

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Bakalářská práce

Časová analýza modernizace chladicí věže

Ivana Reichová

© 2018 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Ivana Reichová

Provoz a ekonomika

Název práce

Časová analýza modernizace chladicí věže

Název anglicky

Time analysis of the cooling tower modernization

Cíle práce

Cílem bakalářské práce Časová analýza modernizace chladicí věže je zpracování časové analýzy modernizace stávající hybridní chladicí věže, konkrétně výměny její technologické části.

Cílovým řešením je sestavení síťového grafu s vyznačenou kritickou cestou a statistická analýza.

V závěru jsou zhodnoceny výsledky a navržena doporučení pro realizaci tohoto projektu.

Metodika

Teoretická část obsahuje definice základních pojmů k projektovému řízení a časové analýze. Zároveň jsou stanoveny základní pojmy týkající se chladicí věže.

Praktická část je zpracována na základě údajů poskytnutých firmou z oboru průmyslového chlazení. Jsou určeny potřebné činnosti, seřazeny do seznamu činností a stanoveny odhady jejich dob trvání. Časová analýza je provedena metodou PERT. Pro grafické znázornění vztahů mezi jednotlivými činnostmi je sestaven síťový graf a v něm vyznačena kritická cesta. Na závěr je zpracována statistická analýza.

Doporučený rozsah práce

30 – 40 stran

Klíčová slova

Časová analýza, metoda PERT, síťový graf, hybridní chladicí věž

Doporučené zdroje informací

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

GROS, I. – DYNAR, J. *Matematické modely pro manažerské rozhodování*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2015. ISBN 978-80-7080-910-5.

KERZNER, H. *Project management : a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2009. ISBN 978-0-470-27870-3.

LACKO, B. – MÁCHAL, P. – SPOLEČNOST PRO PROJEKTOVÉ ŘÍZENÍ, – DOLEŽAL, J. *Projektový management podle IPMA*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4275-5.

MIKYŠKA, Ladislav a Jaroslav ŠEBEK. *Chladicí věže: provoz a údržba*. Praha: SNTL, 1989. Knižnice technických aktualit.

ROSENAU, M D. *Řízení projektů*. Praha: Computer Press, 2000. ISBN 80-7226-218-1.

ŘEHÁČEK, P. *Projektové řízení podle PMI*. Praha: Ekopress, 2013. ISBN 978-80-86929-90-3.

SVOZILOVÁ, A. *Projektový management : systémový přístup k řízení projektů*. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-271-0075-0.

ŠUBRT, T. *Ekonomicko-matematické metody*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., 2015. ISBN 978-80-7380-563-0.

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Jiří Fejfar, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 21. 2. 2018

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2018

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 03. 03. 2018

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Časová analýza modernizace chladicí věže" 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 15.3.2018

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Jiřímu Fejfarovi, Ph.D. za odborné vedení této bakalářské práce, cenné rady a připomínky pro její úspěšné zpracování.

Dále děkuji společnosti FANS, a.s. za poskytnutí podkladových materiálů a potřebné informace k napsání bakalářské práce.

Časová analýza modernizace chladicí věže

Abstrakt

Bakalářská práce na téma „Časová analýza modernizace chladicí věže“ je zpracována pro firmu z oboru průmyslového chlazení.

Teoretická část práce je věnována definicím základních pojmů k projektovému řízení a časové analýze. Zároveň jsou vysvětleny základní pojmy týkající se chladicí věže.

V praktické části se autorka zabývá problematikou časové analýzy projektu modernizace stávající hybridní chladicí věže v Chorvatsku, především výměny technologie chladicí věže. Cílem práce je, na základě poskytnutých údajů o projektu, tento projekt podrobit časové analýze prostřednictvím metody PERT, zjistit očekávanou dobu trvání projektu. Pro grafické znázornění vztahů je sestrojen síťový graf s vyznačenou kritickou cestou. Výsledky jsou přezkoumány pravděpodobnostní analýzou.

V závěru práce jsou zhodnoceny výsledky časové analýzy a jsou navržena doporučení pro realizaci tohoto projektu s cílem dodržení požadovaných termínů daných zákazníkem.

Klíčová slova: časová analýza, metoda PERT, síťový graf, hybridní chladicí věž, projektové řízení, projekt, kritická cesta, incidenční matice.

Time analysis of the cooling tower modernization

Abstract

Bachelor thesis “Time analysis of the cooling tower modernization” is elaborated for the industrial cooling company.

The theoretical part is devoted to the definitions of the basic terms for the project management and the time analysis. The basic terms concerning the cooling tower are also explained.

In the practical part the author deals with the issue of the time analysis of the project of modernization of the existing hybrid cooling tower in Croatia, especially the replacement of the cooling tower technology. The aim of the thesis is to analyze this project based on the project data via PERT method, to determine the expected duration of the project. A network diagram with a critical path is built for a graphical representation of the relations. The results are reviewed by the probability analysis.

In the end of thesis the results of the time analysis are evaluated and the recommendations for the project realization are suggested in order to comply with the required deadlines given by the client.

Keywords: time analysis, PERT method, network diagram, hybrid cooling tower, project management, project, critical path, incidence matrix.

Obsah

1	ÚVOD	10
2	CÍL PRÁCE A METODIKA	12
2.1	CÍL PRÁCE.....	12
2.2	METODIKA.....	12
3	TEORETICKÁ VÝCHODISKA	13
3.1	PROJEKTOVÉ ŘÍZENÍ.....	13
3.1.1	<i>Projekt</i>	13
3.1.2	<i>Postup časového plánování projektu</i>	14
3.1.3	<i>Nástroje projektového řízení</i>	15
3.2	ČASOVÁ ANALÝZA PROJEKTU	17
3.2.1	<i>Činnosti projektu</i>	18
3.2.2	<i>Návaznost činností</i>	19
3.2.3	<i>Síťové grafy, projektová síť</i>	20
3.2.4	<i>Odhadování doby trvání činností</i>	22
3.2.5	<i>Metoda PERT</i>	23
3.2.5.1	<i>Výpočty metodou PERT</i>	23
3.2.5.2	<i>Kvalifikovaný odhad délek trvání činností</i>	23
3.2.5.3	<i>Základní charakteristiky činností</i>	24
3.2.6	<i>Kritická cesta</i>	27
3.2.7	<i>Pravděpodobnostní analýza vypočtených údajů</i>	28
3.2.7.1	<i>Výpočet pravděpodobnosti dodržení plánovaných termínů</i>	28
3.2.7.2	<i>Výpočet kritičnosti uzlů</i>	29
3.3	PROBLEMATIKA CHLADICÍCH VĚŽÍ.....	30
3.3.1	<i>Funkce chladicí věže</i>	30
3.3.2	<i>Dělení chladicích věží</i>	30
3.3.3	<i>Technologie hybridní chladicí věže</i>	31
4	VLASTNÍ PRÁCE	33
4.1	ZÁKLADNÍ POPIS CHLADICÍ VĚŽE	33
4.2	POŽADAVKY NA MODERNIZACI CHLADICÍ VĚŽE	34
4.3	DEFINOVÁNÍ ČINNOSTÍ.....	34

4.3.1	<i>Podpis smlouvy</i>	35
4.3.2	<i>Projektová dokumentace</i>	35
4.3.3	<i>Výroba komponentů pro rekonstrukci</i>	35
4.3.4	<i>Doprava komponentů na staveniště</i>	36
4.3.5	<i>Sanace stavební části chladicí věže</i>	36
4.3.6	<i>Montáž nové technologie do chladicí věže</i>	36
4.3.6.1	<i>Montáž technologie do mokré části chladicí věže</i>	36
4.3.6.2	<i>Montáž technologie do suché části chladicí věže</i>	37
4.3.6.3	<i>Montáž ventilátorových jednotek</i>	37
4.3.6.4	<i>Montáž elektro částí chladicí věže</i>	37
4.3.7	<i>Dokončení a předání díla zákazníkovi</i>	37
4.4	SEŘAZENÍ ČINNOSTÍ	37
4.5	URČENÍ ŘÁDŮ ČINNOSTÍ	39
4.6	VLASTNÍ KONSTRUKCE SÍŤOVÉHO GRAFU	39
4.7	ODHADY TRVÁNÍ ČINNOSTÍ	39
4.8	ZPRACOVÁNÍ DAT METODOU PERT	42
4.9	STANOVENÍ KRITICKÉ CESTY PROJEKTU	45
4.10	PRAVDĚPODOBNOSTNÍ ANALÝZA	46
4.10.1	<i>Pravděpodobnost dodržení plánovaného termínu dokončení</i>	46
4.10.2	<i>Výpočet kritičnosti uzlů</i>	47
4.11	ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ A DOPORUČENÍ PRO REALIZACI PROJEKTU	50
6	ZÁVĚR	52
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	54
8	SEZNAM OBRÁZKŮ	55
9	SEZNAM TABULEK	56
10	SEZNAM PŘÍLOH	57

1 Úvod

Projektové řízení je styl řízení, který se v současné době stále více prosazuje. Společnosti, které se snaží v konkurenčním prostředí obstát, jsou nuceny se přizpůsobit tomuto trendu. Z důvodu tlaku mezinárodního tržního prostředí, nebo z nutnosti reagovat na silnější a vyspělejší konkurenční taktiky, případně na nové potřeby trhu, jsou tradiční řídicí struktury postupně nahrazovány procesními modely a projektovým řízením. Hlavním cílem projektového řízení je realizovat akce v plánovaných termínech s plánovanými zdroji a náklady tak, aby bylo dosaženo definovaného cíle či definovaných cílů. Tato aktivita je hlavním cílem projektového řízení, jehož výstupem by měl být úspěšně naplánovaný, řízený a realizovaný projekt.

Plánování času v projektu je klíčovou součástí plánování projektu. Ve vývoji ekonomického prostředí vystupuje do popředí stále silněji faktor času. Realizace projektů většinou váže velké finanční prostředky, a tak se při řízení projektů usiluje o co nejkratší trvání projektu a tím i rychlejší návratnost vložených finančních investic.

Bakalářská práce s názvem „Časová analýza modernizace chladicí věže“ se zabývá problematikou časové analýzy konkrétního projektu modernizace hybridní chladicí věže v Chorvatsku. V nabídkovém řízení zvítězilo konsorcium firem složené z chorvatské stavební firmy a české firmy zabývající se průmyslovým chlazením. Chladicí věž, která má být modernizována, je provozována především pro výrobu tepla určeného pro vytápění nedalekého města. Proto byl zákazníkem stanoven jednoznačný požadavek, že práce na vlastní věži mohou být prováděny pouze mimo topnou sezónu, a to v termínu od 15. května do 15. září. Plánování času v tomto projektu se tedy stalo klíčovým.

Předmětem této práce je časová analýza výměny technologické části chladicí věže. Časovou analýzou demontáže stávajících technologií a sanačních prací betonových částí se bakalářská práce zabývá jenom okrajově, neboť se jedná o činnosti, které tvoří předmět dodávky chorvatské stavební firmy.

Cílem bakalářské práce je zjistit očekávanou dobu trvání projektu, pro grafické znázornění vztahů sestrojít síťový graf s vyznačenou kritickou cestou a výsledky časové

analýzy podrobit pravděpodobnostní analýze. Výsledky časové analýzy budou zhodnoceny a budou navržena doporučení pro realizaci tohoto projektu s cílem dodržení požadovaných termínů daných zákazníkem.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Firma působící v oblasti průmyslového chlazení poskytla autorovi práce údaje o projektu modernizace hybridní chladicí věže, konkrétně výměny její technologické části.

Cílem práce je, na základě poskytnutých údajů o projektu, tento projekt podrobit časové analýze prostřednictvím metody PERT, zjistit očekávanou dobu trvání projektu, pro grafické znázornění vztahů sestrojít síťový graf s vyznačenou kritickou cestou a výsledky časové analýzy přezkoumat pravděpodobnostní analýzou. Následně výsledky časové analýzy zhodnotit a navrhnout doporučení pro realizaci tohoto projektu s cílem dodržení požadovaných termínů daných zákazníkem.

2.2 Metodika

Pro zpracování této bakalářské práce je potřeba objasnit základní pojmy projektového řízení a časové analýzy. Dále je nezbytné seznámit se s problematikou chladicích věží, především s informacemi o technologických částech hybridní chladicí věže. Tyto informace budou zpracovány v teoretické části bakalářské práce.

Praktická část bude zpracována na základě údajů o konkrétním projektu, poskytnutých firmou z oboru průmyslového chlazení. Bude třeba definovat potřebné činnosti, tyto činnosti uvést do WBS diagramu a následně je seřadit dle časové návaznosti. Pomocí hrano-hranové matice budou určeny řády síťového grafu a bude sestrojen síťový graf projektu. Za spolupráce odborníka se stanoví odhady dob trvání jednotlivých činností. Časová analýza bude provedena metodou PERT. V incidenční matici budou vypočítány základní časové charakteristiky uzlů včetně jejich rozptylů. Pro grafické znázornění vztahů mezi jednotlivými činnostmi bude vytvořen síťový graf a v něm vyznačena kritická cesta. Poté budou výsledky časové analýzy zpracovány pravděpodobnostní analýzou, konkrétně bude proveden výpočet pravděpodobnosti dodržení plánovaného termínu ukončení projektu a výpočet kritičnosti uzlů, tzn. stanovení pravděpodobnosti, s jakou se nekritické uzly stanou kritickými. Závěr práce bude věnován zhodnocení výsledků a doporučení pro realizaci projektu.

3 Teoretická východiska

3.1 Projektové řízení

Globální podnikatelské prostředí v posledních letech zaznamenává výraznou změnu v dynamice vývoje. Společnosti jsou nuceny se adaptovat z důvodu tlaku mezinárodního tržního prostředí a nových hospodářsko-politických uskupení nebo z nutnosti reagovat na silnější a vyspělejší konkurenční taktiky či na nové potřeby trhu. Tradiční řídicí struktury byly postupně nahrazovány procesními modely a projektovým řízením.

Pro aktivity projektově řízených společností je typické, že jsou řízeny formou procesů s omezenou dobou trvání a s dočasným přidělením zdrojů, tzn. formou projektů (Svozilová, 2016, s. 41, 42).

