

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE**  
**FAKULTA HOSPODÁRSKEJ INFORMATIKY**

Evidenčné číslo: **103003/I/2025/421000355018**

**VYUŽITIE SIMULAČNÝCH MODELOV PRI RIADENÍ**  
**PROJEKTOV**

**Diplomová práca**

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE**  
**FAKULTA HOSPODÁRSKEJ INFORMATIKY**

Evidenčné číslo: **103003/B/2025/421000355018**

**VYUŽITIE SIMULAČNÝCH MODELOV PRI RIADENÍ**  
**PROJEKTOV**

**Diplomová práca**

**Študijný program: Informačný manažment**

**Študijný odbor: Ekonómia a manažment**

**Školiace pracovisko: Katedra operačného výskumu a ekonometrie**

**Vedúci záverečnej práce: doc. Ing. Marián Reiff, PhD.**

**Bratislava 2025**

**Bc. Martin Kudla**

### **Čestné vyhlásenie:**

Čestne vyhlasujem , že som túto diplomovú prácu vypracoval samostatne, pod odborným vedením doc. Ing. Mariána Reiffa, PhD., s použitím získaných teoretických poznatkov, uvedenej literatúry a ostatných zdrojov.

Dátum:

Bc. Martin Kudla

### **Pod'akovanie:**

Týmto spôsobom by som sa chcel poďakovať vedúcemu mojej práce doc. Ing. Mariánovi Reiffovi, PhD. za usmernenie, odbornú pomoc a pripomienky pri vypracovávaní tejto diplomovej práce.

## **ABSTRAKT:**

KUDLA, Martin: Využitie simulačných modelov pri riadení projektov. – Ekonomická univerzita v Bratislave. Fakulta Hospodárskej Informatiky; Katedra operačného výskumu a ekonometrie. – Vedúci záverečnej práce: doc. Ing. Marián Reiff, PhD. – Bratislava FHI EU, 2025, počet strán:

Cieľom diplomovej práce je demonštrovať využitie simulačných modelov v riadení projektu výstavby skladových síl na biopalivové plodiny. V úvode si vysvetlíme problematiku simulačného modelovania a projektového riadenia. Simulačný model v programe SIMUL8 bude reprezentovať jednotlivé činnosti z ktorých projekt pozostáva, pričom bude používať stochastické pravdepodobnostné rozdelenie času aktivít, ktoré bude vyjadrovať neurčitost' a riziká, ktoré jednotlivé činnosti v praxi ovplyvňujú. Postupne si popíšeme kroky vytvárania projektu, jeho činností a následnú transformáciu do simulačného modelu v programe SIMUL8. V rámci vytvárania simulačného modelu sa budeme sústreďovať na korektné zobrazenie projektu v programe SIMUL8 a znázornenie kritických činností, ktorým budeme následne pomocou techniky crashing pridávať finančné zdroje, za účelom skrátenia ich času trvania a v konečnom dôsledku skrátenia doby trvania celého projektu. Výsledky vykonaných simulácií potvrdzujú prínos použitia simulačných modelov v oblasti riadenia projektov.

**Kľúčové slová:** simulácia, projektové riadenie, SIMUL8, činnosť, aktivita, riziko

## **ABSTRACT:**

KUDLA, Martin: Use of simulation models in project management. – University of Economics in Bratislava. Faculty of Economics Informatics; Department of Operations Research and Econometrics.– Supervisor: doc. Ing. Marián Reiff, PhD. – Bratislava FHI EU, 2025, number of pages:

The goal of this thesis is to demonstrate the use of simulation models in project management for the construction of storage facilities for biofuel crops. The introduction will address the issues of simulation modeling and project management. The simulation model created in SIMUL8 will represent the individual activities that make up the project, utilizing stochastic probability distributions of activity durations, which will reflect the uncertainties and risks that affect the execution of these activities in practice. We will then describe the steps involved in creating the project, its activities, and the transformation of these activities into a simulation model in SIMUL8. During the creation of the simulation model, we will focus on accurately representing the project and identifying critical activities, to which we will apply the crashing technique by adding financial resources, in order to shorten their duration and ultimately reduce the overall project duration. The results of the simulations will confirm the benefits of using simulation models in project management.

