

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra systémového inženýrství**



**Bakalářská práce**

**Časová analýza v projektovém řízení**

**Lucie Výborná**

© 2022 ČZU v Praze

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Lucie Výborná

Ekonomika a management

Název práce

**Časová analýza v projektovém řízení**

Název anglicky

**Time analysis in project management**

---

### Cíle práce

Bakalářská práce je zaměřena na analýzu projektu rekonstrukce veřejného osvětlení hlavní komunikace s využitím chytrých technologií.

Hlavním cílem je analýza jednotlivých kroků projektu a vliv informačních technologií na postup práce. Dílčí cíle bakalářské práce jsou:

- zpracování literární rešerše
- charakteristika projektu veřejného osvětlení
- sestavení hierarchické struktury projektu s odhadem délky trvání jednotlivých činností
- pomocí aplikace metody PERT sestavení síťového grafu s určením pravděpodobné kritické cesty
- statická analýza – výpočet očekávané doby projektu, pravděpodobnost s jakou bude projekt v očekávaném čase dokončen, pomocí pravidla tří sigma odhad termínů, ve kterých bude projekt dokončen
- zhodnocení časových možností a vyvození závěrů pro návrh opatření na zefektivnění práce.

### Metodika

Bakalářské práce je založena na studiu odborných informačních zdrojů a vlastních odborných zkušeností z praxe. Teoretická část bude založena na zpracování literární rešerše, kde budou definovány a vymezeny jednotlivé pojmy, které se prolínají celou bakalářskou prací. Vlastní část bude rozdělena na teoretickou a praktickou část.

Jednotlivé kroky budou konzultovány s odpovědnými profesemi jako jsou projektanti, pracovníci státní správy nebo odbornými garanty. Teoretická část bude popisovat jednotlivé fáze projektu v praxi, na základě tohoto popisu bude sestavena hierarchická struktura projektu (WBS) a sestaveny posloupnosti jednotlivých činností. Pro časovou analýzu bude použita jedna ze standardních metod síťové analýzy – metoda PERT. U jednotlivých činností dojde k odhadu délky trvání a následně bude sestaven síťový graf s vyznačením pravděpodobné kritické cesty.

Dále dojde k výpočtu pravděpodobnosti splnění očekávané doby trvání projektu a pomocí pravidla tří sigma dojde k odhadu termínů, ve kterých bude rekonstrukce dokončena.

Poslední částí bude závěr, kde dojde ke shrnutí celé bakalářské práce.

---

## Doporučený rozsah práce

35 – 40 stran

## Klíčová slova

: analýza, činnosti, fáze, PERT, projekt, projektové řízení, rezervy, síťový graf, veřejné osvětlení, WBS

---

## Doporučené zdroje informací

DOLEŽAL, Jan, Pavel MÁCHAL a Branislav LACKO. Projektový management podle IPMA. 2., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2012. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-8034-4.

FIALA, Petr. Projektové řízení: modely, metody, řízení. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2004, 276 s. ISBN 80-864-1924-X.

ROSENAU, Milton D. Řízení projektů. Vyd. 3. Brno: Computer Press, c2007, x, 344 s. Business books. ISBN 978-80-251-1506-0.

SVOZILOVÁ, Alena. Projektový management. 2., aktualiz. a rozšíř. vyd. Praha: Grada, 2016, 424 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-271-0075-0.

---

## Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – PEF

## Vedoucí práce

Ing. Jiří Fejfar, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 4. 3. 2022

**doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 4. 3. 2022

**doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 12. 03. 2022

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Časová analýza v projektovém řízení" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 12.2.2022

---

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Jiřímu Fejfarovi, PhD. za vstřícnost při konzultacích, za trpělivost a věcné připomínky. Zároveň také děkuji všem dalším, kteří byli nápomocni při zpracování vlastní části projektu, a to především projektantům a odpovědným pracovníkům z městského úřadu.

# Časová analýza v projektovém řízení

## Abstrakt

V bakalářské práci je vypracována časová analýza projektu rekonstrukce veřejného osvětlení. Jedná se o rekonstrukci stávajícího veřejného osvětlení za nové inteligentní. Součástí projektu je analýza ušetřeného času při použití GISových aplikací.

Práce v první části obsahuje literární rešerši, která je zaměřena na teoretickou část dané problematiky. Seznamuje s podstatnými pojmy, které jsou s časovým plánováním projektů spojené. Popisuje jednotlivé jeho fáze a metody, které lze při analýze použít. Pro lepší pochopení problematiky obsahuje také ukázky ve formě obrázků.

Následuje vlastní zpracování projektu, které je rozděleno na dvě části. První část obsahuje popis jednotlivých fází projektu v praxi. Je zde popsán průběh projektu veřejného osvětlení, který je předmětem této bakalářské práce. Zároveň tato část obsahuje i zkušenosti autora práce a profesí, které byly při vytváření této bakalářské práce nápomocny.

V druhé části jsou pak sepsány činnosti, které jsou při rekonstrukci veřejného osvětlení provedeny a je vytvořena hierarchická struktura (WBS). Pomocí metody PERT jsou provedeny odhady jejich časového trvání a jednotlivé odhady byly konzultovány s technickým oddělením městského úřadu, projektantem a odborných garantem města na veřejné osvětlení v městě. Na závěr je určena kritičnost činností, kritická cesta a jsou určeny činnosti, které jsou pro časové trvání projektu nějakým způsobem ohrožující, protože nemají žádnou časovou rezervu.

Provedené výpočty a zjištěné informace jsou zapsané v tabulkách a v síťovém grafu, který je součástí přílohy této bakalářské práce.

**Klíčová slova:** analýza, činnosti, fáze, PERT, projekt, projektové řízení, rezervy, síťový graf, veřejné osvětlení, WBS

# **Time analysis in project management**

## **Abstract**

This bachelor's thesis deals with time analysis of the project management. The aim of the project is to modernize the public lighting. The analysis of the time management is the part of the project. The GIS application is used in this project.

The first part of the thesis starts with the theory of the time management. The basic terms of time management are described here and the phases and methods used in time management are introduced in this part. There are some pictures for better explanation of the project planning.

The theoretical part is followed by the own project processing which is divided into two parts. The particular phases of the project are described in the first one. It is based on the author's experience with the implementation of the project.

In the second part of the project, there is a list of activities which are necessary for the reconstruction of the public lighting. The hierarchical outline of the tasks – A Work Breakdown Structure (WBS) is created. The project evaluation and review technique (PERT) is used to analyse the time management after the consultation with the authorities.

In the final part of the thesis the author presents the critical path of the project as the chain of linked tasks that affects the project finish date.

The bachelor's thesis encloses information in tables and network charts.

**Keywords:** analysis, activities, phases, PERT, project, project management, reserves, network chart, public lighting, WBS

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce a metodika .....</b>	<b>12</b>
2.1	Cíl práce .....	12
2.2	Metodika .....	12
<b>3</b>	<b>Teoretická východiska .....</b>	<b>13</b>
3.1	Projektové řízení .....	13
3.1.1	Projekt.....	13
3.1.2	Užití projektového řízení .....	14
3.1.3	Řízení procesů.....	15
3.1.4	Hlavní skupiny procesů projektového managementu .....	16
3.1.5	Životní cyklus projektu.....	18
3.2	WBS .....	21
3.3	Časové plánování .....	23
3.3.1	Milníky.....	23
3.3.2	Odhadování času.....	23
3.4	Metoda PERT.....	24
3.4.1	Popis výpočtů metody PERT.....	25
3.4.2	Nekritičnost činností .....	26
3.4.3	Délka projektu.....	27
3.5	Rizika a rezervy.....	27
3.5.1	Rizika .....	27
3.5.2	Rezervy .....	28
3.5.3	Časové rezervy.....	28
3.6	Síťová analýza.....	29
3.6.1	Síťový graf.....	29
3.6.2	Terminologie síťových grafů .....	30
3.6.3	Hranově definované síťové grafy .....	31
3.6.4	Uzlově definované síťové grafy.....	31
3.6.5	Síťové grafy PERT .....	32
3.7	Pravidlo tří sigma.....	32
<b>4</b>	<b>Vlastní práce.....</b>	<b>33</b>
4.1	Úvod do projektu.....	33
4.2	Cíl projektu.....	33
4.3	Životní cyklus projektu v praxi .....	34



4.3.1	Předprojektová fáze projektu .....	34
4.3.2	Příprava projektu.....	35
4.3.3	Realizace díla .....	39
4.3.4	Ukončení projektu.....	40
4.3.5	WBS.....	41
4.4	Časová analýza projektu .....	45
4.4.1	Aplikace metody PERT .....	45
4.4.2	Kritická cesta .....	46
4.4.3	Nekritické činnosti .....	49
4.4.4	Délka trvání projektu .....	49
4.4.5	Pravidlo tři sigma.....	50
4.4.6	Návrh řešení .....	51
<b>5</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>54</b>
<b>6</b>	<b>Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>56</b>
<b>7</b>	<b>Přílohy .....</b>	<b>58</b>

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Základny projektového managementu .....	14
Obrázek 2: Logický model vztahů v rámci skupin procesů řízení projektu .....	17
Obrázek 3: Schéma životního cyklu projektu .....	21
Obrázek 4: Ukázka WBS .....	22
Obrázek 5: Beta rozdělení pro metodu PERT .....	25
Obrázek 6: Síťový graf .....	30
Obrázek 7: Dělicí uzel .....	30
Obrázek 8: Slučovací uzel .....	31
Obrázek 9: Fiktivní činnost.....	31
Obrázek 10: Ukázka programu AnyCity .....	35
Obrázek 11: Ukázka programu AnyCity .....	38

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Hierarchická struktura činností rekonstrukce veřejného osvětlení.....	41
Tabulka 2: Stanovení posloupností činností .....	42
Tabulka 3: Návrh zkrácení doby zpracování v projekční části.....	43
Tabulka 4: Odhady dob trvání, střední doba trvání, směrodatná odchylka a rozptyl .....	45
Tabulka 5: Výpočet časových údajů o začátcích a koncích činností a jejich rozptyly .....	46
Tabulka 6: Časové rezervy .....	48
Tabulka 7: Pravděpodobnost kritičnosti činností.....	49
Tabulka 8: Pravděpodobnost délky trvání projektu .....	50
Tabulka 9: Výpočet časových údajů o začátcích a koncích činností a jejich rozptyly při změně posloupnosti činností .....	51
Tabulka 10: Časové rezervy při změně posloupnosti činností .....	52
Tabulka 11: Pravděpodobnost délky trvání projektu při změně posloupnosti činností .....	53

# 1 Úvod

Veřejné osvětlení je jednou z nejdůležitějších součástí infrastruktury města. Veřejné osvětlení je především bezpečnostním prvkem, který je bohužel velmi často opomíjen a na jeho rekonstrukci se zapomíná.

V současné době je většina měst osazena starými výbojkovými svítidly a nevyhovující starou kabeláží, díky které je veřejné osvětlení často v poruchách. Zároveň výbojková svítidla již nesplňují nové požadavky na osvětlení komunikací a tento bezpečnostní prvek tak zapříčiňuje nebezpečné situace. Jednou z nich je například střídání světla a tmy na komunikacích nebo špatně osvětlené přechody pro chodce. Bohužel výměna veřejného osvětlení včetně kabelového vedení je nákladná a časově náročná operace.

Bakalářská práce vychází z reálného projektu na rekonstrukci veřejného osvětlení na hlavní třídě ve městě Kutná Hora, který je v průběhu práce realizován. Vyhodnocené závěry mohou být podnětem k zefektivnění prací na dalších projektech stejného typu.

V této bakalářské práci se jedná konkrétně o časovou analýzu. Tato část je nedílnou součástí plánování projektů, určuje trvání všech činností souvisejících s projektem, jejich rezervy a pořadí tak, aby byl projekt co nejefektivněji proveden.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Bakalářská práce je zaměřena na analýzu projektu rekonstrukce veřejného osvětlení hlavní komunikace s využitím chytrých technologií. Tato časová analýza může být v budoucnu prospěšná pro efektivnější zpracování projektů tohoto typu.

Hlavním cílem bakalářské práce je na základě analýzy jednotlivých kroků projektu navrhnout posloupnost činností tak, aby celkový čas projektu byl zkrácen a zároveň byl projekt co nejefektivnější. Dílčí cíle bakalářské práce jsou zpracování literární rešerše, charakteristika projektu veřejného osvětlení, sestavení hierarchické struktury projektu s odhadem délky trvání jednotlivých činností, aplikace metody PERT a výpočet pravděpodobné kritické cesty a následná statická analýza, zhodnocení časových možností a vyvození závěrů pro návrh opatření na zefektivnění práce.

### **2.2 Metodika**

Bakalářské práce je založena na studiu odborných informačních zdrojů a vlastních odborných zkušenostech z praxe. Teoretická část bude založena na zpracování literární rešerše, kde budou definovány a vymezeny jednotlivé pojmy, které se prolínají celou bakalářskou prací. Vlastní část pak bude rozdělena na dvě části, kde v první bude popis projektu a druhá část bude obsahovat analýzu.

Jednotlivé kroky budou konzultovány s odpovědnými profesemi jako jsou projektanti, pracovníci státní správy nebo odbornými garanty. Teoretická část bude popisovat jednotlivé fáze projektu v praxi, na základě tohoto popisu bude sestavena hierarchická struktura projektu (WBS) a sestaveny posloupnosti jednotlivých činností. Pro časovou analýzu bude použita jedna ze standardních metod síťové analýzy – metoda PERT. U jednotlivých činností dojde k odhadu délky trvání a následně bude sestaven síťový graf s vyznačením pravděpodobné kritické cesty.

Dále dojde k výpočtu pravděpodobnosti splnění očekávané doby trvání projektu a pomocí pravidla tří sigma dojde k odhadu termínů, ve kterých bude rekonstrukce dokončena.

Poslední částí bude závěr, kde dojde ke shrnutí celé bakalářské práce.

## 3 Teoretická východiska

### 3.1 Projektové řízení

Svozilová (2016) definuje projektové řízení neboli projektový management jako souhrn aktivit, které spočívají v plánování, organizování, řízení a kontrole zdrojů společnosti s krátkodobým cílem, který byl stanoven pro realizaci specifických cílů a záměrů.

Doležal a Krátký (2017) projektové řízení popisují jako soubor pravidel, postupů, metod a nástrojů, které pomáhají koordinovat společné úsilí projektových týmů tak, aby byly dodaly správné výsledky, ve správný čas, pro správného zákazníka, a to vše s omezenými zdroji.