Lze konstatovat, že projektové řízení je styl řízení, který se v současné době stále více prosazuje. Obecně se může projektové řízení definovat jako účinné a efektivní dosahování změn. Hlavním cílem projektového řízení je realizovat akce v plánovaných termínech s plánovanými zdroji a náklady tak, aby bylo dosaženo definovaného cíle či definovaných cílů. Tato aktivita je hlavním cílem projektového řízení, jehož výstupem by měl být úspěšně naplánovaný, řízený a realizovaný projekt (Doskočil, 2013, s. 13).

Projektové řízení se vyznačuje vysokou mírou týmové spolupráce. Není vhodné ho aplikovat na jednoduché projekty s minimální úrovní rizika a také není vhodné projektového řízení využívat při opakovaných činnostech, mimořádných událostech typu živelných katastrof nebo jiných krizových situací.

3.1.1 Projekt

K pochopení řízení projektů Kerzner (2009, s. 2) definuje projekt jako jakýkoliv sled činností a úkolů, kde:

- je třeba dokončit konkrétní cíl v rámci jasných specifikací,
- bylo definováno datum počátku a konce,
- existují finanční limity,
- jsou spotřebovávány lidské a jiné než lidské zdroje,
- činnosti a úkoly jsou multifunkční.

Projekt je definován jako časově, nákladově a zdrojově omezený proces realizovaný za účelem vytvoření definovaných výstupů co do kvality, standardů a požadavků (Doležal, 2012, s. 167).

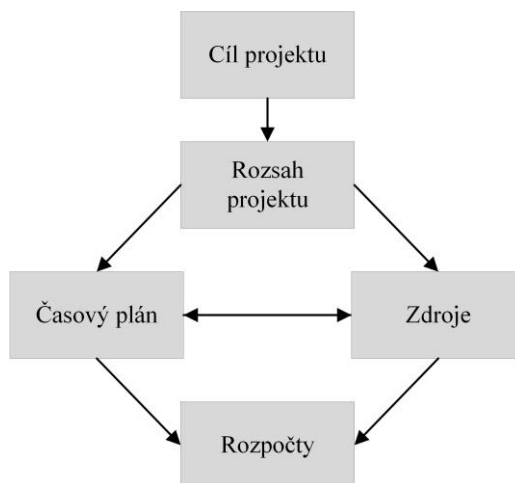
V dnešní době je změněna definice úspěšného projektu tak, že musí zahrnovat dokončení:

- v rámci přiděleného časového období,
- v rámci rozpočtových nákladů,
- na správné úrovni provedení nebo specifikace,
- přijaté zákazníkem či uživatelem,
- s minimálními nebo dohodnutými změnami rozsahu,
- bez rušení hlavního pracovního toku organizace,
- bez změny podnikové kultury (Kerzner, 2009, s. 7).

3.1.2 Postup časového plánování projektu

Plánování času v projektu je klíčovou součástí plánování projektu. Samozřejmě neprobíhá odděleně od plánování ostatních činností a oblastí plánování, tvoří ale důležitý podklad pro vše ostatní, a je proto důležité mu věnovat patřičnou pozornost. Proces časového plánování v kontextu s ostatními prvky znázorňuje následující obrázek.

Obrázek 1 Schéma plánování projektu



Zdroj: Zpracováno dle Doležal, 2012, s. 177

Tato bakalářská práce se zabývá časovou stránkou projektu, tzn. časovou analýzou. Pro realizaci každého projektu je základní otázkou doba nutná k jeho dokončení. Provedení časové analýzy nám umožní stanovit dobu trvání celého projektu, termíny zahájení a ukončení jednotlivých činností a časové rezervy jednotlivých činností. Přecherpáním časové rezervy může dojít k prodloužení doby realizace celého projektu, proto je důležité činnosti s malými či nulovými rezervami sledovat, aby nedošlo k prodloužení doby realizace celého projektu.

Časový rozvrh projektu může být zobrazen v různých formách. Může být předložen ve formě tabulek, ale nejčastěji bývá prezentován graficky s využitím následujících formátů:

- síťové grafy s přidanými datovými údaji. Tyto grafy znázorňují logiku projektu i činnosti na kritické cestě.
- řádkové harmonogramy (Ganttovy diagramy). Ukazují data zahájení a ukončení činnosti, většinou však neukazují závislosti.
- diagramy milníků. Podobají se řádkovým harmonogramům, ukazují plánovaná data zahájení nebo dokončení hlavních předmětů dodávek a klíčová vnější rozhraní.
- síťové grafy v časovém měřítku. Tyto grafy představují kombinaci síťových grafů projektu a řádkových harmonogramů a ukazují logiku projektu, dobu trvání činnosti i časové informace (Řeháček, 2013, s. 51).

3.1.3 Nástroje projektového řízení

Nástroje projektového řízení se rozvíjely od jednoduchých pruhových diagramů a nástrojů pro síťovou analýzu až po efektivní integrované nástroje řízení kooperací.

Nejpoužívanějšími nástroji projektového řízení jsou:

- **WBS (Work Breakdown Structure)**

WBS patří mezi základní nástroje projektového řízení. Je to především vhodná metoda rozdělení projektu do pracovních balíků nebo pracovních činností. Všechny projektové činnosti by měly být identifikovány a propojeny.

- **Síťový graf (Network Diagram)**

Síťový graf patří mezi nejpoužívanější nástroj projektového řízení. Pro zobrazení projektů je možné využít jak grafy hranově ohodnocené, tak i grafy uzlově ohodnocené. Tato problematika je blíže zpracována v kapitole 3.2.1.

- **Ganttův diagram**

Tento původně pruhový diagram byl v souvislosti s vývojem moderních nástrojů pro plánování a řízení projektů účelně rozšířen a v současné době patří k nejpoužívanějším formám prezentace projektových modelů. Jeho hlavní výhodou je přehlednost projektových ukazatelů na časové ose a také přehlednost hierarchické struktury projektu.

- **Metoda kritické cesty (Critical Path Method – CPM)**

Metoda CPM je založena na síťové analýze a je určena pro plánování termínů úkolů projektu. Jedná se o deterministický matematický model, tzn. že vyžaduje pevně dané doby trvání všech činností. Umožňuje především stanovit, které činnosti projektu jsou „kritické“ z hlediska jejich vlivu na celkovou dobu trvání projektu. Tato metoda nám pomáhá naplánovat všechny činnosti projektu pro dosažení cílového termínu.

- **Metoda měření potenciálu v síti (Metra Potential Method – MPM)**

Metoda MPM se používá pro uzlově ohodnocené grafy a mezi její přednosti patří možnost zadávání termínu zahájení činnosti v intervalu, resp. intervalového zadání vztahů mezi činnostmi. I u této metody je cílem časové analýzy zjištění kritické cesty v síti prostřednictvím výpočtů základních časových ukazatelů.

- **Technika hodnocení a kontroly programů (Program Evaluation and Review Technique – PERT)**

Metoda PERT využívá metodu CPM a statistických pravděpodobností k výpočtu průměrného trvání jednotlivých činností. Jedná se o stochastický matematický model. Metoda PERT je blíže popsána v kapitole 3.2.5.

- **Metoda GERT (Graphical Evaluation and Review Technique)**

Metoda GERT patří také mezi stochastické metody aplikovatelné v grafech. V této metodě nejsou zcela jednoznačné vazby mezi činnostmi, není zřejmé,

zda se bude příslušná následující činnost vůbec realizovat (tzv. pravděpodobnostní větvení).

- **Metoda Q-GERT (Queues Graphical Evaluation and Review Technique)**
Metoda Q-GERT je určena pro simulaci chování systémů nebo procesů, u nichž trvání činností, tvoření a trvání front, sekvenční, paralelní nebo cyklické řazení činností může mít deterministický nebo pravděpodobnostní charakter. Tato technika využívá uzlově a zároveň i hranově ohodnocených síťových grafů.
- **Metoda VERT (Venture Evaluation and Review Technique)**
Metoda VERT vychází ze sítě vytvořené metodou PERT a přiřazuje náklady a práci na každou činnost. Pomocí měřitelných jednotek nebo bezrozměrných indexů může být modelována výkonnost (Šubrt, 2004, s. 14 - 16).

3.2 Časová analýza projektu

Ve vývoji ekonomického prostředí vystupuje do popředí stále silněji faktor času. Realizace projektů většinou váže velké finanční prostředky, a tak se při řízení projektů usiluje o co nejkratší trvání projektu a tím i rychlejší návratnost vložených finančních investic (Gros, 2015, s. 189).

Pro aplikaci většiny nástrojů projektového řízení je potřeba nejdříve slovně formulovat problém, následně jej formalizovat do grafu a poté analyzovat metodami kritické cesty. Základem je vždy sestavení projektové sítě.

Východiskem pro časovou analýzu jsou doby trvání realizace činností. Časová analýza mimo jiné určuje především nejdříve možné a nejpozději přípustné termíny začátků a konců realizace jednotlivých činností, nejdříve možné termíny dokončení celého projektu a časové rezervy činností (Doskočil, 2013, s. 18).

Předmětem časové analýzy jsou síťové modely. Jejich cílem je určit pro danou organizační a technologickou strukturu významné časové termíny a především nejkratší možný termín dokončení, tzv. délku kritické cesty.

Podle způsobu odhadu trvání činností se metody analýzy sítí rozdělují do dvou skupin, a to na

- metody, které vyžadují stanovení trvání činností konstantou. Sítě označujeme jako deterministické a jedná se o metody CPM a MPM,
- metody, které považují trvání činností za náhodné proměnné. Sítě označujeme jako stochastické a jedná se o metodu PERT (Gros, 2015, s. 189).

Východiskem pro časovou analýzu je určení časových nároků na jednotlivé činnosti. Cílem časové analýzy je určení významných časových termínů a zejména nejkratšího možného termínu dokončení, tzv. délku kritické cesty. Pokud nalezený termín nevyhovuje, hledáme cesty, jak ho zkrátit na požadovanou úroveň. Základní otázkou realizace každého projektu je doba nutná k jeho dokončení. Provedení časové analýzy nám umožní stanovit jak dobu trvání celého projektu, tak i termíny zahájení a ukončení jednotlivých činností.

Důležitým výsledkem časové analýzy projektu jsou časové rezervy jednotlivých činností. U každé činnosti je třeba posoudit její velikost vzhledem k charakteru činnosti i činnosti předcházející a následující. Pokud se vyčerpá nebo dokonce přečerpá časová rezerva, může dojít nebo dojde k prodloužení doby realizace celého projektu. Je proto velmi důležité sledovat činnosti bez rezerv nebo s rezervami malými. Pokud tyto činnosti proběhnou v pořádku, bude projekt s velkou pravděpodobností dokončen v předpokládaném čase (Šubrt, 2004, s. 12 - 13).

3.2.1 Činnosti projektu

Časový plán se začíná tvořit definováním činností určených k realizaci. Je potřeba identifikovat všechny činnosti a úkoly, které bude třeba provést, aby bylo možné zrealizovat požadované výsledky a dodávky uvedené ve WBS. Při úvodním definování činností se nezabýváme jejich sousledností, v tomto kroku jde o pouhý výčet činností (Doležal, 2012, s. 178).

Hlavním vstupem pro definování činností je struktura členění prací (WBS), při kterém se musí zvažovat zdůvodnění projektu a jeho cíle obsažené v soupisu požadavků na rozsah prací. Při definování činností by měly být brány v potaz i historické informace, za které jsou považovány činnosti, které byly požadovány v předchozích

podobných projektech. Výstupem definování činností by měl být kompletní seznam činností, které budou v projektu prováděny (Řeháček, 2013, s. 43 - 45).

WBS je hierarchický rozklad projektu na výstupy a podvýstupy. Konstrukce WBS začíná od nejvyšší úrovně, kdy se identifikují hlavní činnosti, úkoly či komponenty, které se následně dále rozkládají na detailnější jednotky, až do požadované hloubky detailu pro plánování a řízení. Kořenem tohoto stromového grafu je projekt, první úroveň větví stromu představuje hlavní rámcové výstupy projektu, které se dále rozpadají a na nejnižší úrovni jsou definovány činnosti nutné pro jejich dosažení. Cílem WBS je zajistit, aby všechny potřebné projektové činnosti byly identifikovány a propojeny (Doskočil, 2013, s. 28).

3.2.2 Návaznost činností

Po identifikaci činností následuje jejich seřazení, přesněji řečeno nalezení logických vazeb mezi činnostmi. Činnosti musí být realizovány v určitém pořadí, musí na sebe určitým způsobem navazovat, aby bylo možno sestavit časový harmonogram. Vazby mezi činnostmi mohou být dány technologickým postupem, ale mohou být ovlivněny i vnějšími vlivy, jako například termínem dodávky. Stanovení vazeb vychází i ze zkušeností.

Nejčastěji užívanými vazbami mezi činnostmi jsou:

- konec – začátek: předcházející činnosti musí skončit, aby následující mohly začít. Tato vazba je nejčastěji používaná,
- konec – konec: předcházející činnosti musí skončit, aby následující mohly skončit,
- začátek – začátek: předcházející činnosti musí začít, aby následující mohly začít,
- začátek – konec: předcházející činnosti musí začít, aby následující mohly skončit.

Definování časové návaznosti provádění jednotlivých činností, tzn. určení, které činnosti musí být dokončeny před zahájením provádění dalších činností, je možno získat dvěma způsoby:

- metodou postupu vpřed, kdy se vychází z počátečních činností a postupně se navazují další činnosti na základě určení, které činnosti se mohou začít po ukončení již stanovených. Sestavená tabulka, která přehledně zobrazuje počáteční informace o projektu, potom obsahuje sloupec s názvem „Bezprostředně navazující činnosti“. Tato metoda se aplikuje, pokud se jedná o opakované projekty, s nimiž jsou dostatečné zkušenosti, a není problém se sestavením seznamu potřebných činností.
- metodou postupu vzad, kdy se postupuje od cílových činností projektu. Předcházející činnosti se stanovují na základě určení, které činnosti se musí bezprostředně vykonat před již stanovenou činností. Tabulka počátečních informací pak obsahuje sloupec s názvem „Bezprostředně předcházející činnosti“. Tuto metodu je vhodné aplikovat, pokud se jedná o projekty předem nevyzkoušené, složité či nové (Doskočil, 2013, s. 27-31).