Keywords: simulation, project management, SIMUL8, activity, task, risk

# OBSAH

Úvod .....	10
1 Súčasný stav .....	11
1.1 Projektové riadenie.....	11
1.1.1 Projektový trojuholník.....	12
1.2 Riadenie projektov .....	14
1.3 Organizácia projektu .....	15
1.4 Riadenie rizík .....	16
1.5 Softvérové nástroje projektového riadenia.....	19
1.5.1 Microsoft Planner .....	21
1.5.2 Microsoft Project .....	23
1.5.3 Atlassian Jira .....	23
1.5.4 Asana .....	24
1.6 Simulácie.....	26
1.7 Fázy simulačného projektu .....	27
1.8 Risk Simulator.....	29
1.9 SIMUL8 .....	33
1.9.1 Pravdepodobnostné rozdelenia .....	34
1.9.2 Využitie SIMUL8 .....	35
2 Cieľ práce .....	37
3 Metodika.....	38
3.1 Riadenie projektov .....	38
3.1.1 Pojmy v rámci projektového riadenia.....	39
3.2 Analýzy spojené s riadením a tvorbou projektu.....	40
3.3 Metóda CPM .....	42

3.4	Metóda PERT .....	43
3.4.1	Využitie stochastických metód v riešeníach sieťovej analýzy metódou PERT .....	45
3.4.2	Výpočet sieťového grafu typu PERT .....	46
3.5	Rozdelenie simulačných modelov .....	48
3.6	Analýza vstupných údajov .....	49
3.7	Modelovanie variability činností .....	50
3.7.1	Generovanie náhodných čísiel .....	51
3.7.2	Mechanické generátory .....	52
3.7.3	Fyzikálne generátory .....	52
3.7.4	Aritmetické generátory .....	53
3.8	Nastavenie simulačného modelu .....	54
3.9	Analýza výsledkov simulácie .....	55
3.10	What-if analýza .....	56
3.11	Crashing .....	57
4	Výsledky práce .....	59
4.1	Tvorba projektu v nástroji Asana .....	59
4.1.1	Tvorba Ganttovho diagramu v programe Asana .....	62
4.2	Zobrazenie kritickej cesty projektu v programe Instagantt .....	64
4.3	Tvorba simulácie v nástroji SIMUL8 .....	66
4.3.1	Pravdepodobnostné rozdelenia .....	67
4.3.2	Vytvorenie činností a väzieb .....	69
4.3.3	Nastavenie nákladov na činnosti .....	70
4.3.4	Zdroje .....	71
4.3.5	Synchronizácia závislých predošlých činností .....	72
4.3.6	Nastavenie správania po vykonaní činnosti .....	73
4.3.7	Nastavenie sekvenčného spracovávaní simulácií projektu .....	74

4.3.8	Nastavenie a vykonanie simulácie.....	75
4.4	Úprava simulácie s využitím Crashingu v SIMUL8.....	77
4.4.1	Identifikovanie činností pre Crashing .....	77
4.4.2	Výpočet časovej úspory.....	78
4.4.3	Pridanie Crashingu do simulačného modelu .....	78
4.4.4	Zmeny výstupných parametrov po aplikácii Crashingu .....	80
4.5	Simulácia environmentálnych aspektov projektu .....	83
4.5.1	ESG.....	83
4.5.2	Environmentálne faktory .....	85
4.5.3	Využitie SIMUL8 pre sledovanie a predikciu uhlíkovej stopy .....	86
5	Diskusia .....	88
6	Záver.....	89
7	Zdroje .....	91

## ÚVOD

Projektové riadenie je v dnešnej dobe takmer nevyhnutnou súčasťou nášho života. V oblastiach podnikania, priemyselnej výroby, poskytovania služieb, pôsobenia štátnej a verejnej správy, kultúrnych alebo športových podujatiach, všade prichádzame do styku s princípmi a postupmi projektového riadenia na rôznej úrovni zložitosti, rozsiahlosti daného projektu alebo jeho cieľa, ktorý chceme realizáciou projektu dosiahnuť.

Projekty sú však často veľkého rozsahu, vyžadujú veľké množstvo financií alebo narážajú na potencionálne alebo reálne hrozby, ktoré predstavujú riziko predrazenia, oneskorenia a v extrémnych prípadoch aj zlyhania samotného projektu. Najmä v prípade rozsiahlejších projektov je toto riziko značné a je potrebné nájsť spôsob ako ho čo najviac znížiť alebo ak nie je možné ho úplne eliminovať.

V tomto smere je simulácia ideálnym nástrojom ako takéto projekty, otestovať v simulovaných podmienkach, čo najviac pripomínajúcich požadovanú reálnu situáciu. V rámci simulácie môžeme naše domnelé scenáre priebehu projektu, podrobiť podmienkam a situáciám, ktoré čo najviac pripomínajú reálne prostredie, jeho znaky a vplyvy. Na základe čo najpresnejšieho napodobnenia reálnych procesov, podmienok a javov dokážeme s veľkou presnosťou predvídať správanie a dôsledky vykonania činností projektu, ich vplyv na usporiadanie a väzby na ďalšie činnosti v projekte ako aj riziká ich omeškania alebo nedokončenia.

