zpravidla dochází k navýšení celkových nákladů projektu. Z toho vyplývá, že v rámci projektu musí dojít ke kompromisu mezi celkovými náklady a dobou potřebnou pro jeho realizaci (Sharma, 2006, s. 44-45).

Tento proces zkracování doby trvání projektu bývá v anglických pramenech označován pojmem „crashing“. Ke zkracování doby trvání projektu dochází za pomoci dodatečných zdrojů, tedy za cenu dodatečných nákladů.

Pro proces zkracování délky trvání projektu je stanoven tento postup:

1. Konstrukce síťového diagramu a nalezení kritické cesty v tomto diagramu.
2. Výpočet koeficientu nákladového spádu pro dílčí činnosti projektu.
3. Zkracování dob trvání činností na kritické cestě a to v pořadí od činnosti s nejnižší hodnotou koeficientu nákladového spádu k činnosti s nejvyšší hodnotou nákladového spádu vždy v maximální možné míře.
4. Stanovit celkové náklady na projekt (Telsand, 1998, s. 295-296).

Předtím, než bude pokračováno v dalším výkladu, je vhodné nadefinovat několik pojmů:

$D_{ij}$  - normální délka trvání činnosti

$d_{ij}$  - nejkratší možná délka trvání činnosti

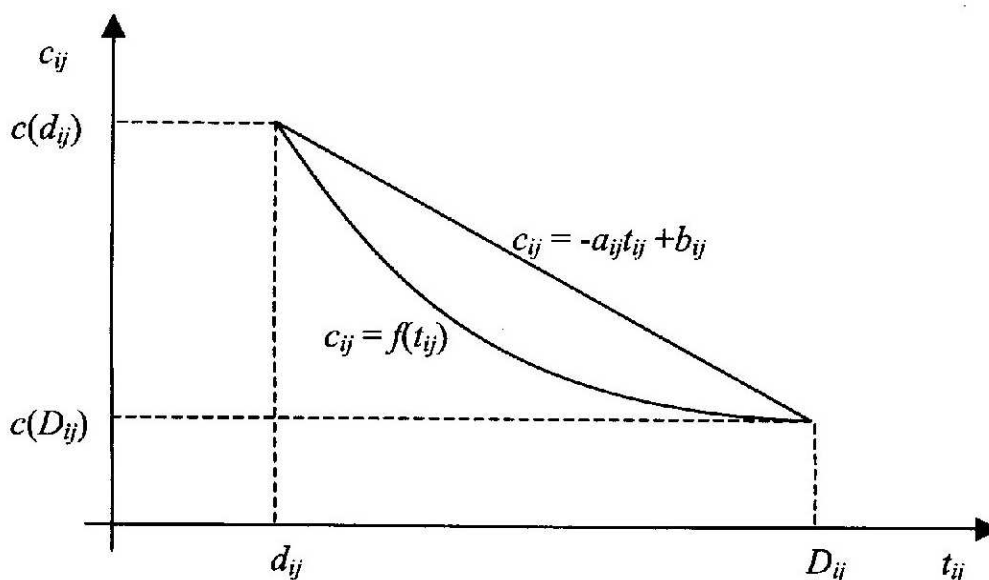
$t_{ij}$  - skutečná délka trvání činnosti

$c(D_{ij})$  - minimální náklady

$c(d_{ij})$  - maximální náklady

$c_{ij}$  - skutečné náklady

Na obr. 6 je znázorněn vztah mezi skutečnou délkou trvání činnosti na horizontální ose a skutečnými náklady na ose vertikální. Tato závislost, označená na obr. 6 výrazem  $c_{ij} = f(t_{ij})$ , je pro jednoduchost výpočtu aproximována lineárním vyjádřením  $c_{ij} = -a_{ij} * t_{ij} + b_{ij}$  (za podmínek  $a_{ij} \geq 0, b_{ij} > 0$ ). Zmíněný vztah je definován na časovém intervalu od nejkratší možné délky trvání činnosti ( $d_{ij}$ ) po normální délku trvání činnosti ( $D_{ij}$ ) včetně uvedených krajních hodnot. Nejkratší možné délce trvání činnosti odpovídají náklady o velikosti  $c(d_{ij})$  a normální délce trvání činnosti odpovídají náklady  $c(D_{ij})$ .



Obr. 6 Závislost skutečných nákladů na skutečné délce trvání činnosti  
Zdroj: Fiala, 2004

Po převedení výše uvedeného aproximovaného vyjádření do podoby zachycené ve vzorci (6) získáváme vztah pro tzv. koeficient nákladového spádu ( $a_{ij}$ ), který udává velikost nákladů potřebnou pro snížení doby trvání činnosti o časovou jednotku.

$$a_{ij} = \frac{c(d_{ij}) - c(D_{ij})}{D_{ij} - d_{ij}} \quad (6)$$

Součtem všech skutečných nákladů na jednotlivé činnosti ( $c_{ij}$ ) získáme hodnotu celkových přímých nákladů na projekt. V případě, že všechny dílčí činnosti mají nejkratší možnou délku trvání, je i doba trvání celého projektu minimální. Platí tedy  $t_{ij} = d_{ij}$  a celková minimální doba trvání projektu je označena  $T_d$ . Této době trvání odpovídají celkové přímé náklady  $C_d$ . Pokud se délky trvání dílčích činností shodují s normálními délkami trvání činností ( $t_{ij} = D_{ij}$ ), potom se celková doba trvání označí  $T_D$  a je maximální možnou délkou realizace celého projektu, které odpovídají celkové přímé náklady  $C_D$ . Přípustné hodnoty dob trvání projektu  $T$  jsou definovány vzorcem (7) a těmto hodnotám odpovídající celkové přímé náklady  $C_p(T)$  definuje vzorec (8).

$$T_d \leq T \leq T_D \quad (7)$$

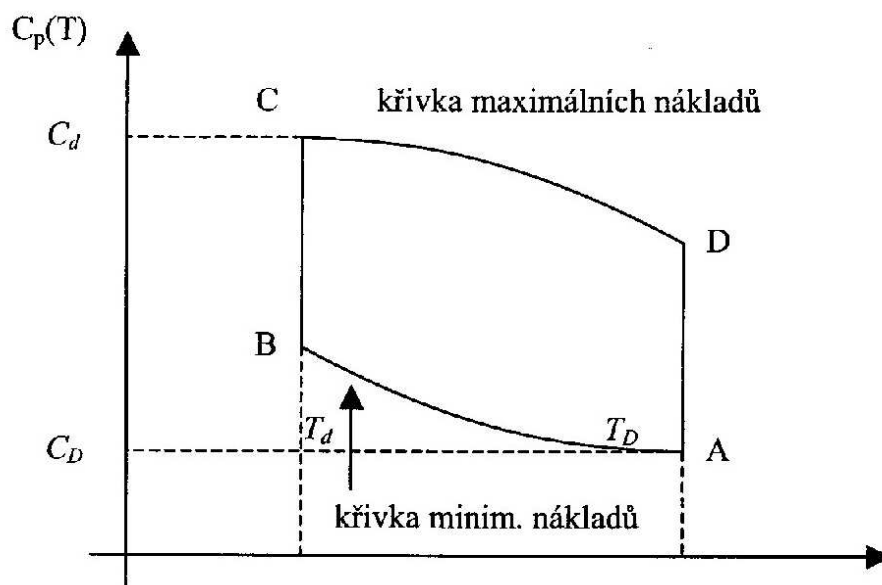
$$C_D \leq C_p(T) \leq C_d \quad (8)$$

Celkové přímé náklady na projekt lze dopočítat podle vzorce (9).

$$C_p(T) = \sum_{(i,j)} c_{ij} = \sum_{(i,j)} (-a_{ij} * t_{ij} + b_{ij}) \quad (9)$$

Na obr. 7 je zachycen vztah mezi celkovými přímými náklady na projekt a dobou realizace projektu. Body A, B, C a D vymezují oblast přípustných řešení.

Daný problém lze formulovat jako úlohu parametrického programování, jejímž cílem je nalezení bodů na křivce minimálních nákladů ohraničené body A a B. Přičemž v bodě A platí, že  $t_{ij} = D_{ij}$ . Délka projektu je  $T_D$ , při nákladech  $C_D$ . V Bodě B platí pro kritické činnosti  $t_{ij} = d_{ij}$ . Pro nekritické činnosti v bodě B platí, že  $t_{ij} = D_{ij}$ . Oproti situaci v bodě A dochází v bodě B ke zkrácení doby realizace projektu, avšak za cenu navýšení celkových přímých nákladů.



Obr. 7 Závislost přímých nákladů na projekt na době trvání projektu  
Zdroj: Fiala, 2004

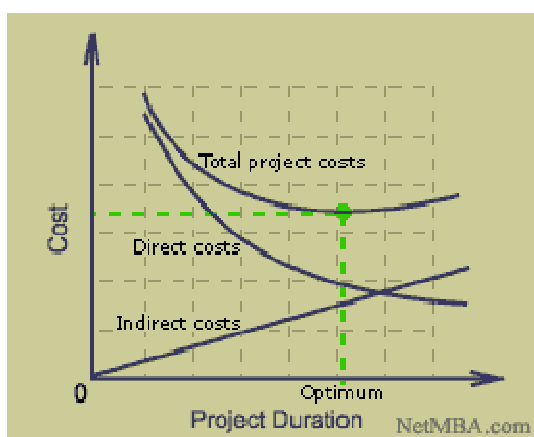
Jednou z metod, kterými lze popsanou úlohu řešit je tzv. aproximační Weberův postup. V rámci této metody se postupuje následovně:

1. Nalezení kritické cesty pro situaci popsané bodem A.
2. Zkracování délek trvání činností na kritické cestě. Začíná se činnostmi s nejnižší hodnotou koeficientu nákladového spádu.
3. Zkracování kritických činností podle možností až na hodnotu  $d_{ij}$ , přičemž vznikají další kritické cesty. Ke zkrácení projektu je třeba zkrátit všechny kritické cesty v síti.
4. Redukce se provádí, dokud nejsou vyčerpány veškeré možnosti zkracování projektu.

Již bylo zmíněno, že celkové náklady na projekt se získají součtem přímých a nepřímých nákladů, jak je uvedeno i ve vzorci (10).

$$C(T) = C_p(T) + C_N(T) \quad (10)$$

Závislost přímých nákladů (direct cost), nepřímých nákladů (indirect cost) a celkových nákladů (total project cost) na délce trvání projektu (project duration) ilustruje obr. 8. Předchozí text byl věnován problematice nalezení křivky minimálních přímých nákladů. Nepřímé náklady bývají obvykle popsány kvadratickou nebo lineární funkcí.



Obr. 8 Závislost celkových, přímých a nepřímých nákladů na délce trvání projektu  
Zdroj: *NetMBA.com*, 2016

Cílem metody CPM/COST je nalezení optimální doby trvání projektu, při které jsou celkové náklady na projekt (dány součtem celkových přímých a celkových nepřímých nákladů) minimální. Takové optimum je zobrazeno na obr. 8 zeleným bodem na křivce celkových nákladů (Fiala, 2004, s. 99-103).

Popsaný model vychází z následujících tří předpokladů:

- Minimální náklady  $c(D_{ij})$  jsou nižší než maximální náklady  $c(d_{ij})$ .
- Existuje lineární vztah mezi trváním činnosti a náklady na tuto činnost.
- Jsou k dispozici zdroje potřebné pro zkracování činnosti (*NetMBA.com*, 2016).

### 3.7 Software použitý v rámci této práce

Již v kapitole 2.2 bylo uvedeno, že pro potřeby této práce bylo využito programů MS Project a WinQSB. Zmíněné programy napomohly ke konstrukci a výpočtu modelu zkoumaného projektu. Právě o těchto dvou programech bude blíže pojednáváno v dalším textu. K usnadnění grafického ztvárnění síťových diagramů byl využit program Diagram Designer. K převedení stavebních rozpočtů do požadované podoby posloužil program RTS Stavitel.

#### 3.7.1 WinQSB

Počítačový software WinQSB (quantitative systems for business) je vhodným nástrojem poskytujícím podklady pro manažerské rozhodování. Zahrnuje několik modulů, které pokrývají prakticky všechny základní techniky operačního výzkumu. I přesto, že je program WinQSB programem primárně určeným pro výzkumné účely, je ho možné využít taktéž pro řešení méně rozsáhlých problémů. Velikost optimalizačních problémů, které je možné v programu WINQSB řešit, přibližně odpovídá velikosti řešitelných problémů v obdobných programech (ja-



ko např. Lingo, Solver a dalších). Program je jednoduchý, interaktivní a uživatelsky přívětivý (Sarker, Newton, 2007, s 273).

Pomocí tohoto programu byla vypočítána kritická cesta projektu.

### 3.7.2 Microsoft Project

Program MS Project poskytuje prostředí pro vytvoření modelu projektu. S jeho pomocí je možné zobrazit uvažovanou část reality, kterou je možné podle potřeb rovněž aktualizovat. Slouží jako efektivní manažerský nástroj plánování a řízení projektů. Projekty mohou být v tomto programu zkoumány podle různých hledisek (Adamec, 1997, s. 31).

Pro účely této práce bude využito zejména schopnosti programu MS Project vytvořit Ganttův diagram. Ten byl předmětem výkladu kapitoly 3.5.2. MS Project umožňuje vkládat a rozvrhnout seznam jednotlivých úkolů. Výstupní okno programu se skládá z tabulky obsahující informace o jednotlivých úkolech a z grafického znázornění projektového rozvrhu zachyceného v podobě diagramu. Každý úkol je v diagramu reprezentován pruhem popisující na časové ose začátek, trvání a konec jednotlivých úkolů. Vzhled výstupního okna programu lze upravovat pomocí standardního nástrojového panelu. Zobrazený diagram může být roztahován, zkracován, a je umožněno přizpůsobovat si jeho celkový vzhled. Výstupy programu je také možné využít k prezentačním účelům. Pomocí zákaznických zobrazení program MS Project umožňuje rovněž uspořádat informace z různých aplikačních oblastí do datových modelů, a dále je efektivně aktualizovat, filtrovat a následně i prezentovat ve formě grafu či tabulky (Adamec, 1997, s. 58-60).

Podle Loweryho a Stoverové (2001, s. 12) poskytuje MS Project:

- Základní asistenci při vytváření a sledování projektu.
- Kalkulaci dat, nákladů a dalších informací o projektu.
- Automatické vyplnění mnoha polí v návaznosti na zadání či úpravu informací o projektu.
- Obsáhlé databáze projektových informací.
- Zobrazení a tisk informací o projektu v různých podobách a formátech.
- Sdílení informací s členy projektového týmu.
- Sdílení informací s ostatními programy.

## 4 Charakteristika zkoumaného objektu

Podklady potřebné pro vypracování této diplomové práce mi byly poskytnuty firmou Stavitelství Zemánek s.r.o. Jedná se o malou firmu, jejímž zakladatelem a jednatelem je pan Ing. Jiří Zemánek, který zajišťuje prakticky veškerý chod firmy. Kromě funkce jednatele zastává ve firmě rovněž úkoly projektanta, stavbyvedoucího (dohlíží na realizaci stavebních prací). Rovněž se stará o zajišťování pracovních úkolů materiálem, ať už vlastními prostředky či za pomoci komunikace s externími dodavateli. Před tím, než začal jednatel firmy sám podnikat, působil několik let jako zaměstnanec ve více stavebních firmách. V roce 2012 došlo k založení firmy Stavitelství s.r.o. Oborem jejího podnikání je stavebnictví a zaměřuje se zejména na výstavbu bytových a nebytových budov i na architektonické činnosti. Ve výpisu z veřejné části Živnostenského rejstříku je uvedeno, že předmětem podnikání dané firmy je zejména provádění staveb, jejich změn a odstraňování. Předmětem podnikání zmíněné firmy je dále projektová činnost ve výstavbě, oceňování majetku pro věci nemovité, poradenská a konzultační činnost i zpracování odborných studií a posudků.

Firma má sídlo v městě Tišnov a v naprosté většině případů se uchází o zakázky na území Jihomoravského kraje. Nejčastěji potom v okresech Brno-město a Brno-venkov.

Jak již bylo naznačeno, o chod celé firmy se stará pouze jednatel, který však v některých oblastech svého podnikání využívá služeb externích subjektů. Jedná se například o vedení účetnictví, které je zajišťováno externími službami.

Firma Stavitelství Zemánek s.r.o. rovněž spolupracuje s panem Ing. Markem Šnédarem, který podniká na základě živnostenského listu, který ho opravňuje k provádění projektové činnosti ve výstavbě i k samotné realizaci staveb, jejich změn a odstraňování. Osoba Ing. Marka Šnédara je zmíněna zejména proto, že s ním byla konzultována stavební hlediska, kterými se tato práce zabývá.

Firma Stavitelství Zemánek s.r.o. obvykle realizuje více zakázek současně, což je jedním z důvodů, pro který je vhodné se zabývat optimalizací řízení projektů v této firmě. Tato práce bude vycházet z podkladů pro jednu ze zakázek této firmy, která již byla realizována v roce 2015. Investorem tohoto projektu byla Nemocnice Blansko. Projekt zahrnoval přístavbu a stavební úpravy vstupu u lékárny a přístřešku. Záměrem zmíněného projektu bylo vytvoření zádveří v místě stávajícího vstupu a přístřešku pro parkování sanitních vozů. Samozřejmostí byl i požadavek napojení stavby na stávající technickou infrastrukturu (elektro, vytápění, dešťová kanalizace apod.). Nově vytvořené zádveří vstupu do vestibulu nemocnice přitom mělo být tvořeno stěnami objektů lékárny a polikliniky (jež bylo třeba opatřit rovněž novými omítkami) a nově vybudovanými vstupními prosklenými stěnami. V exteriéru budovy bylo úkolem realizovat výstavbu přístřešku pro sanitní vozy, který by navazoval na stávající budovu polikliniky a nacházel by se nad prostory stávajícího parkoviště. Přístup do objektu od stávající plochy pod přístřeškem měl být zachován, ale upraven vytvořením nového zádveří. Další důležitý požadavek investora představovalo bezbariérové

užívání stavby. Plocha pod přístřeškem, stejně jako nové zádveří, měla splňovat všechny parametry možného přístupu pro osoby OZP. S těmito požadavky se tedy muselo počítat např. při realizaci (rampy, zábradlí, plochy před vstupem či vstupem).

Stavební práce na tomto projektu je možné rozdělit do tří základních kategorií. První kategorie zahrnuje bourací práce, které měly za úkol upravit stávající podobu některých prvků (stávající rampa, zastřešení, vstupní prostor a okna) a připravit tak prostor pro navazující práce. Navazující práce lze rozdělit na práce, které se týkají zádveří a přístřešku. Toto rozdělení však slouží pouze pro lepší představu o pracích obsažených v tomto projektu.

Stavební práce na tomto projektu byly zahájeny 10. 8. 2015. Investor požadoval dokončení a předání kompletního díla do deseti týdnů po zahájení prací. Požadovaný termín předání stavby byl tedy 16. 10. 2015. Ve skutečnosti byla stavba předána 28. 10. 2015. Investorem požadovaný termín tedy nebyl dodržen, což signalizuje potřebu optimalizovat řízení projektů ve firmě Stavitelství Zemánek s.r.o. V tomto případě z časového hlediska.