Křivánek (2019) definuje projektové řízení jako proces, ve kterém jednotlivci nebo organizace efektivně využívají své omezené zdroje, zejména projektové týmy, k realizaci projektů. Smyslem projektu je úspěšně dokončit projekt, to znamená dodat ve všech parametrech to, co bylo na začátku slíbeno.

Doležal (2012) doplňuje, že projektové řízení je způsob přístupu k návrhu a realizaci procesu změn (tj. projekt) tak, aby bylo dosaženo předpokládaného cíle v plánovaném termínu, při stanoveném rozpočtu s disponibilními zdroji tak, aby realizovaná změna nevyvolala nežádoucí vedlejší efekty, tedy – aby vznikl úspěšný projekt.

Doležal (2012) dále projektové řízení charakterizuje především těmito principy:

- systémový přístup (zvažování jevů v souvislostech);
- systematický, metodický postup;
- strukturování problému a strukturování v čase;
- přiměřené prostředky;
- interdisciplinární týmová práce;
- využití počítačové podpory;
- aplikace zásad trvalého zlepšování;
- integrace.

#### 3.1.1 Projekt

Svozilová (2016) definuje projekt jako jakýkoliv jedinečný sled aktivit a úkolů, který má:

- dán specifický cíl, jenž má být jeho realizací splněn;

- definováno datum začátku a konce uskutečnění;
- stanoven rámec pro čerpání zdrojů potřebných pro jeho realizaci.

**Obrázek 1: Základny projektového managementu**



*Zdroj: Svozilová, 2016*

Křivánek (2019) ve své publikaci cituje definici projektu dle normy ISO 21500: Projekt je specifický (jedinečný) soubor procesů skládající se z koordinované a řízení činnosti s počátečním a koncovým datem, které jsou prováděny pro dosažení výsledku.

Mácha, Kopečková, Presová (2015) projekt vnímají jako strategický proces, kdy se projekt realizuje jako soubor plánovaných a vzájemně závislých procesů, ke splnění cílů projektu je nezbytné se zaměřit jak na procesy, tak na produkt, je třeba stanovit vzájemné vztahy a jasně rozdělit odpovědnosti a pravomoci mezi zadavatele projektu a projektovou organizaci a rovněž vzájemné vztahy s ostatními zainteresovanými stranami.

### 3.1.2 Užití projektového řízení

Svozilová (2016) popisuje, že projektové řízení se užívá v různé míře v celé řadě podniků.

Obecně existují dva hlavní typy těchto společností, a to takové, které:

- **své výkony generují formou projektů** realizovaných pro jiné společnosti na bázi kontraktu – jedná se především o firmy podnikající v oblasti stavebnictví a dodávek specializovaných technologických celků, informačních technologií, konzultační společnosti apod;

- **aplikují projektové řízení jako metodu řízení vnitřních operací** – běžně se vyskytuje pro řízení vývoje nových produktů, produktový marketing, investiční činnost, zavádění změn a inovací.

Na konečnou podobu projektového řízení ve společnosti má vliv především firemní kultura jako odraz:

- sdílených hodnot, norem a očekávání lidí;
- užívání pravidel a postupů;
- míry flexibility organizačních struktur, chápání autority nadřízeného a přizpůsobivosti jednotlivců;
- vztahu k novátorství, neurčitým a rizikovým úkolům;
- obvyklé míry samostatnosti a odpovědnosti jednotlivců;
- pracovní etiky a odpovědnosti za kvalitu výkonu;
- míry využívání pracovní doby atd.

Křivánek (2019) doplňuje, že projektové řízení je flexibilní a kvalifikovaná reakce na různé události, které v průběhu času v projektu nastávají.

### 3.1.3 Řízení procesů

**Projekt** je obecný sled činností vedoucí ke splnění určitého cíle. Projektový management se využívá pro realizaci nových systémů, jejich částí nebo pro zavedení změn vztahů mezi nimi. Míra úspěšnosti řízení projektu je měřena jako jednorázová sada hodnot proti vstupním parametrům projektového plánu – času, nákladům a kvalitě provedení podle plánovaného cíle projektu.

**Proces** je obecný sled činností určený k vykonávání určité práce. Z hlediska běžné podnikatelské praxe má proces relativně neomezené trvání a je zaměřen na kontinuální výkon určitého sledu operací, jejichž působením jsou vstupní objekty nebo informace měněny na výstupní objekty nebo informace a ty se pak stanou předmětem působení jiných procesů. Obecný proces není charakterizován plánem, jako je to u projektu, ale detailním popisem průběhu, vlastností, transformačních pravidel a metod a vztahů mezi prvky procesu.

Tento typ řízení se využívá u dlouhodobě stabilizovaných procesů, které podléhají pouze částečným inovacím. Míra úspěšnosti řízení procesu je měřena opakovaně po dobu životního procesu, a to jako sada ukazatelů výkonnosti procesu. (Svozilová, 2016)

### **3.1.4 Hlavní skupiny procesů projektového managementu**

U projektového managementu můžeme definovat hlavní skupiny procesů, které můžeme charakterizovat jako:

#### **Iniciace a zahájení projektu**

Hlavním účelem tohoto procesu je vytvoření základní definice projektu obsažené v Základní listině projektu a získání autorizace pro jeho realizaci. (Svozilová, 2016)

Doležal (2012) k této fázi doplňuje, že je nutné odpovědět na otázky: co je cílem, proč projekt realizovat, co má být projektem dodáno a jaká jsou případná omezení ve zdrojích a času.

#### **Plánování projektu**

Tento proces užívá strategických výsledků předchozí domény a přetváří je do formy taktického plánu pro realizaci projektu. Vychází ze Zakládací listiny projektu. Ve fázi plánování dojde k jejímu zpřesnění do Definice předmětu projektu, která je podrobena detailnímu rozboru z hlediska času, nákladů, technologií, metodologií a pracovních zdrojů. Výstupem je podrobný a závazný projektový plán. (Svozilová, 2016)

Doležal (2012) ještě doplňuje tuto fázi o to, že plán projektu určuje, jak má být realizace projektu vykonávána, sledována a kontrolována. Také by měly být sestaveny pravidla, jak bude projekt řízen.

#### **Vlastní řízení v průběhu projektu, koordinace**

Je souhrnem všech aktivit, které jsou zaměřeny výkon a koordinaci dříve naplánovaných prací projektu. Jeho součástí je projektová komunikace, motivace členů týmu a řízení kvality. (Svozilová, 2016)



## Monitorování a kontrola

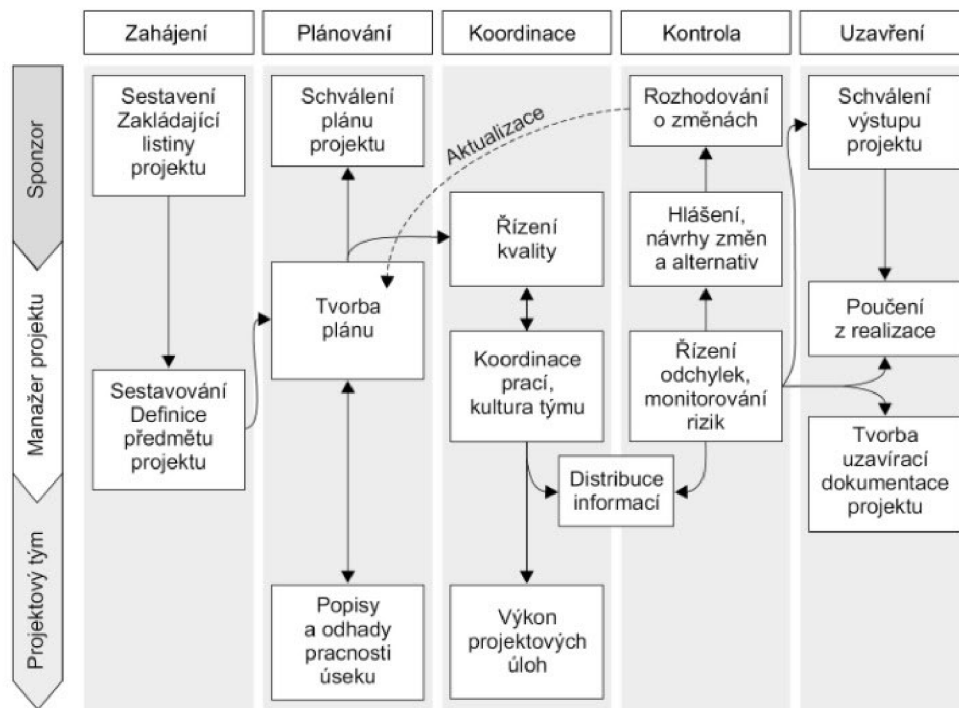
Je souhrnem všech aktivit, které jsou zaměřeny na soulad výkonu realizačních složek projektu s projektovým plánem, a to z pohledu cílů projektu, času a nákladů, působících rizik a úrovně dosažené kvality. (Svozilová, 2016)

## Uzavření projektu

Je vyvrcholením všeho projektového snažení a jako takové má rovněž své náležitosti, přičemž akceptace výsledků projektu zákazníkem a závěrečná fakturace jsou jen jednou částí. (Svozilová, 2016)

Doležal (2012) zmiňuje sestavení vyhodnocení projektu, kde se porovnává plán se skutečností jako jednu z věcí, které je dobré při ukončení projektu udělat z důvodu zlepšení zkušeností do dalších projektů.

**Obrázek 2: Logický model vztahů v rámci skupin procesů řízení projektu**



Zdroj: Svozilová, 2016

### 3.1.5 Životní cyklus projektu

Životní cyklus projektu je definován jako série fází, které provázejí projekt od jeho počátku do jeho konce. Fáze jsou chápány jako soubor logicky souvisejících aktivit projektu, které vrcholí realizací jednoho či více výstupů. (Mácha, Kopečková, Presová, 2015)

Fiala (2008) doplňuje, že v rámci životního cyklu má každý projekt definován začátek a konec, který prochází různými fázemi. Počet fází se může lišit dle podrobnosti členění, obvykle je jejich počet mezi čtyřmi až osmi.

#### 3.1.5.1 Předprojektová fáze projektu

Předprojektové fáze projektu především prozkoumává proveditelnost daného záměru. Někdy bývá do této fáze zahrnuta i vize, základní myšlenka, že by se nějaký projekt mohl realizovat.

V této fázi se často zpracovávají různé analýzy a studie. Obvykle jsou dva hlavní typy dokumentů této fáze:

- **Studie příležitosti** (*Opportunity Study*) - výsledek je doporučení nebo nedoporučení realizovat zamýšlený projekt, a případné doporučení první podrobnější charakteristika projektu.
- **Studie proveditelnosti** (*Feasibility Study*) – v případě, že se organizace rozhodne, na základě doporučení první studie projekt realizovat, měla by tato studie ukázat nejvhodnější cestu k realizaci projektu a zároveň upřesnit obsah projektu, plánovaný termín zahájení a ukončení projektu, odhadované celkové náklady a odhadované potřebné významné zdroje.

V některých případech bývá zpracován pouze jediný dokument, tzv. **předprojektová úvaha**, která kombinuje výše zmíněné dokumenty. (Doležal, 2012)

Fiala (2008) tuto fázi nazývá jako koncepční. Jedná se o týmovou analýzu problému s vygenerováním možných řešení. Tato fáze by měla vyústit ve studii proveditelnosti, která stanoví cíl, navrhne zásadní postup řešení a zhodnotí požadované zdroje pro dosažení cílů.

#### 3.1.5.2 Zahájení projektu

V případě, že je rozhodnuto projekt realizovat, je nutné projekt řádně zahájit a inicializovat. Zahájení projektu je přesně vymezený proces. V souladu s přecházejícími událostmi je třeba ověřit, případně upřesnit či definovat cíl projektu, požadované výstupy,

základní personální obsazení, kompetence atd. Tyto informace mohou být uvedeny například v zakládací listině projektu, která je poté základním projektovým dokumentem definující základní technicko-organizační parametry projektu. (Doležal, 2012)

### **3.1.5.3 Příprava projektu (plánování)**

V této fázi je již jmenován tým, který má k dispozici konkrétní zadání, které je v dokumentaci, která vznikla dříve (identifikační listinu projektu, logický rámec a další). Sestavený tým podrobně definuje rozsah projektu (např. formou WBS a tabulky dimenzí), vytvoří plán řízení projektu (project management plan), identifikuje činnost k realizaci a vytvoří harmonogram projektu, který je po svém schválení, jakožto výchozí plán, nazýván baseline (platný, aktuální směrný plán projektu, doplněný o případné schválené aktualizace a změny). (Doležal, 2012)

Fiala (2008) tuto fázi nazývá jako fázi návrhu, která spočívá v detailním vyhotovení plánu projektu. Při detailním vyjádření projektu se obvykle používá hierarchická struktura činností. V této fázi je navržen rozpočet a odhadovány peněžní toky, zároveň je ale nutné odhadnout rizikové faktory. Projekt se vytváří vhodným modelem ve formě síťového grafu nebo Ganttova diagramu.