Úlohou tejto diplomovej práce je vysvetliť problematiku, metodiku a význam projektového riadenia a simulačného modelovania. Na základe teoretických poznatkov pochopiť podstatu návrhu, tvorby a riadenia projektu ako aj pochopenie procesov a postupov vytvárania simulačných modelov. V práci taktiež spomenieme špecifiká vybraných nástrojov projektového riadenia a programov pre účely simulácie. V praktickej časti si na príklade reálneho projektu vysvetlíme jeho tvorbu a následnú transformáciu do simulačného modelu, na ktorom pomocou spustenia viacerých inštancií simulácie analyzujeme poskytnuté výstupy.

Vzhľadom na súčasný trend vykazovania a znižovania uhlíkovej stopy, si závere uvedieme spôsoby akým je možná aplikácia simulačných modelov na túto problematiku.

# 1 SÚČASNÝ STAV

## 1.1 Projektové riadenie

Projektové riadenie ako samostatná disciplína, sa začala vyvíjať z niekoľkých oblastí ako napríklad stavebníctvo, obranný priemysel, ťažobný priemysel na začiatku druhej polovice 20. storočia.

Medzi prvých priekopníkov patrilo Henry Gantt, po ktorom je pomenovaná táto metóda „Ganttov diagram“. Metóda spočívala v znázornení projektu ako stĺpcového grafu, v ktorom na vodorovnej osi boli znázornené časové intervaly a zvislá os pozostávala z jednotlivých činností projektu, pričom šírka jednotlivých pruhov predstavovala trvanie jednotlivých činností projektu. Konečným ohraničením zobrazeného projektu, boli dátumy zahájenia a ukončenia projektu.

Za ďalšieho priekopníka sa považuje Henry Fayol, ktorý vytvoril 5 riadiacich funkcií ako základ riadenia projektov a programov všeobecne, ktorými sú:

- Plánovanie – predvídanie budúceho priebehu, pre úspešné dosiahnutie stanovených cieľov,
- Organizovanie – nábor členov tímu, ich zaškolenie, pridelenie pracovných úloh, rolí a ich stanovenie hierarchickej štruktúry tímu,
- Riadenie – riadenie jednotlivých členov tímu na pravidelnej báze, oboznámenie s doterajším postupom, procesmi, princípmi a sledovanie aktivít členov tímu,
- Koordinácia – porozumenie aktivít, ktoré členovia tímu vykonávajú a jeho využitie v ostatných oblastiach projektu, prípadne pri aktivitách iných členov tímu,
- Kontrola – kontrolovanie členov tímu a ich aktivít, ktoré majú vplyv na plnenie hlavných cieľov projektu, pričom sú zahrnuté aj aktivity sledovania reportov, odchýlok od stanoveného plánu a prijímanie nápravných opatrení resp. rozhodnutí, s cieľom tieto nedostatky odstrániť. *Spracované podľa: (Horniaková, 2022)*

V súčasnosti je pojem projekt definovaný podľa štandardu ISO/IEC 21500 ako jedinečný súbor procesov pozostávajúcich z koordinovaných a kontrolovaných aktivít s vymedzenými začiatočnými a konečnými dátumami pre dosiahnutie cieľov. Dosiahnutie

cieľov si vyžaduje výstupy zodpovedajúce špecifickým požiadavkám projektu, vrátane rôznych obmedzení, času, nákladov a zdrojov. (Horniaková, 2022)

Aj napriek rôznorodosti projektov, na ktoré sú metódy projektového riadenia aplikované, majú všetky niekoľko spoločných znakov, bez ohľadu na zameranie a oblasť na ktorú sa sústredia. Týmito znakmi sú:

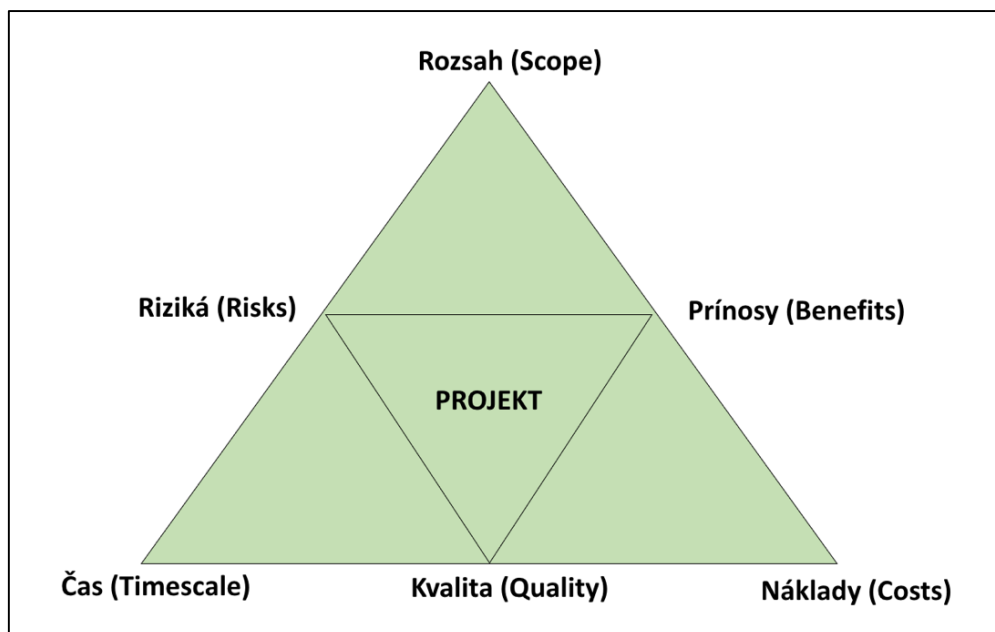
- Špecifickosť cieľa – realizácia projektu je podmienená jeho cieľom a účelom,
  - Jedinečnosť – mnohé projekty majú rovnaké, opakujúce sa aktivity, prvky, vstupy alebo výstupy, no napriek tomu sú vo svojej podstate jedinečné,
  - Dočasnosť (časová ohraničenosť) – všetky projekty majú svoj začiatok a koniec, pričom koniec nemusí byť vždy dosiahnutý iba úspešným dosiahnutím cieľov, ale aj ukončením zo strany klienta, sponzora alebo z iných dôvodov,
  - Obmedzenosť zdrojov – každý projekt je limitovaný svojimi vstupmi, (finančnými, ľudskými, materiálnymi alebo inými),
  - Riziko – keďže je každý projekt unikátny, existuje určitá neistota pri jeho realizácii.
- Spracované podľa: (Horniaková, 2022)*