Důkladná analýza projektu jednotlivými odborníky, výsledkem které je seznam činností, odhady dob trvání činností a definování jejich návazností, se stává východiskem pro konstrukci síťového grafu.

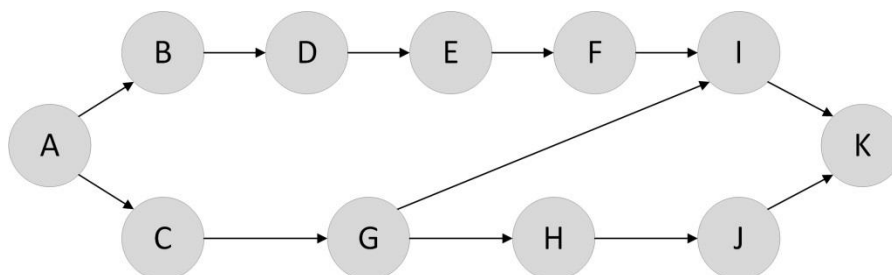
3.2.3 Síťové grafy, projektová síť

Síťový graf je matematickým modelem projektu a patří mezi nejpoužívanější nástroje projektového řízení. Činnosti nebo události jsou v něm graficky zobrazeny jako orientované hrany a uzly. Znázorňuje podmínky logické posloupnosti mezi činnostmi nebo událostmi. Každá činnost nebo událost má vzájemné vazby s předcházejícími, následujícími a souběžnými činnostmi nebo událostmi (Rosenau, 2003, s. 84, 332).

Výsledkem procesu řazení činností je určitá forma grafického znázornění. Podle způsobu zobrazení činností rozlišujeme:

- uzlově definovaný síťový graf - „grafy AON“ (Activity on Node, tzn. činnost v uzlu). Pro znázornění se používají ohodnocené uzly a orientované hrany představují závislosti mezi činnostmi.

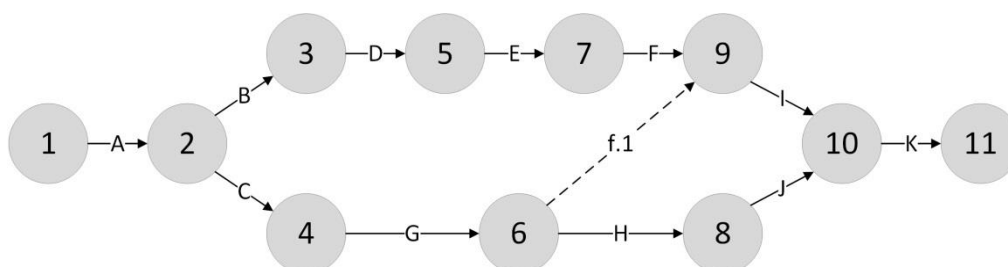
Obrázek 2 Uzlově definovaný síťový graf



Zdroj: Zpracováno dle Doležal, 2012

- hranově definovaný síťový graf - „grafy AOA“ (Activity on Arc, tzn. činnost na hraně). Pro znázornění se používají ohodnocené orientované hrany, uzly představují okamžik začátku a konce činnosti (Doležal, 2012, s. 178, 179).

Obrázek 3 Hranově definovaný síťový graf



Zdroj: Zpracováno dle Doležal, 2012

Sestavení projektové sítě grafů AOA bývá obtížnější než sestavení sítě AON. Velkou výhodou použití grafů typu AON a metod s nimi spojených je zejména snazší interpretace projektu síťovým grafem. Grafy typu AOA se sestavují velmi obtížně, je potřeba používat fiktivních hran a uzlů. Další důležitou výhodou grafu typu AON je možnost modelování různých typů vazeb mezi jednotlivými činnostmi. Zatímco u grafů typu AOA může následující činnost začít až po skončení činnosti předcházející, u grafů typu AON tato podmínka neexistuje a činnosti mohou na sebe navazovat libovolně, mohou začít současně,

následující může začínat v průběhu předcházející činnosti, následující může začínat několik časových jednotek po skončení předcházející a tak dále (Šubrt, 2015, s. 267 - 271).

Pro konstrukci síťového grafu je potřeba určit tzv. řády činností. K jejich identifikaci se používá hrano-hranová matice. Tato matice je čtvercová a má tolik řádků a sloupců, kolik je v grafu hran (činností). Prvky matice tvoří jedničky a prázdná místa. Jednička v průsečíku řádku h_i a sloupce h_j značí, že po hraně h_i následuje hrana h_j . Po sestavení hrano-hranové matice se provádí buď sloupcové nebo řádkové součty a stanovují se řády činností.

Vlastní konstrukce síťového grafu vychází ze zařazení činností do jednotlivých řádů. Plocha síťového grafu se rozdělí do tolika pásů, kolik řádů činností je identifikováno. Pokud v grafu nejsou zabezpečeny požadované návaznosti, doplní se další hrany mezi příslušné uzly a tyto se budou označovat jako tzv. fiktivní hrany, které reprezentují fiktivní činnosti. Tyto fiktivní činnosti nepředstavují reálné činnosti, doba trvání fiktivních činností je vždy nulová a tyto činnosti tedy nemají vliv na dobu celého projektu.

Pro algoritmus výpočtu časové analýzy projektu je potřeba zajistit skutečnost, že index uzlu, ze kterého hrana vychází, je vždy nižší než index uzlu, ve kterém hrana končí. Pokud tuto podmínku sestavený graf nesplňuje, je nutné provést přečíslování uzlů (Doskočil, 2013, s. 35 - 37).

3.2.4 Odhadování doby trvání činností

V další fázi časového plánování musíme činnostem odhadnout doby trvání činností. Což znamená stanovit čas potřebný pro dokončení každé stanovené činnosti. Trvání činnosti je podstatně ovlivněno množstvím materiálních a lidských zdrojů, které mohou být přiděleny, jejich produktivitou, možnostmi a dostupností. Při odhadech bývají využívány techniky odborného úsudku, odhady na základě zkušeností z podobných předcházejících projektů nebo odhady na základě simulace (Doležal, 2012, s. 182).

V praxi bývá ohodnocení doby trvání činnosti konstantou často velmi obtížné. Na tuto hodnotu má totiž vliv mnoho náhodných jevů. Z tohoto důvodu byly vyvinuty stochastické metody, které deterministické odhady nahrazují odhadem

pravděpodobnostním. Umožňují nahradit odhadovanou hodnotu střední hodnotou náhodné veličiny a také odhadnout i variabilitu kolem této hodnoty s určitou pravděpodobností. Typickým představitelem stochastické metody je Metoda PERT (Program Evaluation and Review Technique) (Doskočil, 2013, s. 60).

3.2.5 Metoda PERT

V porovnání s metodou CPM je tato metoda náročnější na výpočty, avšak umožňuje kvalitativně i kvantitativně odhadnout pravděpodobnost realizace jednotlivých činností a zároveň i celého projektu. Projekty řešené metodou PERT obsahují činnosti, které se neopakují, doba trvání činností není přesně známa, pracuje se často s odhadovanými údaji, které jsou zatíženy určitou chybou. Cílem modelů PERT je takové uspořádání činností, aby se zajistilo dodržení termínu dokončení projektu s dostatečně vysokou pravděpodobností. Doba trvání činnosti tedy není konstanta, ale náhodná veličina s určitým rozdělením pravděpodobnosti (Šubrt, 2015, s. 276).

3.2.5.1 Výpočty metodou PERT

Pro klasické postupy v rámci projektového řízení je pro popis náhodné veličiny y_{ij} využíváno rozdělení pravděpodobností β . Toto rozdělení má vlastnosti vyhovující popisované náhodné veličině. Rozdělení je blízké normálnímu rozdělení, je spojitě, jednovrcholové, mírně asymetrické a je definované v oboustranně uzavřeném intervalu (Šubrt, 2015, s. 277).

3.2.5.2 Kvalifikovaný odhad délek trvání činností

Předpokladem výpočtu modelu PERT je kvalifikovaný odhad délek trvání jednotlivých činností pomocí tří ukazatelů:

1. a_{ij} je optimistický odhad doby trvání činnosti (i,j)

Činnost nemůže v žádném případě trvat kratší dobu než je optimistický odhad doby trvání činnosti. Při stanovení odhadu se vychází z předpokladu, že činnost

proběhne za optimálních podmínek, při mobilizaci dostupných zdrojů a nevyskytnou se žádné nepředvídatelné události.

2. b_{ij} je pesimistický odhad doby trvání činnosti (i,j)

Činnost nemůže v žádném případě trvat delší dobu než je pesimistický odhad doby trvání činnosti. Při stanovení odhadu se berou v úvahu všechny reálné překážky, které se mohou vyskytnout.

3. m_{ij} je nejpravděpodobnější odhad doby trvání činnosti (i,j)

Tento odhad je doplňován pro výběr vhodného rozdělení pravděpodobností hodnot y_{ij} . Pokud bychom měli k dispozici statistické údaje o trvání činností z minulých projektů, za m_{ij} bychom dosazovali modus, tedy nejčastěji se vyskytující hodnotu (Šubrt, 2015, s. 277), (Gros, 2015, s. 199).

3.2.5.3 Základní charakteristiky činností

Pomocí těchto ukazatelů se vypočítají základní charakteristiky činností. Těmi jsou střední doba trvání (tzv. očekávaná doba trvání) $\mu(t_{ij})$

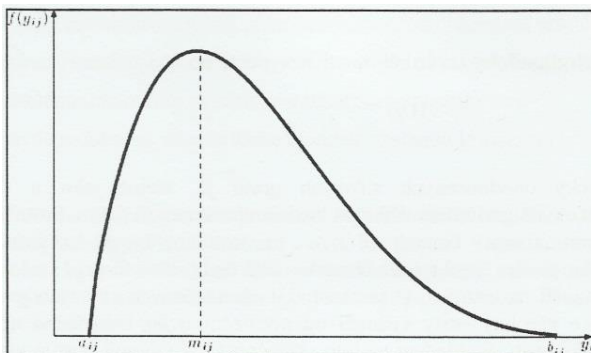
$$\mu(t_{ij}) = t_{ij}^e = \frac{a_{ij} + 4m_{ij} + b_{ij}}{6} \quad (1)$$

a její rozptyl $\sigma^2(t_{ij})$

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

Čím vyšší je hodnota rozptylu, tím větší je pravděpodobnost, že skutečná hodnota trvání činnosti se bude lišit od její střední hodnoty (Šubrt, 2015, s. 278).

Obrázek 4 Typická podoba hustoty pravděpodobnosti beta rozdělení

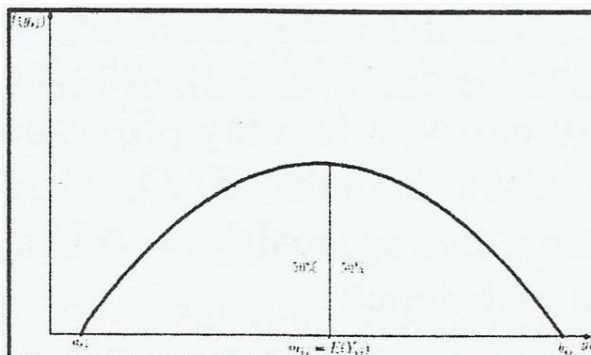


Zdroj: Doskočil, 2013.

Na základě výše uvedených odhadů se může konstruovat hypotetická křivka funkce hustoty pravděpodobnosti doby trvání činnosti ve třech variantách:

1. v případě, kdy je střední doba trvání činnosti rovna nejpravděpodobnějšímu odhadu trvání činnosti, se jedná o symetrickou funkci.

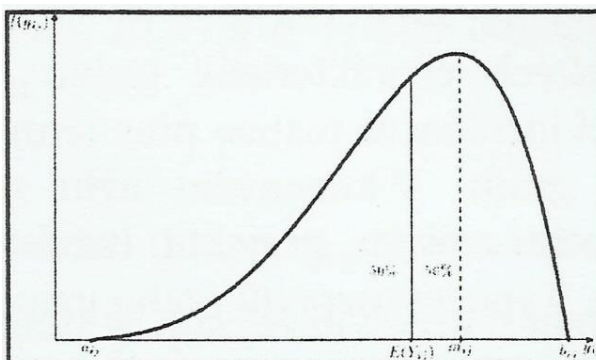
Obrázek 5 Symetrická funkce



Zdroj: Doskočil, 2013

2. v případě, kdy je střední doba trvání činnosti menší než nejpravděpodobnější odhad trvání činnosti, se jedná o funkci zkosenou vpravo. Většina expertů se jistí poměrně vysokou hodnotou pesimistického odhadu.

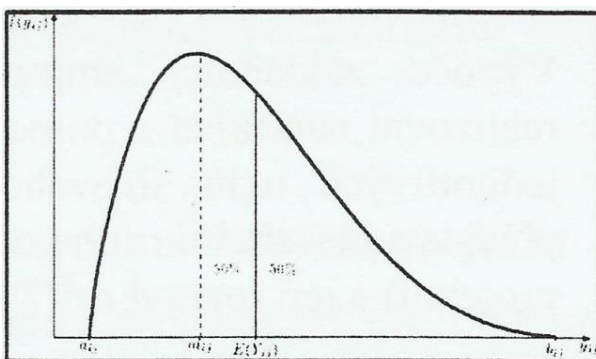
Obrázek 6 Funkce zkosená vpravo



Zdroj: Doskočil, 2013

3. v případě, kdy je střední hodnota trvání činnosti větší než nejpravděpodobnější odhad trvání činnosti, se jedná o funkci zkosenou vlevo.

Obrázek 7 Funkce zkosená vlevo



Zdroj: Doskočil, 2013

Cílem výpočtů metodou PERT je stanovení středních hodnot a rozptylů všech termínů činností nejdříve a nejpозději možných a určení tzv. očekávané kritické cesty. Výpočet časových termínů probíhá ve dvou etapách:

V první etapě se určují termíny nejdříve možné. Jedná se o následující termíny:

- **Nejdříve možné zahájení činnosti (i,j), T_i^0** - určuje, kdy nejdříve od okamžiku zahájení realizace projektu je možné činnost zahájit. Jeho hodnota je dána trváním nejdelší cesty, která vede od počátečního uzlu síťového grafu k i -tému uzlu analyzované činnosti ve směru orientace hran grafu.