### **3.1.5.4 Realizace projektu**

Zahájení vlastní realizace je vhodné doprovodit setkáním zainteresovaných stran, kde je zrekapitulován plán řízení projektu a jeho harmonogram, zároveň jsou navzájem seznámeni zástupci zúčastněných stran, a především je oznámeno, že fyzická realizace je zahájena. (Doležal, 2012)

Fáze realizace projektu spočívá v řízení a kontrole projektu. Řízení probíhá v reálném čase podle plánu a kontrolují se odchylky od plánu. V případě odchylek v čase, nákladech či kvalitě se přijímají korekční opatření. (Fiala, 2008)

### **3.1.5.5 Ukončení projektu**

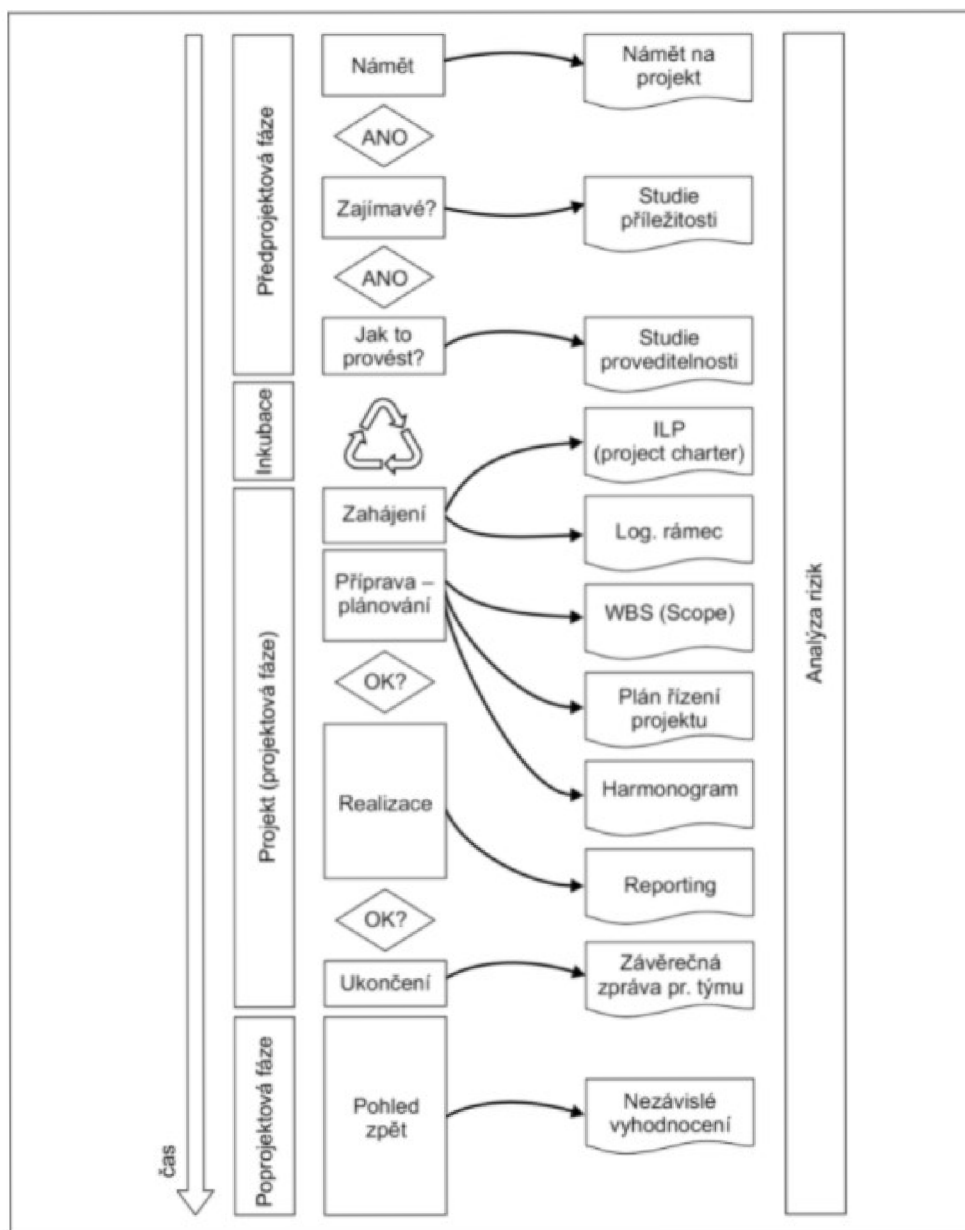
Ve fázi ukončení projektu dochází k fyzickému i protokolárnímu předání výstupů, podpisu akceptačních protokolů, fakturaci apod. Projektový tým zároveň zpracovává i závěrečnou zprávu o projektu, ve které je souhrn zkušeností z realizace projektu a případná doporučení do dalších projektů. Projekt je vyhodnocen projektovým týmem a je možné jej uzavřít a rozpustit projektový tým a ukončit veškeré procesy projektu. (Doležal, 2012)

Mácha, Kopečková, Presová (2015) definují ukončení projektu jako stav, kdy byly splněny všechny naplánované činnosti a odstraněny vady, které byly nalezeny při kontrolách jednotlivých etap. O ukončení projektu se vyhotovuje zápis, který podepisují zástupci všech zúčastněných stran.

#### **3.1.5.6 Poprojektová fáze – po ukončení projektu**

Realizace projektu přináší řadu poznatků a zkušeností, které lze využít v dalších projektech. Je třeba analyzovat celý průběh projektu, určit dobré i špatné zkušenosti. Vyhodnocuje se například jakost subdodavatelů – výsledkem je pak třeba přerušování spolupráce s nevyhovujícími subdodavateli. Vyhodnocení provádí obvykle jiná skupina lidí, než která řídila projekt (respektive obměněná). Je zde důležitá nezávislost perspektivy, aby byl průběh projektu a postup při jeho řízení objektivně posouzen. (Doležal, 2012)

Obrázek 3: Schéma životního cyklu projektu



Zdroj: Doležal, 2012

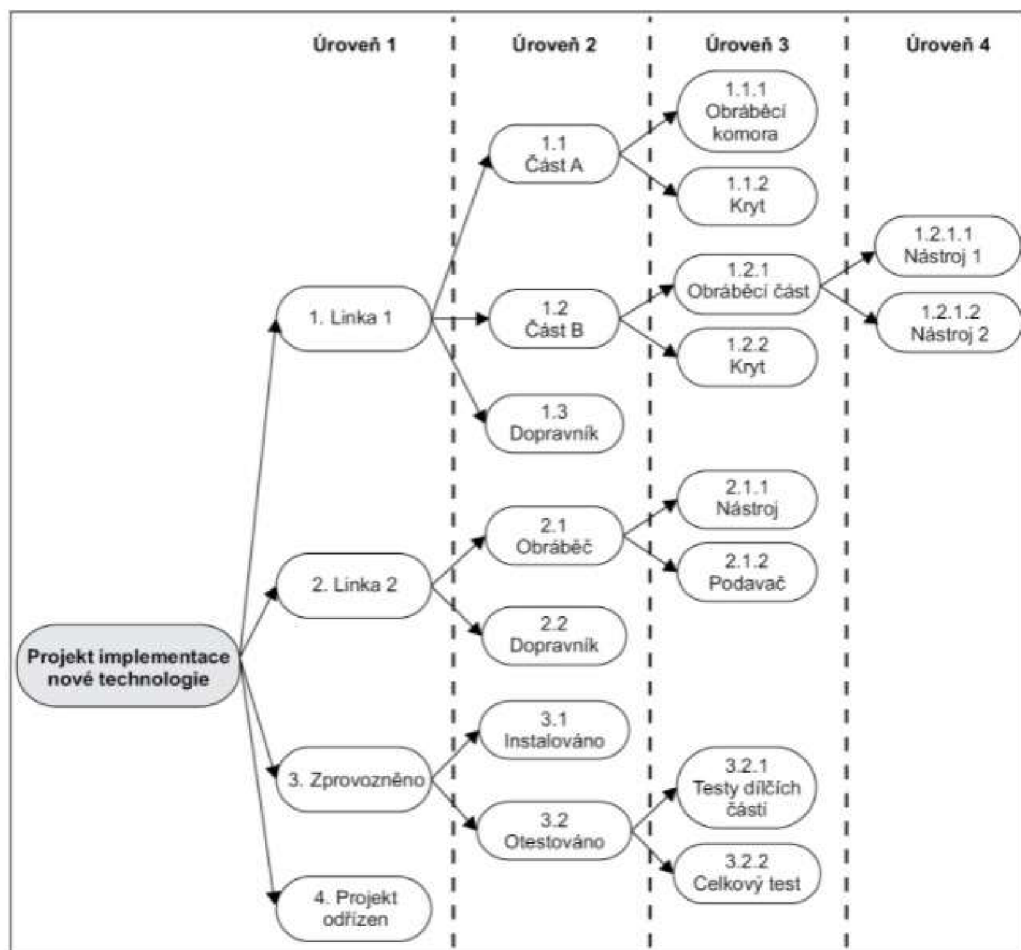
### 3.2 WBS

WBS (work breakdown structure) je struktura rozpadu prací na projektu. WBS zahrnuje výsledky veškeré práce, které jsou na projektu potřeba odvést, aby bylo dosaženo cíle. Pokrývá tedy 100 % věcného rozsahu projektu.

WBS se většinou sestavuje způsobem „shora dolů“, kdy se první úrovni obvykle říká kontrolní balík. Jedná se o rozpad větších kompletních celků do podrobnějších detailů. (Doležal, Krátký a Cingl, 2013)

Křivánek (2019) popisuje sestavení WBS jako základ pro řízení rozsahu projektu, kterému je nutné věnovat extrémní pozornost. Je důležité ji udělat dobře hned napoprvé. Jedná se o strukturovaný rozvrh prací, který vzniká na základě posouzení rozsahu projektu a očekávaných výstupů projektu. Většinou se jedná o hierarchický stromovitý rozklad práce na projektu, kterou musíme na projektu udělat, do jednotlivých činností, o nichž už dokážeme rozhodnout, jak dlouho budou trvat, jaké zdroje budeme pro provádění činnosti potřebovat a kdo bude za činnost zodpovědný. V podstatě jde o podrobný pracovní plán dělby práce.

**Obrázek 4: Ukázka WBS**



Zdroj: Doležal, 2012

### 3.3 Časové plánování

Plánování času v projektu je jedna z klíčových součástí plánování projektu. Plánování času neprobíhá odděleně od ostatních činností, které patří do oblasti plánování, ale tvoří jakýsi podklad pro vše ostatní a je nutné mu věnovat zvýšenou pozornost.

Obvykle se začíná definováním činností určených k realizaci, v návaznosti na WBS projektu s přihlédnutím k případným relevantním omezením nebo podmínkám. Nejedná se o rozpad WBS do další úrovně. Začíná se sestavovat poněkud jiný, kvalitativně odlišný seznam. Při této aktivitě je nutné identifikovat všechny činnosti a úkoly, které bude potřeba provést, aby bylo možné zrealizovat požadované výsledky a dodávky uvedené ve WBS.

Výsledkem procesu řízení činností je obvykle nějaká forma grafického znázornění. (Křivánek, 2019)

#### 3.3.1 Milníky

Podstatnou pomůckou pro řazení činností jsou tzv. milníky. Jedná se o významné události v rámci projektu, které indikují konec nebo zahájení další fáze řízení projektu, etapy realizace, rozhodnutí o výběru jiné varianty, opakování etapy nebo ukončení projektu. Jsou používány i ve smlouvách o dílo, na jejich základě se realizují všechny významnější dodávky pro projekty, slouží k průkaznému vymezení vztahů mezi odběratelem a dodavatelem nebo i pro úvodní plánování projektu. Milníky patří k výčtu činností do síťového grafu. (Křivánek, 2019)

Časový plán milníků zaznamenává klíčové události, nazývaných milníky, na kalendářním úsečkovém diagramu. Milníky lze definovat jako události, které jsou snadno ověřitelné jinými lidmi nebo které musí být před dalším postupem schváleny. (Rosenau, 2007)

#### 3.3.2 Odhadování času

Časový plán pro jakýkoliv projekt vyžaduje znalost (nebo odhad) doby trvání činností nebo úkolů. Častokrát se jedná o projekty, které nikdy nikdo dříve neprováděl, proto časové odhady bývají nepřesné.

Po vytvoření hierarchické struktury činností (WBS) a určení milníků se pro sestavení projektového plánu musí vyhodnotit jejich přesnost. U některých projektů lze využít podobnosti s již dříve realizovanými úkoly, ale mnohé jsou odlišné a je obtížné jejich přesný odhad. Pro časové odhady existují dvě možné metody: metoda PERT a praktická metoda. (Rosenau, 2007)

### 3.3.2.1 Metoda praktického odhadu času

K praktickému odhadu času dochází na základě zkušeností. Vedoucí úkolu a jeden až tři další pracovníci by měli o úkolu diskutovat a dospět k závěru, jak by měl časový odhad vypadat. (Rosenau, 2007)

## 3.4 Metoda PERT

Fiala (2008) uvádí, že tato metoda řeší časovou analýzu projektu. Zjednodušenou verzí této metody je metoda CMP, která používá deterministické ohodnocení činností. U metody PERT se předpokládá, že doby trvání činností jsou náhodné veličiny, které mají  $\beta$ -rozdělení.  $\beta$ -rozdělení má některé výhodné vlastnosti pro modelování dob trvání činností. Toto pravděpodobnostní rozdělení

- má jednotný vrchol, který odpovídá nejpravděpodobnější době trvání činnosti  $m_{ij}$ , je tedy unimodální
- má konečné variační rozpětí (doby trvání se vyskytují v intervalech mezi nejkratší dobou trvání  $a_{ij}$  a nejdelší dobou trvání  $b_{ij}$ )
- je nesymetrické, případně symetrické (záleží na poloze vrcholu uvnitř intervalu vyskytujících se dob trvání činností).

Dle Křivánka (2019) je cílem metody PERT takové uspořádání činností, které by zajistilo dodržení termínu dokončení projektu s dodatečně vysokou pravděpodobností. Základní odlišností od metody kritické cesty je, že doba trvání činnosti není přesně známa, ale je odhadována pouze s určitou pravděpodobností. Tato doba trvání není konstantou, ale náhodnou veličinou s určitým rozdělením pravděpodobnosti. Tato doba je ovlivněna různými nezávislými náhodnými veličinami, jako je počasí, skladba týmu a další. V této metodě se používá pravděpodobnostní rozdělení  $\beta$ . Toto rozdělení je velmi blízké rozdělení normálnímu, je spojitě, jednovrcholové, mírně asymetrické, ale na rozdíl od normálního rozdělení je oboustranně ohraničené.

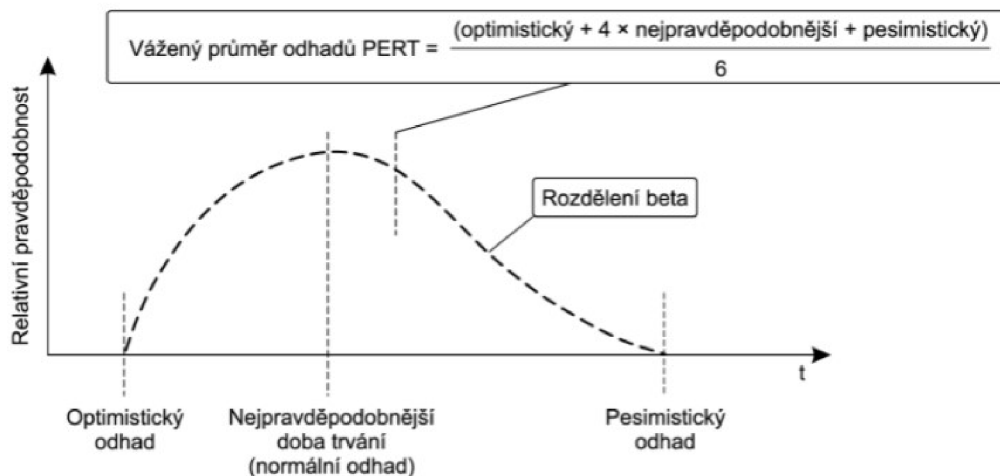
Fiala (2008) definuje dobu trvání každé činnosti  $t_{ij}$  základě tří odhadů, které je nutné získat od odborníků:

- **optimistický odhad**  $a_{ij}$  vychází z předpokladu mimořádně příznivých podmínek pro realizaci činností (i, j),



- **modální odhad**  $m_{ij}$  vychází z předpokladu běžných podmínek pro realizaci činnosti (i, j),
- **pesimistický odhad**  $b_{ij}$  vychází z předpokladu mimořádně nepříznivých podmínek pro realizaci činnosti (i, j).