### 1.1.1 Projektový trojuholník

Projektové požiadavky, spravidla musia spĺňať 3 základné kritéria

- Projekt musí byť dokončený načas,
- Projekt musí byť vytvorený v rámci alokovaných, resp. poskytnutých zdrojov,
- Projekt musí splniť/dosiahnuť stanovený cieľ, prípadne viacero cieľov. *Spracované podľa: (Horniaková, 2022)*

V niektorých odvetviach priemyslu, typicky dopravnom, obrannom alebo energetickom, sa pridáva dodatočné kritérium, bezpečnosť. Často býva toto kritérium uprednostňované pred všetkými ostatnými (na úkor finančného aj časového hľadiska), nakoľko v prípade jeho zanedbania môže dôjsť k veľkým stratám na ľudských životoch.



Obrázok 1- Projektový trojuholník (Zdroj: (Horniaková, 2022) )

- Čas (Timescale) – reprezentuje stanový čas na dokončenie projektu. Je typicky najviac prehliadanou resp. podceňovanou časťou projektu. Nedodržiavanie a posúvanie termínov jednotlivých činností, môže spôsobovať veľké finančné straty. Dôsledná kontrola časového plánu by sa mala sústrediť na precízne určenie činností a času, ktorý je potrebný pre ich úspešné a kvalitné uskutočnenie,
- Náklady (Costs) – schválené prostriedky na realizáciu projektu. Nezahŕňa len finančné prostriedky, ktoré sú hlavnou, ale nie jedinou časťou nákladov. Pozostáva taktiež z ľudských, materiálnych technologických alebo iných typov zdrojov, ktoré sú nevyhnutné na dokončenie projektových činností,
- Rozsah (Scope) – Výsledný produkt resp. cieľ ktorý sa realizáciou projektu snažíme dosiahnuť. Všetky aktivity a procesy nutné pre jeho úspešnú realizáciu. Predstavuje dôvod, kvôli ktorému projekt robíme. *Spracované podľa:* (Horniaková, 2022)

K 3 hlavným kritériám, sú typicky pridávané aj 3 dodatočné kritéria, ktoré vyžadujú pozornosť pri realizácii projektu a to sú:

- Kvalita (Quality) – Kritéria a štandardy ktoré musí výsledný produkt spĺňať. Produkt musí priniesť očakávanú pridanú hodnotu, spĺňať požadovanú funkcionálnu a riešiť predmetný problém,
- Riziká (Risks) – Predstavujú neočakávané udalosti, ktoré môžu mať pozitívny alebo negatívny dopad. Vyjadrujú vzťah resp. závislosť medzi pravdepodobnosťou výskytu rizika a jeho dopadom na ciele alebo priebeh projektu. Môžu mať pozitívny

alebo negatívny charakter, pričom pomocou proaktívneho plánu, sa snažíme identifikované riziká riešiť v prípade ak udalosť, vedúca k ich vzniku nastane,

- Prínosy (Benefits) – Pridaná hodnota projektu pre konečného zákazníka a všetky zúčastnené strany projektu. Okrem hotového produktu/ služby a finančného ohodnotenia, sú prínosmi aj skúsenosti, znalosti a iné benefity ktoré členovia organizácie, ako aj samotná organizácia v rámci realizácie projektu nadobudli. *Spracované podľa: (Horniaková, 2022)*