- **Nejdříve možné ukončení činnosti (i,j) , T_j^0** – určuje nejdříve možný termín ukončení činnosti od okamžiku zahájení projektu. Známe-li hodnotu T_i^0 a dobu trvání činnosti t_{ij} , je $T_j^0 = T_i^0 + t_{ij}$.

V druhé etapě se určují termíny nejpozději přípustné. Jedná se o následující termíny:

- **Nejpozději přípustné ukončení činnosti (i,j) , T_j^l** – určuje nejpozdější termín ukončení činnosti tak, aby nebyl ohrožen celkový termín ukončení projektu daný většinou délkou kritické cesty. Jeho hodnota se získá tak, že od termínu ukončení projektu se odečte trvání nejdelší cesty vedoucí od konečného uzlu sítě k j -tému uzlu analyzované činnosti proti směru orientace hran grafu.
- **Nejpozději přípustné zahájení činnosti (i,j) , T_i^l** – určuje nejpozdější termín zahájení činnosti tak, aby nebyl ohrožen určitý celkový termín ukončení projektu daný délkou kritické cesty. Známe-li hodnotu T_j^l a dobu trvání činnosti t_{ij} , je $T_i^l = T_j^l + t_{ij}$.

Nejdříve možné a nejpozději přípustné termíny uzlů se počítají na základě středních dob trvání činností. Dále se určují rozptyly termínů realizací uzlů.

Rozptyl nejdříve možné realizace uzlu $i - \sigma^2(T_i^0)$ je dán součtem rozptylů činností tvořících nejdelší cestu od počátečního uzlu do uzlu i .

Rozptyl termínu nejpozději přípustné realizace uzlu $i - \sigma^2(T_i^l)$ je dán součtem rozptylů činností tvořících nejdelší cestu z uzlu i do posledního uzlu síťového grafu. Za rozptyl termínu možného počátečního uzlu dosazujeme nulu. Nulu dosazujeme také za rozptyl přípustného termínu posledního uzlu sítě.

Výpočet hodnot termínů uzlů se provádí pomocí incidenční matice, která odpovídá projektové síti (Šubrt, 2015, s. 272, 273, 274, 277 - 279), (Doskočil, 2013, s. 41, 42, 60 - 62).

3.2.6 Kritická cesta

Kritická cesta je nejdelší orientovaná cesta v síti vedoucí od počátečního ke koncovému uzlu, která je tvořena kritickými činnostmi a určuje nejkratší možnou dobu potřebnou k realizaci celého projektu (Kerzner, 2009, s. 496).

Výsledkem výpočtů metodou PERT realizovaných prostřednictvím incidenční matice či jiným způsobem, je identifikace kritické cesty. Kritická cesta je zde tvořena součtem středních dob trvání kritických činností a udává střední dobu trvání projektu, respektive očekávaný termín realizace celého projektu.

Za pomoci interferenční rezervy uzlů lze snadno stanovit průběh kritické cesty, neboť pro uzly spojující dvě kritické činnosti platí, že tato rezerva je nulová. Platí, že kritická cesta prochází uzly s nulovou interferenční rezervou (Šubrt, 2015, s. 273).

3.2.7 Pravděpodobnostní analýza vypočtených údajů

Vypočtené výsledky metodou PERT se mohou podrobit pravděpodobnostní analýze. Předpokládá se, že se jedná o součet velkého počtu náhodných veličin, a proto se vypočtené termíny uzlů mohou považovat za náhodné veličiny s normálním rozdělením. Tento předpoklad je splněn zpravidla u projektů s velkým počtem činností. Pravděpodobnostní analýzu pak můžeme provést na základě zjištění pravděpodobnosti standardizovaných analyzovaných náhodných veličin pomocí distribuční funkce $N(0,1)$.

3.2.7.1 Výpočet pravděpodobnosti dodržení plánovaných termínů

Skutečná doba trvání projektu, respektive plánovaný termín ukončení projektu (PT), je obdobně jako doby trvání dílčích činností projektu náhodná veličina s normálním rozdělením pravděpodobnosti, jejíž střední hodnota je $E(T)$ a směrodatná odchylka $\sigma(T)$. Je-li zadán plánovaný termín ukončení projektu (PT), pak pro odhad pravděpodobnosti, že tento termín bude dodržen, platí vztah:

$$P(T \leq PT) = \Phi \left(\frac{PT - E(T)}{\sigma(T)} \right) = \Phi(u) \quad (3)$$

kde:

T doba trvání celého projektu,

PT plánovaný termín ukončení celého projektu,

Φ distribuční funkce náhodné veličiny T , jejíž chování lze popsat normovaným normálním rozdělením $N(0,1)$,

$E(T)$ střední doba trvání celého projektu (očekávaný termín realizace celého projektu),

$\sigma(T)$ směrodatná odchylka,

u kvantil normovaného normálního rozdělení (normované PT).

Hledaná pravděpodobnost bude hodnota distribuční funkce $\Phi(u)$, která se nalezne ve statistických tabulkách (Doskočil, 2013, s. 69).

Při vlastním hodnocení výsledků pravděpodobnostní analýzy lze využít empiricky ověřených intervalů pravděpodobností uvedených v následující Tabulce 1.

Tabulka 1 Doporučené hodnoty pravděpodobností pro hodnocení stochastických sítí

Interval pro hodnoty pravděpodobností	Hodnocení
do 0,25	nedostatečné zabezpečení, potřeba opatření k lepšímu zajištění všech prací ležících na cestě do daného uzlu
0,25 až 0,60	práce jsou dobře zabezpečeny
0,60 a více	zabezpečení projektu je nadbytečné, dochází k plýtvání zdrojů

Zdroj: (Gros, 2015, s. 202).

3.2.7.2 Výpočet kritičnosti uzlů

O náhodných veličinách T_i^0 a T_j^1 se předpokládá, že jejich chování lze popsat normálním rozdělením. Při hledání pravděpodobnosti, s jakou se nekritické uzly stanou kritickými, postačuje určit, jaká je pravděpodobnost, že interferenční rezerva uzlu bude rovna nebo menší než nula.

$$P(R_i \leq 0) = P(T_j^1 - T_i^0 \leq 0) \quad (4)$$

Pro vyčíslení této pravděpodobnosti platí vztah:

$$P(R_i \leq 0) = F(0) = \Phi\left(\frac{0 - (T_j^1 - T_i^0)}{\sqrt{\sigma^2(T_j^1) + \sigma^2(T_i^0)}}\right) = \Phi\left(\frac{(T_i^0 - T_j^1)}{\sqrt{\sigma^2(T_j^1) + \sigma^2(T_i^0)}}\right) \quad (5)$$

kde:

- T_i^0 nejdříve možná doba trvání projektu v uzlu,
- T_j^l nejpozději přípustná doba trvání projektu v uzlu,
- R_i interferenční rezerva uzlu,
- σ^2 rozptyl.

Hledaná pravděpodobnost bude hodnota distribuční funkce $\Phi(u)$, která se nalezne ve statistických tabulkách (Doskočil, 2013, s. 69).

3.3 Problematika chladicích věží

V řadě průmyslových odvětví a výrobních procesů existují různé požadavky pro přesné řízení teploty. Tyto požadavky jsou často velmi důležité pro dosažení provozní spolehlivosti, kvality a hodnoty konečného produktu. Chladicí zařízení, respektive chladicí věže jsou používány od potravinářského průmyslu až po energetický průmysl.

3.3.1 Funkce chladicí věže

Veškerá výrobní činnost je spojená se vzájemnou přeměnou různých forem energie. Aby byla zachována kontinuita výrobního procesu je potřeba vždy určitý podíl tepelné energie plynule odvádět. Pokud se jedná o energii, kterou již nelze vhodným způsobem dále využít, označujeme ji jako nízkopotenciální a teplo se hodnotí jako odpadní (Mikyška, 1989, s. 11).

K odvádění tohoto tepla slouží speciální zařízení, která se nazývají výměníky tepla. Jedná se o zařízení, která jsou určena k předávání tepla mezi dvěma látkami s různou teplotou. Můžeme konstatovat, že se jedná o chladiče, otopná tělesa, kondenzátory apod.

Nejrozšířenějším způsobem chlazení průmyslových vod je tzv. chlazení cirkulační. Jedná se v principu o vodní okruh, ve kterém cirkuluje voda, která je oteplována při výrobním procesu a v další části okruhu je ochlazována, aby mohla být po doplnění ztrát vody opět vrácena do výrobního procesu jako voda ochlazená (Šapošnikov, 1977, s. 22, 71 - 75).

3.3.2 Dělení chladicích věží

Pro účely této bakalářské práce postačí nejjednodušší dělení chladicích věží na:

- mokré chladicí věže

- chladicí věže s přirozeným prouděním vzduchu (chladicí věže typu Iterson).
U těchto věží je proudění vzduchu chladicí soustavou zabezpečeno tahovým komínem bez použití ventilátorů.
- chladicí věže s nuceným prouděním vzduchu (ventilátorové chladicí věže a malé chladiče). U těchto věží je nucené proudění vzduchu zajištěno ventilátory.
- suché chladicí věže. U těchto věží se obdobně jako u mokrého chlazení využívá okolní vzduch, avšak výměna tepla je zajištěna přes pevnou překážku, voda koluje v trubkách a nedostane se do styku s okolním vzduchem.
- hybridní chladicí věže. Tyto chladicí věže kombinují mokré a suché chlazení. Tyto věže fungují na principu mokrého chlazení, avšak věže jsou doplněny modulem chlazení suchého (Mikyška, 1989, s. 12).

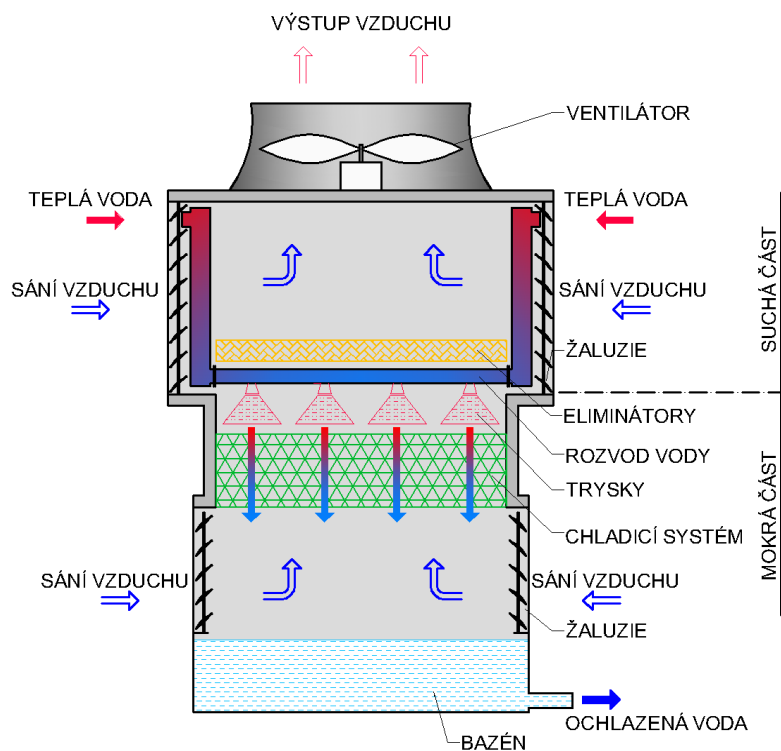
3.3.3 Technologie hybridní chladicí věže

Vzhledem k tomu, že se bakalářská práce zaměřuje na časovou analýzu modernizace hybridní chladicí věže, je dále pojednáno pouze o tomto typu.

Chladicí komplex uvnitř hybridní chladicí věže se skládá z následujících komponent:

- Mokrý část
 - nosná konstrukce pod chladicí systém,
 - chladicí systém,
 - distribuce vody (potrubí, trysky),
 - eliminátory,
 - lamelové žaluzie na sacím okně.
- Suchá část
 - distribuce vody (trysky do betonového kanálu),
 - deskové výměníky tepla,
 - lamelové žaluzie na sacím okně.
- Společná zařízení
 - oběžná kola ventilátorů,
 - pohony ventilátorů (motory),
 - pohony žaluzií,
 - elektro výbava.

Obrázek 8 Schéma hybridní chladicí věže



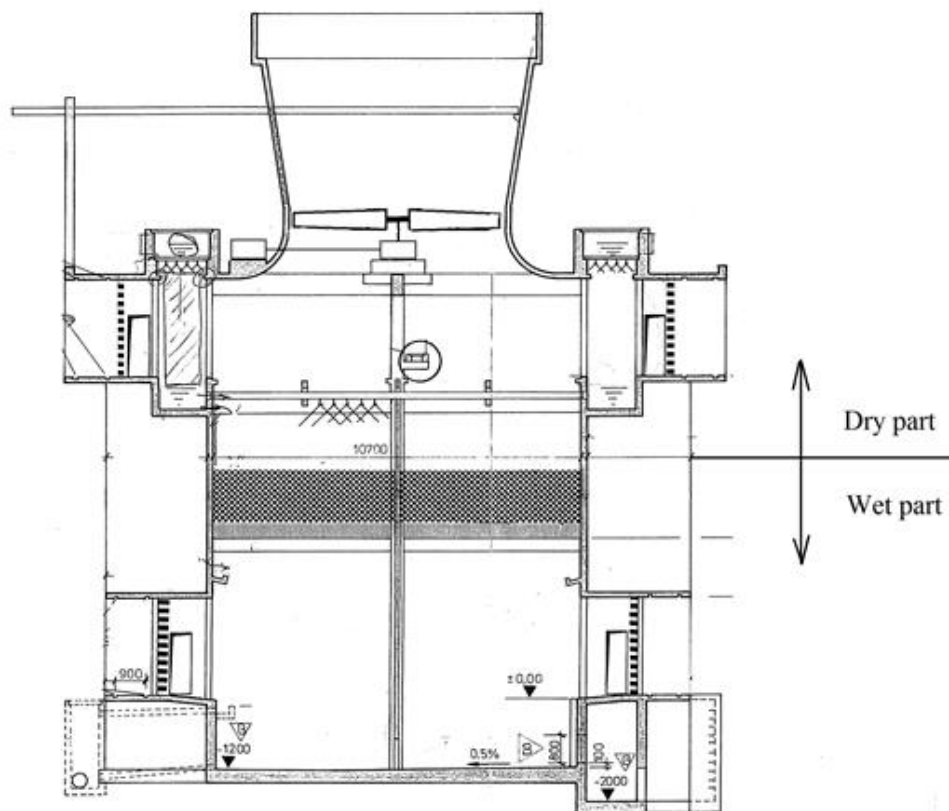
Zdroj: Archiv firmy FANS, a.s.