Při nedodržení sjednaného termínu je zhotovitel povinen platit penále z prodlení. Nedodržení termínu rovněž vrhá špatné jméno na firmu. I z těchto důvodů je velmi důležité věnovat řízení projektů patřičnou pozornost. Tato práce se zabývá některými ze způsobů, jak je možné těmto problémům předejít.

Na stručný popis firmy a zkoumaného projektu bude v další kapitole navázáno formulací modelu problému.

## 5 Formulace modelu problému

Tato práce vychází z konkrétního stavebního projektu, který byl poskytnut firmou Stavitelství Zemánek s.r.o. Jedná se o projekt, který již byl popisován v kapitole 4. Tento projekt byl již realizován v roce 2015. Předmětem plnění projektu byly stavební práce prováděné za účelem rekonstrukce vstupu z parkoviště do vestibulu polikliniky nemocnice. Jmenovaná firma měla za úkol vytvořit zádveří mezi stěnami objektů lékárny a polikliniky (včetně nových vstupních prosklených stěn), zastřešení nad stávající plochou parkoviště v dotčeném prostoru vstupu, provedení obkladu stěn stávajících objektů pod přístřeškem a taktéž realizaci nové omítky na stávajícím objektu polikliniky.

V rámci diplomové práce bude řešen projekt od okamžiku zahájení stavebních prací, až po jejich ukončení. Jelikož již došlo k realizaci tohoto projektu, bude možné výsledky této práce porovnávat jednak s hodnotami požadovanými investorem, tak i se skutečně realizovanými hodnotami.

Poskytnutá projektová dokumentace obsahovala zejména rozpočet stavebních prací a rozpočet specializací (zahrnovala elektroinstalace, úpravy vzduchotechniky a montáž systému ústředního vytápění). Projekt stavebních prací je k nahlédnutí v příloze (příloha A).

Data obsažená v těchto dokumentech bylo třeba postupnými kroky upravit do podoby, která je vyžadována pro účely této práce. Jinými slovy bylo nutné transformovat rozpočty stavebních prací a specializací do podoby kartotéky činností popsané v kapitole 3.4.

K jednotlivým položkám rozpočtů bylo třeba dohledat časové odhady dob jejich trvání, náklady na jejich realizaci a předcházející činnosti. Odhady dob trvání i náklady na realizaci daných položek byly nalezeny v programu RTS Stavitel, který je určen především pro tvorbu stavebních rozpočtů. Tento program umožňuje dohledat k jednotlivým položkám normohodiny potřebné pro jejich realizaci. Rovněž v něm lze nalézt rozpis nákladů na tyto položky. Konkrétně jsou zde náklady na každou položku daného rozpočtu členěny celkem na sedm skupin (materiál, mzdy, stroje, odvody, ostatní provozní náklady, režie a zisk).

K položkám stavebního rozpočtu a rozpočtu specializací byly tedy dohledány údaje o normohodinách a nákladech. Pro úplnost je vhodné zmínit, že u každé položky bylo rovněž potřeba vyplnit údaj o množství, který byl zjištěn z poskytnutých rozpočtů. Po zadání množství program dopočítal u každé z položek normohodiny i náklady včetně jejich podrobného členění na dříve vyjmenovaných sedm skupin. Takto byl získán soupis rozpočtových položek včetně odhadů dob a nákladů na jejich realizaci.

Jelikož položkový výčet byl tvořen celkem 197 položkami, které navíc mnohdy nemohly smysluplně plnit roli jednotlivé činnosti v kartotéce činností (položka představovala kupříkladu pouze materiál potřebný k vykonání určité činnosti), bylo vhodné jej upravit (zjednodušit), avšak takovým způsobem, aby tyto úpravy neměly žádný vliv na výsledky práce. Jednotlivých 197 položek z daného výčtu bylo agregováno 84 položek, které již tvoří pravé činnosti mode-

lu daného projektu, a jsou tedy zahrnuty v kartotéce činností, jež je znázorněna v tab. 2.

Tab. 2 Kartotéka činností daného projektu

Číslo	Činnost	Číslo předcházejících činností	Trvání činnosti/ počet pracovníků [Nh]	Přímé náklady [Kč]	Nepřímé náklady [Kč]
1	Odstranění podkladu - kamenivo	2	17,1	9 346,8	5 790,3
2	Odstranění podkladu - živice	31	5,4	3 280,4	2 030,5
3	Výkop pro základové patky	1	1,9	2 392,6	1 234,5
4	Výkop pro základový pas rampy	91;92	2,5	971,8	501,3
5	Odvoz výkopku na skládku	3;112	0,1	938,3	483,7
6	Hutnění podkladu	9;95	3,8	673,7	347,1
7	Betonáž základového pasu u rampy	94;8	0,5	7 041,1	209,2
8	Zřízení bednění základových pasů rampy	4	2,6	1 814,1	615,8
9	Odstranění bednění základových pasů rampy	87	0,8	303,4	187,5
10	Betonáž patek	5	0,5	7 248,4	215,3
11	Zazdění prostupů pro vzduchotechniku	77	5,5	4 007,8	446,9
12	Zazdění okna	33	0,6	450,9	51,4
13	Dobetonávka stávající stropní konstrukce	93;49	0,5	366,5	93,0
14	Zazdívka zhlaví stropních trámů	64	1,1	1 488,1	296,3
15	Omítka malých ploch vnitřních stěn	27	0,9	823,4	271,1
16	Očištění fasád tlakovou vodou	14	8,8	1 792,6	956,3
17	Penetrace stávající fasády	16;11;12	1,9	1 111,8	470,5
18	Montáž výztužné sítě (perlinky) do stěrky	17	9,7	9 356,4	3 025,4
19	Podkladní nátěr stěn pod tenkovrstvé omítky	18	1,9	1 750,4	463,0
20	Tenkovrstvá omítka vnějších stěn	19	7,9	14 884,9	3 142,3
21	Fasádní nátěr	20	7,7	11 685,8	3 270,7
22	Betonáž podlahy - zádveří	98;96;56	5,0	12 686,0	1 324,1
23	Betonáž rampy	24	8,1	14 283,7	3 957,7
24	Zřízení bednění rampy	26	0,5	616,8	132,8
25	Odstranění bednění rampy	85	0,3	113,4	70,2
26	Násyp z kameniva pod rampu	6;28	11,9	9 840,7	1 821,3
27	Osazení ocelových protipožárních zárubní	44	8,8	20 972,5	3 085,9
28	Osazení litinových poklopů s rámem	1;44	2,9	6 102,5	763,1
29	Vodorovné značení dělicích čar	30	0,4	266,8	34,5
30	Předznačení pro značení dělicí čáry	106;99	0,2	37,3	18,3

31	Řezání stávajícího živičného krytu	82	1,4	1 179,3	249,5
32	Vyčištění budov	70;36;67;50;7 1;75;109;35;1 10;79	2,2	817,4	490,6
33	Odvětrání WC	45	5,6	1 843,3	488,7
34	Spřažení podlahy zádveří a stávající podlahy vestibulu	52	0,7	1 396,2	210,3
35	D+M hasících přístrojů	74	0,2	1 894,0	66,0
36	D+M textu na obkladu stěny MP/2 reklamní samolepíc	21	2,8	6 772,6	1 101,0
37	Označení dveří WC - samolepící folie	62	0,2	749,5	412,4
38	D+M vnitřní čistící zóny	74	1,1	7 182,9	715,1
39	Demontáž stávajících dvířek elektrorozvaděče	82	0,3	771,2	246,9
40	D+M ochran. pásu na stěnu	74	1,7	20 370,3	227,2
41	Bourací práce pro nový vstup	66	1,7	1 007,1	415,6
42	Demontáž stávajícího zastřešení	60	5,6	990,8	471,0
43	Bourání betonových mazanin	2	0,9	289,8	179,3
44	Vyvěšení dřevěných dveřních křídel	82	0,1	11,2	6,9
45	Vybourání stávajících výplní otvorů	82	2,1	996,2	475,9
46	Vybourání otvorů pro VZT	82	2,8	1 146,0	594,6
47	Vybourání otvorů pro rozvod UT	43	0,1	64,8	22,6
48	Vysekání kapes pro osazení střešních nosníků	42	3,7	984,8	520,0
49	Vybourání otvorů pro rozvod UT	43	0,7	280,1	149,6
50	Přesun hmot	82	19,0	7 507,9	4 653,0
51	Asfaltová penetrace - hydroizolace zádveří	13	0,2	315,1	47,7
52	Provedení izolace proti vlhkosti - zádveří	51	1,8	4 304,2	523,9
53	Montáž podkladní vrstvy hydroizolace střechy	58	17,1	29 017,9	966,1
54	Provedení hydroizolace střechy	59	29,1	51 797,1	10 902,7
55	Tepelná izolace podhledu - zádveří	83	2,1	1 125,7	568,4
56	Tepelná izolace podlahy - zádveří	52	2,5	6 912,5	628,3
57	Montáž spádové vrstvy z řeziva	68	58,2	55 746,5	26 237,3
58	Montáž bednění střechy z OSB	57	18,5	42 074,3	6 210,6
59	Montáž klempířských konstrukcí	53	12,4	7 739,7	1 049,7
60	Demontáž klempířských konstrukcí	80	1,3	3 189,0	1 430,6
61	Obklad deskami cembrit	63;103	43,8	239 597,6	12 152,2
62	Výměna dveří na WC	15	6,2	10 660,9	621,8
63	Montáž roštu pro obložení cembrit	54	54,4	103 689,4	4 176,3
64	Výroba a montáž ocelové nosné konstrukce	48;86	77,9	192 351,3	33 673,1
65	D+M vnitřních automatických dveří	100;72	6,2	144 998,7	1 309,0

66	D+M vnějších automatických dveří	97;102	5,4	135 332,1	1 221,7
67	D+M žaluzií	61	5,4	25 133,3	1 180,0
68	D+M střešních světlíků	73	4,1	31 590,0	3 600,0
69	D+M oplechování sloupů	29	0,7	30 484,9	1 225,4
70	D+M typových ochranných patníků	69	0,2	10 577,6	120,2
71	D+M zábradlí rampy - nerez, vč. kotvení	25	1,8	15 050,0	1 500,0
72	montáž keramické dlažby - zádveří	105;88	14,7	10 347,0	589,5
73	Nátěr ocelové konstrukce	64	41,6	16 102,3	7 572,2
74	Malba - zádveří	84	2,0	1 231,3	591,9
75	Odvoz sutí a vybouraných hmot	89;90;111	23,3	28 130,6	17 444,0
76	Montáž systému ústředního vytápění	101;104	37,4	28 130,6	3 498,8
77	Úprava stávajícího rozvodu VZT	46	48,7	32 241,5	4 074,8
78	Elektroinstalace hrubé rozvody	64	52,4	104 576,7	12 449,0
79	Elektroinstalace kompletace	107;108	12,8	149 515,5	20 008,8
80	Zřízení lešení	91;92	3,0	1 532,3	843,1
81	Odstranění lešení	106;99	2,7	3 018,8	613,8
82	Zařízení staveniště		20,2	16 178,0	7 543,5
83	Montáž SDK A	65;39	6,0	4 299,8	1 165,7
84	Montáž SDK B	78;55	6,0	4 299,8	1 165,7

Celý proces tvorby kartotéky činností byl konzultován s panem Ing. Markem Šnědarem, který mne jednak obeznámil s fungováním výše uvedeného rozpočtářského programu, a taktéž dohlédl na korektnost logiky agregování položek rozpočtu do výsledných činností z hlediska stavební odbornosti. V této souvislosti je možné dále zmínit, že existovalo více způsobů sčítání jednotlivých položek. Podstatné je, aby zvolený způsob nikterak nezkreslil výsledky, což bylo dodrženo.

V této fázi byly tedy dohledány časové a nákladové normy k položkám kartotéky činností. K tomu, aby byla jmenovaná kartotéka kompletní, bylo dále zapotřebí určit časovou posloupnost dílčích činností. Konkrétně byly ke každé dílčí činnosti přiřazeny ty činnosti, které jí musí předcházet. Protože se zde jedná zejména o technologické návaznosti dílčích stavebních činností, byl tento krok velmi intenzivně konzultován se jmenovaným stavebním inženýrem, který se na tomto projektu velkou měrou sám podílel, jak v jeho přípravné fázi, tak i při jeho realizaci. Měl tedy o projektu jasnou představu, čímž byla komunikace s ním usnadněna.

Kartotéka činností musela být dále rozšířena o fiktivní (označeny písmenem F) a čekací činnosti (označeny písmenem Č). Ty zachycuje tab. 3. Číslování činností v tab. 3 navazuje na tab. 2.

Tab. 3 Doplnění kartotéky činností o čekací a fiktivní činnosti  
Zdroj: Vytvořeno autorem

Číslo	Činnost	Číslo předcházejících činností	Trvání činnosti [Nh]
85	Č1	23	168,0
86	Č2	10	24,0
87	Č3	7	24,0
88	Č4	22	24,0
89	F1	45	0
90	F2	46	0
91	F4	1	0
92	F5	43	0
93	F6	47	0
94	F3	5	0
95	F7	51	0
96	F9	34	0
97	F12	73	0
98	F8	24	0
99	F17	21	0
100	F14	54	0
101	F16	54	0
102	F11	25	0
103	F13	66	0
104	F10	41	0
105	F15	41	0
106	F18	61	0
107	F19	61	0
108	F20	84	0
109	F22	40	0
110	F21	38	0
111	F23	43	0
112	F24	4	0

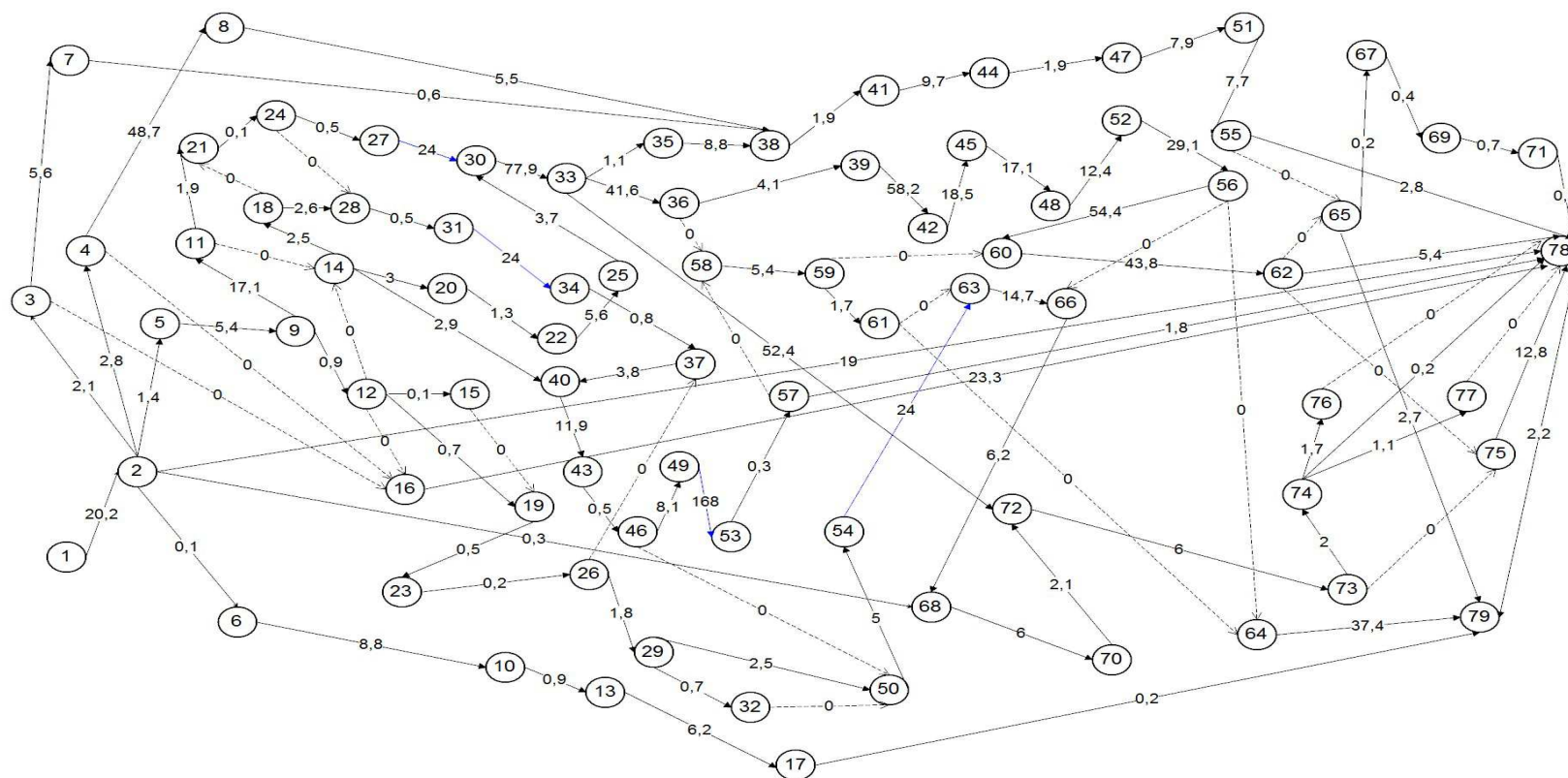
Po sestavení kartotéky činností, bylo možné v práci dále pokračovat sestavením hranově ohodnoceného síťového grafu. Při jeho sestavování byly dodrženy pravidla pro konstrukci síťových grafů, jež byla obsahem kapitoly 3.4.1. Síťový graf zobrazený na obr. 9 představuje grafické vyjádření řešeného projektu a jeho hrany jsou časově ohodnoceny. Sestrojený síťový graf se skládá ze všech druhů činností popsaných v kapitole 3.4.1. Síťový graf je složen ze 79 uzlů a 112 hran.



Konkrétně se jedná o 84 pravých činností, 24 fiktivních činností a 4 čekacích činností. Za pomoci fiktivních činností, které nekladou nároky ani na čas ani na zdroje, je vyjádřen vztah mezi pravými činnostmi. Čekací činnosti kladou nároky na čas, a jsou vyjádřením nutného časového odstupu mezi pravými činnostmi. V tomto projektu můžeme uvést jako příklad čekací činnost označenou v tab. 3 jménem činnosti „Č1“, která identifikuje potřebu 168 hodin na zatvrdnutí betonu.

Kromě toho, že byl síťový graf sestrojován podle předepsaných pravidel, byl kladen důraz i na to, aby byl získaný graf co nejrealnějším modelem řešeného projektu, tedy aby co nejvěrohodněji zachycoval reálné dílčí činnosti i vztahy mezi nimi.