## 1.2 Riadenie projektov

Riadenie projektov, známe tiež pod pojmom projektový manažment, možno charakterizovať podľa metodiky PRINCE2 ako „plánovanie, delegovanie, monitorovanie a kontrolu všetkých aspektov projektu a motiváciu zúčastnených strán k dosiahnutiu cieľov projektu v rámci očakávaných výkonnostných cieľov, z hľadiska času, nákladov, kvality, rozsahu, výhod a rizík.“ *Spracované podľa: (Horniaková, 2022)*

Projektový manažment, pozostáva zo 4 hlavných fáz, ktoré sami pozostávajú z viacerých častí, a sú to:

- Inicializácia – počiatočná etapa projektu, jej podstatou je získanie všetkých potrebných informácií pre plánovanie, stanovenie cieľov a potrieb, ktoré bude konkrétny projekt vyžadovať,
- Predpríprava a plánovanie – plán splnenia požiadaviek a cieľov, s ohľadom na rozpočet, časový priestor, materiálne a iné zdroje. Cieľom je vytvoriť plán, podľa ktorého môžeme sledovať a riadiť nasledujúce fázy,
- Realizácia a monitoring – vykonanie plánu spojené s pravidelnou kontrolou jeho plnenia zodpovedným aktérom (projektovým manažérom), pre včasné odhalenie odchýlok od plánu a ich čo najskoršia náprava.
- Uzavretie – overenie či hotový projekt spĺňa požadovaný cieľ, uzavretie nedokončených prác a konečné odovzdanie klientovi. *Spracované podľa: (Horniaková, 2022)*

### 1.3 Organizácia projektu

V rámci projektového procesu vstupuje do jeho rôznych fáz viacero strán. Takúto stranu môžeme označiť anglickým pojmom „*Project stakeholder*“ respektíve, slovenským označením zainteresovaná strana. Tento pojem označuje ktoréhokoľvek jednotlivca, tím, skupinu, prípadne celú organizáciu ktorá sa priamo podieľa na projektových činnostiach alebo realizácia týchto činností má na ňu vplyv. Zainteresované stany môžu mať v rámci projektu rôznu rolu.

*Projektová kancelária organizácie* – známa tiež pod anglickou skratkou *PMO* (*Project Management Office*) – je organizačná jednotka, ktorá definuje štandardy a procesy v rámci všetkých pridelených projektov. Jej úlohou je uľahčovať zdieľanie zdrojov, techník a nástrojov v rámci viacerých projektov. Na rozdiel od projektového manažéra sa PMO nesústreďuje len na jeden projekt, ale súčasne pokúša o optimalizované využívanie zdrojov v rámci všetkých pridelených projektov. (Horniaková, 2022)

Projektová kancelária organizácie môže nadobúdať 3 hlavné formy:

- Riadiaca – preberá plnú kontrolu nad riadením projektov, pričom riadi aj ich personálne obsadenie projektového manažéra a ďalších členom tímu,
- Kontrolná – plní kontrolnú a poradenskú funkciu, v rámci práce projektového manažéra alebo v rámci tvorby a dodržiavania postupov a procesov projektového tímu,
- Podporná – plní podpornú funkciu pre projektových manažérov, poskytuje jednotné šablóny pre dokumentáciu a zbiera relevantné dáta s cieľom zlepšovania procesov v rámci riadenia projektov v predmetnej organizácii. *Spracované podľa:* (Horniaková, 2022)

*Sponzor projektu* – je osoba, zodpovedná za projekt a je prepojením medzi projektovým manažmentom a vrcholovým manažmentom organizácie, ktorá je vlastníkom projektu (spravidla sa jedná o konateľa spoločnosti, prípadne člena predstavenstva v závislosti na právnej forme spoločnosti). Poskytuje zdroje pre realizáciu projektu a vedie projekt od inicializácie až po fázu ukončenia. Je kľúčovou osobou v rámci rozhodnutí, ktoré presahujú kompetencie projektového manažéra (napríklad čerpanie dodatočných finančných prostriedkov), nakoľko je hierarchicky vyššie postavený ako projektový manažér.

*Zákazník* – ide o osobu alebo organizáciu, ktorá si objednala realizáciu projektu, za účelom využívania jeho výstupu. Jeho hlavnou úlohou je definovanie požiadaviek projektu, následná akceptácia a prebranie hotového výstupu projektu. V rámci interných projektov organizácie, je zákazník zároveň aj sponzorom projektu.

*Projektový manažér* – je osoba zodpovedná za riadenie tímu, ktorý daný projekt realizuje. Medzi jeho úlohy patrí: tvorba a plnenie rozpočtu projektu, časového harmonogramu, riadenie rizík, riadenie rozsahu a ďalšie. V prípade vzniku problému je zodpovedný za jeho riešenie s dotknutými zainteresovanými stranami. Jeho úlohou je aj koordinácia ďalších členov tímu a ich úlohou, kontrola vývoja, testovania produktu a je spoluzodpovedný za formálne odovzdanie projektu zákazníkovi. Je kontaktnou pre sponzora projektu, ohľadom aktuálneho stavu projektu.