**Obrázek 5: Beta rozdělení pro metodu PERT**



Zdroj: Doležal, 2016

### 3.4.1 Popis výpočtů metody PERT

Fiala (2008) uvádí, že na základě odhadů dob trvání jednotlivých činností při aplikaci metody PERT je možné odvodit pro náhodnou veličinu doby trvání několik ukazatelů, z nichž několik vzorečků je uvedeno níže:

#### a) Střední hodnota dob trvání činnosti

$$\bar{y}_{ij} = \frac{a_{ij} + 4m_{ij} + b_{ij}}{6} \quad (1)$$

kde:

- $\bar{y}$  je střední hodnota dob trvání činnosti
- $a_{ij}$  je optimistický odhad trvání činnosti
- $m_{ij}$  je modální odhad trvání činnosti
- $b_{ij}$  je pesimistický odhad trvání činnosti

### b) Směrodatná odchylka

$$\sigma_{ij} = \frac{b_{ij} - a_{ij}}{6} \quad (2)$$

kde:

- $\sigma$  je směrodatná odchylka
- $b_{ij}$  je pesimistický odhad trvání činnosti
- $a_{ij}$  je optimistický odhad trvání činnosti

### c) Rozptyl

$$\sigma_{ij}^2 = \left( \frac{b_{ij} - a_{ij}}{6} \right)^2 \quad (3)$$

kde:

- $\sigma^2$  je rozptyl
- $b_{ij}$  je pesimistický odhad trvání činnosti
- $a_{ij}$  je optimistický odhad trvání činnosti

### 3.4.2 Nekritičnost činností

Při aplikaci metody PERT rozlišujeme činnosti kritické a nekritické. Nekritické činnosti jsou ty, které se nenachází na kritické cestě. V případě, že budeme chtít najít pravděpodobnost s jakou by se stala tato činnost stala kritickou, stačí určit pravděpodobnost, že celková rezerva činnosti, která je náhodnou veličinou, bude rovna nebo menší než nula. Jedná se o pravděpodobnost pro jejíž výpočet použijeme vzorec (Doskočil, 2013):

$$P(R_i \leq 0) = F(0) = \Phi \left( \frac{(T_j^1 - T_i^0 - \sigma)}{\sqrt{\sigma^2(T_j^1) + \sigma^2(T_i^0) + \sigma^2}} \right) \quad (4)$$

kde:

- $R_i$  je interferenční rezerva v uzlu
- $T_j^1$  je nejpozději přípustná doba trvání projektu v uzlu
- $T_i^0$  je nejdříve možná doba trvání projektu v uzlu
- $\sigma$  je směrodatná odchylka

- $\sigma^2 T_j^{(1)}$  je rozptyl nejpozději přípustné doby trvání činnosti
- $\sigma^2 T_i^{(0)}$  je rozptyl nejdříve možné doby trvání činnosti
- $\sigma^2$  je rozptyl

### 3.4.3 Délka projektu

Metoda PERT umožňuje provést určitou pravděpodobnostní analýzu projektu. Pravděpodobnost, že projekt bude splněn v čase  $T$ , který nepřekročí plánovaný čas dokončení  $T_p$ , je rovna hodnotě distribuční funkce normálního rozdělení. Platí potom (Fiala, 2008):

$$p(T \leq T_p) = \Phi \left[ \frac{T_p - \bar{T}}{\sigma(T)} \right] \quad (5)$$

kde:

- $T$  je náhodná veličina
- $T_p$  je plánovaný čas dokončení projektu
- $\bar{T}$  je střední hodnota trvání projektu
- $\sigma(T)$  je směrodatná odchylka projektu

## 3.5 Rizika a rezervy

### 3.5.1 Rizika

Obecná definice rizika je uvedena jako jakákoliv nejistota, která, pokud se vyskytne, může ovlivnit jeden nebo více cílů. V rámci projektu je nutné nalézt co nejvíce rizik, porozumět jejich podstatě a správně je popsat. Důležité je do procesu identifikace rizik zapojit co nejvíce zainteresovaných stran projektu. (Korecký a Trkovský, 2011)

Rosenau (2007) definuje riziko jako přirozenou součást každého projektu. Riziko je nutné poznat a snížit na možnou nebo únosnou míru a zbývající riziko je nutné zvládnout. Realizátor musí do projektu vložit přiměřenou dobu rezervy, protože pokud do projektu žádnou nevloží ponese veškerá původní rizika. Naopak pokud do projektu vloží nekonečnou nebo neúměrně velkou rezervu, zadavatel pravděpodobně tento projekt nepřijme.

### 3.5.2 Rezervy

Plány reprezentují budoucnost, kterou nelze předpovídat, proto plány musí obsahovat rezervy pro nepředvídané události. Rezervu lze chápat jako protiváhu rizika. Realizátor projektu, který může do plánu vložit velkou rezervu, ponese velmi malé riziko. Vlastně každá část z plánování by měla mít svoji rezervu. (Rosenau, 2007)

### 3.5.3 Časové rezervy

Fiala (2008) ve své publikaci uvádí několik typů časových rezerv.

**Celková časová rezerva** představuje počet časových jednotek, o který lze nejvýše posunout začátek činnosti oproti termínu nejdříve možného začátku nebo prodloužit dobu trvání oproti termínu nejdříve možného konce, aby se nezměnil termín dokončení projektu  $T_n^{(0)}$

$$RC_{ij} = T_j^{(1)} - T_i^{(0)} - t_{ij} \quad (6)$$

Kromě celkových rezerv jednotlivých činností se pro důkladnější rozbor síťového grafu a pro možnost praktického řízení projektu vypočítávají někdy ještě další druhy rezerv.

**Volná časová rezerva** představuje počet časových jednotek, o kterých lze nejvýše posunout začátek činnosti nebo prodloužit dobu trvání oproti termínu nejdříve možného začátku, aby se nezměnily termíny nejdříve možných začátků všech bezprostředně navazujících činností.

$$RV_{ij} = T_j^{(0)} - T_i^{(0)} - t_{ij} \quad (7)$$

**Závislá časová rezerva** představuje počet časových jednotek, o který lze nejvýše posunout začátek činnosti nebo prodloužit dobu trvání oproti termínu nejpozději přípustného konce všech bezprostředně předcházejících činností, aby se nezměnily termíny nejpozději přípustných začátků všech bezprostředně navazujících činností.

$$RZ_{ij} = T_j^{(1)} - T_i^{(1)} - t_{ij} \quad (8)$$

**Nezávislá časová rezerva** představuje počet časových jednotek, o kterých lze nejvýše posunout začátek činnosti nebo prodloužit dobu trvání, aby se nezměnily termíny

nejpozději přípustných konců činností bezprostředně předcházejících a termíny nejdříve možných začátků činností bezprostředně předcházejících a termíny nejdříve možných začátků činností bezprostředně následujících

$$RN_{ij} = T_j^{(0)} - T_i^{(1)} - t_{ij} \quad (9)$$

Rezerva celková, volná a závislá jsou nezáporné hodnoty. Rezerva nezávislá však může vyjít záporně, proto se počítá podle upraveného vzorce

$$RN'_{ij} = \max(0; RN_{ij}). \quad (10)$$

### 3.6 Síťová analýza

Síťová analýza je soubor modelů a metod, které vycházejí z grafického vyjádření složitých projektů a provádějí analýzu hlediska času, nákladů nebo zdrojů nutných k jejich realizaci. Síťová analýza patří mezi nejčastěji aplikované postupy operačního výzkumu. První pokusy se uskutečnily koncem padesátých let a od té doby prodělala síťová analýza bouřlivý rozvoj. Existují desítky metod a jejich modifikací, které jsou aplikovány v nejrůznějších oblastech lidské činnosti. (Fiala, 2008)

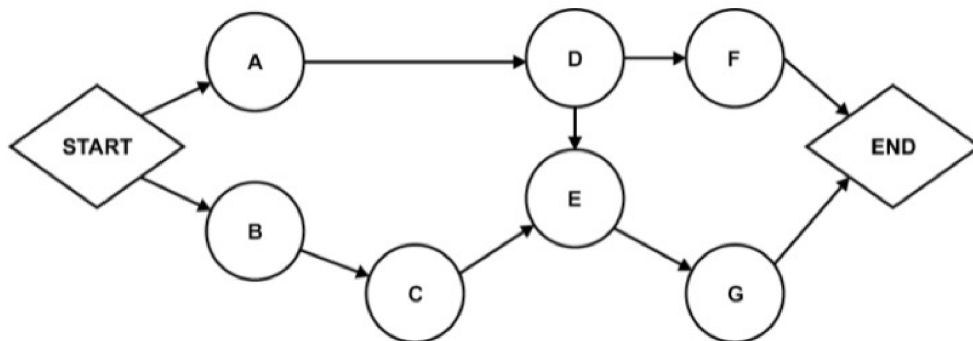
#### 3.6.1 Síťový graf

Síťový graf je jakékoli z několika grafických zobrazení, které navzájem spojují projektové činnosti nebo úkoly a události s cílem zobrazit jejich vzájemné závislosti. Každá činnost nebo událost má vzájemné vazby s předcházejícími, následujícími a souběžnými činnostmi nebo událostmi. (Rosenau, 2007)

Fiala (2008) doplňuje, že síťový graf je matematickým modelem projektu. Podle interpretace základních prvků grafu (tj. uzlů a hran) se rozlišují dvě skupiny modelů – hranově definované a uzlově definované.

Mácha, Kopečková, Presová (2015) síťové grafy vnímají jako metodu pro tvorbu harmonogramu projektu, v němž jsou aktivity reprezentovány formou uzlů, které jsou graficky provázány jednou nebo více logickými vazbami a naznačují sekvenci jednotlivých aktivit projektu.

**Obrázek 6: Síťový graf**



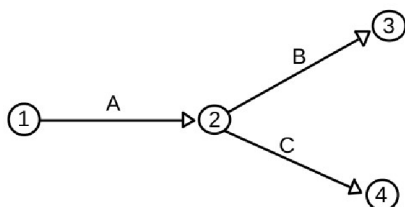
*Zdroj: Kopečková, 2015*

### 3.6.2 Terminologie síťových grafů

Rosenau (2007) zmiňuje tři odborné termíny používané v síťových grafech:

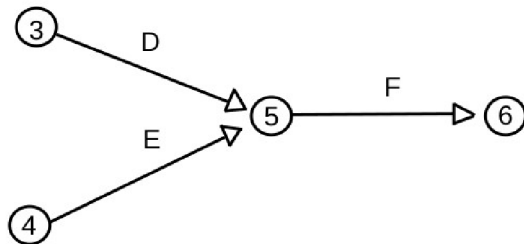
- Dělicí uzel – jde o uzel nebo událost, v nichž dvě nebo více činností může být zahájeno po ukončení předchozí činnosti.
- Slučovací uzel – je uzel nebo událost, v níž dvě nebo více činností musí být ukončeno před zahájením následných činností.
- Fiktivní činnost – ta představuje závislost mezi dvěma činnostmi, která nevyžaduje žádnou konkrétní práci. Fiktivní činnosti se používají k odstranění nejasností, které se objevují v některých síťových grafech zpracovaných pomocí počítače. U některých počítačových programů pro tvorbu síťových grafů se činnost někdy neoznačuje názvem činnosti, ale čísly dvou uzlů.

**Obrázek 7: Dělicí uzel**



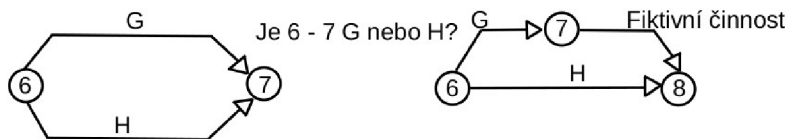
*Zdroj: Rosenau, 2007*

**Obrázek 8: Slučovací uzel**



Zdroj: Rosenau, 2007

**Obrázek 9: Fiktivní činnost**



Zdroj: Rosenau, 2007

### 3.6.3 Hranově definované síťové grafy

Činnosti projektu jsou vyjádřeny orientovanými hranami grafu. Uzly v grafu představují události, začátky a konce činností. Vstup sítě odpovídá začátku projektu a výstup sítě konec projektu. Síťový graf musí správně popisovat závislost jednotlivých činností. Ohodnocení hran představuje údaje o čase, nákladech a zdrojích pro jednotlivé činnosti. (Fiala, 2008)

### 3.6.4 Uzlově definované síťové grafy

U uzlově definovaného síťového grafu znázorňují činnosti projektu uzly obvykle ve tvaru čtyřúhelníku, vazby orientovanými hranami. Ohodnocení uzlů může představovat doby trvání činností. V uzlově definovaném síťovém grafu je možné ohodnotit i vazby činností časovými hodnotami, představujícími minimálně nutné nebo maximálně přípustné časové odstupy mezi událostmi navazujících činností. (Fiala, 2008)

### 3.6.5 Síťové grafy PERT

Síťové grafy PERT vznikly u projektů charakterizovaných nejistou dobu trvání činností. Tento problém se řešil pomocí tří časových odhadů pro každou činnost:

1. Nejpravděpodobnější doba trvání činnosti ( $T_m$ )
2. Optimistická doba trvání činnosti, tj. nejkratší doba, kterou by bylo možno dosáhnout, v 1 procentu ze všech možných provedení této aktivity ( $T_o$ )
3. Pesimistická doba trvání činnosti, tj. doba, která by byla překročena, v 1 procentu ze všech provedení ( $T_p$ )

Tyto tři odhady umožňují výpočet očekávané doby trvání činnosti ( $T_e$ ). Základem tohoto výpočtu, je pravidlo používané v síťových diagramech PERT, a jde vlastně o racionální způsob provádění odhadu. (Rosenau, 2007)

### 3.7 Pravidlo tří sigma

Pravidlo tří sigma patří do normálního (Gaussovo) rozdělení pravděpodobnosti. Normální rozdělení o střední hodnotě  $\mu$  a varianci  $\sigma^2$  zapisujeme  $N(\mu, \sigma^2)$ .

Pravidlo tří sigma známé i jako 3s-kritérium, pravidlo  $3\sigma$  nebo pravidlo 68-95-99,7, říká, že u přibližně normálně rozděleného statistického souboru by se měly téměř všechny relevantní hodnoty nacházet do tří směrodatných od aritmetického průměru.