V příloze (příloha B) si lze povšimnout dílčích činností projektu, jež jsou reprezentovány hranami síťového grafu. Jednotlivé hrany jsou jednoznačně vymezeny uspořádanou dvojicí čísel  $(i, j)$ . V souladu s kapitolou 3.4.1 lze připomenout, že písmenem  $i$  je označen uzel, z něhož hrana vychází a písmeno  $j$  označuje uzel, ve kterém daná hrana končí. Poslední sloupec této tabulky informuje o množství času potřebného k realizaci jednotlivých činností. Zmíněné doby trvání jednotlivých činností jsou dány podílem celkového objemu času potřebného pro realizaci činnosti (v normohodinách) a počtu pracovníků, kteří jsou pro její realizaci k dispozici. Právě z této tabulky se vycházelo při konstrukci síťového diagramu.



Obr. 9 Síťový diagram projektu

## 6 Časová analýza sítě

V této části práce bude projekt, představovaný modelem v podobě výše sestrojeného síťového grafu, analyzován z časového hlediska. Jelikož byly odhady dob trvání dílčích činností projektu získány za pomoci rozpočtářského programu, který je vyjádřil v podobě pevně stanovených normativních údajů, bude časová analýza vycházet z deterministické metody CPM.

V rámci této metody bylo nutné určit pro každou dílčí činnost časové charakteristiky popsané v kapitole 3.5.1. Nejdříve možný začátek (NMZ), nejdříve možný konec (NMK), nejpozději přípustný konec (NPK) i nejpozději přípustný začátek (NPZ) dílčích činností byly vypočítány za pomoci počítačového programu WinQSB, konkrétně v modulu určeného pro analýzu PERT/CPM. Ve výchozím okně programu byly nejprve vyplněny vstupní údaje o projektu (název, počet dílčích činností či jednotky zadávaných hodnot) a pro časovou analýzu projektu byla vybrána metoda CPM. Dále bylo zapotřebí nadefinovat vstupní informace o zvoleném projektu. Ty byly zadávány do tabulky, jejíž sloupce zahrnovaly název dílčích činností, bezprostředně předcházející činnosti a dobu dílčích činností. Jelikož měl program problémy se zpracováním desetinných míst, nabízela se možnost doby dílčích činností zaokrouhlit na celé hodiny. Toto řešení by sice nikterak významně nezkreslilo výsledky metody CPM, nicméně by nastal problém s některými časově nenáročnými pravými činnostmi, které by po takovéto úpravě nekladly nároky na čas (jejich odhady dob trvání by se rovnaly nule) a nesplňovaly by tak požadavky na pravé činnosti popsané v kapitole 3.4.1. V zájmu dodržení logiky tohoto požadavku byly odhady dob trvání (vyjádřené na desetinu hodiny) vynásobeny deseti. Program tak počítal s celými čísly a po provedení výpočtů byl výsledky upraveny do původní podoby (byly vyděleny deseti).

V tab. 4 jsou uvedeny výsledky metody CPM, provedené v programu WinQSB, které jsou již převedeny do požadované podoby (odpovídající jednotkám odhadů dob trvání dílčích činností získaných z rozpočtářského programu). V prvních čtyřech sloupcích tab. 4 jsou reprezentovány údaje, které bylo nutno do programu WinQSB zadat, čímž byl nadefinován zkoumaný problém. K již předvoleným číslům činností byly nejprve vepsány jména činností, která vycházela z poskytnutých rozpočtů. V případě slučování více položek byl název výsledné položky konzultován s odborníkem. Předmětem konzultace byla rovněž posloupnost jednotlivých činností, na jejímž základě bylo možné nejprve sestavit kartotéku činností a následně síťový graf. Časovou návaznost dílčích činností prezentuje v tab. 4 třetí sloupec, nazvaný „Čísla předcházejících činností“. Čtvrtý sloupec informuje o odhadech dob trvání dílčích činností. Tyto odhady jsou vyjádřeny v normohodinách s přesností na jedno desetinné místo.

Na část tab. 4, která identifikuje dílčí činnosti projektu, navazují sloupce, které každé dílčí činnosti přiřazují čtveřici výše zmíněných časových charakteristik. V pořadí zleva doprava NMZ, NMK, NPZ, NPK. Tyto charakteristiky lze v souladu s výkladem v kapitole 3.5.1 vypočítat v první a druhé etapě výpočtu

metody CPM. Jelikož byl k výpočtu jmenovaných charakteristik použit počítačový program, byly vypočítány všechny charakteristiky ve stejném okamžiku. Výpočet nicméně vycházel ze stejného metodického základu.

Kromě výše vyjmenovaných časových charakteristik byla ke každé z dílčích činností dopočítána rovněž celková časová rezerva. Ta informuje o době možného prodloužení dílčí činnosti, které by nemělo za následek nedodržení termínu dokončení projektu, a hraje klíčovou roli při určování kritických činností.

O tom, zda je či není daná dílčí činnost kritická, informuje poslední sloupec tab. 4. V případě, že se jedná o kritickou činnost, je v posledním sloupci uvedeno „Ano“. V opačném případě se v tomtéž sloupci nachází výraz „Ne“.

Tab. 4 Časová analýza projektu – metoda CPM

Číslo	Činnost	Číslo předcházejících činností	Trvání činnosti [Nh]	NMZ	NMK	NPZ	NPK	Celková časová rezerva	Součást kritické cesty
1	Odstranění podkladu - kamenivo	2	17,1	27	44,1	27	44,1	0	Ano
2	Odstranění podkladu - živice	31	5,4	21,6	27	21,6	27	0	Ano
3	Výkop pro základové patky	1	1,9	44,1	46	44,7	46,6	0,6	Ne
4	Výkop pro základový pas rampy	91;92	2,5	44,1	46,6	44,1	46,6	0	Ano
5	Odvoz výkopku na skládku	3;112	0,1	46,6	46,7	46,6	46,7	0	Ano
6	Hutnění podkladu	9;95	3,8	74,5	78,3	186,5	190,3	112	Ne
7	Betonáž základového pasu u rampy	94;8	0,5	49,2	49,7	161,2	161,7	112	Ne
8	Zřízení bednění základových pasů rampy	4	2,6	46,6	49,2	158,6	161,2	112	Ne
9	Odstranění bednění základových pasů rampy	87	0,8	73,7	74,5	185,7	186,5	112	Ne
10	Betonáž patek	5	0,5	46,7	47,2	46,7	47,2	0	Ano
11	Zazdění prostupů pro vzduchotechniku	77	5,5	71,7	77,2	403,7	409,2	332	Ne
12	Zazdění okna	33	0,6	27,9	28,5	408,6	409,2	380,7	Ne
13	Dobetonávka stávající stropní konstrukce	93;49	0,5	28,6	29,1	185,8	186,3	157,2	Ne

14	Zazdívka zhlaví stropních trámů	64	1,1	149,1	150,2	399,3	400,4	250,2	Ne
15	Omítka malých ploch vnitřních stěn	27	0,9	29,1	30	436	436,9	406,9	Ne
16	Očištění fasád tlakovou vodou	14	8,8	150,2	159	400,4	409,2	250,2	Ne
17	Penetrace stávající fasády	16;11;12	1,9	159	160,9	409,2	411,1	250,2	Ne
18	Montáž výztužné sítě (perlinky) do stěrky	17	9,7	160,9	170,6	411,1	420,8	250,2	Ne
19	Podkladní nátěr stěn pod tenkovrstvé omítky	18	1,9	170,6	172,5	420,8	422,7	250,2	Ne
20	Tenkovrstvá omítka vnějších stěn	19	7,9	172,5	180,4	422,7	430,6	250,2	Ne
21	Fasádní nátěr	20	7,7	180,4	188,1	430,6	438,3	250,2	Ne
22	Betonáž podlahy - zádveří	98;96;56	5	90,7	95,7	364,3	369,3	273,6	Ne
23	Betonáž rampy	24	8,1	90,7	98,8	202,7	210,8	112	Ne
24	Zřízení bednění rampy	26	0,5	90,2	90,7	202,2	202,7	112	Ne
25	Odstranění bednění rampy	85	0,3	266,8	267,1	378,8	379,1	112	Ne
26	Násyp z kameniva pod rampu	6;28	11,9	78,3	90,2	190,3	202,2	112	Ne
27	Osazení ocelových protipožárních zárubní	44	8,8	20,3	29,1	427,2	436	406,9	Ne
28	Osazení litinových poklopů s rámem	1;44	2,9	44,1	47	187,4	190,3	143,3	Ne
29	Vodorovné značení dělicích čar	30	0,4	428,5	428,9	439,8	440,2	11,3	Ne
30	Předznačení pro značení dělicí čáry	106;99	0,2	428,3	428,5	439,6	439,8	11,3	Ne
31	Řezání stávajícího živичného krytu	82	1,4	20,2	21,6	20,2	21,6	0	Ano
32	Vyčištění budov	70;36;67;50; ;71; 75;109;35;1 10;79	2,2	441,1	443,3	441,1	443,3	0	Ano
33	Odvětrání WC	45	5,6	22,3	27,9	403	408,6	380,7	Ne

34	Spřažení podlahy zádveří a stávající podlahy vestibulu	52	0,7	31,1	31,8	363,6	364,3	332,5	Ne
35	D+M hasících přístrojů	74	0,2	352,4	352,6	440,9	441,1	88,5	Ne
36	D+M textu na obkladu stěny MP/2 reklamní samolepíc	21	2,8	188,1	190,9	438,3	441,1	250,2	Ne
37	Označení dveří WC - samolepící folie	62	0,2	36,2	36,4	443,1	443,3	406,9	Ne
38	D+M vnitřní čistící zóny	74	1,1	352,4	353,5	440	441,1	87,6	Ne
39	Demontáž stávajících dvířek elektrorozvaděče	82	0,3	20,2	20,5	413,9	414,2	393,7	Ne
40	D+M ochran. pásu na stěnu	74	1,7	352,4	354,1	439,4	441,1	87	Ne
41	Bourací práce pro nový vstup	66	1,7	272,5	274,2	391,6	393,3	119,1	Ne
42	Demontáž stávajícího zastřešení	60	5,6	48,4	54	61,9	67,5	13,5	Ne
43	Bourání betonových mazanin	2	0,9	27	27,9	43,2	44,1	16,2	Ne
44	Vyvěšení dřevěných dveřních křídel	82	0,1	20,2	20,3	187,3	187,4	167,1	Ne
45	Vybourání stávajících výplní otvorů	82	2,1	20,2	22,3	400,9	403	380,7	Ne
46	Vybourání otvorů pro VZT	82	2,8	20,2	23	352,2	355	332	Ne
47	Vybourání otvorů pro rozvod UT	43	0,1	27,9	28	185,7	185,8	157,8	Ne
48	Vysekání kapes pro osazení střešních nosníků	42	3,7	54	57,7	67,5	71,2	13,5	Ne
49	Vybourání otvorů pro rozvod UT	43	0,7	27,9	28,6	185,1	185,8	157,2	Ne
50	Přesun hmot	82	19	20,2	39,2	422,1	441,1	401,9	Ne
51	Asfaltová penetrace - hydroizolace zádveří	13	0,2	29,1	29,3	186,3	186,5	157,2	Ne
52	Provedení izolace proti vlhkosti -	51	1,8	29,3	31,1	360	361,8	330,7	Ne

	zádveří								
53	Montáž podkladní vrstvy hydroizolace střechy	58	17,1	271,5	288,6	271,5	288,6	0	Ano
54	Provedení hydroizolace střechy	59	29,1	301	330,1	301	330,1	0	Ano
55	Tepelná izolace podhledu - zádveří	83	2,1	342,3	344,4	420,2	422,3	77,9	Ne
56	Tepelná izolace podlahy - zádveří	52	2,5	31,1	33,6	361,8	364,3	330,7	Ne
57	Montáž spádové vrstvy z řeziva	68	58,2	194,8	253	194,8	253	0	Ano
58	Montáž bednění střechy z OSB	57	18,5	253	271,5	253	271,5	0	Ano
59	Montáž klempířských konstrukcí	53	12,4	288,6	301	288,6	301	0	Ano
60	Demontáž klempířských konstrukcí	80	1,3	47,1	48,4	60,6	61,9	13,5	Ne
61	Obklad deskami cembrit	63;103	43,8	384,5	428,3	384,5	428,3	0	Ano
62	Výměna dveří na WC	15	6,2	30	36,2	436,9	443,1	406,9	Ne
63	Montáž roštu pro obložení cembrit	54	54,4	330,1	384,5	330,1	384,5	0	Ano
64	Výroba a montáž ocelové nosné konstrukce	48;86	77,9	71,2	149,1	71,2	149,1	0	Ano
65	D+M vnitřních automatických dveří	100;72	6,2	330,1	336,3	408	414,2	77,9	Ne
66	D+M vnějších automatických dveří	97;102	5,4	267,1	272,5	379,1	384,5	112	Ne
67	D+M žaluzií	61	5,4	428,3	433,7	435,7	441,1	7,4	Ne
68	D+M střešních světlíků	73	4,1	190,7	194,8	190,7	194,8	0	Ano
69	D+M oplechování sloupů	29	0,7	428,9	429,6	440,2	440,9	11,3	Ne
70	D+M typových ochranných patníků	69	0,2	429,6	429,8	440,9	441,1	11,3	Ne
71	D+M zábradlí rampy - nerez, vč. kotvení	25	1,8	267,1	268,9	439,3	441,1	172,2	Ne

72	montáž keramické dlažby - zádveří	105,88	14,7	274,2	288,9	393,3	408	119,1	Ne
73	Nátěr ocelové konstrukce	64	41,6	149,1	190,7	149,1	190,7	0	Ano
74	Malba - zádveří	84	2	350,4	352,4	437,4	439,4	87	Ne
75	Odvoz suti a vy- bouraných hmot	89,90;111	23,3	27,9	51,2	417,8	441,1	389,9	Ne
76	Montáž systému ústředního vytá- pění	101;104	37,4	330,1	367,5	405,9	443,3	75,8	Ne
77	Úprava stávajícího rozvodu VZT	46	48,7	23	71,7	355	403,7	332	Ne
78	Elektroinstalace hrubé rozvody	64	52,4	149,1	201,5	369,9	422,3	220,8	Ne
79	Elektroinstalace kompletace	107;108	12,8	428,3	441,1	428,3	441,1	0	Ano
80	Zřízení lešení	91;92	3	44,1	47,1	57,6	60,6	13,5	Ne
81	Odstranění lešení	106;99	2,7	428,3	431	440,6	443,3	12,3	Ne
82	Zařízení staveniště		20,2	0	20,2	0	20,2	0	Ano
83	Montáž SDK A	65;39	6	336,3	342,3	414,2	420,2	77,9	Ne
84	Montáž SDK B	78;55	6	344,4	350,4	422,3	428,3	77,9	Ne
85	Č1	23	168	98,8	266,8	210,8	378,8	112	Ne
86	Č2	10	24	47,2	71,2	47,2	71,2	0	Ano
87	Č3	7	24	49,7	73,7	161,7	185,7	112	Ne
88	Č4	22	24	95,7	119,7	369,3	393,3	273,6	Ne
89	F1	45	0	22,3	22,3	417,8	417,8	395,5	Ne
90	F2	46	0	23	23	417,8	417,8	394,8	Ne
91	F4	1	0	44,1	44,1	44,1	44,1	0	Ano
92	F5	43	0	27,9	27,9	44,1	44,1	16,2	Ne
93	F6	47	0	28	28	185,8	185,8	157,8	Ne
94	F3	5	0	46,7	46,7	161,2	161,2	114,5	Ne
95	F7	51	0	29,3	29,3	186,5	186,5	157,2	Ne
96	F9	34	0	31,8	31,8	364,3	364,3	332,5	Ne
97	F12	73	0	190,7	190,7	379,1	379,1	188,4	Ne
98	F8	24	0	90,7	90,7	364,3	364,3	273,6	Ne
99	F17	21	0	188,1	188,1	439,6	439,6	251,5	Ne
100	F14	54	0	330,1	330,1	408	408	77,9	Ne
101	F16	54	0	330,1	330,1	405,9	405,9	75,8	Ne
102	F11	25	0	267,1	267,1	379,1	379,1	112	Ne
103	F13	66	0	272,5	272,5	384,5	384,5	112	Ne
104	F10	41	0	274,2	274,2	405,9	405,9	131,7	Ne



105	F15	41	0	274,2	274,2	393,3	393,3	119,1	Ne
106	F18	61	0	428,3	428,3	439,6	439,6	11,3	Ne
107	F19	61	0	428,3	428,3	428,3	428,3	0	Ano
108	F20	84	0	350,4	350,4	428,3	428,3	77,9	Ne
109	F22	40	0	354,1	354,1	441,1	441,1	87	Ne
110	F21	38	0	353,5	353,5	441,1	441,1	87,6	Ne
111	F23	43	0	27,9	27,9	417,8	417,8	389,9	Ne
112	F24	4	0	46,6	46,6	46,6	46,6	0	Ano

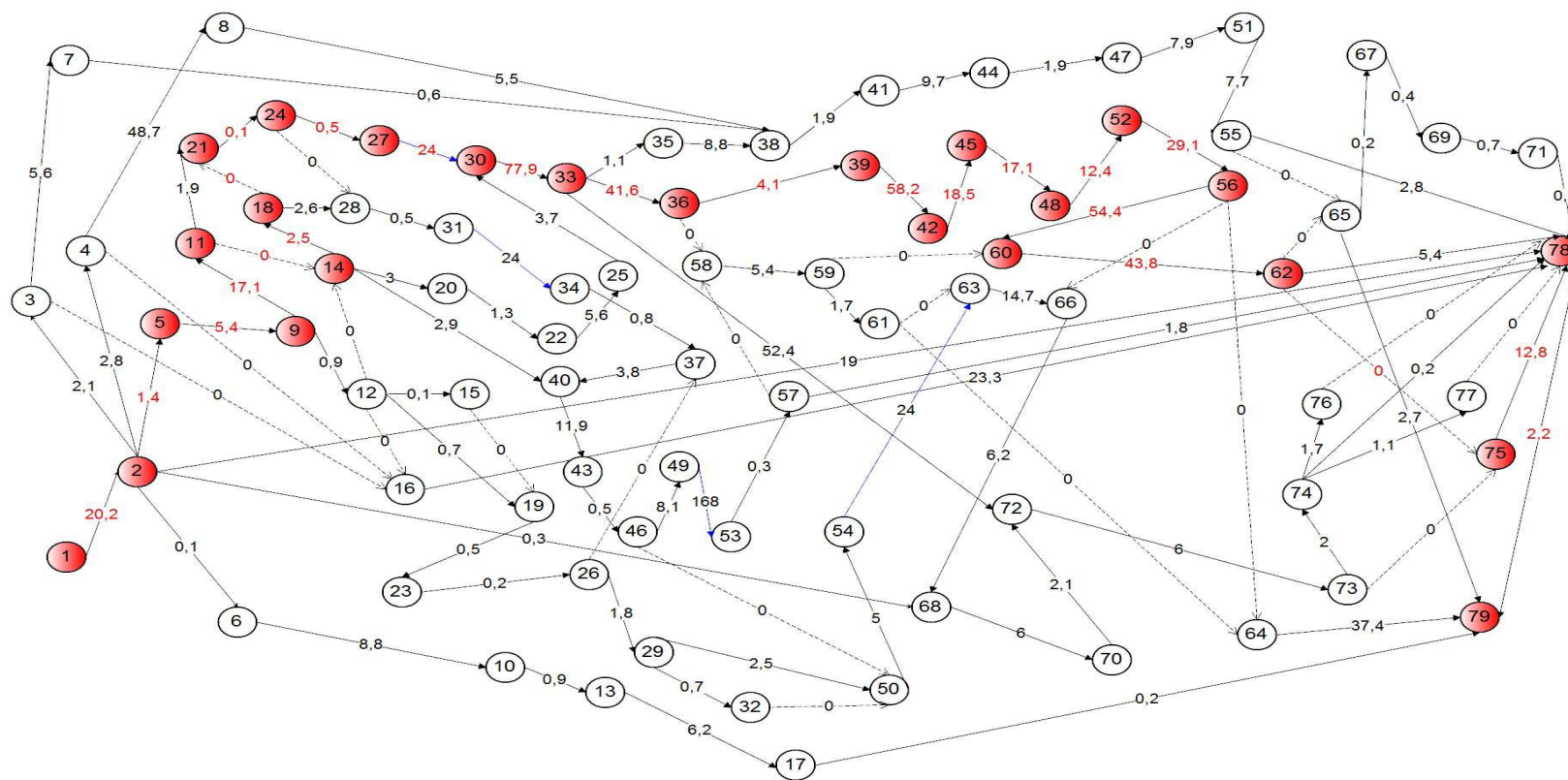
Již v předchozí kapitole bylo zmíněno, že se síťový graf tohoto projektu skládá z celkem 112 hran. V 84 případech se jedná o pravé činnosti, dále je graf tvořen 4 čekacími činnostmi a 24 fiktivními činnostmi. Programem byla nalezena jediná kritická cesta, která je tvořena celkem 23 činnostmi. Konkrétně se nalezená kritická cesta skládá z 19 pravých činností, 3 fiktivních činností a 1 čekací činnosti. Činnosti, které utvářejí kritickou cestu, jsou v tab. 4 podbarveny šedou barvou. Znovu je možné upozornit na fakt, že celkové časové rezervy, všech kritických činností jsou nulové. K hodnotě celkové časové rezervy lze dospět podle vzorců (4) nebo (5) uvedených v kapitole 3.5.1. Vztahy mezi čtyřmi časovými charakteristikami, obsaženými ve vzorcích vypsanych taktéž v kapitole 3.5.1, lze v tab. 4 snadno překontrolovat. Bylo ověřeno, že vypočtené hodnoty tyto vzorce respektují

Kritické činnosti jsou rovněž zobrazeny v samostatné tab. 5. Kritické činnosti formují kritickou cestu o celkové délce 443,3 hodin. Což lze s oporou o kapitolu 3.5.1 interpretovat rovněž tak, že se jedná o nejdelší cestu v grafu, která je zároveň i nejkratší možnou dobou trvání celého projektu.