*Garant výstupu* – je jednotlivcom resp. tímom ľudí, so špecifickými znalosťami a zručnosťami, ktorý pracujú na naplnení konkrétnych cieľov projektu. Pracujú na vytvorení čiastkového (špecifického) výstupu tak aby bol dosiahnutý želaný cieľ projektu, ktorý je zároveň v súlade s rozpočtom a časovým harmonogramom projektu. Garant výstupu je v hierarchii priamo podriadený projektovému manažérovi. *Spracované podľa:* (Horniaková, 2022)

## **1.4 Riadenie rizík**

Riadením rizík označujeme identifikáciu, hodnotenie a stanovenie priorít rizík a následné koordinované použitie zdrojov na minimalizáciu, monitorovanie a kontrolu pravdepodobnosti alebo dopadu negatívnych udalostí prípadne maximálneho využitia príležitostí.

V praxi sa pri riadení rizík využíva medzinárodný štandard ISO/IEC 31000, ktorý poskytuje princípy a postupu pre riadenie rizík organizáciám bez ohľadu na ich zameranie, veľkosť alebo odvetvie. V rámci metodického prístupu definuje 3 kľúčové faktory:

- Spôsob identifikácie rizík,
- Vyhodnotenie pravdepodobnosti výskytu udalosti spojenej s identifikovaným rizikom,
- Určenie závažnosti problémov spôsobených výskytom udalosti. *Spracované podľa:* (Horniaková, 2022)

Riziko môžeme poňať ako vplyv neistoty na stanovené ciele. Riziko môže mať pozitívny charakter, predstavujúce príležitosť pre organizáciu k jej rastu alebo negatívny charakter, predstavujúce hrozbu pre organizáciu, jej ciele, činnosť alebo samotnú existenciu.

Proces riadenia rizík, podľa asociácie ISACA, pozostáva z nasledujúcich krokov:

1. Nastavenie kontextu – fáza „nastavenie kontextu“ (anglicky setting context) by mal prebehnúť pri zahájení samotného projektu. Zainteresované strany projektu (najmä projektový manažér, sponzor, garanti výstupov) by mali na počiatku projektu prediskutovať, možné riziká a úskalia, na ktoré by počas vypracovania projektu mohli naraziť. Následne sú tieto potencionálne riziká posúdené a zaradené do takzvaného *registra rizík*. Tento register sa počas priebehu projektu postupne aktualizuje v rôznych momentoch (míľnikoch) projektu, čo umožňuje prehľadnejšie a lepšie riadenie rizík v nasledujúcich fázach/ činnostiach projektu.
2. Identifikácia, analýza a určenie rizík – Na počiatku projektu, prípadne jeho stanovených častí projektový tím zhodnotí takzvaný „product backlog“, čo predstavuje zoznam všetkých požiadaviek na cieľový produkt (môže sa jednať o hmotný produkt alebo službu), s cieľom identifikácie potencionálnych rizík, ktoré z neho vyplývajú. Po ich identifikácii nasleduje analýza týchto rizík, pri ktorej sa sústreďujeme na hrozby a prípadné dôsledky, ktoré môžu nastať. Následne projektový tím vypracuje koncept plánu odozvy, ktorý zahŕňa všeobecné opatrenia, kroky a zámery, ktoré by sa mali preskúmať a implementovať v prípade výskytu nejakého incidentu resp. rizikovej udalosti. *Spracované podľa: (Carmichael M., 2023)*
  - 2.1. V rámci tohto kroku sú jednotlivé riziká analyzované podľa takzvanej „matice rizík“. Táto tabuľka kategorizuje rôzne stupne výskytu rizík (vodorovná os) a dopadu rizík (zvislá os). V praxi sú používané aj matice s opačným označením osí. V prieniku týchto 2 parametrov máme následne stanovené kategórie rizík (spravidla vysoké, stredné a nízke, prípadne môžu byť pridané ďalšie kategórie, najmä v prípade matíc väčšieho rozmeru. V praxi sú ako vysoko rizikové označované udalosti s katastrofickým/ závažným dopadom, ktorých výskyt je zároveň veľmi frekventovaný. (Horniaková, 2022)

<b>Impact</b>	Catastrophic	5	5	10	15	20	25
	Significant	4	4	8	12	16	20
	Moderate	3	3	6	9	12	15
	low	2	2	4	6	8	10
	Negllgable	1	1	2	3	4	5
			1	2	3	4	5
			Improbable	Remote	Occasional	Probable	Frequent
			<b>Likelihood</b>				
Catastrophic	Stop						
Unacceptable	Urgent Action						
Undesirable	Action						
Acceptable	Monitor						
Desirable	No Action						