4 Vlastní práce

4.1 Základní popis chladicí věže

Pro zpracování časové analýzy modernizace chladicí věže byl vybrán projekt modernizace chladicí věže v Chorvatsku. Jedná se o hybridní chladicí věž o rozměrech 37,95 x 12,65 m a výšce 11,8 m. Věž je tvořena 3 buňkami umístěnými v řadě. V horní části chladicí věže se nachází šest sacích oken rozdělených na dvě části a ve spodní části je také šest nasávacích oken rozdělených na dvě u každé buňky. Každé sací okno buňky se skládá ze dvou částí, které budou vybaveny žaluziemi s jedním společným elektro pohonem. Pro znázornění je připojen řez hybridní chladicí věží.

Obrázek 9 Řez hybridní chladicí věží



Zdroj: Archiv firmy FANS, a.s.

Věž byla uvedena do provozu v roce 1985 a byla v provozu více než 150 000 provozních hodin. Navíc byla poškozena během občanské války v bývalé Jugoslávii.

4.2 Požadavky na modernizaci chladicí věže

Na rekonstrukci této chladicí věže byla vypsána mezinárodní soutěž. V soutěži zvítězilo konsorcium firem složené z chorvatské stavební firmy a české firmy zabývající se průmyslovým chlazením. Jedním z nejdůležitějších kritérií nabídkového řízení bylo provedení kompletní modernizace, tzn. demontáž stávající technologie chladicí věže, sanace betonových částí a montáž nové technologie chladicí věže, mimo topnou sezónu v termínu od 15. května do 15. září. Zásadním požadavkem tedy byla realizace prací na chladicí věži za 18 týdnů. S ohledem na rozsah této bakalářské práce nebudou analyzovány činnosti chorvatské stavební firmy, tzn. demontáže stávající technologie a sanace betonových částí chladicí věže, ale pouze činnosti vztahující se k rozsahu české dodávky. Časová analýza se tedy bude týkat dodávek a montáží nové technologie chladicí věže, od předání projektové dokumentace až po uvedení chladicí věže do provozu a předání díla zákazníkovi.

4.3 Definování činností

Východiskem pro konstrukci síťového grafu je důkladná analýza projektu, výsledkem které je definování všech činností pro realizaci modernizace.

Základními dílčími cíli projektu, které určily strukturu WBS jsou:

- vstoupení kontraktu v platnost,
- zpracování projektové dokumentace rekonstrukce chladicí věže,
- výroba a objednávky komponentů pro rekonstrukci,
- doprava komponentů na staveniště,
- sanace stavební části chladicí věže vč. demontáže stávajících technologií,
- montáž nové technologie do mokré části chladicí věže,
- montáž nové technologie do suché části chladicí věže,
- montáž ventilátorových jednotek,
- montáž nových elektrických částí chladicí věže,
- dokončení a předání díla zákazníkovi.

Pro pochopení a orientaci v činnostech následuje popis jednotlivých hlavních a dílčích činností:

4.3.1 Podpis smlouvy

Do 10 dnů po podpisu smlouvy musí česká strana předat zákazníkovi záruku za dobré provedení (Performance bank guarantee). Pokud tato podmínka nebude splněna, kontrakt nevstupuje v platnost. Dodací lhůty se však počítají ode dne podpisu smlouvy.

4.3.2 Projektová dokumentace

Investor požaduje předání projektové dokumentace v rozsahu basic designu, detail designu. Veškerá dokumentace podléhá konečnému schválení zákazníkem.

4.3.3 Výroba komponentů pro rekonstrukci

Pro rekonstrukci chladicí věže je potřeba vyrobit, popřípadě nakoupit následující komponenty chladicí věže.

Pro suchou část chladicí věže:

- 720 kusů trysek,
- 2 484 kusů deskových výměníků o šířce panelu 1.296 mm a délce panelu 3.240 mm,
- 186,5 m² lamelových žaluzií,
- 6 kusů elektrických pohonů AUMA.

Pro mokrou část chladicí věže:

- 2.250 kg konstrukcí pod chladicí výplň včetně 12 kusů podpěr,
- 640 m³ chladicí výplně typu CHSB21,
- 330 m nových rozvodů vody DN200,
- 600 kusů trysek typu RTF22,
- 406 m² eliminátorů typu KTE150/38,
- 186,5 m² lamelových žaluzií,
- 6 kusů elektrických pohonů AUMA.

Pro ventilátorové jednotky:

- 3 kusy oběžných kol ventilátoru, FRP provedení, 7 lopatek, průměr ventilátoru 6.240 mm.

Dle požadavku investora motory a převodovky zůstanou zachovány stávající.

Elektročásti chladicí věže:

- 1 ks rozvaděč,
- 1 kus řídicí systém S7-1200,
- kabely pro napájení motorů,
- kabely pro ovládání.

4.3.4 Doprava komponentů na staveniště

Kompletně všechny vyrobené či objednané komponenty chladicí věže budou dopraveny na staveniště ještě před plánovanou odstávkou chladicí věže. Zákazník disponuje dostatečnými skladovacími prostory, které poskytne zdarma.

4.3.5 Sanace stavební části chladicí věže

Demontáž starých technologií a sanace betonových částí chladicí věže je předmětem dodávky chorvatské stavební firmy. Tato firma se zavázala, že sanační práce dokončí za 11 týdnů.

4.3.6 Montáž nové technologie do chladicí věže

Nová technologie se bude montovat do mokré části chladicí věže, do suché části chladicí věže, dále je potřeba namontovat ventilátorové jednotky v horní části chladicí věže a elektro části hybridní chladicí věže.

4.3.6.1 Montáž technologie do mokré části chladicí věže

V mokré části hybridní chladicí věže se jedná o montáž nové konstrukce pod chladicí systém včetně 12 podpěr. Konstrukce bude po celé délce vnitřního prostoru chladicí věže. Na tuto konstrukci bude umístěna nová chladicí výplň. Ale protože se chladicí výplň standardně dodává na stavbu v nesloženém stavu, musí této činnosti předcházet samotné složení chladicí výplně do bloků pomocí skládacího stroje. Dalšími montážními pracemi

jsou montáž nových rozvodů vody a trysek umístěných do těchto rozvodů, montáž nových eliminátorů, nových lamelových žaluzií do sacích oken chladicí věže včetně jejich elektrických pohonů.

4.3.6.2 Montáž technologie do suché části chladicí věže

V suché části hybridní chladicí věže je potřeba provést montáž nových trysek v betonových rozvodných žlabech, montáž nových deskových výměníků, montáž nových lamelových žaluzií do sacích oken chladicí věže a konečně montáž elektrických pohonů těchto žaluzií.

4.3.6.3 Montáž ventilátorových jednotek

Požadavek zákazníka byl zachovat stávající motory s převodovkami. Na stavbu budou dodána pouze nová oběžná kola ventilátoru. Bude tedy potřeba namontovat do věže původní motory, převodovky a zkompletovat je s motory.

4.3.6.4 Montáž elektro částí chladicí věže

Z elektro částí chladicí věže je potřeba provést montáž nového rozvaděče, montáž řídicího systému, montáž kabelů pro napájení motorů a montáž kabelů pro ovládání žaluzií.

4.3.7 Dokončení a předání díla zákazníkovi

Po ukončení montážních prací, bude provedena kontrola před spuštěním věže do provozu, poté bude muset chladicí věž projít 3-denním zkušebním provozem. Po úspěšném zkušebním provozu bude chladicí věž uvedena do normálního provozního režimu a kompletní dílo bude předáno zákazníkovi.

Všechny potřebné činnosti byly zapsány do WBS diagramu, který tvoří Přílohu A.

4.4 Seřazení činností

Veškeré činnosti byly přepsány z WBS diagramu do Tabulky 2 a zároveň byly definovány časové návaznosti provádění jednotlivých činností, tzn. jednotlivým činnostem

byly určeny bezprostředně předcházející činnosti. V tabulce je pro pojem chladicí věž použita zkratka CHV a pro přehlednost v činnostech byla např. doprava a některé další činnosti označeny stejným písmem, identifikace je zajištěna indexem u písmene.

Tabulka 2 Definování činností a jejich následnost

Označení činnosti	Popis činnosti	Bezprostředně předcházející činnosti
	Podpis smlouvy	
A	Vstoupení smlouvy v platnost	
	Projektová dokumentace	
B	Vypracování basic designu	A
C	Schválení basic designu	B
D	Vypracování detail designu	C
E	Schválení detail designu	D
	Výroba komponentů chladicí věže	
F	Výroba trysek pro suchou část CHV	E
G	Výroba deskových výměníků pro suchou část CHV	E
H	Výroba žaluzií pro suchou část CHV	E
I	Výroba elektrických pohonů pro žaluzie suché části CHV	E
J	Výroba konstrukce pod chladicí systém mokré části CHV	E
K	Výroba chladicí výplně mokré části CHV	E
L	Výroba rozvodů vody mokré části CHV	E
M	Výroba trysek pro mokrou část CHV	E
N	Výroba eliminátorů pro mokrou část CHV	E
O	Výroba žaluzií pro mokrou část CHV	E
P	Výroba elektrických pohonů pro žaluzie mokré části CHV	E
Q	Výroba oběžných kol ventilátorové jednotky	E
R	Výroba rozvaděče	E
S	Příprava řídicího systému	E
T	Dodací termín pro dodávku kabeláže pro napájení motorů	E
U	Dodací termín pro dodávku kabeláže pro ovládání	E
	Sanace stavební části	
V	Sanace betonových částí CHV	E
	Doprava komponentů na staveniště	
W ₁₋₁₆	Doprava komponentů na staveniště	F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U
	Montáž nové technologie	
X	Složení chladicí výplně	W
Y	Montáž konstrukce pod chladicí systém mokré části CHV	V, W
Z	Montáž chladicí výplně mokré části CHV	X, Y
AA	Montáž rozvodů vody mokré části CHV	Z
AB	Montáž trysek na rozvody vody mokré části CHV	AA
AC	Montáž eliminátorů mokré části CHV	AB
AD	Montáž žaluzií mokré části CHV	AC
AE	Montáž elektrických pohonů žaluzií mokré části CHV	AD
AF	Montáž trysek v rozvodných kanálech suché části CHV	W
AG	Montáž deskových výměníků suché části CHV	W
AH	Montáž žaluzií suché části CHV	AG
AI	Montáž elektrických pohonů žaluzií suché části CHV	AH

Označení činnosti	Popis činnosti	Bezprostředně předcházející činnosti
AJ	Osazení motorů a převodovek na pozici	AI
AK	Montáž ventilátorů včetně jejich kompletace s motory	AJ
AL	Montáž rozvaděče	W
AM	Instalace řídicího systému	W
AN ₁	Připojení kabeláže pro napájení motorů žaluzií suché části	AL
AN ₂	Připojení kabeláže pro napájení motorů žaluzií mokré části	AE
AN ₃	Připojení kabeláže pro napájení ventilátorů	AK
AO ₁	Připojení kabeláže pro ovládání žaluzií mokré části CHV	AE,
AO ₂	Připojení kabeláže pro ovládání žaluzií suché části CHV	AK
AO ₃	Připojení kabeláže pro motory ventilátorů	AM
	Dokončení a předání díla	
AP	Zkušební provoz	AF, AN, AO
AQ	Uvedení do provozu	AP
AR	Předání díla zákazníkovi	AQ

Zdroj: Vlastní zpracování

4.5 Určení řádů činností

Pro identifikaci řádů činností byla použita hrano-hranová matice, která tvoří Přílohu B této bakalářské práce. Pomocí sloupcových součtů v příložené hrano-hranové matici bylo stanoveno, že při konstrukci síťového grafu budou činnosti zařazeny celkem do 18 řádů (0. až 17. řád).

4.6 Vlastní konstrukce síťového grafu

Na základě získaných počátečních informací a identifikace řádů činností byl sestaven síťový graf projektu - Příloha C.

4.7 Odhady trvání činností

Společně s pracovníkem odboru realizace projektů firmy FANS, a.s., který má bohaté zkušenosti s podobnými projekty, a který dokáže odhadnout podmínky realizace dílčích činností a jejich rizika, byly odhadnuty doby trvání jednotlivých činností. U každé činnosti byl stanoven a_{ij} – optimistický odhad, m_{ij} – nejpravděpodobnější odhad a b_{ij} – pesimistický odhad. Tyto odhady byly vepsány do následující Tabulky 3.