Tab. 5 Metoda CPM – kritické činnosti

Číslo činnosti	Jméno činnosti	Trvání činnosti [Nh]	NMZ	NMK	NPZ	NPK	Celková časová rezerva
1	Zařízení staveniště	20,2	0	20,2	0	20,2	0
2	Řezání stávajícího živičného krytu	1,4	20,2	21,6	20,2	21,6	0
3	Odstranění podkladu - živice	5,4	21,6	27	21,6	27	0
4	Odstranění podkladu - kame-nivo	17,1	27	44,1	27	44,1	0
5	F4	0	44,1	44,1	44,1	44,1	0
6	Výkop pro základový pas rampy	2,5	44,1	46,6	44,1	46,6	0
7	F24	0	46,6	46,6	46,6	46,6	0
8	Odvoz výkopku na skládku	0,1	46,6	46,7	46,6	46,7	0

9	Betonáž patek	0,5	46,7	47,2	46,7	47,2	0
10	Č2	24	47,2	71,2	47,2	71,2	0
11	Výroba a montáž ocelové nosné konstrukce	77,9	71,2	149,1	71,2	149,1	0
12	Nátěr ocelové konstrukce	41,6	149,1	190,7	149,1	190,7	0
13	D+M střešních světlíků	4,1	190,7	194,8	190,7	194,8	0
14	Montáž spádové vrstvy z řeziva	58,2	194,8	253	194,8	253	0
15	Montáž bednění střechy z OSB	18,5	253	271,5	253	271,5	0
16	Montáž podkladní vrstvy hydroizolace střechy	17,1	271,5	288,6	271,5	288,6	0
17	Montáž klempířských konstrukcí	12,4	288,6	301	288,6	301	0
18	Provedení hydroizolace střechy	29,1	301	330,1	301	330,1	0
19	Montáž roštu pro obložení cembrit	54,4	330,1	384,5	330,1	384,5	0
20	Obklad deskami cembrit	43,8	384,5	428,3	384,5	428,3	0
21	F19	0	428,3	428,3	428,3	428,3	0
22	Elektroinstalace kompletace	12,8	428,3	441,1	428,3	441,1	0
23	Vyčištění budov	2,2	441,1	443,3	441,1	443,3	0
<b>Délka kritické cesty:</b>		<b>443,3 Nh</b>					



Obr. 10 Kritická cesta v síťovém diagramu

Metodou CPM byly nalezeny kritické činnosti projektu, které jsou v síťovém grafu reprezentovány časově ohodnocenými hranami. Součet ohodnocení všech kritických činností udává celkovou délku kritické cesty. Na obr. 10 je vyznačena kritická cesta přímo v síťovém diagramu. Uzly ohraničující hrany kritických činností, stejně jako ohodnocení kritických činností, jsou pro vyšší názornost zbarveny červeně.

Jak již bylo zmíněno, celková délka kritické cesty byla vyčíslena hodnotou 443,3 hodin. Pokud budeme uvažovat termín zahájení stavebních prací na tomto projektu 10. 8. 2015 (jedná se o skutečný termín zahájení stavebních prací na projektu), aby bylo možné výsledky časové analýzy porovnávat se skutečnou realizací tohoto projektu, zjistíme, že za podmínky nepřetržité pracovní doby by byl projekt podle metody CPM dokončen zhruba do 19 dní od zahájení prací. Za těchto podmínek by bylo možné dokončit práce na tomto projektu 28. 8 2015.

Avšak popsany teoretický případ nemohl být ze zjevných důvodů uplatněn v praxi. Pro stanovení termínu dokončení stavebních prací, je nutné brát v úvahu pracovní dobu a možnosti zkoumaného objektu, který jednoznačně nemůže být schopen nepřetržitého provozu.

Zejména z důvodu zohlednění pracovní doby byl v rámci časové analýzy použit další nástroj, jednalo se o Ganttův diagram, který byl vytvořen za pomoci počítačového programu MS Project.

Ve zmíněném programu byl nejprve zadán termín zahájení stavebních prací na tomto projektu, od kterého se dále odvíjely další výpočty. Následně byly do programu zadány údaje o stavebním projektu. Stejně jako u metody CPM a programu WinQSB byly informace zadávány do tabulky k tomuto účelu určené. I v tomto případě byla zdrojem informací kartotéka činností. Do tabulky byl ke každé dílčí činnosti vepsán její název, doba trvání a předcházející činnost.

Dále bylo potřeba určit uvažovanou pracovní dobu. Pro možnost porovnání získaných výsledků byla navolena 8 hodinová denní pracovní doba, která byla dodržována během skutečné realizace projektu.

V souvislosti s pracovní dobou bylo dále třeba dořešit problém s čekacími činnostmi. V původním případě byla uvažována nepřetržitá pracovní doba. Za této situace odpovídaly čekacím činnostem odhady dob trvání uvedené ve druhém sloupci tab. 6. Změna respektive uvažování pracovní doby, musela být v odhadech dob trvání čekacích činností zohledněna, protože čekací činnosti probíhají nepřetržitě (tzn. i mimo pracovní dobu). Je-li v rámci řešení problému v programu MS Project uvažována 8 hodinová pracovní doba, bylo zapotřebí hodnoty odhadů převést do podoby uvedené ve 3. sloupci tab. 6.

Tab. 6 Úprava trvání čekacích činností po zohlednění pracovní doby

Název čekací činnosti	Původní trvání čekacích činností [Nh]	Trvání čekacích činností po zohlednění pracovní doby [Nh]
Č1	168	56
Č2	24	8
Č3	24	8
Č3	24	8

Po provedení této úpravy byl v programu MS Project vyhotoven Ganttův diagram. Přímou v Ganttově diagramu umožňuje daný program zobrazit kritickou cestu. Kritická cesta zobrazená v Ganttově diagramu je k nahlédnutí v příloze (příloha C). Červené pruhy v tomto diagramu popisují průběh jednotlivých kritických činností. Těsně vedle zmíněných pruhů se nacházejí data zahájení (zleva) a ukončení (zprava) konkrétní činnosti. Fiktivní činnosti F4 a F19 nekladou nároky na čas, čímž lze odůvodnit jejich znázornění černými body.

Poté co byla vzata v úvahu pracovní doba a do modelu projektu byly implementovány změny naznačené v tab. 6, došlo ke změně ve výpočtu kritické cesty uvažovaného projektu.

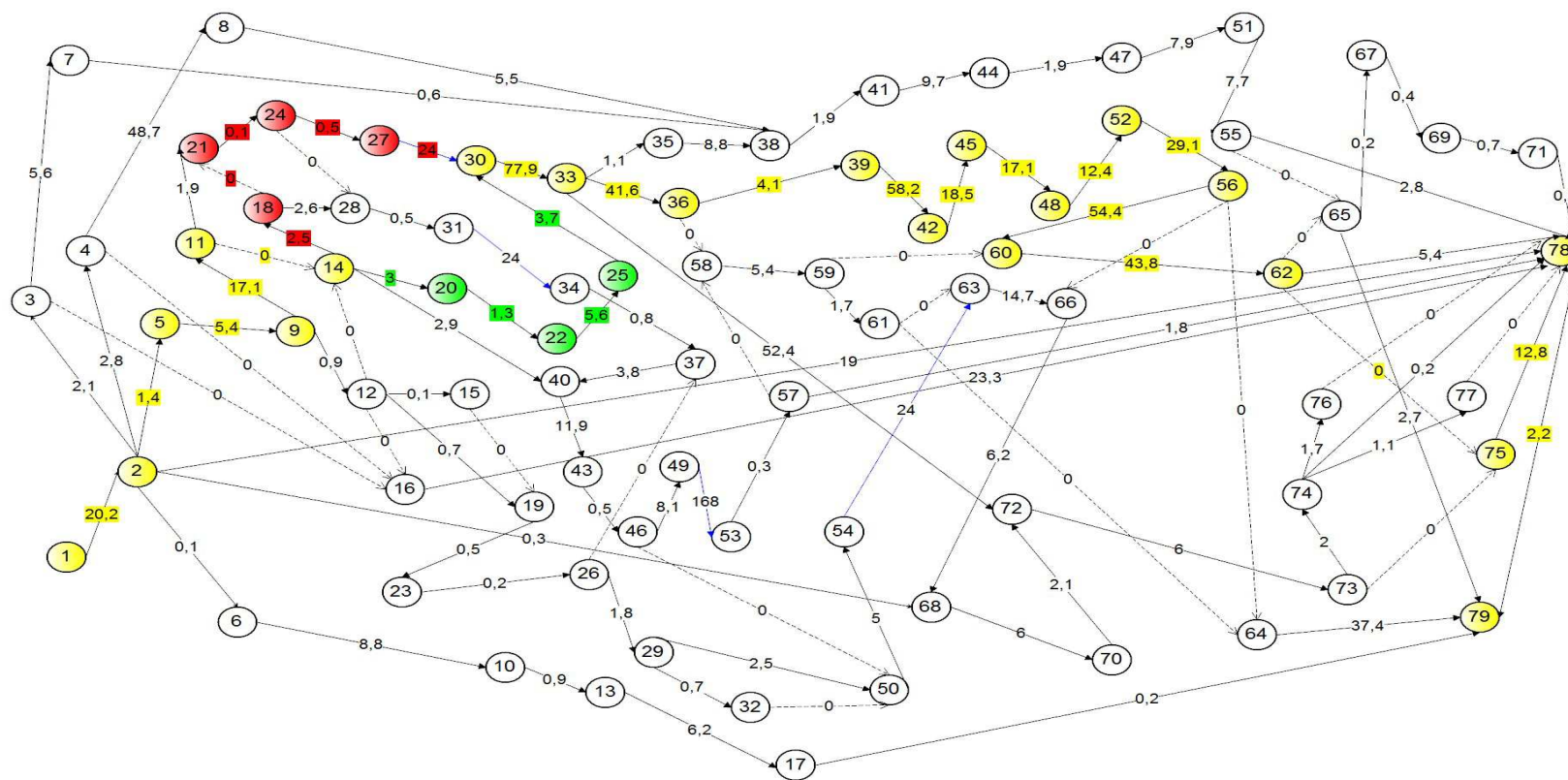
Nově nalezená kritická cesta se skládá z celkem 22 kritických činností, které jsou uspořádány v tab. 7. Každé kritické činnosti je v tab. 7 přiřazena konkrétní hrana, která ji v síťovém grafu reprezentuje.

Tab. 7 Kritická cesta při zohlednění pracovní doby

Číslo činnosti	Jméno činnosti	Trvání činnosti [Nh]	Hrana (i;j)
1	Zařízení staveniště	20,2	(1;2)
2	Řezání stávajícího živičného krytu	1,4	(2;5)
3	Odstranění podkladu - živice	5,4	(5;9)
4	Odstranění podkladu - kamenivo	17,1	(9;11)
5	F4	0	(11;14)
6	Zřízení lešení	3	(14;20)
7	Demontáž klempířských konstrukcí	1,3	(20;22)
8	Demontáž stávajícího zastřešení	5,6	(22;25)
9	Vysekání kapes pro osazení střešních nosníků	3,7	(25;30)
10	Výroba a montáž ocelové nosné konstrukce	77,9	(30;33)
11	Nátěr ocelové konstrukce	41,6	(33;36)
12	D+M střešních světlíků	4,1	(36;39)

13	Montáž spádové vrstvy z řeziva	58,2	(39;42)
14	Montáž bednění střechy z OSB	18,5	(42;45)
15	Montáž podkladní vrstvy hydroizolace stře- chy	17,1	(45;48)
16	Montáž klempířských konstrukcí	12,4	(48;52)
17	Provedení hydroizolace střechy	29,1	(52;56)
18	Montáž roštu pro obložení cembrit	54,4	(56;60)
19	Obklad deskami cembrit	43,8	(60;62)
20	F19	0	(62;75)
21	Elektroinstalace kompletace	12,8	(75;78)
22	Vyčištění budov	2,2	(78;79)
<b>Délka kritické cesty:</b>		<b>429,8Nh</b>	

Podle tab. 7 byla vyznačena kritická cesta v síťovém grafu. Nově nalezená kritická cesta je zvýrazněna na obr. 11. Tento obrázek je rovněž součástí přílohy (příloha D), kde je pro lepší přehlednost zobrazen ve zvětšené podobě. Pro vyznačení kritické cesty v síťovém grafu bylo opět použito podbarvení uzlů ohraničujících kritické činnosti a ohodnocení hran kritických činností. Pro porovnání jsou na obr. 9 vyznačeny, jak kritická cesta nalezená programem MS Project po zohlednění pracovní doby, tak i původní kritická cesta zjištěná v programu WinQSB, která uvažovala nepřetržitou pracovní dobu.



Obr. 11 Uvažované kritické cesty v síťovém grafu

Jelikož je podstatná část obou uvažovaných kritických cest společná, bylo považováno za vhodné tuto skutečnost graficky znázornit přímo v síťovém grafu. Společná část obou kritických cest proto byla podbarvena žlutě. Části původní kritické cesty, která se neshodovala s novou kritickou cestou, bylo ponecháno červené podbarvení a nespolečná část nově vypočtené kritické cesty byla podbarvena zeleně.

Z logiky věci vyplývá, že po úpravě (snížení hodnot) čekacích činností se mohla délka kritické cesty (nejdelší cesty v grafu) snížit nebo mohla zůstat nezměněna. Ve skutečnosti došlo ke zkrácení délky kritické cesty z hodnoty 443,3 hodin na 429,8 hodin. Na tomto místě je porovnávána délka ve smyslu součtu dob potřebných pro realizaci jednotlivých stavebních pracovních úkonů představovaných kritickými činnostmi.

Nicméně primárním účelem provedení změn v odhadech čekacích činností bylo zohlednění pracovní doby, stejně tak i doby nepracovní, a pokusit se odhadnout možný termín dokončení projektu. Na základě vložených dat vypočítal program MS Project termín dokončení na 22. 10. 2015, jak je možno vidět v Ganttově diagramu (příloha C). Toto datum je zároveň konečným termínem poslední kritické činnosti v tomtéž diagramu nazvané „Vyčištění budov“. Je-li nyní znám termín zahájení i předpokládaný termín dokončení stavebních prací, lze stanovit předpokládaný počet dní potřebných pro realizaci stavebních prací na tomto projektu. Při započtení nepracovních dní byla z výsledků programu MS Project odvozena celková doba trvání stavebních prací na 74 dní. Pokud by byly počítány pouze pracovní dny, jednalo by se o 54 dní.



## 7 Rozšíření časové analýzy o nákladové hledisko

V této kapitole bude výše provedená metoda CPM rozšířena o nákladové hledisko. Zmíněné rozšíření bude spočívat v aplikaci metody CPM/COST přímo na řešený projekt. Jak bylo popsáno v kapitole 3.6.1, metoda CPM/COST se zabývá současnou optimalizací délky trvání projektu a nákladů na tento projekt.

V souladu s literární rešerší bylo nejprve zapotřebí získat k jednotlivým činnostem projektu odhady:

- $D_{ij}$  - normálních délek trvání činností
- $d_{ij}$  - nejkratších možných délek trvání činností
- $c(D_{ij})$  - minimálních přímých nákladů na činnosti
- $c(d_{ij})$  - maximálních přímých nákladů na činnosti

Odhady normálních délek trvání činností, již byly používány v rámci metody CPM. Tyto odhady byly získány za pomoci programu RTS Stavitel. Stejným způsobem byly získány i odhady nákladů náležejícím jednotlivým činnostem. Jelikož program umožňuje rozčlenění nákladů do několika kategorií, bylo možné získat k dílčím činnostem odhady minimálních přímých nákladů na tyto činnosti. Do kategorie přímých nákladů byly zahrnuty náklady na materiál, mzdy, stroje, odvody a ostatní provozní náklady.

Dále bylo potřeba získat odhady nejkratších možných délek trvání dílčích činností a k nim připadajících maximálních přímých nákladů na činnosti. Tyto odhady byly získány za pomoci odhadů odborníka ze stavební praxe. Bylo předpokládáno, že oproti odhadům daných normami mohlo dojít ke zkrácení délek trvání činností a navýšení přímých nákladů jednak díky navýšení počtu pracovníků či změnou způsobu práce (např. mechanizací práce). U některých dílčích činností projektu však nebylo možné (reálné) zkracovat jejich délky. Tedy za konkrétních podmínek pro stavební práce na daném projektu jednak nebylo možné změnit způsob práce ani navýšení počtu pracovníků (např. z důvodu omezeného prostoru na pracovišti). Proto se u některých položek zkoumaného projektu shodují odhady normálních délek trvání činností a nejkratších délek trvání činností, potažmo minimálních a maximálních přímých nákladů na činnosti.