Obrázok 2- Příklad matice rizik s legendou (Zdroj: www.balbix.com)

3. Implementácia plánu odozvy – kľúčovou úlohou tohto kroku je aktualizácia dokumentu „product backlog“, za účelom identifikácie aktivít činností, ktoré sú spojené s identifikovanými rizikami. Súčasťou tohto kroku sú taktiež opatrenia a ich implementácia s cieľom znížiť výskyt a vplyv jednotlivých rizikových udalostí, medzi takéto opatrenia patria:
  - 3.1. Vyhýbanie sa riziku – navykonávame činnosti, neuskutočňujeme investície, ktoré môžu mať negatívny vplyv na projekt a jeho priebeh.
  - 3.2. Zníženie rizika – snažíme sa minimalizovať straty spojené s rizikovými udalosťami, avšak ich výskyt úplne neeliminujeme. Riziko a jeho dopady prijímame, ale snažíme sa o čo najväčšie zmiernenie jeho efektov.
  - 3.3. Zdieľanie rizika – možnosť straty prenášame na ďalšie subjekty aktérov. Typickým opatreniami môže byť rozdelenie investícií v rámci projektu medzi viacero investorov, čiže v prípade finančných strát, utrpia jednotliví investori nižšie až minimálne finančné straty.
  - 3.4. Prenos rizika – týmto opatrením prevádzame riziko a jeho dôsledky najmä finančné na tretie strany pomocou zmluvných opatrení. Najčastejším spôsobom realizácie je poistenie proti rôznym rizikovým udalostiam (napríklad poistenie proti krádeži, poistenie proti živelným katastrofám, poistenie proti úrazu a podobne).
  - 3.5. Prijatie a udržanie rizika – je dôsledkom faktu, že aj napriek prijatiu a implementácií vyššie spomenutých opatrení, výskyt a dôsledky rizikových

udalostí nemôžeme úplne eliminovať a musíme s nimi v určitej (ideálne čo najnižšej miere) počítať. Tento fakt môžeme nazvať pojmom zvyškové riziko.

4. Monitorovanie rizík – spočíva v neustálom sledovaní a vyhodnocovaní potencionálnych rizík, udalostí výskytu a prípadných dopadov na rôzne aspekty podniku. Tento proces prebieha neustále, pričom sa v čase prispôsobuje a mení.  
*Spracované podľa: (Carmichael M., 2023)*

## **1.5 Softvérové nástroje projektového riadenia**

V rámci oblasti projektového riadenia, máme v súčasnej dobe na výber z množstva softvérových nástrojov, ktoré umožňujú efektívne, jednoduché a rýchle riadenie a kontrolu projektov, jednotlivých činností, členov tímu a materiálnych zdrojov. Vďaka nim môžeme vytvárať a vykonávať najmä agilné riadenie projektové, ktoré umožňuje v procese vývoja a tvorbu produktu resp. služby prezentovať prototypy zákazníkovi a na základe nich potvrdiť, upraviť, odstrániť pôvodné požiadavky, ktoré zákazník stanovil.

Takmer všetky súčasné nástroje podporujú základné princípy/ znaky, ktoré sú potrebné pre moderné projektové riadenie. Medzi ne patria:

- Projektové plánovanie – tento pojem kľúčovým aspektom nástrojov pre projektové riadenie. Zahŕňa stanovenie cieľov projektu (sformulovaných požiadaviek zákazníka), nastavenie míľnikov (miesta, kľúčové činnosti projektu, ktoré označujú najmä splnenie určitej fázy projektu, vytvorenie určitej funkcionality, schválenie prototypu zákazníkom a podobne). Taktiež zahŕňa funkcionality ako časové rozvrhnutie úloh, Ganntov diagram (sledovanie priebehu činností), štruktúra činností a ďalšie,
- Správa činností – systém správy činností projektu, umožňuje jednoduché sledovanie priebehu projektu a úpravu samotných činností. V rámci neho môžeme pridelovať vypracovanie, kontrolu a riadenie činnosti jednotlivým členom tímu. Rozložiť komplexnejšie činnosti na logické a pochopiteľné časti, stanoviť a upraviť termíny dokončenia,
- Správa zdrojov – činnosti projektu spotrebovávajú okrem ľudských aj materiálne, výpočtové a ďalšie zdroje. V rámci správy zdrojov môžeme tieto zdroje sledovať a alokovať, prípadne stanoviť obmedzenia a podmienky ich využívania (najmä v prípade výpočtových zdrojov). V rámci správy zdrojov môžeme taktiež sledovať

aj históriu využívania zdrojov a na základe zistení meniť ich pridelenie jednotlivým úloh, najmä v oblasti ľudských zdrojov ( alokácia voľných zamestnancov, uvoľnenie prepracovaných zamestnancov, dodržiavanie fondu pracovného času zákonníka práce),