Přibližný rozptyl měření kolem střední hodnoty se pak pohybuje:

- $\pm \sigma$  je 68,3 % všech případů
- $\pm 2\sigma$  je 95,5 % všech případů
- $\pm 3\sigma$  je 99,7 % všech případů.

Základy statistiky v genetice kvantitativních znaků. [online]. [cit. 7.3.2022] Dostupné z: <http://user.mendelu.cz/urban/vsg3/kvantita/kvant1.html>



## **4 Vlastní práce**

### **4.1 Úvod do projektu**

Projekt řeší rekonstrukci chodníku podél hlavní komunikace v Kutné Hoře a zároveň rekonstrukci veřejného osvětlení. Protože rekonstrukce chodníku je spolufinancována z finančních zdrojů státního rozpočtu formou dotace, byly na jednotlivé akce zpracovány samostatné projektové dokumentace, ale v rámci realizace a výběrového řízení došlo ke sloučení těchto dvou akcí pod názvem „Kutná Hora, Masarykova ulice – rekonstrukce chodníků“, aby bylo možné tyto dva projekty vzájemně koordinovat. Projekt je součástí opatření zaměřeného na zvýšení bezpečnosti nebo plynulosti dopravy nebo opatření ke zpřístupňování dopravy osobám s omezenou schopností pohybu nebo orientace ze Státního fondu dopravní infrastruktury České republiky pro rok 2019 (zkráceně “SFDI”).

V další části se bakalářská práce bude zabývat pouze projektem veřejného osvětlení, na kterém autorka bakalářské práce spolupracovala.

### **4.2 Cíl projektu**

Cílem projektu je zabezpečit zvýšení bezpečnosti dopravy z hlediska správného osvětlení komunikace a zároveň opatření ke zpřístupnění dopravy osobám s omezenou schopností pohybu nebo orientace.

V rámci veřejného osvětlení je zároveň cílem implementace inteligentního osvětlení a začlenění do systému, které si město k tomuto účelu vybralo. Součástí výběrového řízení byly požadavky na svítidla, která je možné regulovat jak v rámci teploty chromatičnosti, tj. barvy osvětlení od bílé (4 000 K) ke žluté (2 200 K) tak i regulace osvětlení v rozsahu 0–100 % jasu v průběhu celé noci. Zároveň by mělo veřejné osvětlení reagovat na aktuální situaci, což znamená, že pokud v průběhu noci dojde ke ztlumení veřejného osvětlení na 50 % a barva světla bude z bílé 4 000 K změněna na žlutou 3 000 K a dojde například k dopravní nehodě, měla by být možnost veřejné osvětlení nastavit zpět na 100 % jasu a 4 000 K, případně podbarvit světlo na domluvenou barvu, například u dopravní nehody by se světlo mělo podbarvit do červené, aby přijíždějícím vozidlům bylo na první pohled zřejmé, že se něco stalo.

## **4.3 Životní cyklus projektu v praxi**

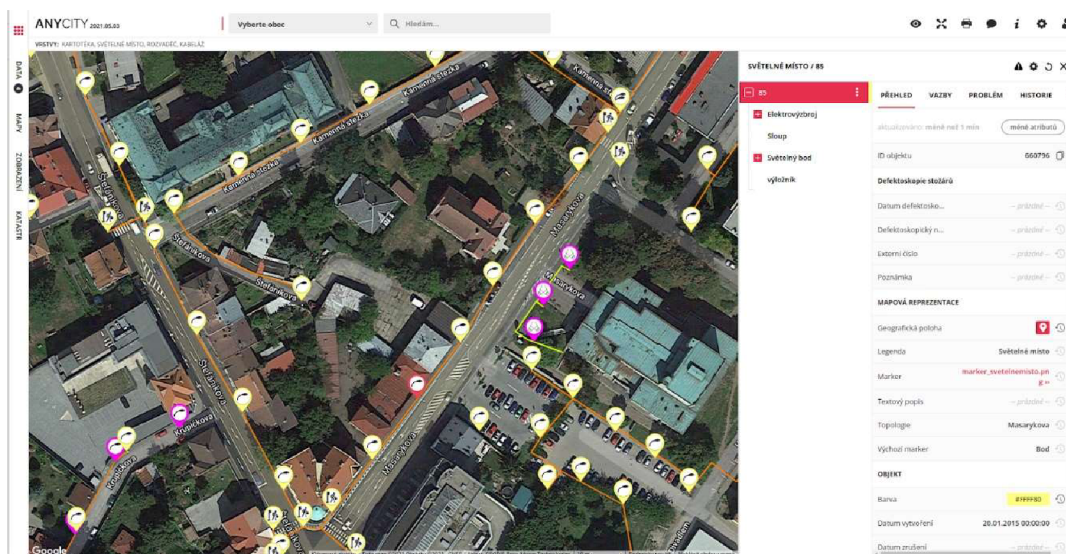
### **4.3.1 Předprojektová fáze projektu**

V rámci předprojektové fáze projektu pro veřejné osvětlení byl zpracován dokument “Záměr modernizace veřejného osvětlení ulice Masarykova”. Tento dokument pracoval již s rozhodnutím, že dojde k rekonstrukci chodníků v této ulici, a proto nebyla zpracována studie příležitosti ani proveditelnosti. Záměr veřejného osvětlení byl zpracován spíše jako podklad ke schválení investice radou města. Součástí dokumentu byly zpracovány jednotlivé požadavky města na osvětlení komunikace, přechodů pro chodce a osvětlení prostoru před Tylovým divadlem, odhad investičních nákladů a technické požadavky na řešení.

Tento dokument zpracoval garant veřejného osvětlení tak, aby požadované řešení bylo součástí systematického budování městské komunikační infrastruktury, jejichž prvky propojí dosud samostatně koncipované oblasti veřejných služeb – hromadnou dopravu a veřejné osvětlení.

Město Kutná Hora dlouhodobě pracuje s GISovou aplikací AnyCity, kde spravuje pasport veřejného osvětlení, generel dopravy, mobiliář a další. Výhodou této aplikace je, že všechny objekty jsou vizualizovány nad mapovým podkladem a pasporty jsou průběžně aktualizovány a udržovány. Projekt je tedy možné plánovat téměř okamžitě, a proto již v průběhu záměru je možné vyřešit otázky, které by se jinak vyskytly v průběhu projektování.

Obrázek 10: Ukázka programu AnyCity



Zdroj: [www.anyplication.com/anycity](http://www.anyplication.com/anycity)

### 4.3.2 Příprava projektu

Příprava projektu, respektive projektové dokumentace, se skládá z několika částí:

- vyjádření k existenci sítí,
- zpracování projektové dokumentace,
- vyjádření dotčených orgánů a zpracování požadavků jednotlivých orgánů do projektu,
- podání projektové dokumentace na stavební úřad a vydání územního rozhodnutí,
- zpracování zadávací dokumentace pro výběrové řízení.

#### 4.3.2.1 Vyjádření k existenci sítí

Tato část by se dala nazvat jako základní kámen projektu. Bez znalosti umístění jednotlivých inženýrských sítí není možné projekt vytvořit. Vše, co vzniklo před zjištěním vedení inženýrských sítí, jsou pouze předběžné návrhy a záměry.

Vyjádření správců sítí zpravidla obsahují informace o střetu s jejich vedením, situační výkres vedení, všeobecné podmínky pro práce v ochranném pásmu, informace o vytyčení sítí a zda je nutné společnosti zasílat zpracovaný projekt jako dotčenému orgánu.

Mezi základní inženýrské sítě patří vodovody a kanalizace, plyn, elektrická energie, telekomunikační sítě, případně další, které stavební úřad vyžaduje k podání žádosti o stavební povolení.

#### **4.3.2.2 Zpracování projektové dokumentace**

Po získání všech podkladů se může přejít k samotnému zpracování projektové dokumentace. Rozlišujeme, zda se jedná o novou instalaci nebo o rekonstrukci. V případě tohoto projektu se jednalo o rekonstrukci, a proto bylo žádoucí zachovat stávající trasu, a protože rozteč neboli vzdálenost od sloupu ke sloupu byla vyhovující, byly zachovány stávající pozice stožárů. V rámci rekonstrukce došlo ke kompletní výměně kabelového vedení, stožárů, výložníků, elektrovýzbroje a svítidel.

V obou případech projektu, tedy při nové instalaci i rekonstrukci, je nutné si hlídat pozemky, na kterých je vedení umístěno. Pokud vedení zasahuje do cizího pozemku a není možné jej vést přes pozemky ve vlastnictví investora, je nutné řešit souhlas se stavbou a podmínky, za jakých je možné do pozemku zasáhnout. Typickým příkladem jsou komunikace ve vlastnictví Ředitelství silnic a dálnic, kdy komunikace je jejich vlastnictvím, ale přechod pro chodce a jeho osvětlení je v kompetenci města. Pokud se tedy pod komunikací dělá například protlak, kam se ve chrániče umístí kabelové vedení, musí se v tomto případě uzavřít Smlouva o smlouvě budoucí o zřízení věcného břemene – služebnosti a následně Smlouva o zřízení věcného břemene – služebnosti.

Dále je nutné zvážit, zda projektová dokumentace bude zpracována ve stupni pro územní souhlas anebo územní rozhodnutí.

#### **Územní souhlas vs. územní rozhodnutí**

Zásadním rozdílem je, že v rámci vydání územního souhlasu se zajišťují souhlasy vlastníků sousedních pozemků, u nichž je vedení do 2 metrů od hranice pozemků. Tyto souhlasy je nutné doložit na stavební úřad spolu se žádostí o územní souhlas. Naopak u územního rozhodnutí je na úřední desce města vyvěšena informace o projektu a kdokoliv z řad občanů se k záměru může vyjádřit.

V případě projektu rekonstrukce veřejného osvětlení v Kutné Hoře se kvůli velkému množství sousedních pozemků a četným výkopovým pracím zvolil stupeň dokumentace pro územní rozhodnutí.

Dále je možné přistoupit k samotnému projektování, to znamená zpracování technické zprávy a jednotlivých výkresů. Ačkoliv předběžný návrh řešení byl zpracován již na počátku v dokumentu “Záměr modernizace veřejného osvětlení ulice Masarykova”, je v této fázi extrémně důležitá komunikace investora s projektantem.

Na počátku projektu musí investor stanovit projektový tým, který projekt bude koordinovat. V případě projektu, který je v bakalářské práci řešen, byl ve věcech řešení technických záležitostí pověřen odbor technický a ve věcech finančních pak odbor investiční.

V případě projektové dokumentace k veřejnému osvětlení byl používán program AnyCity, kam projektant průběžně ukládal veškerou dokumentaci a projektový tým mohl průběžně práce kontrolovat a připomínkovat. Díky tomu se v průběhu zpracování předešlo mnohým nedorozuměním a četným mnohým zásahům do projektu. Například v tomto případě došlo v průběhu k přidání dalších světelných míst do projektu, aby byl projekt připraven pro celou část hlavní komunikace ve městě.

Pokud dojde k finálnímu odsouhlasení zpracované technické zprávy a jednotlivých výkresů celým realizačním týmem, je možné přistoupit k další části.

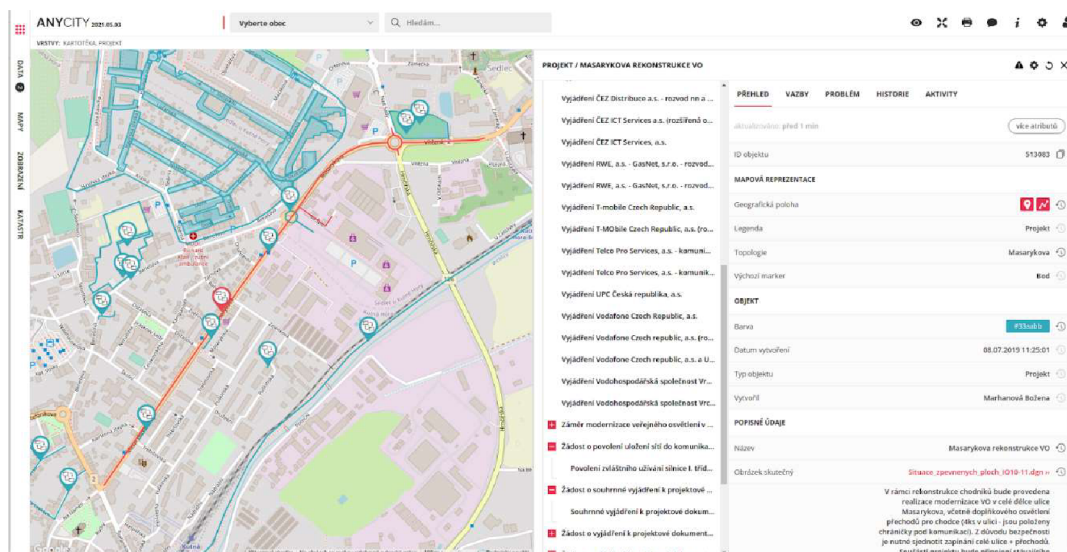
#### **4.3.2.3 Vyjádření dotčených orgánů**

Poslední částí před podáním odsouhlasené projektové dokumentace na stavební úřad je vyjádření dotčených orgánů. Přednostně se jedná o vyjádření vlastníků inženýrských sítí, životního prostředí, koordinované stanovisko napříč odbory na městském úřadě, Policie České republiky, vyjádření vlastníků jednotlivých pozemků a dalších, které stavební úřad vyžaduje.

V této části je nutné počítat s časovou rezervou, protože ne vždy projekt dostane souhlasné stanovisko napoprvé. Zároveň je nutné počítat s tím, že se ve vyjádření k projektové dokumentaci mohou vyskytnout podmínky, které je nutné do projektu zpracovat.

I v této fázi byla využita GISová aplikace, která kromě plánování jednotlivých projektů umožňuje i ukládání příslušných dokumentů k vybranému projektu / objektu. Díky přístupu projektanta a realizačního týmu nebylo nutné si jednotlivá vyjádření složitě přeposílat e-mailem nebo je složitě dohledávat. Velkou výhodou je i to, že dokumenty jsou uloženy na jednom místě a projekt je vizualizovaný nad mapovým podkladem, odpadá tedy složitě hledání ve stovkách sdílených složek.

**Obrázek 11: Ukázka programu AnyCity**



Zdroj: [www.anyapplication.com/anycity](http://www.anyapplication.com/anycity)

#### 4.3.2.4 Územní rozhodnutí

Územní rozhodnutí vydává stavební úřad. Stavební úřad kontroluje, zda byly doloženy všechny dokumenty a zapracovány všechny podmínky vlastníků inženýrských sítí, dotčených orgánů i požadavky stavebního úřadu.

V případě nedostatků je stavební řízení pozastaveno a investor, případně projektant, je vyzván k doplnění.