Následně bylo možné pokračovat prvním krokem metody CPM/COST. Tedy konstrukcí síťového diagramu a nalezením kritické cesty. Tento krok byl již proveden v kapitole 6. V další práci budeme uvažovat nově nalezenou kritickou cestu, která zohledňuje pracovní dobu (viz tab. 7). V dalším kroku byly jednotlivým kritickým činnostem vypočteny hodnoty koeficientu nákladového spádu podle vzorce (8) uvedeného v kapitole 3.6.1. Z důvodu shody odhadů popsané v předchozím odstavci, nemohou být vypočteny hodnoty koeficientu nákladového spádu pro všechny kritické činnosti.

Daná kritická cesta je tvořena kritickými činnostmi, které jsou v tab. 8 doplněny o odhady normálních i nejkratších možných délek trvání dílčích činností, minimálních a maximálních přímých nákladů na dílčí činnost a taktéž o hodnoty koeficientu nákladového spádu.

Tab. 8 Výchozí odhady pro zkracování dob trvání kritických činností

Číslo	Činnost	Normální délka trvání činnosti - $D_{ij}$ [h]	Nejkratší možná délka trvání činnosti - $d_{ij}$ [h]	Minimální přímé náklady na činnost - $c(D_{ij})$ [Kč]	Maximální přímé náklady na činnost - $c(d_{ij})$ [Kč]	Koeficient nákladového spádu činnosti - $a_{ij}$ [Kč/h]
1	Demontáž stávajícího zastřešení	5,6	4,2	990,8	1 244,6	180,9
2	Vyčištění budov	2,2	1,6	817,4	1 081,6	481,8
3	Zařízení staveniště	20,2	15,2	16 178,0	18 731,1	509,6
4	Nátěr ocelové konstrukce	41,6	20,8	16 102,3	27 091,6	528,5
5	Vysekání kapes pro osazení střešních nosníků	3,7	1,2	984,8	2 661,8	689,2
6	Zřízení lešení	3,0	1,8	1 532,3	2 342,5	680,5
7	Montáž roštu pro obložení cembrit	54,4	43,9	103 689,4	112 724,8	859,2
8	Odstranění podkladu - kamenivo	17,1	13,5	9 346,8	12 706,8	925,6
9	Odstranění podkladu - živice	5,4	4,2	3 280,4	4 560,4	1 103,4
10	Obklad deskami cembrit	43,8	34,6	239 597,6	251 860,7	1 331,5
11	Provedení hydroizolace střechy	29,1	24,2	51 797,1	58 425,6	1 349,1
12	Montáž bednění střechy z OSB	18,5	14,3	42 074,3	48 939,3	1 646,3
13	Výroba a montáž ocelové nosné konstrukce	77,9	63,2	192 351,3	232 567,1	2 743,9
14	Řezání stávajícího živičného krytu	1,4	0,9	1 179,3	2 679,3	2 830,2
15	D+M střešních světlíků	4,1	1,8	31 590,0	39 110,0	3 220,2
16	Elektroinstalace kompletace	12,8	8,5	149 515,5	164 246,9	3 455,4
17	Montáž spádové vrstvy z	58,2	47,7	55 746,5	91 917,5	3 458,0

	řeziva					
18	Montáž podkladní vrstvy hydroizolace střechy	17,1	17,1	29017,9	29017,9	
19	Montáž klempířských konstrukcí	12,4	12,4	7739,7	7739,7	
20	Demontáž klempířských konstrukcí	1,3	1,3	3189,0	3189,0	
21	F4	0,0	0,0	0,0	0,0	
22	F19	0,0	0,0	0,0	0,0	

Z údajů v tab. 5 bylo možné vycházet při zkracování délek trvání kritických činností projektu. Jako první byla zkrácena kritická činnost s nejnižší hodnotou koeficientu nákladového spádu, tedy taková kritická činnost, kterou lze snížit o časovou jednotku s nejnižšími vynaloženými náklady. Při prozkoumání posledního sloupce tab. 5 bylo zjištěno, že se jedná o činnost s číslem 1 - „Demontáž stávajícího zastřešení“. Zkrácení činnosti bylo provedeno v maximální možné míře, tedy o 1,4 hodin (z 5,6 h na 4,2 h). Jelikož je zde zkracována délka kritické činnosti, projeví se tato změna rovněž na zkrácení celkové doby realizace projektu, avšak za cenu zvýšení přímých nákladů. Ty byly navýšeny, z hodnoty 990,8 Kč na 1 244,6 Kč, celkem o 253,8 Kč. Tímto způsobem byly následně zkracovány další činnosti na kritické cestě. Celý proces zkracování kritických činností je zobrazen v tab. 9.

Tab. 9 Optimalizace doby trvání projektu při minimálních celkových nákladech na projekt

Číslo	Název činnosti	$a_{ij}$ [Kč/h]	Změna délky trvání činnosti oproti $D_{ij}$ [h]	$T$ [h]	Změna přímých nákladů oproti $c(D_{ij})$ [Kč]	$C_P(T)$ [Kč]	$C_N(T)$ [Kč]	$C(T)$ [Kč]
1	Demontáž stávajícího zastřešení	180,9	-1,4	428,4	253,8	1 796 371,1	233 135,3	2 029 506,4
2	Vyčištění budov	481,8	-0,6	427,8	264,2	1 796 635,3	232 808,8	2 029 444,1
3	Zařízení staveniště	509,6	-5,0	422,8	2 553,1	1 799 188,4	230 087,8	2 029 276,2
<b>4</b>	<b>Nátěr ocelové konstrukce</b>	<b>528,5</b>	<b>-20,8</b>	<b>402,0</b>	<b>10 989,3</b>	<b>1 810 177,7</b>	<b>218 768,4</b>	<b>2 028 946,1</b>
5	Vysekání kapes pro osazení střešních nosníků	689,2	-2,5	399,5	1 677,0	1 811 854,7	217 407,9	2 029 262,6
6	Zřízení lešení	680,5	-1,2	398,3	810,2	1 812 664,9	216 754,9	2 029 419,8

7	Montáž roštu pro obložení cembrit	859,2	-10,5	387,8	9 035,4	1 821 700,3	211 040,8	2 032 741,1
8	Odstranění podkladu - kamenivo	925,6	-3,6	384,2	3 360,0	1 825 060,3	209 081,6	2 034 141,9
9	Odstranění podkladu - živice	1 103,4	-1,2	383,0	1 280,0	1 826 340,3	208 428,6	2 034 768,9
10	Obklad deskami cembrit	1 331,5	-9,2	373,8	12 263,1	1 838 603,4	203 422,0	2 042 025,4
11	Provedení hydroizolace střechy	1 349,1	-4,9	368,9	6 628,5	1 845 231,9	200 755,4	2 045 987,3
12	Montáž bednění střechy z OSB	1 646,3	-4,2	364,7	6 865,0	1 852 096,9	198 469,7	2 050 566,6
13	Výroba a montáž ocelové nosné konstrukce	2 743,9	-14,7	350,0	40 215,8	1 892 312,7	190 470,0	2 082 782,7
14	Řezání stávajícího živičného krytu	2 830,2	-0,5	349,5	1 500,0	1 893 812,7	190 197,9	2 084 010,6
15	D+M střešních světlíků	3 220,2	-2,3	347,2	7 520,0	1 901 332,7	188 946,2	2 090 278,9
16	Elektroinstalace kompletace	3 455,4	-4,3	342,9	14 731,4	1 916 064,1	186 606,2	2 102 670,3
17	Montáž spádové vrstvy z řeziva	3 458,0	-10,5	332,4	36 171,0	1 952 235,1	180 892,1	2 133 127,2
18	Montáž podkladní vrstvy hydroizolace střechy		0,0		0,0			
19	Montáž klempířských konstrukcí		0,0		0,0			
20	Demontáž klempířských konstrukcí		0,0		0,0			
21	F4		0,0		0,0			
22	F19		0,0		0,0			

Kritické činnosti jsou v tab. 9 seřazeny vzestupně podle velikosti nákladového spádu. V tomto pořadí probíhal proces zkracování těchto činností. Postupným zkracováním dob trvání kritických činností se zkracovala i délka trvání celého projektu T, což lze zpozorovat v tab. 9 ve sloupci nadepsaným písmenem T. Výchozí hodnotou T, byla délka kritické cesty, vyčíslená metodou CPM na 429,8 hodin. Hodnoty zkrácení jednotlivých kritických činností jsou uvedeny ve sloupci „Změna délky trvání činnost oproti  $D_{ij}$ “. Při zkracování délek trvání činností docházelo současně k navyšování přímých nákladů na jednotlivé činnosti. Veli-

kost změn přímých nákladů zachycuje v tab. 9 sloupec „Změna přímých nákladů oproti  $c(D_{ij})$ “. Hodnoty v tomto sloupci byly postupně přičítány k výchozímu stavu celkových přímých nákladů vyčíslených na 1 796 117,3 Kč. Ve sloupci nadepsaném „ $C_p(T)$ “ si lze při postupném zkracování délek činností povšimnout růstu celkových přímých nákladů na projekt.

Při optimalizaci celkových nákladů je však nutné brát v úvahu taktéž náklady nepřímé. Pro účely této práce budeme předpokládat přímo úměrný, lineární vztah mezi dobou realizace projektu a nepřímými náklady. Stejně jako u přímých nákladů byly hodnoty nepřímých nákladů připadajících na jednotlivé činnosti projektu získány v programu RTS Stavitel. Nepřímé náklady na dílčí činnosti jsou tvořeny režijními náklady. Soupis přímých i nepřímých nákladů na jednotlivé činnosti lze nalézt v tab. 2 na straně 36.

Za předpokladu výše uvedeného vztahu mezi délkou trvání projektu a nepřímými náklady, který se opírá o literární prameny uvedené v kapitole 3.6.1, dochází při zkracování kritických činností ke snížení nepřímých nákladů na projekt.

Součtem nepřímých nákladů na jednotlivé činnosti byly nejprve získány celkové nepřímé náklady  $C_N(T)$ , které byly vyděleny normální celkovou dobou realizace projektu, čímž byly získány nepřímé náklady na časovou jednotku ( $233\,911,9 \text{ Kč}/429,8 \text{ h} = 544,2 \text{ Kč/h}$ ). Právě takto vyjádřené nepřímé náklady figurují ve vzorci (12).

$$C_N(T) = 544,2 * T \quad (11)$$

Při zkracování délky realizace projektu  $T$ , byly celkové nepřímé náklady počítány dle vzorce (11), dosazením odpovídající hodnoty  $T$ . Se snižováním doby realizace projektu docházelo k poklesu celkových nepřímých nákladů, což potvrzují údaje v tab. 12, konkrétně sloupec „ $C_N(T)$ “.

Poslední sloupec tab. 9, označený „ $C(T)$ “, popisuje stav celkových nákladů při změnách doby trvání projektu. Celkové náklady se snižováním délek trvání činností klesají, až po celkovou dobu realizace projektu  $T = 402$  hodin. Při dalším zkracování  $T$  dochází k nárůstu celkových nákladů na projekt. V tab. 9 byly uvedeny i fiktivní činnosti „F4“ a „F19“, které jsou součástí kritické cesty, ale jelikož nekladou nároky ani čas ani na náklady, nebylo možné uvažovat o jejich zkracování. V zmíněné tabulce se nacházejí rovněž činnosti, u kterých nebylo uvažováno jejich zkracování z důvodu nenalezení způsobu zkrácení prací na těchto činnostech. Jedná se o činnosti s čísly 18, 19 a 20 v tab. 9.

Podle výsledků metody CPM/COST lze z hlediska minimalizace celkových nákladů na projekt považovat za optimální dobu trvání projektu hodnotu  $T = 402$  hodin, přičemž by oproti kritické cestě nalezené metodou CPM došlo k

postupnému zkrácení činností: „Demontáž stávajícího zastřešení“ o 1,4 hodin, „Vyčištění budov“ o 0,6 hodin, „Zařízení staveniště“ o 5 hodin a „Nátěr ocelové konstrukce“ o 20,8 hodin. V důsledku tohoto zkracování by sice docházelo k navýšování celkových přímých nákladů, které by však bylo převáženo snižováním celkových nepřímých nákladů. Celkově by společně se snížením  $T$  došlo ke snížení celkových nákladů na projekt.

Pokud by byly zkráceny všechny doby trvání kritických činností na hodnoty odpovídající nejkratším možným délkám trvání ( $d_{ij}$ ), mohla by být zkrácena celková doba realizace projektu z původních 429,8 hodin na 332,4 hodin. Přitom by došlo k nárůstu celkových nákladů z 2 030 029,2 Kč na 2 133 127,2 Kč, tedy za cenu navýšení celkových nákladů o 103 098 Kč.

## 8 Diskuze

V kapitole 6 byla provedena časová analýza zkoumaného projektu. Projekt reprezentovaný síťovým diagramem byl zkoumán deterministickou metodou CPM a taktéž za pomoci Ganttova diagramu. První část diskuze bude zaměřena zejména na porovnání získaných výsledků se skutečnou realizací projektu, stejně jako s termínem, který byl požadován investorem tohoto projektu, tedy Nemocnicí Blansko. V další části diskuze bude pozornost věnována analýze projektu metodou CPM/COST, která představuje rozšíření metody CPM o nákladové hledisko.

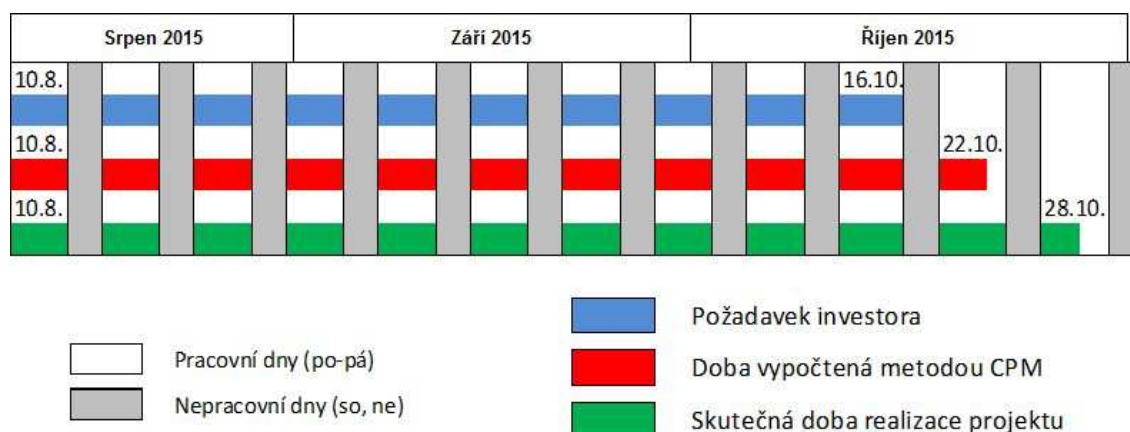
Nejprve nás tedy bude zajímat časová analýza projektu. V kapitole 5 byl zmíněn požadavek investora, který si přál, aby byl projekt dokončen do 10 týdnů od zahájení stavebních prací. Pokud tuto dobu převedeme na pracovní dobu, která byla při dosavadní práci uvažována (tedy 8 hodinová denní pracovní doba od pondělí do pátku), získáme hodnotu 400 hodin, za které je nutné realizovat veškeré stavební práce, aby byl splněn termín požadovaný investorem.

V rámci časové analýzy byly nalezeny dvě kritické cesty. Původní neuvažovala pracovní dobu, a proto bude pro porovnání s dobou požadovanou investorem použita nově nalezená kritická cesta projektu, která je součástí kapitoly 6 v tab. 4. V dalším textu bude uvažována pouze tato nově nalezená kritická cesta, jež uvažuje pracovní dobu. Její délka byla kvantifikována 429,8 hodinami. Tato nejdelší cesta v grafu, udává nejkratší možnou dobu realizace projektu.

Po porovnání doby realizace požadované investorem s délkou kritické cesty bylo zjištěno, že při zvolené pracovní době, není dle metody CPM možné projekt zrealizovat v požadovaném termínu. Kritická cesta je o 29,8 hodin (necelé 4 pracovní dny) delší.

Nemožnost splnění požadovaného termínu za daných podmínek (pracovní doba, počet pracovníků na jednotlivé pracovní úkoly, pracovní náročnost úkonů atd.) podporuje i fakt, že skutečný termín předání stavby se opozdil oproti požadovanému termínu. Stavební práce byly ve skutečnosti dokončeny 28. 10. 2015. Po přepočtení na pracovní dobu zjistíme, že skutečné stavební práce na tomto projektu trvaly 464 hodin, což je o 8 pracovních dní více, než požadoval investor.

Pro vyšší přehlednost byly všechny výše zmíněné délky trvání projektu zobrazeny v časovém harmonogramu. Situaci zachycuje obr. 14.



Obr. 12 Porovnání uvažovaných dob trvání projektu

Legenda pod tabulkou na obr. 14 přiřazuje každé uvažované délce trvání projektu barevný pruh, jenž danou délku reprezentuje v časovém harmonogramu. Šedá pole v tomto harmonogramu znázorňují nepracovní dny. Investorem požadovaný termín dokončení stavebních prací na projektu byl stanoven na 16. 10. 2015. Podle metody CPM by byly práce na tomto projektu dokončeny o 4 pracovní dny později, tedy 22. 10. 2015, což je ve shodě s kapitolou 6 (konkrétně s Ganttovým diagramem na obr. 12). O další čtyři pracovní dny déle trvala skutečná realizace projektu. Práce byly dokončeny 28. 10. 2015.

Nepovažují za hlavní účel této práce navrhnout firmě konkrétní způsob, kterým by bylo možné zkrátit dobu realizace projektu. V praxi jich existuje celá řada. Je možné například prodloužit pracovní dobu, navýšit počet pracovníků (zejména pro kritické činnosti). Rovněž je možné přeskupit činnosti na kritické cestě. Tedy přesunout některou z činností mimo kritickou cestu a provádět ji paralelně s činnostmi na kritické cestě, čímž by bylo rovněž možné zkrátit délku realizace projektu. Vztahy mezi činnostmi, zejména jejich posloupnosti, byly tvořeny s důrazem na respektování možnosti paralelního provádění činností. Možnosti přeskupování činností byly vyčerpány již při konstrukci modelu, a proto jich nelze využívat na tomto místě při diskuzi o výsledcích.

Podstatné je získání přehledu o projektu ve fázi jeho přípravy a plánování, stejně jako pro kontrolu a koordinaci při jeho realizaci.

Dále by pro řízení projektů ve firmě Stavitelství Zemánek s.r.o. mohla být přínosem i samotná identifikace kritické cesty, která je tvořena takovými činnostmi, jejichž změna délky trvání má vliv na celkovou dobu trvání projektu. Je-li kritická cesta známa, již před zahájením stavebních prací, je užitečné věnovat kritickým činnostem zvýšenou pozornost při plánování a koordinování stavebních prací a předejít tak prodloužení celkové realizace projektu v důsledku prodloužení kritických činností.