Tabulka 3 Odhady trvání jednotlivých činností

Označení činnosti	Popis činnosti	Odhady trvání činnosti		
		a_{ij}	m_{ij}	b_{ij}
	Podpis smlouvy			
A	Vstoupení smlouvy v platnost	7	10	10
	Projektová dokumentace			
B	Vypracování basic designu	17	20	21
C	Schválení basic designu	7	10	15
D	Vypracování detail designu	17	20	25
E	Schválení detail designu	7	10	15
	Výroba komponentů chladicí věže			
F	Výroba trysek pro suchou část CHV	14	15	20
G	Výroba deskových výměníků pro suchou část CHV	43	45	48
H	Výroba žaluzií pro suchou část CHV	28	30	32
I	Výroba elektrických pohonů pro žaluzie suché části CHV	30	50	60
J	Výroba konstrukce pod chladicí systém mokré části CHV	35	40	45
K	Výroba chladicí výplně mokré části CHV	55	60	65
L	Výroba rozvodů vody mokré části CHV	10	18	20
M	Výroba trysek pro mokrou část CHV	13	15	18
N	Výroba eliminátorů pro mokrou část CHV	37	40	43
O	Výroba žaluzií pro mokrou část CHV	28	30	32
P	Výroba elektrických pohonů pro žaluzie mokré části CHV	30	50	60
Q	Výroba oběžných kol ventilátorové jednotky	35	40	45
R	Výroba rozvaděče	57	60	63
S	Příprava řídicího systému	15	25	30
T	Dodací termín pro dodávku kabeláže pro napájení motorů	18	20	22
U	Dodací termín pro dodávku kabeláže pro ovládání	18	20	22
	Sanace stavební části			
V	Sanace betonových částí CHV	50	55	60

Označení činnosti	Popis činnosti	Odhady trvání činnosti		
		a_{ij}	m_{ij}	b_{ij}
	Doprava komponentů na staveniště			
W	Doprava komponentů na staveniště	4	5	7
	Montáž nové technologie			
X	Složení chladicí výplně	9	10	11
Y	Montáž konstrukce pod chladicí systém mokré části CHV	2,5	3	4
Z	Montáž chladicí výplně mokré části CHV	4	4,5	5
AA	Montáž rozvodů vody mokré části CHV	4,5	5	6
AB	Montáž trysek na rozvody vody mokré části CHV	1,8	2	2,2
AC	Montáž eliminátorů mokré části CHV	2	2,5	3
AD	Montáž žaluzií mokré části CHV	3	4	5
AE	Montáž elektrických pohonů žaluzií mokré části CHV	1	1,5	2
AF	Montáž trysek v rozvodných kanálech suché části CHV	1	1,5	2
AG	Montáž deskových výměníků suché části CHV	6	7	8
AH	Montáž žaluzií suché části CHV	3	4	5
AI	Montáž elektrických pohonů žaluzií suché části CHV	1	1,5	2
AJ	Osazení motorů a převodovek na pozici	2,5	3	4,5
AK	Montáž ventilátorů včetně jejich kompletace s motory	5	6	7
AL	Montáž rozvaděče	1	2	3
AM	Instalace řídicího systému	0,5	1	1,5
AN	Připojení kabeláže pro napájení motorů	2,5	3	3,5
AO	Připojení kabeláže pro ovládání	2,5	3	3,5
	Dokončení a předání díla			
AP	Zkušební provoz	3	3	6
AQ	Uvedení do provozu	1	1	1
AR	Předání díla zákazníkovi	1	1	2

Zdroj: Vlastní zpracování

4.8 Zpracování dat metodou PERT

V následující Tabulce 4 jsou pro jednotlivé činnosti projektu vypočteny jejich střední doby trvání a rozptyly podle vzorců (1) a (2).

Tabulka 4 Střední doby trvání jednotlivých činností a jejich rozptyly

Označení činnosti	Uzel		Odhady trvání činnosti			Střední doba trvání činnosti	Rozptyl činnosti
	i	j	a_{ij}	m_{ij}	b_{ij}	$\mu(t_{ij})$	$\sigma^2(t_{ij})$
A	1	2	7	10	10	9,5	0,25
B	2	3	17	20	21	19,7	0,44
C	3	4	7	10	15	10,3	1,78
D	4	5	17	20	25	20,3	1,78
E	5	6	7	10	15	10,3	1,78
F	6	7	14	15	20	15,7	1,00
G	6	8	43	45	48	45,2	0,69
H	6	9	28	30	32	30,0	0,44
I	6	10	30	50	60	48,3	25,00
J	6	11	35	40	45	40,0	2,78
K	6	12	55	60	65	60,0	2,78
L	6	13	10	18	20	17,0	2,78
M	6	14	13	15	18	15,2	0,69
N	6	15	37	40	43	40,0	1,00
O	6	16	28	30	32	30,0	0,44
P	6	17	30	50	60	48,3	25,00
Q	6	18	35	40	45	40,0	2,78
R	6	19	57	60	63	60,0	1,00
S	6	20	15	25	30	24,2	6,25
T	6	21	18	20	22	20,0	0,44
U	6	22	18	20	22	20,0	0,44
V	6	23	50	55	60	55,0	2,78
W ₁	7	24	4	5	7	5,2	0,25
W ₂	8	24	4	5	7	5,2	0,25
W ₃	9	24	4	5	7	5,2	0,25
W ₄	10	24	4	5	7	5,2	0,25
W ₅	11	24	4	5	7	5,2	0,25
W ₆	12	24	4	5	7	5,2	0,25
W ₇	13	24	4	5	7	5,2	0,25
W ₈	14	24	4	5	7	5,2	0,25
W ₉	15	24	4	5	7	5,2	0,25
W ₁₀	16	24	4	5	7	5,2	0,25
W ₁₁	17	24	4	5	7	5,2	0,25
W ₁₂	18	24	4	5	7	5,2	0,25
W ₁₃	19	24	4	5	7	5,2	0,25

Označení činnosti	Uzel		Odhady trvání činnosti			Střední doba trvání činnosti	Rozptyl činnosti
	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>a_{ij}</i>	<i>m_{ij}</i>	<i>b_{ij}</i>	$\mu(t_{ij})$	$\sigma^2(t_{ij})$
W ₁₄	20	24	4	5	7	5,2	0,25
W ₁₅	21	24	4	5	7	5,2	0,25
W ₁₆	22	24	4	5	7	5,2	0,25
X	24	29	9	10	11	10,0	0,11
fiktivní	23	30	-	-	-	-	-
Y	24	30	2,5	3	4	3,1	0,06
Z	29	32	4	4,5	5	4,5	0,03
fiktivní	30	32	-	-	-	-	-
AA	32	34	4,5	5	6	5,1	0,06
AB	34	36	1,8	2	2,2	2,0	0,00
AC	36	38	2	2,5	3	2,5	0,03
AD	38	39	3	4	5	4,0	0,11
AE	39	40	1	1,5	2	1,5	0,03
AF	24	25	1	1,5	2	1,5	0,03
AG	24	27	6	7	8	7,0	0,11
AH	27	31	3	4	5	4,0	0,11
AI	31	33	1	1,5	2	1,5	0,03
AJ	33	35	2,5	3	4,5	3,2	0,11
AK	35	37	5	6	7	6,0	0,11
AL	24	28	1	2	3	2,0	0,11
AM	24	26	0,5	1	1,5	1,0	0,03
AN ₁	28	42	2,5	3	3,5	3,0	0,03
AN ₂	37	42	2,5	3	3,5	3,0	0,03
AN ₃	40	42	2,5	3	3,5	3,0	0,03
AO ₁	26	41	2,5	3	3,5	3,0	0,03
AO ₂	37	41	2,5	3	3,5	3,0	0,03
AO ₃	40	41	2,5	3	3,5	3,0	0,03
fiktivní	25	43	-	-	-	-	-
AP ₁	41	43	3	3	6	3,5	0,25
AP ₂	42	43	3	3	6	3,5	0,25
AQ	43	44	1	1	1	1,0	0,00
AR	44	45	1	1	2	1,2	0,03

Zdroj: Vlastní zpracování

Ve smlouvě o dílo je stanoveno, že rekonstrukce chladicí věže se může realizovat pouze v období mimo topnou sezónu, to je od 15. května do 15. září. Vyhodnocení výběrového řízení však trvalo déle, než se původně předpokládalo a smlouva o dílo byla podepsána těsně před začátkem období, kdy mohla být chladicí věž odstavena z provozu.

Na základě této skutečnosti zákazník rozhodl, že se modernizace bude provádět až v následujícím roce. Obě firmy tedy měly dostatek času od podpisu smlouvy pro realizaci činností před vlastní rekonstrukcí chladicí věže, tzn. pro zpracování projektové dokumentace, její následné schválení investorem a také dostatek času pro výrobu a objednávky technologie a jejich dodání na stavenišťě.

Z těchto skutečností vyplývá, že na modernizaci vlastní chladicí věže mělo konsorcium firem celkem 18 kalendářních týdnů. V kontraktu byl stanovený šestidenní pracovní týden. Chorvatská stavební firma požadovala na provedení demontáže stávající technologie a sanačních prací betonových částí chladicí věže celkem 11 týdnů. Na montážní práce nové technologie, zkušební provoz a předání díla tedy zbývalo celkem 7 týdnů (v termínu od 31.7. do 15.9.2017), což v roce 2017 při šestidenním pracovním týdnu bylo celkem 41 dnů.

S ohledem na charakter projektu byly zpracovány dvě incidenční matice s hodnotami očekávaných dob trvání a rozptylů pro:

- Fázi A (Příloha D) – pro období od podpisu smlouvy, přes vypracování a schválení veškeré projektové dokumentace, přes výrobu a objednávky komponentů chladicí věže až po dopravu těchto komponentů na stavbu. Jedná se o činnosti A až AE. Činnosti z této fáze musí být dokončeny během jednoho roku. Na staveništi je dostatek skladovacích míst, proto by bylo možné komponenty dodat s předstihem.
- Fázi B (Příloha E) – tato fáze obsahuje činnosti, které mohou být realizovány pouze v období od 15. května do 15. září. Demontáž stávající technologie a sanace stavební části (činnost AF) není v incidenční matici řešená, protože se nejedná o činnost české firmy a není tedy předmětem časové analýzy řešené touto bakalářskou prací. Chorvatská firma požaduje pro tuto činnost 11 týdnů. V této fázi jsou tedy řešeny činnosti týkající se montáží nových technologií pro mokrou část chladicí věže a pro suchou část chladicí věže, montáž ventilátorové jednotky a montáž elektro částí chladicí věže a dále činnosti pro dokončení a předání díla. Jedná se o činnosti X až AR, tzn. uzly č. 24 až 45.

Základní časové charakteristiky včetně jejich rozptylů jsou vypočteny s využitím incidenčních matic, pro které platí legenda pole incidenční matice z obrázku 10.

Obrázek 10 Základní legenda pole incidenční matice

$$\begin{array}{cc} t_i^l [\sigma^2(t_i^l)] & t_j^0 [\sigma^2(t_j^0)] \\ \mu(t_{ij}) [\sigma^2(t_{ij})] & \end{array}$$

Zdroj: Vlastní zpracování

Legenda pro incidenční matici v Příloze D a E:

- T_i^0 nejdříve možná doba trvání projektu v uzlu,
- T_j^l nejpozději přípustná doba trvání projektu v uzlu,
- σ^2 rozptyl v uzlu,
- R_i střední hodnota interferenční rezervy.

4.9 Stanovení kritické cesty projektu

Poslední řádek incidenční matice uvádí střední hodnotu interferenční rezervy R_i , která byla vypočtena jako rozdíl středních hodnot T_j^l a T_i^0 . Z obou incidenčních matic lze vyčíst očekávané kritické cesty, střední dobu její doby trvání a rozptyl. Kritické cesty jsou vyznačeny v incidenčních maticích červeně. Kritické cesty byly rovněž vyznačeny i v síťovém grafu projektu – Příloha F.

Očekávaná kritická cesta Fáze A prochází uzly 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 12 – 24. Jmenovitě jsou to následující činnosti: vstoupení kontraktu v platnost – vypracování basic designu – schválení basic designu – vypracování detail designu – schválení detail designu – výroba chladicí výplně mokré části chladicí věže – doprava komponentů na stavenišť.

Střední doba její doby trvání, tedy očekávaná délka, je 135,3 pracovních dní. Rozptyl očekávané doby trvání je 9,06.

Fáze B má dvě možné očekávané kritické cesty. První očekávaná kritická cesta prochází uzly 24 – 29 – 32 – 34 – 36 – 38 – 39 – 40 – 41 – 43 – 44 – 45, jedná se o následující činnosti: složení chladicí výplně – montáž chladicí výplně mokré části chladicí věže – montáž rozvodů vody mokré části chladicí věže – montáž trysek na rozvody mokré části chladicí věže – montáž eliminátorů mokré části chladicí věže – montáž žaluzií mokré části chladicí věže – montáž elektrických pohonů žaluzií mokré části chladicí věže – připojení kabeláže pro ovládání – zkušební provoz – uvedení do provozu – předání díla zákazníkovi. Druhá očekávaná kritická cesta prochází uzly 24 – 29 – 32 – 34 – 36 – 38 – 39 – 40 – 42 – 43 – 44 – 45, jedná se o činnosti: složení chladicí výplně – montáž chladicí výplně mokré části chladicí věže – montáž rozvodů vody mokré části chladicí věže – montáž trysek na rozvody mokré části chladicí věže – montáž eliminátorů mokré části chladicí věže – montáž žaluzií mokré části chladicí věže – montáž elektrických pohonů žaluzií mokré části chladicí věže – připojení kabeláže pro napájení motorů – zkušební provoz – uvedení do provozu – předání díla zákazníkovi.

Střední doba jejich doby trvání, tedy očekávaná délka, je pro obě kritické cesty stejná, a to 38,3 pracovního dne. Rozptyl očekávané doby trvání je 0,68.

Kritické cesty byly vyznačeny v síťovém grafu projektu – Příloha F.

4.10 Pravděpodobnostní analýza

Obdržené výsledky jsou podrobeny pravděpodobnostní analýze. Je vypočtena pravděpodobnost dodržení plánovaného termínu ukončení projektu a výpočet kritičnosti uzlů, tzn. stanovení pravděpodobnosti, s jakou se nekritické uzly stanou kritickými.

4.10.1 Pravděpodobnost dodržení plánovaného termínu dokončení

Střední doba doby trvání Fáze A, tedy očekávaná délka (PT), je 135,3 pracovních dní. Rozptyl očekávané doby trvání (σ^2) je 9,06 a směrodatná odchylka (σ) 3,009983. Plánovaná doba (T) daná podmínkami zahraniční smlouvy je 250 pracovních dnů.

Výpočet dle vzorce (3)

$$P(T \leq PT) = \Phi \left(\frac{250-135,3}{3,009983} \right) = \Phi (38,1065) \doteq 1,00$$

Pravděpodobnost, že projekt bude dokončen do 250 pracovních dnů, se velmi blíží 1,00.