#### 4.3.2.5 Výběrové řízení

Výběrové řízení je poslední fáze před samotnou realizací a řídí se zákonem o zadávání veřejných zakázek č. 134/2016 Sb.

Pro zpracování zadávací dokumentace a samotného výběrového řízení musí být jmenována odpovědná osoba, která má výběrové řízení jako celek na starosti. Zpracováním zadávací dokumentace by měla být pověřena osoba nebo firma, která se touto problematikou zabývá.

Opět je zde důležitá komunikace mezi zpracovatelem zadávací dokumentace, investorem i projektantem, neboť se zde sbíhají dvě základní věci, a to formální zpracování a technické požadavky na zařízení. Odborník na zadávání veřejných zakázek nemůže

technicky pojmout všechny směry, na které se zadávací dokumentace zpracovává, proto je tu extrémně důležitá spolupráce těchto složek.

Bohužel v praxi ve většině případů veřejných zakázek k této spolupráci nedochází, protože se klade důraz na nejnižší cenu a kvalita dodaného zboží nebo soulad s projektovou dokumentací jsou až na posledních příčkách. Častokrát dochází k tomu, že dodané zařízení neodpovídá předepsaným hodnotám a přijde se na to až při uvedení do provozu, kde není prostor pro další předělání a dodavatelům to častokrát prochází, ačkoliv v dokumentech, které podávali v rámci výběrového řízení, lhali.

Výsledkem výběrového řízení by mělo být vybrání konkrétní realizační firmy, která nabízí zařízení, které vyhovuje všem technickým požadavkům a zároveň nabízí nejvýhodnější cenu. S vítězem se poté uzavírá smlouva o dílo, kde jsou definovány podmínky spolupráce.

### **4.3.3 Realizace díla**

K realizaci díla dochází po podpisu smlouvy o dílo. Standardně dochází k oficiálnímu předání staveniště, o kterém je sepsán záznam do stavebního deníku. Než dojde k zahájení výkopových prací, je nutné zajistit souhlas s pracemi v ochranných pásmech inženýrských sítí a požádat o vytyčení těch, které se ve staveništi nacházejí. Zároveň dochází k nákupu materiálu a plánování konkrétních kroků v rámci realizace.

Dodavatel je povinen všechny kroky zapisovat do stavebního deníku. Stavební deník je písemný záznam o průběhu prací na prováděné stavbě. Deník obsahuje originální listy a zpravidla dvě kopie. Má číslované stránky a nesmí v něm být vynechána volná místa. Stavební deník lze vést také elektronicky, pokud všichni zúčastnění mají elektronický podpis.

Součástí realizace jsou kontrolní dny, kterých se účastní realizační firma a kontrolní výbor, který je tvořen odborným dozorem, zástupcem objednatele, případně i odborným garantem pro technické zařízení. Kontrolní dny jsou obvykle jedenkrát do týdne. Řeší se zde problémy, které se vyskytnou v průběhu realizace a se kterými projekt nepočítal, zároveň se dokumentuje provedená práce. Z každého kontrolního dne je pořízen zápis.

Konkrétně při realizaci veřejného osvětlení, které je předmětem této bakalářské práce, došlo ke zjištění, že jeden ze sloupů světelné signalizaci je umístěn na plynovém vedení, bohužel v minulosti při realizaci světelné signalizace došlo k chybě, která tak zkomplikovala stavbu veřejného osvětlení a plynáři trvali na předělání. V tomto případě se jednalo o velkou komplikaci jak z finanční, tak realizační stránky. Samozřejmě to nebyl

jediný problém, který v průběhu nastal. Dle zkušeností autorky bakalářské práce i realizačního týmu projektu se toto stává u každého projektu. Žádný z projektantů není schopen předpokládat všechny situace, které mohou během stavby nastat.

V celém průběhu realizace je opět extrémně důležitá spolupráce realizačního a kontrolního týmu, projektanta a realizační firmy.

#### **4.3.4 Ukončení projektu**

Po dokončení stavby dochází k oficiálnímu předání objednavateli, o čemž je sepsán záznam.

Například u veřejného osvětlení dochází ještě ke zkušebnímu provozu, aby byly případné závady odhaleny ještě před oficiální předáním. Součástí předání je i předvedení provozu a funkcionality stavby, kde dochází ke kontrole, zda dodané zboží splňuje parametry, které jsou předepsány projektem.

Další fází ukončení projektu je kolaudace. Dokončenou stavbu, nebo část stavby schopnou samostatného užívání, lze užívat pouze na základě kolaudačního souhlasu nebo kolaudačního rozhodnutí. Stavebník je povinen zajistit všechny zkoušky a měření předepsané zvláštními právními předpisy před započítáním užívání stavby. Kolaudační souhlas nebo kolaudační rozhodnutí vydává stavební úřad, který vydal povolení stavby. Stavebník předloží stavebnímu úřadu spolu se žádostí o vydání kolaudačního souhlasu údaje určující polohu definičního bodu stavby a adresního místa, dokumentaci skutečného provedení stavby, pokud při jejím provádění došlo k nepodstatným odchylkám oproti ověřené dokumentaci nebo ověřenou projektovou dokumentaci. Jde-li o stavbu technické nebo dopravní infrastruktury, předloží dokumentaci geodetické části skutečného provedení stavby.

Zákon o územním plánování a stavebním úřadu 183/2006 Sb. [online]. [cit. 22.1.2022]

Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-183>

Posledním krokem v případě projektu veřejného osvětlení, který je předmětem této bakalářské práce, je zařazení do evidence majetku města.



#### 4.3.5 WBS

**Tabulka 1: Hierarchická struktura činností rekonstrukce veřejného osvětlení**

Označení z WBS	Popis činností
<b>1</b>	<b>Předprojektová fáze</b>
1.1	Sběr dokumentů a požadavků objednatele
1.2	Příprava studie proveditelnosti / záměru
1.3	Schvalovací proces – objednatel
<b>2</b>	<b>Příprava projektu</b>
2.1	Sběr dokumentů – požadavky objednatele, existence sítí
2.2	Příprava projektové dokumentace – technická zpráva, situace, technické požadavky
2.3	Schválení projektu objednatelem
2.4	Zajištění vyjádření dotčených orgánů
2.5	Zpracování požadavků dotčených orgánů
2.6	Podání projektové dokumentace na stavební úřad
2.7	Vydání stavebního povolení
2.8	Výběrové řízení – zpracování zadávací dokumentace
2.9	Výběrové řízení
2.10	Vyhodnocení výběrového řízení
2.11	Podpis smlouvy o dílo s výhercem výběrového řízení
<b>3</b>	<b>Realizace projektu</b>
3.1	Předání stavby
3.2	Vyřízení dokumentů – souhlas s pracemi v ochranných pásmech, věcná břemena
3.3	Objednání materiálu
3.4	Vytyčení sítí na staveništi
3.5	Zahájení výkopových prací
3.6	Instalace kabelového vedení včetně chrániček, stožárů, svorkovnic, výložníků a svítidel
3.7	Demontáž a následná instalace spínacího bodu (rozvaděče)
3.8	Zkušební provoz nového veřejného osvětlení
3.9	Demontáž stávajícího veřejného osvětlení
3.10	Revize
<b>4</b>	<b>Ukončení projektu</b>
4.1	Geodetické zaměření stavby
4.2	Předání stavby investorovi
4.3	Kolaudace
4.4	Zařazení majetku do evidence města

*Zdroj: vlastní zpracování*

V tabulce 2 jsou vyobrazeny posloupnosti jednotlivých činností, které jsou navázány na WBS strukturu, která je přílohou I této bakalářské práce.

**Tabulka 2: Stanovení posloupností činností**

Označení z WBS	Označení činností	Popis činností	Bezprostředně předcházející činnosti
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>Předprojektová fáze</b>	
1.1	A	Sběr dokumentů a požadavků objednatele	
1.2	B	Příprava studie proveditelnosti / záměru	A
1.3	C	Schvalovací proces – objednatel	B
<b>2</b>	<b>2</b>	<b>Příprava projektu</b>	
2.1	Č	Sběr dokumentů – požadavky objednatele, existence sítí	C
2.2	D	Příprava projektové dokumentace – technická zpráva, situace, technické požadavky	Č
2.3	E	Schválení projektu objednatelem	D
2.4	F	Zajištění vyjádření dotčených orgánů	E
2.5	G	Zpracování požadavků dotčených orgánů	F
2.6	H	Podání projektové dokumentace na stavební úřad	G
2.7	CH	Vydání stavebního povolení	H
2.8	I	Výběrové řízení – zpracování zadávací dokumentace	CH
2.9	J	Výběrové řízení	I
2.10	K	Vyhodnocení výběrového řízení	J
2.11	L	Podpis smlouvy o dílo s výhercem výběrového řízení	K
<b>3</b>	<b>3</b>	<b>Realizace projektu</b>	
3.1	M	Předání stavby	L
3.2	N	Vyřízení dokumentů – souhlas s pracemi v ochranných pásmech, věcná břemena	L
3.3	O	Objednání materiálu	L
3.4	P	Vytyčení sítí na staveništi	M
3.5	Q	Zahájení výkopových prací	N, P
3.6	R	Instalace kabelového vedení včetně chrániček, stožárů, svorkovnic, výložníků a svítidel	O, Q
3.7	S	Demontáž a následná instalace spínacího bodu (rozvaděče)	R

3.8	Š	Zkušební provoz nového veřejného osvětlení	S
3.9	T	Demontáž stávajícího veřejného osvětlení	Š
3.10	U	Revize	T
4	4	<b>Ukončení projektu</b>	
4.1	V	Geodetické zaměření stavby	U
4.2	W	Předání stavby investorovi	V
4.3	X	Kolaudace	W
4.4	Y	Zařazení majetku do evidence města	X

*Zdroj: vlastní zpracování*

Posloupnost činností v Tabulce 2 byla konzultována s pověřenými pracovníky jako jsou pracovníci městského úřadu a projektanti. Uvedená posloupnost odráží skutečnost, jak byly jednotlivé činnosti v projektu prováděny a plánovány. Je zřejmé, že nedochází k paralelnímu zpracování činností, a proto je délka projektu vysoká.

Ze zkušenosti autorky bakalářské práce je možné navrhnout několik úprav v projekční části, které by dobu zpracování projektu zkrátily. Například se jedná o činnosti Č a D, kdy projektant může zpracovávat výkres a technickou zprávu i bez kompletní znalosti inženýrských sítí, případně je možné více zapojit technické mapy nebo podklady z GISových aplikací, kde mohou být zakresleny a udržovány inženýrské sítě, které jsou v místních komunikacích uloženy. Dále se jedná o činnost CH a I, kdy proces vydání stavebního povolení může běžet, zatímco je zpracována dokumentace pro výběrové řízení. Ve chvíli, kdy stavební úřad toto povolení vydá může být okamžitě spuštěno výběrové řízení bez další prodlevy.

V Tabulce číslo 3 je výše uvedený návrh vyobrazen, posloupnost v realizační část je zachována.

**Tabulka 3: Návrh zkrácení doby zpracování v projekční části**

Označení z WBS	Označení činností	Popis činností	Bezprostředně předcházející činnosti
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>Předprojektová fáze</b>	
1.1	A	Sběr dokumentů a požadavků objednatele	
1.2	B	Příprava studie proveditelnosti / záměru	A
1.3	C	Schvalovací proces – objednatel	B

<b>2</b>	<b>2</b>	<b>Příprava projektu</b>	
2.1	Č	Sběr dokumentů – požadavky objednatel, existence sítí	C
2.2	D	Příprava projektové dokumentace – technická zpráva, situace, technické požadavky	C
2.3	E	Schválení projektu objednatelem	D
2.4	F	Zajištění vyjádření dotčených orgánů	E
2.5	G	Zpracování požadavků dotčených orgánů	F
2.6	H	Podání projektové dokumentace na stavební úřad	G
2.7	CH	Vydání stavebního povolení	H
2.8	I	Výběrové řízení – zpracování zadávací dokumentace	G
2.9	J	Výběrové řízení	CH
2.10	K	Vyhodnocení výběrového řízení	J
2.11	L	Podpis smlouvy o dílo s výhercem výběrového řízení	K
<b>3</b>	<b>3</b>	<b>Realizace projektu</b>	
3.1	M	Předání stavby	L
3.2	N	Vyřízení dokumentů – souhlas s pracemi v ochranných pásmech, věcná břemena	L
3.3	O	Objednání materiálu	L
3.4	P	Vytyčení sítí na staveništi	M
3.5	Q	Zahájení výkopových prací	N, P
3.6	R	Instalace kabelového vedení včetně chrániček, stožárů, svorkovnic, výložníků a svítidel	O, Q
3.7	S	Demontáž a následná instalace spínacího bodu (rozvaděče)	R
3.8	Š	Zkušební provoz nového veřejného osvětlení	S
3.9	T	Demontáž stávajícího veřejného osvětlení	Š
3.10	U	Revize	T
<b>4</b>	<b>4</b>	<b>Ukončení projektu</b>	
4.1	V	Geodetické zaměření stavby	U
4.2	W	Předání stavby investorovy	V
4.3	X	Kolaudace	W
4.4	Y	Zařazení majetku do evidence města	X

*Zdroj: vlastní zpracování*

## 4.4 Časová analýza projektu

### 4.4.1 Aplikace metody PERT

Projekt, kterým se tato bakalářská práce zabývá, je stále v realizaci. Odhady dob trvání byly částečně odhadnuty na základě předešlých projektů ve spolupráci s projektantem a odpovědnými osobami z městského úřadu, tedy ze strany objednatele, kteří mají s podobnými projekty zkušenosti. Částečně je pak modální odhad doby trvání založen na základě skutečnosti.

Pro každou činnost byl určen optimistický odhad ( $a$ ), modální odhad ( $m$ ) a pesimistický odhad ( $b$ ) doby trvání. V části předprojektové fáze a tvorby projektové dokumentace je v optimistickém odhadu počítáno s větším zapojením GISových aplikací, které sice už u tohoto projektu byly využívány, ale ne v plném rozsahu.

Všechny tyto údaje jsou brány v jednotce den. V tabulce 4 jsou také uvedeny výpočty středních dob trvání ( $\bar{y}$ ) dle vzorečku (1), směrodatné odchylky ( $\sigma_{ij}$ ) dle vzorečku (2) a rozptyl ( $\sigma_{ij}^2$ ) dle vzorečku (3) všech činností.