V další části práce byla časová analýza rozšířena o nákladové hledisko za pomoci metody CPM/COST. Byla nalezena optimální doba trvání projektu za



minimálních celkových nákladů na tento projekt. Délka kritické cesty vypočtená metodou CPM byla postupnými kroky zkracována, čímž docházelo k navyšování přímých nákladů. Zkracování doby realizace projektu však doprovázel rovněž pokles nepřímých nákladů. Minimální celkové náklady, dané součtem přímých a nepřímých nákladů, byly ohodnoceny na 2 028 946,1 Kč. Těmto nákladům odpovídající optimální doba realizace projektu byla vyčíslena na 402 hodin. Díky rozšíření analýzy o nákladové hledisko (metodu CPM/COST) bylo vypočteno, že oproti výsledkům metody CPM by mohlo dojít ke zkrácení realizace projektu o 27,8 hodin a současněmu snížení celkových nákladů z 2 029 949,4 Kč na 2 028 946,1 Kč, tedy ke snížení celkových nákladů o 1003,3 Kč. I přes snížení doby realizace projektu oproti metodě CPM, by stále nebyl splněn investorem požadovaný termín (avšak pouze o 2 hodiny).

Metoda CPM/COST umožňuje kvantifikovat nákladové dopady při zkracování doby realizace projektu. V praxi dělá firma kompromis mezi délkou realizace projektu a výší celkových nákladů. Do rozhodování firem samozřejmě vstupují i jiné aspekty, kterými se tato práce nezabývala. Obecně je však užitečné mít k dispozici nástroj, který umožní právě kvantifikaci nákladových dopadů na zkracování realizace projektu. Firma musí zvolit takovou variantu, která je pro ni za daných podmínek nejvýhodnější. Nemusí si vždy vybrat situaci s nejnižšími celkovými náklady. V některých případech může být prioritou rychlé ukončení projektu i za cenu značného navýšení celkových nákladů na projekt. Jindy firma upřednostní nižší náklady za cenu prodloužení doby realizace projektu.

V tomto konkrétním případě bych firmě Stavitelství Zemánek s.r.o. doporučil zvolit variantu při, které by byl splněn požadavek investora na včasné dokončení projektu. Tedy variantu, při které by doba realizace projektu trvala 399,5 hodin oproti požadovaným 400 hodinám. Celkové náklady by oproti minimálním celkovým nákladům vzrostly o 316,5 Kč. Dodržení termínu, potažmo spokojenost investora, jistě stojí za tento nevysoký náklad. Jedná se o doporučení na základě provedené časové analýzy rozšířené o nákladové hledisko. Řízení projektů ve firmě však musí zohledňovat i další faktory, které jsou nad rámec této práce.

Jedním z cílů práce bylo odhadnout dobu potřebnou pro realizaci zkoumaného projektu metodami CPM a CPM/COST. Na výstupy těchto metod je však nutné nahlížet s určitou obezřetností. Síťový diagram, vytvořený v kapitole 6, je modelem zjednodušujícím reálnou situaci.

Tím však nechci nikterak snižovat smysl této práce, nýbrž spíše poupravit náhled na její hlavní přínos.

Není hlavním účelem práce, předpokládat, že se při skutečné realizaci projektu potvrdí odhad provedený metodou CPM na hodinu přesně. Provedení odhadu má význam zejména pro poskytnutí jasnějšího obrázku o projektu zejména v jeho předinvestiční fázi. Obecně by nalezení kritické cesty mohlo vhodným způsobem posloužit jako jeden z podkladních materiálů, který by firmě pomohl v rozhodování, zda je vhodné určitý projekt realizovat či nikoliv. Zejména z hlediska reálnosti provedení projektu v požadovaném termínu.

Na využití uvažovaných metod v praxi lze nahlížet i poněkud odlišným způsobem. Ve výběrových řízeních patří k nejdůležitějším kritériím i rychlost provedení určitého projektu. Právě použitím metody CPM je možné získat kvantifikovaný odhad doby realizace projektu, který by vycházel z časových norem pro jednotlivé stavební práce, a proto by se skutečná délka realizace projektu neměla výrazným způsobem odchýlit od tohoto odhadu.

V případě tohoto projektu bych považoval za podstatné, že metodou CPM/COST byl nalezen způsob realizace, při kterém došlo ke zkrácení doby trvání projektu a zároveň došlo ke snížení celkových nákladů (porovnáváno s výsledky metody CPM). Při potvrzení takových předpokladů v praxi, by se i přes časovou a odbornou náročnost použité metody, jednalo pro firmu o značný přínos.

Výsledky práce proto považuji za zajímavé podněty pro diskuzi o řízení projektů ve firmě Stavitelství Zemánek s.r.o.

## 9 Závěr

V této práci byla v souladu se stanovenými cíli provedena časová analýza projektu přístavby a stavebních úprav vstupu u lékárny a přístřešku pro Nemocnici Blansko. Časová analýza daného projektu byla provedena s využitím metody CPM. Byla nalezena kritická cesta projektu. Jelikož byl projekt dokončen již před započítáním tvorby této práce, bylo možné vypočtené výsledky porovnat se skutečnou realizací projektu.

Časová analýza projektu byla též doplněna o nákladové hledisko. K tomuto účelu posloužila metoda CPM/COST.

Po sepsání úvodu a stanovení cílů a metodiky práce, byly nejprve studovány literární prameny, které se týkaly problematiky předložené práce. Poznanky z tohoto studia byly sepsány ve 3. kapitole diplomové práce pojmenované „Literární rešerše“. Jednalo se zejména o poznanky z oblastí operačního výzkumu, teorie grafů a projektového řízení. Podrobněji byly v literární rešerši popsány metody využívané v rámci této práce. Počínaje metodou CPM přes Ganttův diagram, až po metodu CPM/ COST. Poslední část přehledu literatury se týkala počítačových programů využitých při této práci.

V kapitole 4 byla nejprve ve stručnosti představena firma, která poskytla podkladní materiály pro tuto práci, tedy firma Stavitelství Zemánek s.r.o. Následně byl charakterizován samotný projekt, jímž se tato práce zabývala, a byl formulován model problému v kapitole 5.

Z modelu dále vycházely kapitoly 6 a 7. V kapitole 6 byla provedena časová analýza projektu deterministickou metodou CPM a byl rovněž vyobrazen Ganttův diagram projektu. V kapitole 7 došlo k rozšíření časové analýzy o nákladové hledisko metodou CPM/COST. Touto metodou byl nalezen způsob jak současně zkrátit dobu realizace projektu a snížit celkové náklady na tento projekt.

V 8 kapitole došlo k interpretaci hodnot vypočtených zvolenými metodami. Byly porovnány výsledky metod síťové analýzy se skutečnou realizací projektu i s požadavky investora. V kapitole 8 byly taktéž vyzdvihnuty přínosy použitých metod operačního výzkumu pro řízení projektů v praxi obecně i možných přínosů těchto metod pro firmu Stavitelství Zemánek s.r.o.

Cílem práce bylo provedení časové analýzy konkrétního stavebního projektu a rozšíření této analýzy o nákladové hledisko. V práci došlo k naplnění těchto cílů metodami CPM a CPM/COST. Taktéž došlo k porovnání vypočtených hodnot s realitou.

I přes značnou náročnost těchto metod, zejména při úpravách podkladních materiálů, považuji použité metody za zajímavou alternativu nástrojů pro efektivní řízení firmy Stavitelství Zemánek s.r.o.

Práce přinesla zajímavé podněty pro diskuzi o řízení projektů v této firmě.

## 10 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- ADAMEC, FRANTIŠEK. *MS Project - řízení projektů*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 1997. ISBN 80-7169-374-X.
- BLECHA, VLADISLAV. *Síťová analýza ve stavebnictví*. 4. vyd. Praha: Dům techniky ČSVTS, 1989. Studijní texty. ISBN 80-02-99088-9.
- DUDORKIN, JIŘÍ. *Operační výzkum*. Vyd. 3. Praha: České vysoké učení technické, 1997. ISBN 80-01-01571-8.
- DUCHOŇ, BEDŘICH. *Inženýrská ekonomika*. Vyd. 1. Praha: C. H. Beck, 2007. ISBN 978-80-7179-763-0.
- FIALA, PETR. *Projektové řízení: modely, metody, analýzy*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2004. ISBN 80-86419-24-X.
- HOLOUBEK, JOSEF. *Ekonomicko-matematické metody*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2009. ISBN 978-80-7157-970-0.
- JABLONSKÝ, JOSEF. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. 3. vyd. Praha: Professional Publishing, 2007, 323 s. ISBN 978-80-86946-44-3.
- JANIŠOVÁ, DANA A MIRKO KŘIVÁNEK. *Velká kniha o řízení firmy: [praktické postupy pro úspěšný rozvoj]*. 1. vyd. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4337-0.
- KLUSOŇ, VÁCLAV. *Kritická cesta a PERT v řídicí praxi: Určeno [také] stud. na vys. školách ekon. směru*. 2., dopl. vyd. Praha: SNTL, 1973. Řada ekonomické literatury. Dostupné také z: <http://kramerius.mzk.cz/search/handle/uuid:4ca5b3bo-45f8-11e2-b246-00505682>
- LOWERY, GWEN A TERESA S. STOVER. *Managing projects with Microsoft Project 2000*. New York: J. Wiley, c2001. ISBN 0471397407.
- NETMBA.COM: *Time-Cost Trade-offs* [online]. Internet Center for Management and Business Administration, Inc., 2016 [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://www.netmba.com/operations/project/time-cost/>
- OCHRANA, FRANTIŠEK, JAN PAVEL A LEOŠ VÍTEK. *Veřejný sektor a veřejné finance: financování nepodnikatelských a podnikatelských aktivit*. 1. vyd. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-3228-2.
- SARKER RUHUL A. A CHARLES S. NEWTON. *Optimization Modelling a Practical Approach*. Hoboken: Taylor & Francis Ltd, 2007. ISBN 1420043110.
- SHARMA, S. C. *Operation research: PERT, CPM and cost analysis*. 1. publ. New Delhi: Discovery Pub. House, 2006. ISBN 8183561020.
- SVOZILOVÁ, ALENA. *Projektový management*. 2., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3611-2.

- TELSAND, MARTAND. *Industrial engineering and production management*. 2. ed., reprint. Ram Nagar, New Delhi: S. Chand & Co, 1998. ISBN 8121917735.
- WALTER, JAROMÍR, STANISLAV VEJMOLA A PETR FIALA. *Aplikace metod síťové analýzy v řízení a plánování*. 1.vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989, 282 s.
- ZONKOVÁ, ZDEŇKA. *Projektové řízení*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1997. ISBN 80-7078-423-7.
- ŽIŽKA, MIROSLAV. *Vybrané statě z operačního výzkumu*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita, 2003. ISBN 80-7083-691-1.

# Přílohy

# A Rozpočet stavebních prací

## Rozpočet stavebních prací

Stavba :	<b>478 A Nemocnice Blansko - Vstup u lékárny, přístřešek</b>	Rozpočet:
Objekt :	<b>01 Vstup u lékárny, přístřešek</b>	

P.č.	Číslo položky	Název položky	MJ	množství	cena / MJ	celkem (Kč)
<b>Díl: 11</b>		<b>Přípravné a přidružené práce</b>				
1	113107112R00	Odstranění podkladu pl. 200 m <sup>2</sup> , kam. těžené tl. 20 cm rampa: 40,0	m <sup>2</sup>	40,00 40,00	86,85	3 474,00
2	113107525R00	Odstranění podkladu pl. 50 m <sup>2</sup> , kam. drčené tl. 25 cm patky: 1,2*1,2*2 rampa: 40,0	m <sup>2</sup>	42,88 2,88 40,00	303,75	13 024,80
3	113108310R00	Odstranění podkladu pl. do 50 m <sup>2</sup> , živice tl. 10 cm patky: 1,2*1,2*2 rampa: 40,0	m <sup>2</sup>	42,88 2,88 40,00	135,00	5 788,80
	<b>Celkem za</b>	<b>11 Přípravné a přidružené práce</b>				<b>22 287,60</b>
<b>Díl: 13</b>		<b>Hloubené vykopávky</b>				
4	133301101R00	Hloubení šachet v hor. 4 do 100 m <sup>3</sup> 1,2*1,2*1,0*2	m <sup>3</sup>	2,88 2,88	<sup>1</sup> 278,00	3 680,64
5	133301109R00	Příplatek za lepivost - hloubení šachet v hor. 4 2,88*0,5	m <sup>3</sup>	1,44 1,44	189,45	272,81
6	139601103R00	Ruční výkop jam, rýh a šachet v hornině tř. 4 rampa, podesta: (1,65+3,2+1,5+1,235)*0,3*0,7	m <sup>3</sup>	1,59 1,59	<sup>1</sup> 008,00	1 605,64
	<b>Celkem za</b>	<b>13 Hloubené vykopávky</b>				<b>5 559,09</b>
<b>Díl: 16</b>		<b>Přemístění výkopku</b>				
7	162601101R00	Vodorovné přemístění výkopku z hor. 1-4 do 4000 m 2,88+1,5929	m <sup>3</sup>	4,47 4,47	130,50	583,71
8	199000002R00	Poplatek za skládku horniny 1- 4	m <sup>3</sup>	4,47	216,00	966,15
	<b>Celkem za</b>	<b>16 Přemístění výkopku</b>				<b>1 549,86</b>
<b>Díl: 18</b>		<b>Povrchové úpravy terénu</b>				
9	181101111R00	Úprava pláně v zářezech se zhuňněním - ručně P1: 5,0*3,8 P2: 3,6*3,0+3,6*0,65+4,3*1,65	m <sup>2</sup>	39,24 19,00 20,24	28,35	1 112,31
	<b>Celkem za</b>	<b>18 Povrchové úpravy terénu</b>				<b>1 112,31</b>
<b>Díl: 27</b>		<b>Základy</b>				
10	274313711R00	Beton základových pasů prostý C 25/30 prosklená stěna: 5,0*0,3*0,3 rampa, podesta: (1,65+3,2+1,5+1,235+0,8)*0,3*1,0	m <sup>3</sup>	2,97 0,45 2,52	<sup>2</sup> 461,50	7 299,58
11	274351215R00	Bednění stěn základových pasů - zřízení prosklená stěna: 5,0*0,3*2 rampa, podesta: (1,65+3,4+1,235*2+0,3+1,35+3,2+1,6+0,8)*0,3	m <sup>2</sup>	7,43 3,00 4,43	346,50	2 574,84

12	274351216R00	Bednění stěn základových pasů - odstranění	m2	7,43	72,00	535,03
13	275313711R00	Beton základových patek prostý C 25/30	m3	3,05	461,50 <sup>2</sup>	7 514,47
		1,2*1,2*1,0*2*1,06		3,05		
	<b>Celkem za</b>	<b>27 Základy</b>				<b>17 923,92</b>
<b>Díl: 31</b>		<b>Zdi podpěrné a volné</b>				
14	310238211RT1	Zazdívka otvorů plochy do 1 m2 cihlami na MVC s použitím suché maltové směsi	m3	1,12	086,00 <sup>4</sup>	4 559,98
		1.PP:0,9*0,6*0,45*2+0,6*0,6*0,45*3		0,97		
		1.NP:(0,3+0,5)*0,3*0,6		0,14		
15	311238218R00	Zdivo keramické P+D P10 na MVC 5, tl. 440 mm	m2	0,45	143,00 <sup>1</sup>	514,35
		zazdívky oken:0,9*0,5		0,45		
	<b>Celkem za</b>	<b>31 Zdi podpěrné a volné</b>				<b>5 074,33</b>
<b>Díl: 311</b>		<b>Sádrokartonové konstrukce</b>				
16	342265112RT6	Úprava podkrovní sádrokarton. na ocel. rošt, svislá desky protipožární tl. 12,5 mm, bez izolace	m2	1,92	486,00	933,12
		MP7:1,2*4*0,4		1,92		
17	342265132RT6	Úprava sádrokarton. na ocel. rošt vodor. desky protipožární tl. 12,5 mm, bez izolace	m2	18,06	504,00	9 102,24
		S1:5,0*3,9-1,2*1,2		18,06		
18	342265998RT1	Příplatek k úpravě podkrovní za plochu do 10 m2 pro plochy do 2 m2	m2	1,92	89,10	171,07
19	342266111RU7	Obklad stěn sádrokartonem na ocelovou konstrukci desky standard tl. 12,5 mm, bez izolace	m2	3,20	346,05	1 106,67
		MP2:4,1*(0,45+0,33)		3,20		
20	342266998RT2	Příplatek pro obklad za plochu do 5 m2 plochy 2 - 5 m2	m2	3,20	52,20	166,94
		MP2:4,1*(0,45+0,33)		3,20		
	<b>Celkem za</b>	<b>311 Sádrokartonové konstrukce</b>				<b>11 480,04</b>
<b>Díl: 41</b>		<b>Stropy a stropní konstrukce</b>				
21	389381001RT3	Dobetonování konstrukcí betonem třídy C 25/30	m3	0,06	843,00 <sup>3</sup>	230,58
		0,25*0,2*0,1*12		0,06		
22	411387531R00	Zabetonování otvorů 0,25 m2 ve stropech a klenbách	kus	1,00	251,10	251,10
		ÚT:1		1,00		
23	413231211R00	Zazdívka zhlaví stropních trámů průřezu do 200 cm2	kus	8,00	140,40	1 123,20
		2+1+5		8,00		
24	413231221R00	Zazdívka zhlaví stropních trámů průřezu do 400 cm2	kus	4,00	182,70	730,80
		2+2		4,00		
	<b>Celkem za</b>	<b>41 Stropy a stropní konstrukce</b>				<b>2 335,68</b>
<b>Díl: 61</b>		<b>Úpravy povrchů vnitřní</b>				
25	612401291RT2	Omítka malých ploch vnitřních stěn do 0,25 m2 s použitím suché maltové směsi	kus	5,00	153,90	769,50
		1.PP:5		5,00		
26	612401391RT2	Omítka malých ploch vnitřních stěn do 1 m2 s použitím suché maltové směsi	kus	1,00	388,80	388,80
	<b>Celkem za</b>	<b>61 Úpravy povrchů vnitřní</b>				<b>1 158,30</b>
<b>Díl: 62</b>		<b>Úpravy povrchů vnější</b>				
27	602015187RT5	Omítka stěn tenkovrstvá silikonová zatíraná, tloušťka vrstvy 0,5 mm -zvýšená pracnost	m2	80,38	183,15	14 721,23