Z výše uvedeného výpočtu je patrné, že plánovaná doba daná podmínkami smlouvy je více než komfortní. Pokud by plánovaná doba (T) byla uvažována 140 dnů, pak dle následujícího výpočtu

$$P(T \leq PT) = \Phi \left(\frac{140 - 135,3}{3,009983} \right) = \Phi (1,56147) = 0,9406$$

by pravděpodobnost, že projekt bude dokončen do 140 dnů, byla 0,94062.

Pokud by plánovaná doba (T) byla uvažována 145 dnů, pak dle následujícího výpočtu

$$P(T \leq PT) = \Phi \left(\frac{145 - 135,3}{3,009983} \right) = \Phi (3,22261) = 0,9994$$

by pravděpodobnost, že projekt bude dokončen do 145 dnů, byla 0,9994.

Střední doba doby trvání Fáze B, tedy očekávaná délka (PT), je pro obě kritické cesty stejná, a to 38,3 pracovního dne. Rozptyl očekávané doby trvání (σ^2) je 0,68 a směrodatná odchylka (σ) 0,824621. Plánovaná doba (T) daná podmínkami zahraniční smlouvy, po odečtení 11 týdnů požadovaných chorvatskou stavební firmou pro zajištění demontážních a sanačních stavebních prací, je 41 pracovních dnů.

Výpočet dle vzorce (3)

$$P(T \leq PT) = \Phi \left(\frac{41 - 38,3}{0,824621} \right) = \Phi (3,2742) = 0,99946$$

Pravděpodobnost, že projekt bude dokončen do 41 pracovních dnů, je 0,99946.

4.10.2 Výpočet kritičnosti uzlů

Fáze A

Z incidenční matice Fáze A (Příloha D) jsou čerpány vstupní údaje pro výpočet kritičnosti uzlů dle vzorce (5).

Tabulka 5 Výpočet kritičnosti uzlů - Fáze A

Uzel	1	2	3	4	5	6	7	8
T_j^1	0,00	9,50	29,20	39,50	59,80	70,10	130,10	130,10
T_i^0	0,00	9,50	29,20	39,50	59,80	70,10	85,80	115,30
RI_{ij}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	44,30	14,80
$\sigma^2(T_j^1)$	9,06	8,81	8,37	6,59	4,81	3,03	0,25	0,25
$\sigma^2(T_i^0)$	0,00	0,25	0,69	2,47	4,25	6,03	7,03	6,72
u	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-16,42	-5,61
$\Phi(u)$	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,00	0,00

Uzel	9	10	11	12	13	14	15	16
T_j^1	130,10	130,10	130,10	130,10	130,10	130,10	130,10	130,10
T_i^0	100,10	118,40	110,10	130,10	87,10	85,30	110,10	100,10
RI_{ij}	30,00	11,70	20,00	0,00	43,00	44,80	20,00	30,00
$\sigma^2(T_j^1)$	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
$\sigma^2(T_i^0)$	6,47	31,30	8,81	8,81	8,81	6,72	7,03	6,47
u	-11,57	-2,08	-6,64	0,00	-14,29	-16,97	-7,41	-11,57
$\Phi(u)$	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00

Uzel	17	18	19	20	21	22	24
T_j^1	130,10	130,10	130,10	130,10	130,10	130,10	135,30
T_i^0	118,40	110,10	130,10	94,30	90,10	90,10	135,30
RI_{ij}	11,70	20,00	0,00	35,80	40,00	40,00	0,00
$\sigma^2(T_j^1)$	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,00
$\sigma^2(T_i^0)$	31,30	8,81	7,03	12,28	6,47	6,47	9,06
u	-2,08	-6,64	0,00	-10,11	-15,43	-15,43	0,00
$\Phi(u)$	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50

Zdroj: Vlastní zpracování

Z posledních řádků tabulek vyplývá, že pravděpodobnosti, s nimiž se nekritické uzly 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21 a 22 mohou stát kritickými, jsou velmi nízké, tudíž i činnosti vedoucí přes tyto uzly by měly disponovat velmi nízkou pravděpodobností kritičnosti činnosti.

Fáze B

Z incidenční matice Fáze B (Příloha E) jsou čerpány vstupní údaje pro výpočet kritičnosti uzlů dle vzorce (5).

Tabulka 6 Výpočet kritičnosti uzlů - Fáze B

Uzel	24	25	26	27	28	29	30
T_j^1	0,00	32,60	29,60	14,90	29,60	10,00	10,00
T_i^0	0,00	1,50	1,00	7,00	2,00	10,00	3,10
RI_{ij}	0,00	31,10	28,60	7,90	27,60	0,00	6,90
$\sigma^2(T_j^1)$	0,68	0,28	0,31	0,67	0,31	0,57	0,57
$\sigma^2(T_i^0)$	0,00	0,03	0,03	0,11	0,11	0,11	0,06
u	0,00	-55,86	-49,05	-8,94	-42,59	0,00	-8,69
$\Phi(u)$	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00

Uzel	31	32	33	34	35	36	37
T_j^1	18,90	14,50	20,40	19,60	23,60	21,60	29,60
T_i^0	11,00	14,50	12,50	19,60	15,70	21,60	21,70
RI_{ij}	7,90	0,00	7,90	0,00	7,90	0,00	7,90
$\sigma^2(T_j^1)$	0,56	0,54	0,53	0,48	0,42	0,48	0,31
$\sigma^2(T_i^0)$	0,22	0,14	0,25	0,20	0,36	0,20	0,47
u	-8,94	0,00	-8,94	0,00	-8,94	0,00	-8,94
$\Phi(u)$	0,00	0,50	0,00	0,50	0,00	0,50	0,00

Uzel	38	39	40	41	42	43	44	45
T_j^1	24,10	28,10	29,60	32,60	32,60	36,10	37,10	38,30
T_i^0	24,10	28,10	29,60	32,60	32,60	36,10	37,10	38,30
RI_{ij}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\sigma^2(T_j^1)$	0,45	0,34	0,31	0,28	0,28	0,03	0,03	0,00
$\sigma^2(T_i^0)$	0,23	0,34	0,37	0,40	0,40	0,65	0,65	0,68
u	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\Phi(u)$	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

Zdroj: Vlastní zpracování

Z posledních řádků tabulek vyplývá, že pravděpodobnosti, s nimiž se nekritické uzly 25, 26, 27, 28, 30, 31, 33, 35 a 37 mohou stát kritickými, jsou velmi nízké, tudíž i činnosti vedoucí přes tyto uzly by měly disponovat velmi nízkou pravděpodobností kritičnosti činnosti.

4.11 Zhodnocení výsledků a doporučení pro realizaci projektu

Očekávaná kritická cesta Fáze A prochází uzly 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 12 – 24, jedná se o činnosti A, B, C, D, E, K, W. Jmenovitě jsou to následující činnosti: vstupení kontraktu v platnost – vypracování basic designu – schválení basic designu – vypracování detail designu – schválení detail designu – výroba chladicí výplně mokré části chladicí věže – doprava komponentů na staveniště.

Střední doba její doby trvání, tedy očekávaná délka, je 135,3 pracovních dní. Rozptyl očekávané doby trvání je 9,06.

Činnosti z této fáze by měly být dle podmínek smlouvy dokončeny cca za 1 kalendářní rok, tj. cca 250 pracovních dnů. Dle výpočtu bude projekt se 100% pravděpodobností dokončen do 250 pracovních dnů. Z tohoto výpočtu vyplynulo, že plánovaná doba může být snížena. Byly provedeny další výpočty, a to pro plánovanou dobu 140 dnů a 145 dnů. Pro plánovanou dobu 140 dnů je pravděpodobnost dokončení v tomto termínu 94,06%, pro plánovanou dobu 145 dnů je to 99,94%.

Očekávaná kritická cesta Fáze B má dvě varianty. První očekávaná kritická cesta prochází uzly 24 – 29 – 32 – 34 – 36 – 38 – 39 – 40 – 41 – 43 – 44 – 45. Jedná se o následující činnosti: složení chladicí výplně – montáž chladicí výplně mokré části chladicí věže – montáž rozvodů vody mokré části chladicí věže – montáž trysek na rozvody mokré části chladicí věže – montáž eliminátorů mokré části chladicí věže – montáž žaluzií mokré části chladicí věže – montáž elektrických pohonů žaluzií mokré části chladicí věže – připojení kabeláže pro ovládání – zkušební provoz – uvedení do provozu – předání díla zákazníkovi.

Druhá očekávaná kritická cesta prochází uzly 24 – 29 – 32 – 34 – 36 – 38 – 39 – 40 – 42 – 43 – 44 – 45. Jedná se o činnosti: složení chladicí výplně – montáž chladicí výplně mokré části chladicí věže – montáž rozvodů vody mokré části chladicí věže – montáž trysek na rozvody mokré části chladicí věže – montáž eliminátorů mokré části chladicí

věže – montáž žaluzií mokré části chladicí věže – montáž elektrických pohonů žaluzií mokré části chladicí věže – připojení kabeláže pro napájení motorů – zkušební provoz – uvedení do provozu – předání díla zákazníkovi.

Střední doba jejich doby trvání, tedy očekávaná délka, je pro obě kritické cesty stejná, a to 38,3 pracovního dne. Rozptyl očekávané doby trvání je 0,68.

Tato fáze by měla být dle podmínek smlouvy pro tento projekt splněna za 41 dnů. Dle výpočtu je pravděpodobnost, že projekt bude dokončen do 41 dnů, 99,95%.

Pravděpodobnosti, s nimiž se všechny nekritické uzly v obou fázích mohou stát kritickými, jsou velmi nízké, tudíž i činnosti vedoucí přes tyto uzly by měly disponovat velmi nízkou pravděpodobností kritičnosti činnosti.

Pokud firma vykoná činnosti v předpokládaných termínech splnění, projekt bude dokončen v termínu požadovaném zákazníkem. Fáze A může být snížena na 145 dnů, pokud nebude snížena, komponenty pro modernizaci budou skladovány na stavbě až do počátku realizace montážních prací.

K zajištění zkrácení doby montážních prací se dodavatelské firmě doporučuje, aby již v době provádění sanace chladicí věže přistoupila k realizaci činnosti X – složení chladicí výplně, neboť tato činnost nevyžaduje přístup na chladicí věž a může být prováděna souběžně se stavebními pracemi.

6 Závěr

Bakalářská práce je zpracována v teoretické a praktické části. V teoretické části jsou definovány základní pojmy k projektovému řízení a časové analýze. Je vysvětlen základ problematiky chladicích věží, jejich funkce a typy. Pro pochopení rozsahu předmětné modernizace chladicí věže jsou vypsány jednotlivé komponenty technologie hybridní chladicí věže.

V praktické části se autorka zabývá problematikou časové analýzy konkrétního projektu modernizace stávající hybridní chladicí věže v Chorvatsku. Zároveň jsou uvedeny základní požadavky na modernizaci chladicí věže dané zákazníkem.

Postupně jsou definovány potřebné činnosti a pro pochopení a orientaci v těchto činnostech, jsou jednotlivé činnosti popsány. Veškeré činnosti autorka uvedla do WBS diagramu a seřadila dle časové návaznosti. Pomocí hrano-hranové matice určila 18 řádů síťového grafu a sestrojila síťový graf projektu. Za spolupráce pracovníka z odborné firmy stanovila odhady dob trvání jednotlivých činností. Časová analýza je provedena metodou PERT. Ve dvou incidenčních maticích jsou pro Fázi A, tak i pro Fázi B, vypočítány základní časové charakteristiky uzlů včetně jejich rozptylů. Pomocí interferenčních (kritických) rezerv uzlů je stanovena kritická cesta, která je následně vyznačena v síťovém grafu. Výsledky časové analýzy jsou zpracovány pravděpodobnostní analýzou, konkrétně je proveden výpočet pravděpodobnosti dodržení plánovaného termínu ukončení projektu a výpočet kritičnosti uzlů, tzn. stanovení pravděpodobnosti, s jakou se nekritické uzly stanou kritickými.

Na základě provedených výpočtů je pro Fázi A stanovena pravděpodobnost, že činnosti z této fáze budou dokončeny do 145 dnů, 99,94%. Pravděpodobnost, že činnosti z Fáze B budou dokončeny do 41 dnů, je 99,95%. Zároveň pravděpodobnosti, s nimiž se všechny nekritické uzly v obou fázích mohou stát kritickými, jsou velmi nízké.

S výsledky časové analýzy byla firma seznámena a využila jich při realizaci projektu, který byl v loňském roce dokončen. Chorvatská stavební firma, která realizovala demontáž původní technologie a následnou sanaci betonové části, své závazky splnila včas, stejně

tak i česká dodavatelská firma, která dodala a namontovala nové technologické části. Uvedení věže do provozu a její předání zákazníkovi proběhlo v požadovaném termínu, tzn. před počátkem topné sezóny.

7 Seznam použitých zdrojů

DOLEŽAL, Jan, Pavel MÁCHAL a Branislav LACKO, 2012. *Projektový management podle IPMA*. 2., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada, 528 s. ISBN 978-80-247-4275-5.

DOSKOČIL, Radek, 2013. *Metody, techniky a nástroje řízení projektů*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 165 s. ISBN 978-80-7204-863-2.

GROS, Ivan a Jakub DYNTAR, 2015. *Matematické modely pro manažerské rozhodování*. 2., upr. a rozš. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 303 s. ISBN 978-80-7080-910-5.

KERZNER, Harold, 2009. *Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. 10th ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons. ISBN 978-0-470-27870-3.

MIKYŠKA, Ladislav, 1989. *Chladicí věže: provoz a údržba*. 1. vyd. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury. Knižnice technických aktualit. ISBN bez ISBN.

ROSENAU, Milton, 2003. *Řízení projektů*. 2. vyd. Praha: Computer Press, 335 s. ISBN 80-722-6218-1.

ŘEHÁČEK, Petr, 2013. *Projektové řízení podle PMI*. 1. vyd. Praha: Ekopress. ISBN 978-80-86929-90-3.

SVOZILOVÁ, Alena, 2016. *Projektový management: systémový přístup k řízení projektů*. 3. aktualizované a rozšířené vydání. Praha: Grada Publishing, 424 s. ISBN 978-80-271-0075-0.