**Tabulka 4: Odhady dob trvání, střední doba trvání, směrodatná odchylka a rozptyl**

Označení činností	Popis činností	Odhad trvání činnosti			Výpočty		
		$a$	$m$	$b$	$\bar{y}$	$\sigma$	$\sigma^2$
A	Sběr dokumentů a požadavků objednatele	2	4	6	4	0,67	0,44
B	Příprava studie proveditelnosti / záměru	10	20	30	20	3,33	11,11
C	Schvalovací proces – objednatel	10	20	30	20	3,33	11,11
Č	Sběr dokumentů – požadavky objednatele, existence sítí	15	30	45	30	5	25
D	Příprava projektové dokumentace – technická zpráva, situace, technické požadavky	10	20	30	20	3,33	11,11
E	Schválení projektu objednatelem	2	4	6	4	0,67	0,44
F	Zajištění vyjádření dotčených orgánů	15	30	45	30	5	25
G	Zpracování požadavků dotčených orgánů	10	20	30	20	3,33	11,11
H	Podání projektové dokumentace na stavební úřad	1	5	10	5,17	1,50	2,25
CH	Vydání stavebního povolení	15	30	45	30	5	25
I	Výběrové řízení – zpracování zadávací dokumentace	15	30	45	30	5	25

J	Výběrové řízení	15	20	25	20	1,67	2,78
K	Vyhodnocení výběrového řízení	2	4	6	4	0,67	0,44
L	Podpis smlouvy o dílo s výhercem výběrového řízení	1	5	10	5,17	1,50	2,25
M	Předání stavby	1	1	1	1	0	0
N	Vyřízení dokumentů – souhlas s pracemi v ochranných pásmech, věčná břemena	15	30	45	30	5	25
O	Objednání materiálu	30	60	90	60	10	100
P	Vytyčení sítí na staveništi	10	20	30	20	3,33	11,11
Q	Zahájení výkopových prací	30	40	50	40	3,33	11,11
R	Instalace kabelového vedení včetně chrániček, stožárů, svorkovnic, výložníků a svítidel	40	50	60	50	3,33	11,11
S	Demontáž a následná instalace spínacího bodu (rozvaděče)	1	3	5	3	0,67	0,44
Š	Zkušební provoz nového veřejného osvětlení	15	30	45	30	5	25
T	Demontáž stávajícího veřejného osvětlení	10	20	30	20	3,33	11,11
U	Revize	1	2	3	2	0,33	0,11
V	Geodetické zaměření stavby	1	3	5	3	0,67	0,44
W	Předání stavby investorovi	1	3	5	3	0,67	0,44
X	Kolaudace	10	20	30	20	3,33	11,11
Y	Zařazení majetku do evidence města	1	3	5	3	0,67	0,44

Zdroj: vlastní zpracování

#### 4.4.2 Kritická cesta

Pro určení kritické cesty je nutné určit nejdříve možné začátky  $T_i^{(0)}$  a nejpozději přípustné konce  $T_j^{(1)}$  všech činností. Zároveň jsou počítány rozptyly začátků  $\sigma^2 T_i^{(0)}$  a konců  $\sigma^2 T_j^{(1)}$  těchto činností. Tyto hodnoty znázorňuje Tabulka 5 a síťový graf PERT, který je přílohou II této bakalářské práce.

Tabulka 5: Výpočet časových údajů o začátcích a koncích činností a jejich rozptyly

Označení uzlů	Označení činností	Předcházející činnosti	Střední hodnota	$T_i^{(0)}$	$T_j^{(1)}$	$\sigma^2 T_i^{(0)}$	$\sigma^2 T_j^{(1)}$
1				0	0	0	302,13
2	A		4	4	4	0,44	301,69

3	B	A	20	24	24	11,55	290,58
4	C	B	20	44	44	22,66	279,47
5	Č	C	30	74	74	47,66	254,47
6	D	Č	20	94	94	58,77	243,36
7	E	D	4	98	98	59,21	242,92
8	F	E	30	128	128	84,21	217,92
9	G	F	20	148	148	95,32	206,81
10	H	G	5,17	153,17	153,17	97,57	204,56
11	CH	H	30	183,17	183,17	122,57	179,56
12	I	CH	30	213,17	213,17	147,57	154,56
13	J	I	20	233,17	233,17	150,35	151,78
14	K	J	4	237,17	237,17	150,79	151,34
15	L	K	5,17	242,34	242,34	153,04	149,09
16	M	L	1	243,34	243,34	153,04	82,42
17	N	L	30	272,34	303,34	178,04	60,2
18	O	L	60	302,34	353,34	253,04	49,09
19	P	M	20	263,34	263,34	164,15	71,31
20	Q	N, P	40	303,34	303,34	178,04	60,2
21	R	O, Q	50	353,34	353,34	253,04	49,09
22	S	R	3	356,34	356,34	253,48	48,65
23	Š	S	30	386,34	386,34	278,48	23,65
24	T	Š	20	406,34	406,34	289,59	12,54
25	U	T	2	408,34	408,34	289,7	12,43
26	V	U	3	411,34	411,34	290,14	11,99
27	W	V	3	414,34	414,34	290,58	11,55
28	X	W	20	434,34	434,34	301,69	0,44
29	Y	X	3	437,34	437,34	302,13	0

*Zdroj: vlastní zpracování*

Na základě výše uvedených údajů jsou v Tabulce 6 vypočteny údaje o časové rezervě každé z činností. Pravděpodobná kritická cesta je graficky znázorněna jako síťový graf v příloze II této bakalářské práce.

**Tabulka 6: Časové rezervy**

Označení činností	Časová rezerva
	$R_{cij} = T_j^{(l)} - T_i^{(0)}$
A	0
B	0
C	0
Č	0
D	0
E	0
F	0
G	0
H	0
CH	0
I	0
J	0
K	0
L	0
M	0
N	<b>31</b>
O	<b>51</b>
P	0
Q	0
R	0
S	0
Š	0
T	0
U	0
V	0
W	0
X	0
Y	0

*Zdroj: vlastní zpracování*

Díky výpočtům časových rezerv jednotlivých činností můžeme určit pravděpodobnou kritickou cestu, která bude procházet činnostmi: A, B, C, Č, D, E, F, G, H, CH, I, J, K, L, M, P, Q, R, S, Š, T, U, V, W, X, Y. Jedná se o činnosti, které mají nulovou časovou



rezervu. Tyto činnosti představují pro projekt největší riziko, protože pokud by došlo ke zpoždění některé z těchto činností, dojde ke zpoždění celého projektu. Ostatní, které mají časovou rezervu větší než nula, tedy činnosti N, O neleží na kritické cestě a jedná se o takzvané nekritické činnosti.

Činnost N může mít posunutý nejdříve možný začátek činnosti o 31 jednotek a činnost O o 51 jednotek. Pokud by došlo k vyčerpání celkové rezervy, z nekritické činnosti by se stala kritická.

#### 4.4.3 Nekritické činnosti

Pokud dojde k vyčerpání časových rezerv u nekritických činností, dojde k jejich překlopení na činnosti kritické. Níže je vypočtena pravděpodobnost, s jakou by k tomuto překlopení mohlo dojít. K výpočtu byly použity hodnoty z Tabulky 4 a z Tabulky 5, kde jsou vypočítány rozptyly všech činností a rozptyly nejdříve možných začátků a nejpozději přípustných konců činností.

Pravděpodobnost byla spočítána podle vzorce (4) a distribuční hodnota byla dohledána ve statistických tabulkách.

**Tabulka 7: Pravděpodobnost kritičnosti činností**

Činnost	$T_i^{(0)}$	$T_j^{(1)}$	$\sigma$	$\sigma^2 T_i^{(0)}$	$\sigma^2 T_j^{(1)}$	$\sigma^2$	$\Phi(u)$	$P$
<b>N</b>	272,34	303,34	5	178,04	60,2	25	1,6025	0,93
<b>O</b>	302,34	353,34	10	253,04	49,09	100	2,0446	0,98

*Zdroj: vlastní zpracování*

Tabulka 7 ukazuje pravděpodobnost, kdy se z nekritických činností mohou stát činnosti kritické. Dle vypočtených hodnot je zřejmé, že tato pravděpodobnost je velmi vysoká, a to u činnosti N 93 % a u činnosti O 98 %.

#### 4.4.4 Délka trvání projektu

Doba trvání projektu  $T_c$  je čas, ve kterém by měl být projekt dokončen s pravděpodobností 0,5. Zároveň pravděpodobnost, že doba trvání projektu bude vyšší je rovna 0,5.

Délka doby trvání projektu vychází ze součtu středních dob trvání činností, které leží na pravděpodobné kritické cestě.

Pravděpodobná kritická cesta v našem projektu prochází činnostmi A, B, C, Č, D, E, F, G, H, CH, I, J, K, L, M, P, Q, R, S, Š, T, U, V, W, X, Y, tedy délka trvání projektu je:

$$T_e = 477 \text{ dní}$$

Součet rozptylů kritických činností je 235,5 a směrodatná odchylka je 15,35 dne, což je 3,22 % očekávané doby trvání rekonstrukce. Čím nižší je směrodatná odchylka, tím stabilnější je pak pravděpodobná kritická cesta, neboť rozdíl mezi kratší a delší variantou bude pak menší, a tedy bude přesnější určení doby trvání projektu.

Požadavek investora na zhotovení celého projektu je 17 měsíců, tedy 486 dní. Do tohoto termínu jsou započítána i pravděpodobná zdržení v rámci nepříznivých podmínek pro realizaci stavby. Pokud tedy 486 dní určíme jako očekávanou dobu trvání, můžeme spočítat, s jakou pravděpodobností bude projekt za tuto dobu dokončen.

**Tabulka 8: Pravděpodobnost délky trvání projektu**

$T_p$	$T_e$	$\sigma (T)$	$(T_p - T_e) / \sigma (T)$	$P$
486	477	15,35	0,586	0,73

*Zdroj: vlastní zpracování*

Z výše uvedené Tabulky 8 vyplývá, že projekt bude dokončen za 486 dní s pravděpodobností rovnou 73 %. Tato pravděpodobnost je poměrně vysoká, ale stále je nutné počítat s možným zdržením v rámci nepříznivého počasí.

#### 4.4.5 Pravidlo tří sigma

Jako další možnost určení pravděpodobnosti dokončení je možno použít pravidlo tří sigma, které říká, že u přibližně normálně rozděleného statistického souboru by se měly téměř všechny relevantní hodnoty nacházet do tří směrodatných odchylek od aritmetického průměru.

- 1) Při přičtení a odečtením jedné směrodatné odchylky bude s 68,27 % pravděpodobností projekt dokončen v termínu 462 až 492 dnů.

$$(477 - 15,35 \leq 477 \leq 477 + 15,35) = (461,65 \leq 477 \leq 492,35)$$

- 2) Při přičtení a odečtení dvou směrodatných odchylek bude s 95,45 % pravděpodobností projekt dokončen v termínu 446 až 508 dnů.  
 $(477 - 30,7 \leq 477 \leq 477 + 30,7) = (446,3 \leq 477 \leq 507,7)$
- 3) Při přičtení a odečtení tří směrodatných odchylek bude s 99,73 % pravděpodobností projekt dokončen v termínu 431 až 523 dnů.  
 $(477 - 46,05 \leq 477 \leq 477 + 46,05) = (430,95 \leq 477 \leq 523,05)$

#### 4.4.6 Návrh řešení

Pokud se vrátíme k Tabulce 3, kde je od autorky bakalářské práce návrh na zefektivnění zpracování projektové části můžeme dosáhnout vyšší pravděpodobnosti splnění termínu. Tabulka 9 zobrazuje výpočet časových údajů o začátcích a koncích činností a jejich rozptyly při zachování odhadů délek jednotlivých činností, ale se změnou posloupnosti činností.

**Tabulka 9: Výpočet časových údajů o začátcích a koncích činností a jejich rozptyly při změně posloupnosti činností**

Označení uzlů	Označení činnosti	Předcházející činnosti	Střední hodnota	$T_i^{(0)}$	$T_j^{(0)}$	$\sigma \cdot T_i^{(0)}$	$\sigma \cdot T_j^{(0)}$
1				0	0	0	265,58
2	A		4	4	4	0,44	265,14
3	B	A	20	24	24	11,55	254,03
4	C	B	20	44	44	22,66	242,92
5	Č	C	30	74	74	47,66	217,92
6	D	Č	20	64	70	33,77	218,36
7	E	D	4	74	74	47,66	217,92
8	F	E	30	104	104	72,66	192,92
9	G	F	20	124	124	83,77	181,81
10	H	G	5,17	129,17	129,17	86,02	179,56
11	CH	H	30	159,17	159,17	111,02	154,56
12	I	CH	30	154	159,17	108,77	154,56
13	J	I	20	179,17	179,17	113,8	151,78
14	K	J	4	183,17	183,17	114,24	151,34
15	L	K	5,17	188,34	188,34	116,49	149,09
16	M	L	1	189,34	189,34	116,49	82,42
17	N	L	30	218,34	249,34	141,49	60,2
18	O	L	60	248,34	299,34	216,49	49,09

19	P	M	20	209,34	209,34	127,6	71,31
20	Q	N, P	40	249,34	249,34	141,49	60,2
21	R	O, Q	50	299,34	299,34	216,49	49,09
22	S	R	3	302,34	302,34	216,93	48,65
23	Š	S	30	332,34	332,34	241,93	23,65
24	T	Š	20	352,34	352,34	253,04	12,54
25	U	T	2	354,34	354,34	253,15	12,43
26	V	U	3	357,34	357,34	253,59	11,99
27	W	V	3	360,34	360,34	254,03	11,55
28	X	W	20	380,34	380,34	265,14	0,44
29	Y	X	3	383,34	383,34	265,58	0

Zdroj: vlastní zpracování

Na základě výše uvedených údajů jsou v Tabulce 9 vypočteny údaje o časové rezervě každé z činností.

**Tabulka 10: Časové rezervy při změně posloupnosti činností**

Označení činností	Časová rezerva
	$Rc_{ij} = T_j^{(1)} - T_i^{(0)}$
A	0
B	0
C	0
Č	0
D	0
E	0
F	0
G	0
H	0
CH	0
I	5,17
J	0
K	0
L	0
M	0
N	31
O	51
P	0
Q	0
R	0

S	0
Š	0
T	0
U	0
V	0
W	0
X	0
Y	0

*Zdroj: vlastní zpracování*

Díky Tabulce 10 můžeme určit pravděpodobnou kritickou cestu, která vede přes činnosti: A, B, C, Č, D, E, F, G, H, CH, J, K, L, M, P, Q, R, S, Š, T, U, V, W, X, Y. Oproti původnímu řešení se z činnosti I stala nekritická.

Protože známe novou pravděpodobnou kritickou cestu je možné vypočítat délku trvání projektu při upravené posloupnosti činností, která je:

$$T_e = 447 \text{ dní}$$

Součet rozptylů kritických činností je 210,5 a směrodatná odchylka je 14,51 dne, což je 3,25 % očekávané doby trvání rekonstrukce.