28	602015187RT6	Omítka stěn tenkovrstvá silikonová zatíraná, tloušťka vrstvy 1,5 mm	m2	80,38	232,20	18 663,77
29	602015191R00	Podkladní nátěr stěn pod tenkovrstvé omítky	m2	80,38	28,89	2 322,12
30	602015193R00	Podkladní nátěr stěn	m2	80,38	21,06	1 692,76
31	612401964R00	Příplatek za práci v omez. prostoru, omítka štukov	m2	2,16	47,88	103,42
32	622421143R00	Omítka vnější stěn, MVC, štuková, složitost 1-2	m2	3,09	311,25	961,76
		1.PP:0,9*0,6*2+0,6*0,6*3		2,16		
		1.NP:(0,3+0,5)*0,6		0,48		
		zazdívký oken:0,9*0,5		0,45		
33	622471317RS7	Nátěr nebo nástřik stěn vnějších, složitost 1 - 2 hmota silikátová barevná skupina I	m2	3,09	325,35	1 005,33
34	622481211RU1	Montáž výztužné sítě (perlinky) do stěrky-stěny včetně výztužné sítě a stěrkového tmelu	m2	80,38	162,90	13 093,58
35	622904112R00	Očištění fasád tlakovou vodou složitost 1 - 2	m2	80,38	36,99	2 973,18
		MP1:5,403		5,40		
		MP3:80,39-5,415		74,98		
	<b>Celkem za</b>	<b>62 Úpravy povrchů vnější</b>				<b>55 537,16</b>
<b>Díl:</b>	<b>63</b>	<b>Podlahy a podlahové konstrukce</b>				
36	631313611R00	Mazanina betonová tl. 8 - 12 cm C 16/20	m3	4,27	650,50 <sup>2</sup>	11 314,98
		P1 - spodní:(5,0*3,9+4,1*0,45)*0,1		2,13		
		P1 - horní:(5,0*3,9+4,1*0,45)*0,1		2,13		
37	631315711R00	Mazanina betonová tl. 12 - 24 cm C 25/30	m3	3,04	763,00 <sup>2</sup>	8 386,53
		P2:(3,6*3,0+3,6*0,65+4,3*1,65)*0,15		3,04		
38	631319153R00	Příplatek za přehlaz. mazanin pod povlaky tl. 12cm	m3	2,13	373,50	797,24
		P1:2,1345		2,13		
39	631319163R00	Příplatek za konečnou úpravu mazanin tl. 12 cm	m3	3,04	424,35	1 288,03
		P2:(3,6*3,0+3,6*0,65+4,3*1,65)*0,15		3,04		
40	631319173R00	Příplatek za stržení povrchu mazaniny tl. 12 cm	m3	10,34	113,40	1 172,50
		P1 - spodní:(5,0*3,9+4,1*0,45)*0,1		2,13		
		P1 - horní:(5,0*3,9+4,1*0,45)*0,1		2,13		
		P2:((3,6*3,0+3,6*0,65+4,3*1,65)*0,15)*2		6,07		
41	631351101R00	Bednění stěn, rýh a otvorů v podlahách - zřízení	m2	3,47	225,00	780,82
		P1:4,4*0,3		1,32		
		P2:(3,9+3,4+1,235+5,0+0,8)*0,15		2,15		
42	631351102R00	Bednění stěn, rýh a otvorů v podlahách -odstranění	m2	3,47	57,69	200,20
43	631361921RT4	Výztuž mazanin svařovanou sítí průměr drátu 6,0, oka 100/100 mm	t	0,33	142,60 <sup>20</sup>	6 574,54
		P1:(5,0*3,9+4,1*0,45)*4,4*0,001*1,2		0,11		
		P2:(3,6*3,0+3,6*0,65+4,3*1,65)*4,4*2*0,001*1,2		0,21		
44	631361921RT5	Výztuž mazanin svařovanou sítí průměr drátu 6,0, oka 150/150 mm	t	0,08	118,00 <sup>26</sup>	2 209,58
		P1 - horní:(5,0*3,9+4,1*0,45)*3,301*0,001*1,2		0,08		
45	631571001R00	Násyp z kameniva těžného	m3	12,92	936,00	12 090,78
		P1:5,0*3,8*0,2		3,80		
		P2:3,6*3,0*(0,3+0,5)*0,5+(3,6*1,65+4,3*0,85)*0,5		9,12		
46	63-PC	Příplatek za kartáčování betonu	m2	22,07	350,00	7 725,03
		P2:3,9*3,0+3,9*0,65+4,45*1,65+1,235*0,4		22,07		
	<b>Celkem za</b>	<b>63 Podlahy a podlahové konstrukce</b>				<b>52 540,23</b>

<b>Díl: 64</b>	<b>Výplně otvorů</b>					
47	642945111R00	Osazení zárubní ocel. požár.1kříd., pl. do 2,5 m2	kus	3,00	<sup>3</sup> 820,50	11 461,50
48	64-PC	Příplatek za deklarovanou protipožární odolnost EI- C 30 DP3	kus	3,00	<sup>2</sup> 000,00	6 000,00
49	553310161	Zárubeň ocelová HSE "DZ" 150, 700x1970 L, P	kus	1,00	<sup>2</sup> 758,50	2 758,50
50	553310162	Zárubeň ocelová HSE "DZ" 150, 800x1970 L, P	kus	2,00	<sup>2</sup> 758,50	5 517,00
<b>Celkem za</b>		<b>64 Výplně otvorů</b>				<b>25 737,00</b>
<b>Díl: 89</b>	<b>Ostatní konstrukce na trubním vedení</b>					
51	899311113R00	Osazení poklopů litinových s rámem do 150 kg	kus	1,00	333,90	333,90
		Z/12:1		1,00		
52	899331111R00	Výšková úprava vstupu do 20 cm, zvýšení poklopu	kus	2,00	<sup>1</sup> 595,70	3 191,40
		Z/12:2		2,00		
53	55243330X	Poklop kruhový d 900 mm C 250 LITINA	kus	1,00	<sup>3</sup> 600,00	3 600,00
<b>Celkem za</b>		<b>89 Ostatní konstrukce na trubním vedení</b>				<b>7 125,30</b>
<b>Díl: 91</b>	<b>Doplňující práce na komunikaci</b>					
54	915711111R00	Vodorovné značení dělicích čar 12 cm střík.barvou	m	18,00	17,19	309,42
		4,5*4		18,00		
55	915791111R00	Předznačení pro značení dělicí čáry,vodící proužky	m	18,00	3,33	59,94
56	919731122R00	Zarovnání styčné plochy živičné tl. do 10 cm	m	8,00	34,11	272,88
57	919735112R00	Řezání stávajícího živičného krytu tl. 5 - 10 cm	m	18,54	65,52	1 214,41
		patky:1,2*4*2		9,60		
		rampa:1,235+3,0+3,9+0,8		8,94		
<b>Celkem za</b>		<b>91 Doplnující práce na komunikaci</b>				<b>1 856,65</b>
<b>Díl: 94</b>	<b>Lešení a stavební výtahy</b>					
58	941941041R00	Montáž lešení leh.řad.s podlahami,š.1,2 m, H 10 m	m2	62,00	41,76	2 589,12
		(12,0+5,0+14,0)*2,0		62,00		
59	941941291R00	Příplatek za každý měsíc použití lešení k pol.1041	m2	62,00	32,04	1 986,48
60	941941841R00	Demontáž lešení leh.řad.s podlahami,š.1,2 m,H 10 m	m2	62,00	29,07	1 802,34
61	941955001R00	Lešení lehké pomocné, výška podlahy do 1,2 m	m2	43,00	71,37	3 068,91
		demontáž zastřešení:5,0*4,7		23,50		
		1.81:5,0*3,9		19,50		
62	941955002R00	Lešení lehké pomocné, výška podlahy do 1,9 m	m2	141,97	92,25	13 096,73
		1.82:19,9*7,3+5,0*0,8+1,0*3,3		152,57		
		odpočet:-1,0*10,6		-10,60		
<b>Celkem za</b>		<b>94 Lešení a stavební výtahy</b>				<b>22 543,58</b>
<b>Díl: 95</b>	<b>Dokončovací konstrukce na pozemních stavbách</b>					
63	952901111R00	Vyčištění budov o výšce podlaží do 4 m	m2	21,35	66,69	1 423,50
		5,0*3,9+4,1*0,45		21,35		
64	953761131R00	Odvětrání trubami PVC kruhovými DN 125	m	3,75	475,20	1 782,00
		VZT:0,45*3+0,8*3		3,75		
65	953922111R00	Montáž tvarovky větrací - vnitřní	kus	6,00	25,11	150,66
		VZT:3+3		6,00		
66	953922112R00	Montáž tvarovky větrací - vnější	kus	6,00	25,11	150,66
		VZT:3+3		6,00		
67	953981105R00	Chemické kotvy do betonu, hl. 170 mm, M 20, ampule	kus	8,00	207,00	1 656,00

		4*2		8,00		
68	95-PC1	D+M hasících přístrojů P6 - 21 A	kus	2,00	1 000,00	2 000,00
69	95-PC2	D+M textu na obkladu stěny MP/2 reklamní samolepící folie, odstín modré	kpl	1,00	8 000,00	8 000,00
70	95-PC3	Označení dveří WC - samolepící folie	kus	3,00	500,00	1 500,00
71	95-PC4	D+M vnitřní čistící zóny 1800 x 1900 mm vč. zapuštěného rámu	kus	1,00	8 000,00	8 000,00
72	95-PC5	DMT stáv. dvířek elektrorozvaděče 1,25 x 0,6 D+M nových plech. dvířek, zapuštění do fasády	kpl	1,00	3 000,00	3 000,00
73	95-PC6	D+M ochran. pásu na stěnu - duralový pás š. 250 mm, tl. 1 mm - uchycení silikonem (4,0+0,45*2+2,5)*2	m	14,80	1 400,00	20 720,00
				14,80		
74	28350291	Mřížka větrací PVC kulatá 130mm se sítkou bílá 3*2*2	kus	12,00	31,50	378,00
				12,00		
	<b>Celkem za</b>	<b>95 Dokončovací konstrukce na pozemních stavbách</b>				<b>48 760,82</b>
<b>Díl: 96</b>	<b>Bourání konstrukcí</b>					
75	962031132R00	Bourání příček cihelných tl. 10 cm 1.PP:0,9*0,6*2	m2	1,08	75,33	81,36
				1,08		
76	962032314R00	Bourání pilířů cihelných 1.NP:0,3*0,15*1,8*3+0,45*0,15*2,7*4	m3	0,97	1 064,70	1 034,89
				0,97		
77	962081131R00	Bourání příček ze skleněných tváric tl. 10 cm luxfery:0,4*2,6*4	m2	4,16	97,20	404,35
				4,16		
78	964073321R00	Vybourání nosníků ze zdi cihelné dl. 6 m, 20 kg/m zastřešení:5,0*4*14,3*0,001	t	0,29	5 499,00	1 572,71
				0,29		
79	965042231R00	Bourání mazanin betonových tl. nad 10 cm, pl. 4 m2 rampa:3,0*1,2*0,16*0,5	m3	0,29	1 775,70	511,40
				0,29		
80	968061125R00	Vyvěšení dřevěných dveřních křídel pl. do 2 m2 1.NP:2	kus	2,00	9,90	19,80
				2,00		
81	968071112R00	Vyvěšení, zavěšení kovových křídel oken pl. 1,5 m2 1.PP:5	kus	5,00	13,50	67,50
				5,00		
82	968071125R00	Vyvěšení, zavěšení kovových křídel dveří pl. 2 m2 1.NP:3+1	kus	4,00	18,00	72,00
				4,00		
83	968071126R00	Vyvěšení, zavěšení kovových křídel dveří nad 2 m2 1.NP:2	kus	2,00	29,70	59,40
				2,00		
84	968072244R00	Vybourání kovových rámu oken jednod. pl. 1 m2 1.PP:0,6*0,6*5	m2	1,80	266,85	480,33
				1,80		
85	968072456R00	Vybourání kovových dveřních zárubní pl. nad 2 m2 1.NP:1,9*2,7	m2	5,13	176,40	904,93
				5,13		
	<b>Celkem za</b>	<b>96 Bourání konstrukcí</b>				<b>5 208,67</b>
<b>Díl: 97</b>	<b>Prorážení otvorů</b>					
86	971033251R00	Vybourání otv. zeď cihel. 0,0225 m2, tl. 45cm, MVC VZT:2+3	kus	5,00	137,25	686,25
				5,00		
87	971033351R00	Vybourání otv. zeď cihel. pl.0,09 m2, tl.45cm, MVC VZT:1	kus	1,00	189,90	189,90
				1,00		
88	971033451R00	Vybourání otv. zeď cihel. pl.0,25 m2, tl.45cm, MVC VZT:1+2	kus	3,00	334,80	1 004,40
				3,00		

89	972012211R00	Vybourání otvorů strop prefa pl. 0,09 m2, nad 12cm	kus	1,00	92,70	92,70
		ÚT:1		1,00		
90	973031324R00	Vysekání kapes zeď cihel. MVC, pl. 0,1m2, hl. 18cm	kus	12,00	120,60	1 447,20
91	973031344R00	Vysekání kapes zeď cih. MVC pl. 0,25 m2, hl. 15 cm	kus	1,00	180,00	180,00
		rozvaděč:1		1,00		
92	974031155R00	Vysekání rýh ve zdi cihelné 10 x 20 cm	m	3,60	129,15	464,94
		ÚT:3,6		3,60		
	<b>Celkem za</b>	<b>97 Prorážení otvorů</b>				<b>4 065,39</b>
<b>Díl: 99</b>	<b>Staveništní přesun hmot</b>					
93	998011001R00	Přesun hmot pro budovy zděné výšky do 6 m	t	66,95	198,00	13 257,08
	<b>Celkem za</b>	<b>99 Staveništní přesun hmot</b>				<b>13 257,08</b>
<b>Díl: 711</b>	<b>Izolace proti vodě</b>					
94	711111001RZ1	Izolace proti vlhkosti vodor. nátěr ALP za studena 1x nátěr - včetně dodávky penetračního laku ALP	m2	21,35	15,66	334,26
		P1:5,0*3,9+4,1*0,45		21,35		
95	711112001RZ1	Izolace proti vlhkosti svis. nátěr ALP, za studena 1x nátěr - včetně dodávky asfaltového laku	m2	1,50	26,10	39,15
		P1:5,0*0,3		1,50		
96	711141559RY2	Izolace proti vlhk. vodorovná pásy přitavením 1 vrstva - včetně dod.modifik. asfalt. pásu	m2	21,35	211,50	4 514,47
		P1:5,0*3,9+4,1*0,45		21,35		
97	711142559RY2	Izolace proti vlhkosti svislá pásy přitavením 1 vrstva - včetně dod. modifik. asfalt. pásu	m2	1,50	231,30	346,95
		P1:5,0*0,3		1,50		
98	998711101R00	Přesun hmot pro izolace proti vodě, výšky do 6 m	t	0,12	673,20	82,26
	<b>Celkem za</b>	<b>711 Izolace proti vodě</b>				<b>5 317,09</b>
<b>Díl: 712</b>	<b>Živičné krytiny</b>					
99	711151111R00	Povlaková krytina střech vodorov samolepicím pásem	m2	165,00	54,90	9 058,50
		165,0		165,00		
100	711152111R00	Povlaková krytina střech svislá samolepicím pásem	m2	8,69	67,50	586,24
		atiky, stěny:(5,0+4,7+7,3+1,0+3,3+13,9+4,7)*0,15		5,99		
		světlíky:(1,4+1,6)*2*3*0,15		2,70		
101	712341559R00	Povlaková krytina střech do 10°, NAIP přitavením	m2	165,00	66,60	10 989,00
102	712841559RT1	Samostatné vytažení izolace, pásy přitavením 1 vrstva - asf.pás ve specifikaci	m2	8,69	90,90	789,47
103	712-PC	Přikotvení samolepicích pásů systémovými hmoždinkami	m2	165,00	29,00	4 785,00
104	62857030	Pás modifikovaný asfalt tl. 5,2 mm	m2	200,17	145,80	29 185,08
		165,0*1,15+8,685*1,2		200,17		
105	712-M1	Podkladní SBS modifik. pás samolepicí	m2	200,17	135,00	27 023,22
		165,0*1,15+8,685*1,2		200,17		
106	998712101R00	Přesun hmot pro povlakové krytiny, výšky do 6 m	t	2,55	841,50	2 141,62
	<b>Celkem za</b>	<b>712 Živičné krytiny</b>				<b>84 558,12</b>
<b>Díl: 713</b>	<b>Izolace tepelné</b>					
107	713111111RT1	Izolace tepelné stropů vrchem kladené volně 1 vrstva - materiál ve specifikaci	m2	19,98	21,24	424,38
		S1:18,06+1,92		19,98		
108	713111121RT1	Izolace tepelné stropů rovných spodem, drátem 1 vrstva - materiál ve specifikaci	m2	19,98	69,84	1 395,40
		S1:18,06+1,92		19,98		

109	713121111RT1	Izolace tepelná podlah na sucho, jednovrstvá materiál ve specifikaci	m2	40,35	18,90	762,52
		P1 - spodní :5,0*3,8		19,00		
		P1 - horní:5,0*3,9+4,1*0,45		21,35		
110	713131131R00	Izolace tepelná stěn lepením	m2	5,43	82,08	445,28
		S2:5,0*0,4+(4,35*2+5,0)*0,25		5,43		
111	713141211R0X	Izol tep střech pl na lepidlo atik klín	m	69,90	110,00	7 689,00
		atiky, stěny:5,0+4,7+7,3+1,0+3,3+13,9+4,7		39,90		
		světlíky:(1,4+1,6)*2*5		30,00		
112	713191100RT9	Položení separační fólie včetně dodávky fólie PE	m2	21,35	27,09	578,24
		P1 - horní:5,0*3,9+4,1*0,45		21,35		
113	28375460	Polystyren extrudovaný XPS	m3	2,33	551,50 <sup>2</sup>	5 955,97
		P1:40,345*0,05*1,02		2,06		
		S2:(5,0*0,4+(4,35*2+5,0)*0,25)*0,05*1,02		0,28		
114	63151371.A	Deska z minerální plsti tl. 1200x600x50 mm	m2	20,38	48,60	990,45
		19,98*1,02		20,38		
115	63151376.A	Deska z minerální plsti tl. 1200x600x140 mm	m2	20,38	136,80	2 787,93
		19,98*1,02		20,38		
116	63152908	Klín atikový přechodový 100x100x1000 mm	m	71,30	45,00	3 208,41
		69,9*1,02		71,30		
117	998713101R00	Přesun hmot pro izolace tepelné, výšky do 6 m	t	0,32	607,50	194,53
<b>Celkem za</b>		<b>713 Izolace tepelné</b>				<b>24 432,11</b>
<b>Díl: 762</b>	<b>Konstrukce tesařské</b>					
118	762332110R00	Montáž vázaných krovů pravidelných do 120 cm2	m	665,96	109,80	73 122,41
		výpis statika:154,96+252,0		406,96		
		stropnice:250,0		250,00		
		rámy světlíků:1,5*2*3		9,00		
119	762341220R00	M. bedn.střech rovn. z aglomer.desek šroubováním	m2	165,00	73,17	12 073,05
		165,0		165,00		
120	762395000R00	Spojovací a ochranné prostředky pro střechy	m3	5,10	003,50 <sup>1</sup>	5 118,95
		665,96*0,08*0,04+165,0*0,018		5,10		
121	762911111R00	Impregnace řeziva máčením	m2	160,52	12,60	2 022,57
		665,96*(0,08+0,04)*2+(13+37+10+38+10)*2*0,08*0,04		160,52		
122	60515001	Hranolek SM/JD 1 25-75 cm2	m3	2,34	629,50 <sup>5</sup>	13 196,67
		665,96*0,08*0,04*1,1		2,34		
123	60726014.A	Deska dřevoštěpková OSB 3 N - 4PD tl. 18 mm	m2	181,50	165,60	30 056,40
		165,0*1,1		181,50		
124	998762102R00	Přesun hmot pro tesařské konstrukce, výšky do 6 m	t	4,13	100,70 <sup>1</sup>	4 545,26
<b>Celkem za</b>		<b>762 Konstrukce tesařské</b>				<b>140 135,32</b>
<b>Díl: 764</b>	<b>Konstrukce klempířské</b>					
125	721234101RT1	Vtok střešní PP pro plochou střechu s límcem živičný pás, záchytný koš D 125 mm	kus	1,00	980,00 <sup>1</sup>	1 980,00
126	764171171R00	Větrací komínek typový D 100 vč. lemování poplast. plech	kus	2,00	350,00	700,00
		K/4:2		2,00		
127	764291440R00	Závětrná lišta z Ti Zn plechu, rš 500 mm	m	26,50	25,32	670,98
		K/2:26,5		26,50		