ŠAPOŠNIKOV, Vsevolod, František POMAJZL a Ivo POSSELT, 1977. *Atmosférické chladiče a chladicí věže*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. Řada strojírenské literatury. ISBN L13-B2-IV-31/22503.

ŠUBRT, Tomáš, 2015. *Ekonomicko-matematické metody*. 2. upr. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., 331 s. ISBN 978-80-7380-563-0.

ŠUBRT, Tomáš a Pavlína LANGROVÁ, 2004. *Projektové řízení I (základy a matematické metody)*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta. ISBN 978-80-213-1194-7.

8 Seznam obrázků

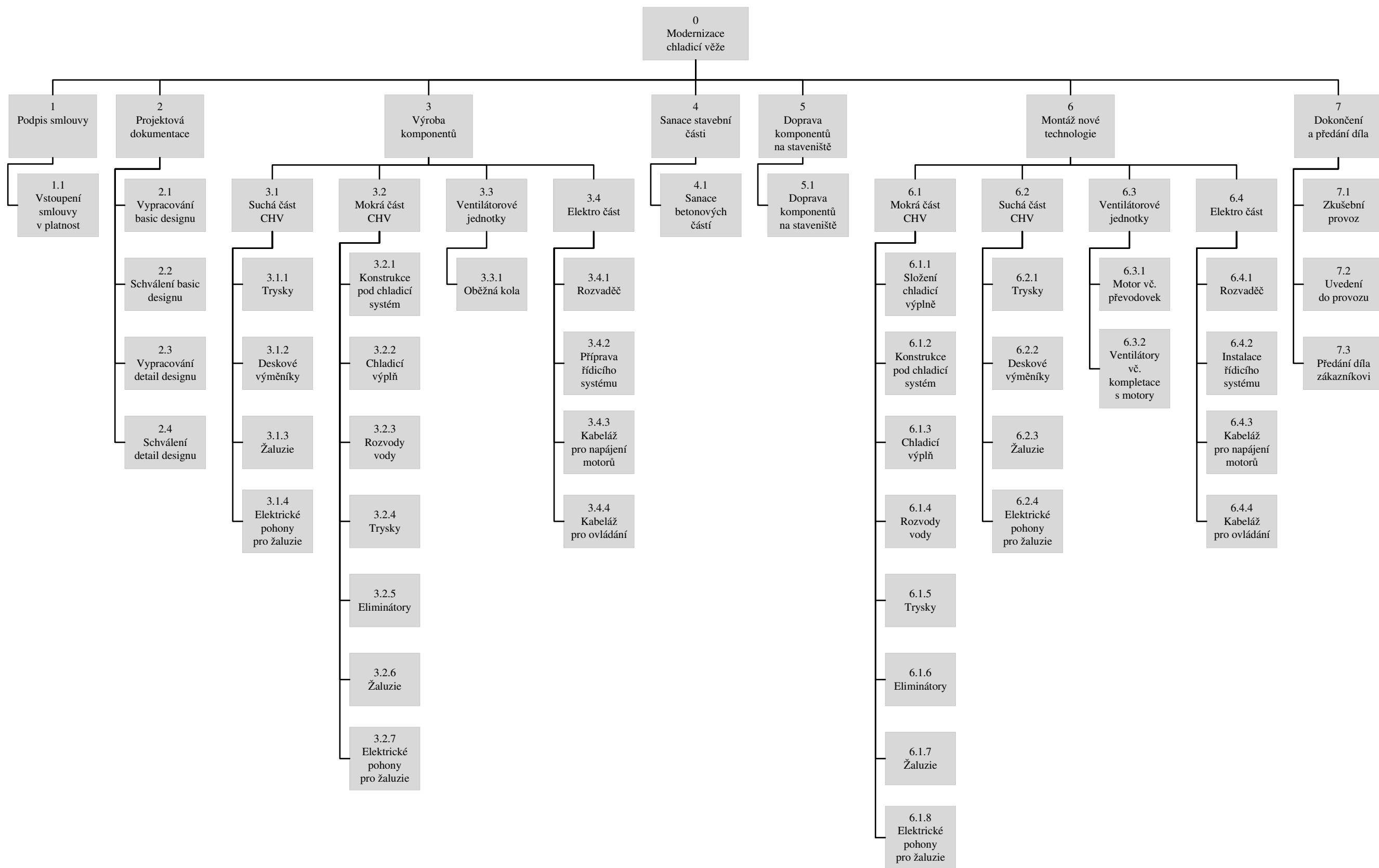
Obrázek 1	Schéma plánování projektu.....	14
Obrázek 2	Uzlově definovaný síťový graf	21
Obrázek 3	Hranově definovaný síťový graf.....	21
Obrázek 4	Typická podoba hustoty pravděpodobnosti beta rozdělení.....	25
Obrázek 5	Symetrická funkce	25
Obrázek 6	Funkce zkosená vpravo.....	26
Obrázek 7	Funkce zkosená vlevo	26
Obrázek 8	Schéma hybridní chladicí věže	32
Obrázek 9	Řez hybridní chladicí věží	33
Obrázek 10	Základní legenda pole incidenční matice.....	45

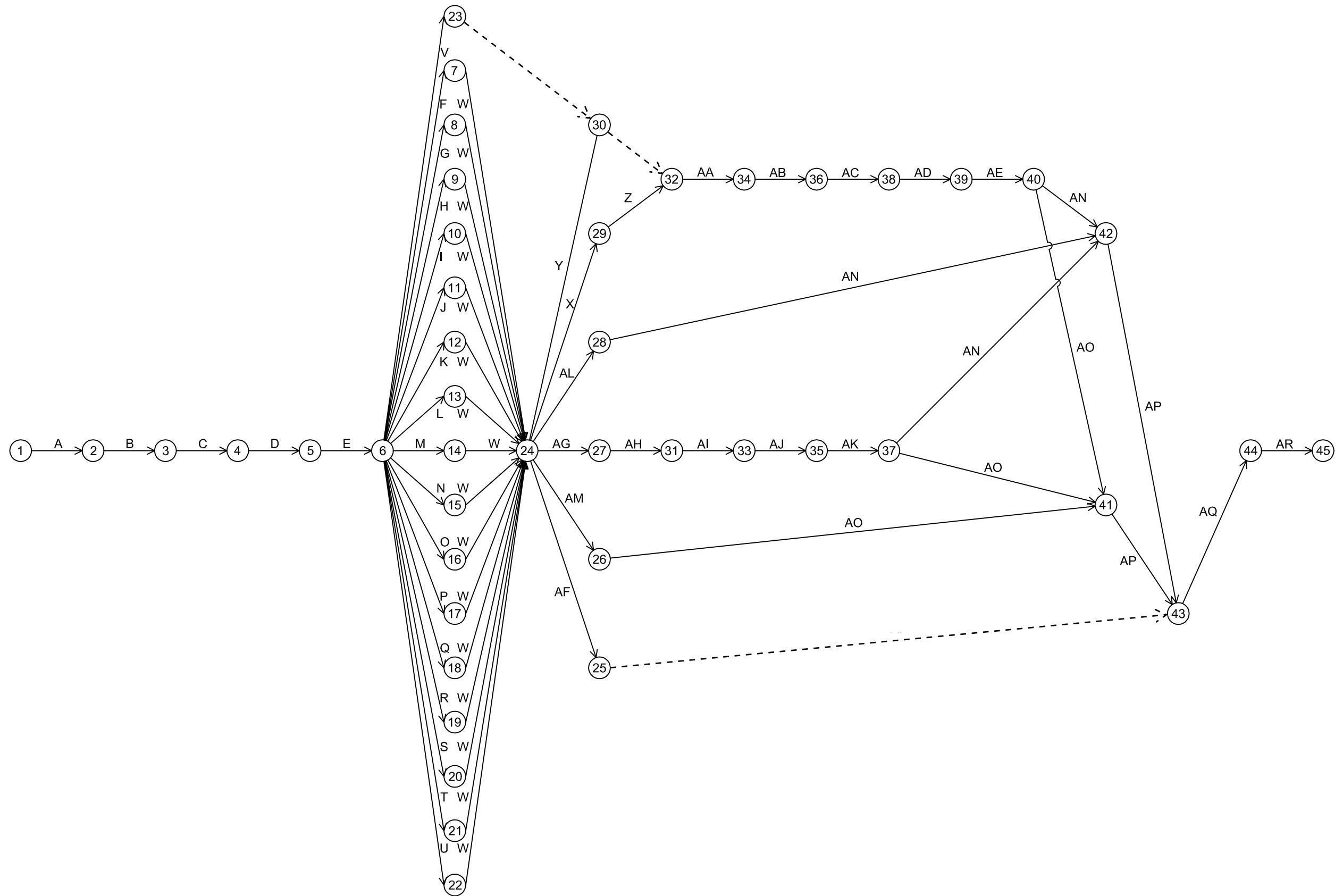
9 Seznam tabulek

Tabulka 1	Doporučené hodnoty pravděpodobností pro hodnocení stochastických sítí.....	29
Tabulka 2	Definování činností a jejich následnost	38
Tabulka 3	Odhady trvání jednotlivých činností	40
Tabulka 4	Střední doby trvání jednotlivých činností a jejich rozptyly	42
Tabulka 5	Výpočet kritičnosti uzlů - Fáze A	48
Tabulka 6	Výpočet kritičnosti uzlů - Fáze B	49

10 Seznam příloh

Příloha A	WBS – hierarchická struktura rozdělení prací	I
Příloha B	Hrano-hranová matice	II
Příloha C	Síťový graf projektu	III
Příloha D	Incidenční matice – Fáze A	IV
Příloha E	Incidenční matice – Fáze B	V
Příloha F	Síťový graf projektu s vyznačenou kritickou cestou	VI





Příloha D Incidenční matice - Fáze A

$i \setminus j$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	24	\sum_i	$\sigma^2(\sum_i)$
1		17,0 (8)	9,5 (4,8)																					0	0
2		9,5 (4,8)	29,2 (14,6)																					9,5	0,25
3			19,7 (9,8)	29,2 (14,6)																				29,2	0,69
4				39,5 (19,7)	39,5 (19,7)																			39,5	2,47
5					59,8 (29,9)	59,8 (29,9)																		59,8	4,25
6						70,1 (35,0)	70,1 (35,0)																	70,1	6,03
7							130,1 (65,0)	130,1 (65,0)																130,1	7,03
8								130,1 (65,0)	130,1 (65,0)															130,1	7,03
9									130,1 (65,0)	130,1 (65,0)														130,1	7,03
10										130,1 (65,0)	130,1 (65,0)													130,1	7,03
11											130,1 (65,0)	130,1 (65,0)												130,1	7,03
12												130,1 (65,0)	130,1 (65,0)											130,1	7,03
13													130,1 (65,0)	130,1 (65,0)										130,1	7,03
14														130,1 (65,0)	130,1 (65,0)									130,1	7,03
15															130,1 (65,0)	130,1 (65,0)								130,1	7,03
16																130,1 (65,0)	130,1 (65,0)							130,1	7,03
17																	130,1 (65,0)	130,1 (65,0)						130,1	7,03
18																		130,1 (65,0)	130,1 (65,0)					130,1	7,03
19																			130,1 (65,0)	130,1 (65,0)				130,1	7,03
20																				130,1 (65,0)	130,1 (65,0)			130,1	7,03
21																					130,1 (65,0)	130,1 (65,0)		130,1	7,03
22																						130,1 (65,0)	130,1 (65,0)	130,1	7,03
24																								130,1	7,03
\sum_j	0	9,5	29,2	39,5	59,8	70,1	130,1	130,1	130,1	130,1	130,1	130,1	130,1	130,1	130,1	130,1	130,1	130,1	130,1	130,1	130,1	130,1	130,1	130,1	130,1
$\sigma^2(\sum_j)$	0,06	0,81	0,37	6,59	4,81	3,03	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0	
R_i	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,3	14,8	30,0	11,7	20,0	0,0	43,0	44,8	20,0	30,0	11,7	20,0	0,0	35,8	40,0	40,0	0,0		

Zdroj: Vlastní zpracování

Příloha E Incidenční matice - Fáze B

$i \setminus j$	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	T_i	$\sigma^2(T_i)$	
24		11,1 [0,31] 1,5 [0,03]	28,6 [0,34] 1,0 [0,03]	7,9 [0,78] 7,9 [0,11]	27,6 [0,42] 2,0 [0,11]	10,0 [0,96] 10,0 [0,11]	6,9 [0,63] 3,1 [0,06]																	0,0	0,00
25																		29,6 [0,31] 3,0 [0,03]		32,6 [0,38] 3,5 [0,25]				1,5	0,03
26																			4,0 [0,06] 3,0 [0,03]					1,0	0,03
27								14,9 [0,67] 4,0 [0,11]																7,0	0,11
28																				29,6 [0,31] 3,0 [0,03]				2,0	0,11
29									10,0 [0,96] 4,5 [0,03]															10,0	0,11
30										10,0 [0,96] 4,5 [0,03]														3,1	0,06
31																								11,0	0,22
32										18,9 [0,56] 1,8 [0,03]														14,5	0,14
33																								12,5	0,25
34																								19,6	0,20
35																								15,7	0,26
36																								21,6	0,20
37																								21,7	0,47
38																								24,1	0,23
39																								28,1	0,24
40																								29,6	0,37
41																								32,6	0,40
42																								32,6	0,40
43																								36,1	0,65
44																								37,1	0,65
45																								38,3	0,68
T_j	0	32,6	29,6	14,9	29,6	10,0	10,0	18,9	14,5	20,4	19,6	23,6	21,6	29,6	24,1	28,1	29,6	32,6	32,6	36,1	37,1	38,3			
$\sigma^2(T_j)$	0,68	0,28	0,31	0,67	0,31	0,57	0,57	0,56	0,54	0,67	0,48	0,42	0,48	0,31	0,45	0,34	0,31	0,28	0,28	0,31	0,03	0,03	0,00		
R_c	0,0	31,1	28,6	7,9	27,6	0,0	6,9	7,9	0,0	7,9	0,0	7,9	0,0	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			

Zdroj: Vlastní zpracování