Dále můžeme vypočítat pravděpodobnost délky trvání projektu při změně posloupnosti činností, ale se zachováním požadavku objednavatele na dokončení realizace celého projektu v čase 486 dní.

**Tabulka 11: Pravděpodobnost délky trvání projektu při změně posloupnosti činností**

$T_p$	$T_e$	$\sigma(T)$	$(T_p - T_e) / \sigma(T)$	$P$
486	447	14,51	2,688	0,99

*Zdroj: vlastní zpracování*

Z výše uvedené Tabulky 11 vyplývá, že pokud k této úpravě posloupnosti dojde, je zde 99 % pravděpodobnost, že projekt bude dokončen v požadovaném čase. Aby bylo možné tuto změnu posloupnosti využít musí už při zadání projektu být jasné, že projekt bude realizován a zároveň musí být od objednavatele uvolněny dostatečné finanční prostředky.

## 5 Závěr

V bakalářské práci byla vypracována časová analýza projektu rekonstrukce veřejného osvětlení hlavní komunikace v městě Kutná Hora pomocí metody PERT.

V první části byly popsány jednotlivé fáze projektu spolu s poznámkami z praxe. Na základě této textové části byla vyhotovena hierarchická struktura, která se prolíná celou poslední částí této bakalářské práce.

Ve spolupráci s odpovědnými profesemi, tedy s projektem, pracovníkem z technického oddělení městského úřadu, odborným garantem pro veřejné osvětlení a ze zkušeností autorky bakalářské práce byly stanoveny doby trvání všech činností. Pro využití metody PERT byly stanoveny tři možné doby trvání (optimistická, střední a pesimistická) díky kterým došlo k výpočtu středních dob trvání, rozptylu a směrodatné odchylky. Dále došlo k určení nejdříve možných začátků a nejpozději přípustných konců všech činností a následnému výpočtu rezerv. Dle těchto výpočtů byl sestaven síťový graf s pravděpodobnou kritickou cestou, která je vytvořena z kritických činností, které mohou nějakým způsobem ovlivnit průběh projektu. Dvě činnosti, konkrétně N a O, u kterých byla časová rezerva větší než nula, byly označeny jako nekritické. U těchto činností došlo k výpočtu pravděpodobnosti, s jakou by se mohly překlenout v činnosti kritické. U obou činností je tato pravděpodobnost velmi vysoká, tedy nad 90 %. Konkrétně u činnosti N je to 93 % a u činnosti O 98 %.

Na základě této provedené analýzy byla vypočtena doba trvání kritické cesty na 477 pracovních dní. Protože od investora je vznesen požadavek na dokončení celého projektu 486 dní, byla tato hodnota označena jako očekávaná délka projektu. V tomto případě vychází pravděpodobnost splnění projektu 73 %, kdy je tato pravděpodobnost dokončení projektu vysoká, ale stále je nutné počítat s případným zdržením v případě nepříznivého počasí. Dále byly s pomocí pravidla tří sigma odhadnuty termíny, ve kterých bude rekonstrukce dokončena. S největší pravděpodobností 99,73 % tomu bude v rozmezí 431 až 523 pracovních dní, čímž bude splněn celkový cíl práce.

Z hierarchické struktury projektu lze vyčíst, že se projekt dá rozdělit do dvou částí, a to projekční a realizační. V rámci realizační části není možné jednotlivé činnosti, jakkoliv urychlit, protože činnosti na sebe navazují. Zároveň je nutné počítat s nepříznivými teplotními podmínkami, a proto je nutné spíše počítat se zdržením. Naopak u projekční části je možné navrhnout několik úprav, které by tuto část mohli zkrátit. Tento návrh na

úpravu posloupnosti činností je vyobrazen v Tabulce 3. Závěr bakalářské práce se tomuto návrhu věnuje podrobněji. Byly vypočítány nejdříve možné začátky a nejpozději přípustné konce činností a jejich rozptyly. Po vypočtení časových rezerv se nám z činnosti I stala oproti původní části činnost nekritická. Zároveň došlo ke zkrácení délky kritické cesty, která je 447 dní. Při zachování požadavku investora na dokončení projektu v čase 486 dní došlo k výpočtu pravděpodobnosti dokončení rovno 99 %.

Je zřejmé, že návrh na úpravy posloupnosti projektu je efektivní a pravděpodobnost dokončení projektu v termínu se zvyšuje. Aby bylo možné tento návrh uskutečnit je důležité, aby již v počátku bylo investorem rozhodnuto, že se projekt bude skutečně realizovat a zároveň musí mít investor dostatečné finanční prostředky.

## 6 Seznam použitých zdrojů

DOLEŽAL, Jan a kolektiv. *Projektový management*. vyd. 1. Praha: Grada, 2016, 424 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-271-9067-6.

DOLEŽAL, Jan, KRÁTKÝ Jiří. *Projektový management v praxi*. vyd. 1. Praha: Grada, 2017, 176 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-271-9496-4.

DOLEŽAL Jan, KRÁTKÝ Jiří, CINGL Ondřej. *5 kroků k úspěšnému projektu*. vyd. 1. Praha: Grada, 2013, 192 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4631-9.

DOLEŽAL, Jan, Pavel MÁCHAL a Branislav LAKO. *Projektový management podle IMPA*. 2., aktualiz. A dopl. Vyd. Praha: Grada, 2012. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-8034-4.

DOSKOČIL, Radek, 2013. *Metody, techniky a nástroje řízení projektů*. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 978-80-7204-863-2.

FIALA, Petr. *Řízení projektů*. vyd. 2. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, 2008, 186 s. Nakladatelství Oeconomica. ISBN 978-80-245-1413-0.

KOPECKÝ Michal, TRKOVSKÝ Václav. *Management rizik projektů se zaměřením na projekty v průmyslových podnicích*. vyd. 1. Praha: Grada, 2011, 584 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-7527-2.

KŘIVÁNEK, Mirko. *Dynamické vedení a řízení projektů*. vyd. 1. Praha: Grada, 2019, 208 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-271-2645-3.

MÁCHA Pavel, KOPEČKOVÁ Martina, PRESOVÁ Radmila. *Světové standardy projektového řízení pro malé a střední firmy*. vyd. 1. Praha: Grada, 2015, 144 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-9706-9.



ROSENAU, Milton D. *Řízení projektů*. vyd. 3. Brno: Computer Press, c2007, x, 344 s. Business books. ISBN 978-80-251-1506-0.

SVOZILOVÁ, Alena. *Projektový management*. 2., aktualiz. A rozšiř. vyd. Praha: Grada 2016, 424 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-271-0075-0.

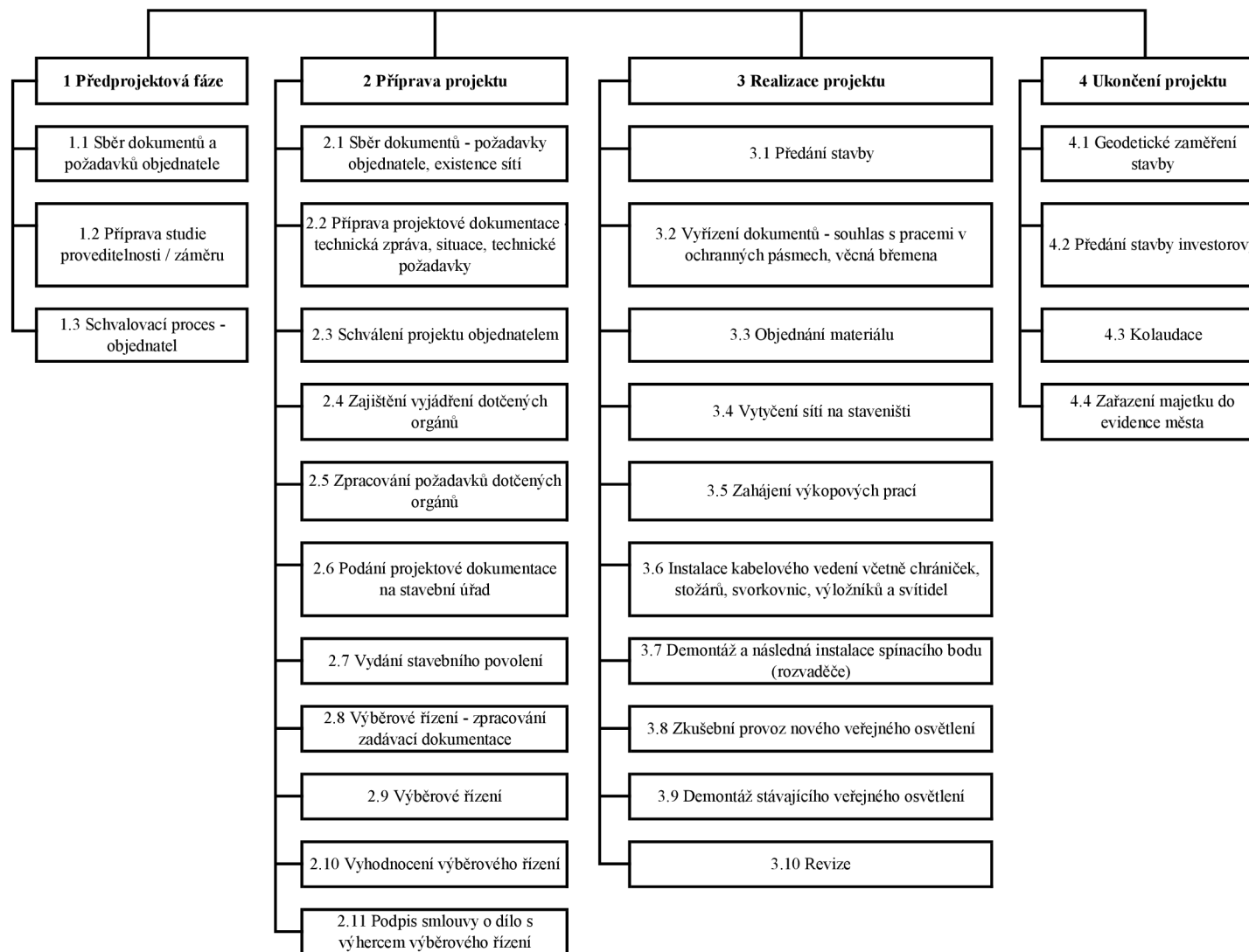
Základy statistiky v genetice kvantitativních znaků. [online]. [cit. 7.3.2022] Dostupné z: <http://user.mendelu.cz/urban/vsg3/kvantita/kvant1.html>

Zákon o územním plánování a stavebním úřadu č. 183/2006 Sb. [online]. [cit. 22.1.2022] Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-183>

## **7 Přílohy**

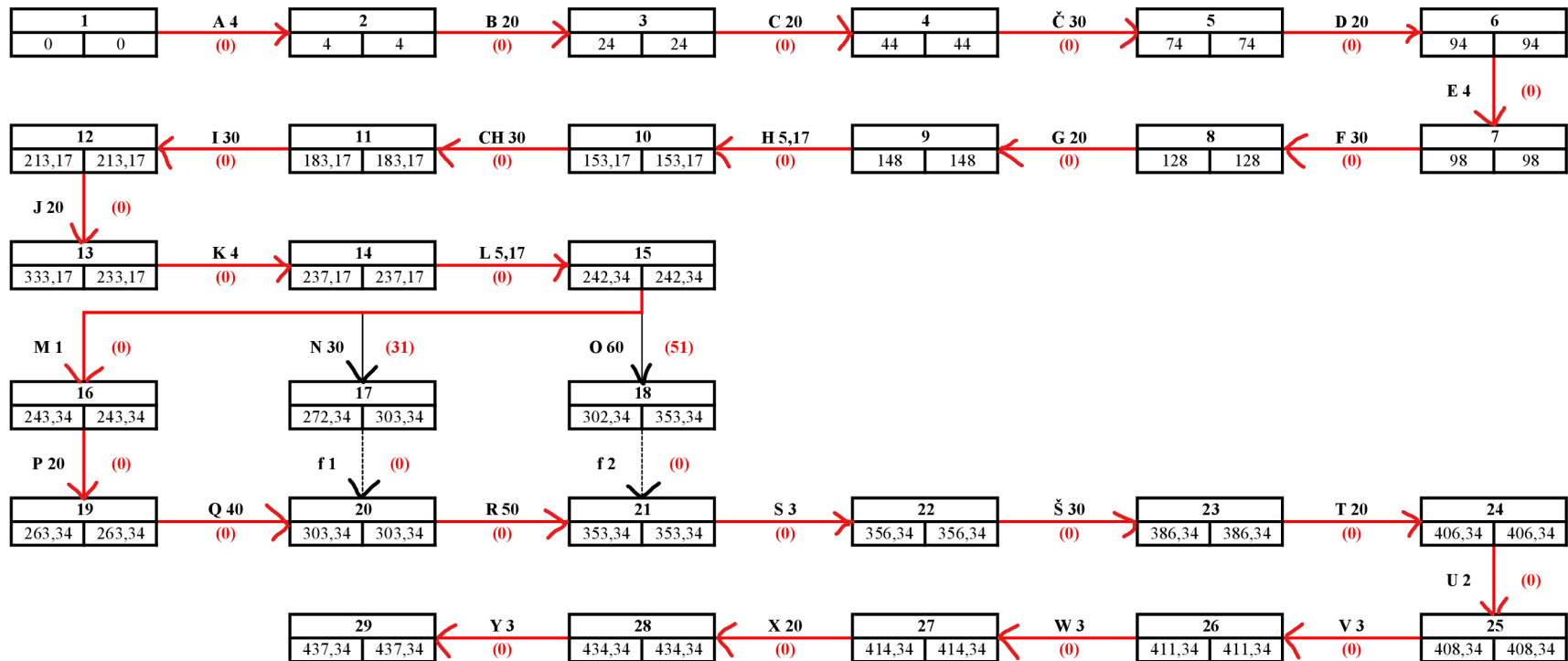
Příloha 1 WBS struktura .....	I
Příloha 2 Síťový graf PERT s vyznačením kritické cesty .....	II

## PROJEKT NA REKONSTRUKCI VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ



Zdroj: vlastní zpracování

Příloha 2 Síťový graf PERT s vyznačením kritické cesty



**LEGENDA**

i	A, B	j
a   b	RC	a   b

i, j ..... označení uzlů  
 A,B ..... označení činností  
 RC ..... velikost časové rezervy  
 a .....  $T_i(0)$  - nejdříve možný začátek činnosti  
 b .....  $T_j(1)$  - nejpozději přípustný konec činnosti  
 — ..... vyznačení kritické cesty

Zdroj: vlastní zpracování