128	764352800R00	Demontáž žlabů půlkruh. rovných, rš 250 mm, do 30°	m	5,00	393,30	1 966,50
129	764359810R00	Demontáž kotlíku kónického, sklon do 30°	kus	1,00	30,60	30,60
130	764410850R00	Demontáž oplechování parapetů,rš od 100 do 330 mm	m	8,00	30,60	244,80
		1.PP:0,6*5		3,00		
		1.NP:0,9*4+1,4		5,00		
131	764454801R00	Demontáž odpadních trub kruhových,D 75 a 100 mm	m	3,50	18,90	66,15
132	764554403R00	Odpadní trouby z Ti Zn plechu, kruhové, D 120 mm	m	3,80	416,25	1 581,75
		K/1:3,8		3,80		
133	764-DMT	Odstranění krytu izolovaného solárního potrubí	kus	1,00	3 000,00	3 000,00
134	764-PC	Typová ukončující nerez lišta š. 60 mm tmel, kotvení na hmoždinky	m	19,00	250,00	4 750,00
		K/3:19,0		19,00		
135	998764101R00	Přesun hmot pro klempířské konstr., výšky do 6 m	t	0,12	179,90	138,36
<b>Celkem za</b>		<b>764 Konstrukce klempířské</b>				<b>15 129,14</b>
<b>Díl: 766</b>	<b>Konstrukce truhlářské</b>					
136	766414141R00	Obložení stěn pl. do 5 m2, deskami do 0,6 m2	m2	3,36	200,25	672,84
		MP1:(0,55+0,25*2)*3,2		3,36		
137	766661112R00	Montáž dveří do zárubně,otevřavých 1kř.do 0,8 m	kus	2,00	363,60	727,20
138	766662811R00	Demontáž prahů dveří 1křídlových	kus	2,00	27,54	55,08
		1.NP:2		2,00		
139	766664911R00	Vyřezání otvoru v dveřních křídlech kompletizovan.	kus	2,00	146,25	292,50
140	766670021R00	Montáž kliky a štítku	kus	2,00	225,00	450,00
141	766695213R00	Montáž prahů dveří jednokřídlových š. nad 10 cm	kus	2,00	72,00	144,00
142	766-PC1	Montáž předsazeného obkladu stěn na rošt	m2	44,60	250,00	11 150,63
		MP3:1,9*2,85		5,42		
		MP4:(2,65+0,35)*2,95+3,0*(2,95+3,35)*0,5+(3,6+0,35)*3,35-2,55*1,8+(6,5+1,8)*2*0,5+(0,95+1,0)*2*0,15		35,83		
		MP1:(0,55+0,25*2)*3,2		3,36		
143	766-PC2	Montáž předsazeného obkladu podhledů na rošt	m2	156,91	250,00	39 227,50
		1.82:19,9*7,3+5,0*0,8+1,0*3,3-1,2*1,2*5-10,6		134,77		
		MP5:(19,9+10,6)*0,6		18,30		
		MP6:1,2*4*2*0,4		3,84		
144	766-PC3	Montáž AL roštu pro předsazené obklady podhledy, římsy	m2	201,51	160,00	32 242,00
		44,6025+156,91		201,51		
145	54914582	Kliky se štítem mezip	kus	2,00	397,80	795,60
146	591553012	Fasádní deska tl. 8 mm, š = 1250 mm	m2	237,78	899,10	213 790,70
		(5,415+35,8275+156,91)*1,2		237,78		
147	59590601	Deska fasádní tl. 10 mm	m2	3,70	761,40	2 814,13
		3,36*1,1		3,70		
148	61165172	Dveře protipožár fóliov. 1kř. 80x197cm EI -C 30 DP3	kus	2,00	870,00	7 740,00
		T/2:2		2,00		
149	61187176.z	Prah dubový	kus	2,00	121,50	243,00
150	766-M1	Větrací mřížka dveří - Al	kus	2,00	650,00	1 300,00
151	766-M2	Dodávka Al roštu tl. 50 mm	m2	8,78	400,00	3 510,00
		3,36+5,415		8,78		
152	766-M3	Dodávka Al roštu tl. 350 mm	m2	35,83	400,00	14 331,00

153	766-M4	Dodávka Al roštu podhledu, říms	m2	156,91	400,00	62 764,00
154	998766101R00	Přesun hmot pro truhlářské konstr., výšky do 6 m	t	3,58	515,70	1 846,16
<b>Celkem za</b>		<b>766 Konstrukce truhlářské</b>				<b>394 096,33</b>
<b>Díl:</b>	<b>767</b>	<b>Konstrukce zámečnické</b>				
155	767392802R00	Demontáž krytin střeš polykarbonátových 5,0*4,7	m2	23,50	68,67	1 613,75
156	767995108R00	Výroba a montáž kov. atypických konstr. nad 500 kg výkaz materiálu:6189,2	kg	6 189,20	18,45	114 190,74
157	767-001	D+M vnit. portálu a automat. dvěma EI30 DP1-C vč. rámu, kování 4750 x 2200 mm Z/1:1	kus	1,00	150 000,00	150 000,00
158	767-002	D+M vněj. portálu a automat. dvěma vč. rámu kování, 4600 x 2950 mm Z/2:1	kus	1,00	140 000,00	140 000,00
159	767-005	D+M vnější žaluzie, lamela š. 70 mm, ruční pohon 4850 x 1800 mm Z/5:1	kus	1,00	15 000,00	15 000,00
160	767-006	D+M vnější žaluzie, lamela š. 70 mm, ruční pohon 5700 x 500 mm Z/6:1	kus	1,00	7 000,00	7 000,00
161	767-007	D+M střeš. světlíků 1200 x 1200 mm, pevně zaskleno voděodolné a parotěsné napojení na nosnou kci Z/7 - nazateplený:2	kus	2,00	12 000,00	24 000,00
162	767-008	D+M střeš. světlíků 1200 x 1200 mm, pevně zaskleno voděodolné a parotěsné napojení na nosnou kci Z/8 - zateplený:1	kus	1,00	12 000,00	12 000,00
163	767-009	D+M sloupků - plech tl. 1 mm 430 x 3250 mm, nátěry Z/9:4	kus	4,00	8 000,00	32 000,00
164	767-010	D+M typových ochranných dekorativních patníků Z/10:2	kus	2,00	6 000,00	12 000,00
165	767-011	D+M zábradlí rampy - nerez, vč. kotvení Z/11:3,4*2	m	6,80	2 500,00	17 000,00
166	767-012	D+M nosné kce žaluzie - uzav. profil 80/40/3 dl. 4,85 m, nátěry Z/13:1	kus	1,00	5 000,00	5 000,00
167	13222700	Tyč ocelová plochá jakost 11375 663,1*0,001*1,08	T	0,72	16 551,00	11 852,17
168	13383425	Tyč průřezu IPE 140, střední, jakost oceli 11375 (135,45+541,8+116,1+22,58)*0,001*1,08	T	0,88	16 990,20	14 971,76
169	13383430	Tyč průřezu IPE 160, střední, jakost oceli 11375 (371,3+84,69)*0,001*1,08	T	0,49	16 990,20	8 367,67
170	13384435	Tyč průřezu U 140, střední, jakost oceli 11375 (233,6+117,6)*0,001*1,08	T	0,38	16 990,20	6 444,38
171	13384440	Tyč průřezu U 160, střední, jakost oceli 11375 (143,64+101,3+158,76+40,64)*0,001*1,08	T	0,48	16 990,20	8 153,60
172	13482715	Tyč průřezu IPE 200, hrubé, jakost oceli 11375	T	0,27	18	4 997,17

					198,00	
		(89,6+164,64)*0,001*1,08		0,27		
173	13482720	Tyč průřezu IPE 220, hrubé, jakost oceli 11375	T	0,42	18 198,00	7 570,37
		385,14*0,001*1,08		0,42		
174	13482725	Tyč průřezu IPE 240, hrubé, jakost oceli 11375	T	0,55	18 519,30	10 254,14
		512,69*0,001*1,08		0,55		
175	13483415	Tyč průřezu U 200, hrubé, jakost oceli 11375	T	0,22	18 198,00	4 078,17
		207,46*0,001*1,08		0,22		
176	13483420	Tyč průřezu U 220, hrubé, jakost oceli 11375	T	0,27	18 198,00	4 928,02
		250,78*0,001*1,08		0,27		
177	13486325	Tyč průřezu HEA 240, hrubé, jakost oceli 11 375	T	1,03	21 249,00	21 975,72
		(443,21+514,36)*0,001*1,08		1,03		
178	13487125	Tyč průřezu HEB 240, hrubé, jakost oceli 11 375	T	0,95	20 370,60	19 311,33
		877,76*0,001*1,08		0,95		
179	14115290	Trubky bezešvé hladké jakost 11353.1 D 42,4x3,2 mm	m	4,54	103,50	469,48
		4,2*1,08		4,54		
180	998767101R00	Přesun hmot pro zámečnické konstr., výšky do 6 m	t	6,99	775,80	5 423,95
	<b>Celkem za</b>	<b>767 Konstrukce zámečnické</b>				<b>658 602,41</b>
<b>Díl: 771</b>		<b>Podlahy z dlaždic a obklady</b>				
181	771475014R00	Obklad soklíků keram.rovných, tmel,výška 10 cm	m	10,00	76,32	763,20
		4,35*2+0,4+0,45*2		10,00		
182	771479001R00	Řezání dlaždic keramických	m	10,00	60,39	603,90
183	771575118RT1	Montáž podlah keram.,hladké, tmel, 60x60 cm	m2	17,93		
		5,0*3,9+4,1*0,45-1,8*1,9		17,93		
184	771577113R00	Lišta hliníková přechodová, stejná výška dlaždic	m	2,00	199,80	399,60
185	771577114R00	Lišta hliníková přechodová, různá výška dlaždic	m	2,00	246,60	493,20
186	771-PC	Dlažba keramická 60x60 cm dle výběru investora	m2	20,00	450,00	9 000,00
187	998771101R00	Přesun hmot pro podlahy z dlaždic, výšky do 6 m	t	0,47	355,05	166,78
	<b>Celkem za</b>	<b>771 Podlahy z dlaždic a obklady</b>				<b>11 426,68</b>
<b>Díl: 783</b>		<b>Nátěry</b>				
188	783222100R00	Nátěr syntetický kovových konstrukcí dvojnásobný	m2	184,44	93,60	17 263,58
189	783225100R00	Nátěr syntetický kovových konstrukcí 2x + 1x email	m2	3,68	135,45	498,46
		zárubně:(0,8+0,9*2+2,02*6)*0,25		3,68		
190	783226100R00	Nátěr syntetický kovových konstrukcí základní	m2	184,44	41,13	7 586,02
		přístřešek:7,15+44,91+108,94+19,3		180,30		
		mříže angl. dvorků:(2,4*2+2,1)*0,6		4,14		
	<b>Celkem za</b>	<b>783 Nátěry</b>				<b>25 348,06</b>
<b>Díl: 784</b>		<b>Malby</b>				
191	784191101R00	Penetrace podkladu univerzální 1x	m2	20,50	11,34	232,47
		18,34+0,9*0,6*2+0,6*0,6*3		20,50		
192	784195112R00	Malba tekutá bílá, 2 x	m2	20,50	30,06	616,23
193	784442021RT2	Malba disperzní interiérová , výška do 3,8 m pro SDK	m2	23,18	47,70	1 105,59
		2 x nátěr, 1 x penetrace				
		1,92+18,06+3,198		23,18		
	<b>Celkem za</b>	<b>784 Malby</b>				<b>1 954,29</b>



<b>Díl: 799VN</b>		<b>Vedlejší náklady</b>				
194	01	Zařízení staveniště	kpl	1,00	10 000,00	10 000,00
<b>Celkem za</b>		<b>799VN Vedlejší náklady</b>				<b>10 000,00</b>
<b>Díl: D96</b>		<b>Přesuny suti a vybouraných hmot</b>				
195	979081111R00	Odvoz suti a vybour. hmot na skládku do 1 km	t	47,50	232,65	11 049,97
196	979081121R00	Příplatek k odvozu za každý další 1 km	t	949,92	13,59	12 909,44
197	979990001R00	Poplatek za skládku stavební suti	t	47,50	540,00	25 647,90
<b>Celkem za</b>		<b>D96 Přesuny suti a vybouraných hmot</b>				<b>49 607,32</b>

## B Tabulka jednotlivých hran síťového diagramu

Činnost	i	j	Trvání činnosti [Nh]
Zařízení staveniště	1	2	20,2
Řezání stávajícího živičného krytu	2	5	1,4
Demontáž stávajících dvířek elektrorozvaděče	2	68	0,3
Vyvěšení dřevěných dveřních křídel	2	6	0,1
Vybourání stávajících výplní otvorů	2	3	2,1
Vybourání otvorů pro VZT	2	4	2,8
Přesun hmot (průběžný po celou dobu stavby Pouze HSV)	2	78	19,0
Odvětrání WC	3	7	5,6
F1	3	16	0
Úprava stávajícího rozvodu VZT v kotelně	4	8	48,7
F2	4	16	0
Odstranění podkladu - živice	5	9	5,4
Osazení ocelových protipožárních zárubní	6	10	8,8
Zazdění okna	7	38	0,6
Zazdění prostupů pro vzduchotechniku	8	38	5,5
Odstranění podkladu - kamenivo	9	11	17,1
Bourání mazanin betonových tl. nad 10 cm, pl. 4 m <sup>2</sup>	9	12	0,9
Omítka malých ploch vnitřních stěn	10	13	0,9
Výkop pro základové patky	11	21	1,9
F4	11	14	0
Vybourání otvorů pro rozvod UT	12	15	0,1
Vybourání otvorů pro rozvod UT	12	19	0,7
F22	12	16	0
F5	12	14	0
Výměna dveří na WC	13	17	6,2
Osazení litinových poklopů s rámem	14	40	2,9
Zřízení lešení	14	20	3,0
Výkop pro základový pas rampy	14	18	2,5
F6	15	19	0
Odvoz suti a vybouraných hmot	16	78	23,3

Označení dveří WC - samolepící folie	17	79	0,2
Zřízení bednění základových pasů rampy	18	28	2,6
F23	18	21	0
Dobetonávka stávající stropní konstrukce	19	23	0,5
Demontáž klempířských konstrukcí	20	22	1,3
Odvoz výkopku na skládku	21	24	0,1
Demontáž stávajícího zastřešení	22	25	5,6
Asfaltová penetrace - hydroizolace zádveří	23	26	0,2
Betonáž patek	24	27	0,5
F3	24	28	0
Vysekání kapes pro osazení střešních nosníků	25	30	3,7
Provedení izolace proti vlhkosti - zádveří	26	29	1,8
F7	26	37	0
Č2	27	30	24
Betonáž základového pasu u rampy	28	31	0,5
Spřažení podlahy zádveří a stávající podlahy vestibulu	29	32	0,7
Tepelná izolace podlahy - zádveří	29	50	2,5
Výroba a montáž ocelové nosné konstrukce	30	33	77,9
Č3	31	34	24
F9	32	50	0
Zazdívka zhlaví stropních trámů	33	35	1,1
Nátěr ocelové konstrukce	33	36	41,6
Elektroinstalace - hrubé rozvody	33	72	52,4
Odstranění bednění základových pasů rampy	34	37	0,8
Očištění fasád tlakovou vodou	35	38	8,8
D+M střešních světlíků	36	39	4,1
F12	36	58	0
Hutnění podkladu	37	40	3,8
Penetrace stávající fasády	38	41	1,9
Montáž spádové vrstvy z řeziva	39	42	58,2
Násyp z kameniva pod rampu	40	43	11,9
Montáž výztužné sítě (perlinky) do stěrky	41	44	9,7
Montáž bednění střechy z OSB	42	45	18,5
Zřízení bednění rampy	43	46	0,5
Podkladní nátěr stěn pod tenkovrstvé omítky	44	47	1,9
Montáž podkladní vrstvy hydroizolace střechy	45	48	17,1

Betonáž rampy	46	49	8,1
F8	46	50	0
Tenkovrstvá omítka vnějších stěn	47	51	7,9
Montáž klempířských konstrukcí	48	52	12,4
Č1	49	53	168
Betonáž podlahy - zádveří	50	54	5,0
Fasádní nátěr	51	55	7,7
Provedení hydroizolace střechy	52	56	29,1
Odstranění bednění rampy	53	57	0,3
Č4	54	63	24
D+M textu na obkladu stěny MP/2 reklamní samolepích	55	78	2,8
F17	55	65	0
Montáž roštu pro obložení cembrit	56	60	54,4
F14	56	66	0
F16	56	64	0
D+M zábradlí rampy - nerez, vč. kotvení	57	78	1,8
F11	57	58	0
D+M vnějších automatických dveří	58	59	5,4
Bourací práce pro nový vstup	59	61	1,7
F13	59	60	0
Obklad deskami cembrit	60	62	43,8
F10	61	64	0
F15	61	63	0
D+M žaluzií	62	78	5,4
F18	62	65	0
F19	62	75	0
Montáž keramické dlažby - zádveří	63	66	14,7
Montáž systému ústředního vytápění (teplovzdušná dveřní clona)	64	79	37,4
Předznačení pro značení dělicí čáry	65	67	0,2
Odstranění lešení	65	79	2,7
D+M vnitřních automatických dveří	66	68	6,2
Vodorovné značení dělicích čar	67	69	0,4
Montáž SDK A	68	70	6,0
D+M oplechování sloupů	69	71	0,7
Tepelná izolace podhledu - zádveří	70	72	2,1

D+M typových ochranných dekorativních patníků	71	78	0,2
Montáž SDK B	72	73	6,0
Malba - zádveří	73	74	2,0
F20	73	75	0
D+M hasících přístrojů	74	78	0,2
D+M vnitřní čistící zóny	74	77	1,1
D+M ochran. pásu na stěnu	74	76	1,7
Elektroinstalace - kompletace	75	78	12,8
F22	76	78	0
F21	77	78	0
Vyčištění budov	78	79	2,2



### D Uvažované kritické cesty v síťovém grafu