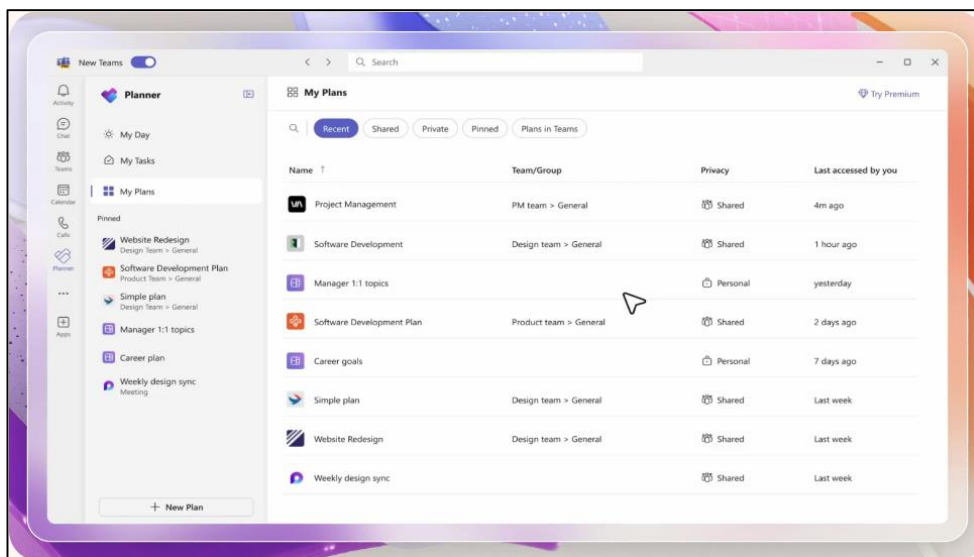
- Zaznamenávanie času a rozpočtu – umožňuje sledovať posun v rámci časového rozvrhu projektu na jednotlivých činnostiach, úlohách, míľnikov. Súčasne sleduje a zaznamenáva čerpanie finančných zdrojov. V rámci tohto systému môžeme znižovať resp. navyšovať časový fond alebo finančný rozpočet jednotlivých činností, prípadne meniť limity v rámci jednotlivých činností bez zmeny limitu projektu (napríklad zvýšenie časového rámca konkrétnej činnosti, pri súčasnom znížení časového rámca iných činností),
- Projektové panely (dashboard) – jednoduchý nástroj, umožňujúci sledovať a kontrolovať kľúčové ukazovatele viacerých projektov formou číselných a grafických zobrazení. Typickými príkladmi ukazovateľov sú:
  - dátumy začatia/ ukončenia činností, fázy, míľnikov a projektu,
  - relatívne zobrazenie stavu úloh/činností (typicky formou percentuálneho vyjadrenie),
  - rozpočet projektu, jeho čerpanie v rámci činností, zostávajúce finančné prostriedky,
  - výkonnostné metriky projektu, splnenie stanovených cieľov, úroveň splnenia cieľov,
  - opis fázy projektu, odporúčania a upozornenia, opis a zdôvodnenie významných zmien v rámci projektu.
- Dokumentácia – súčasťou moderného prístupu k projektovému riadeniu je aj vedenie projektovej dokumentácie a zaznamenávanie ďalších relevantných príloh (napríklad užívateľská príručka softvérového nástroja, certifikát zariadenia/súčiastky, znalecký posudok, stavebné povolenie a ďalšie). Na jej základe je možné v konečných fázach projektu vypracovať užívateľskú príručku, prípadne použiť ostatné dokumenty ako dôkazný materiál v prípade kontroly zo strany orgánov štátnej a verejnej správy (stavebný úrad, finančná správa, štátna veterinárna a potravinová správa a podobne),
- Komunikačné nástroje – v rámci moderného prístupu k projektovému riadeniu, je predpokladom komunikácia členov tímu prakticky v reálnom čase. V súvislosti

s globalizáciou spoločnosti a čoraz viac rozšírenejšou formou práce na diaľku (z domu) je schopnosť elektronickej komunikácie v rámci nástroja projektového riadenia jednou z elementárnych podmienok,

- Automatizácia a integrácia – automatizácia je využívaná najmä v prípadoch opakovaných, jednoduchých úloh (napríklad oznámenie o nedodržaní termínu, zmena stavu úlohy, pridelenie úlohy členovi tímu, úspešné dokončenie úlohy a ďalšie). Integrácia s inými softvérovými nástrojmi je takmer nevyhnutnou požiadavkou v prípade riešenie projektov väčšieho rozsahu. Najmä nástroje ako textový, tabuľkový procesor (MS Word a MS Excel), poštový klient (MS Outlook, Thunderbird), aplikácie typu DMS (Drop box, Google Drive) a ďalšie, ktoré umožňujú a zjednodušujú prácu na multiplatformových projektoch veľkého rozsahu.

### 1.5.1 Microsoft Planner

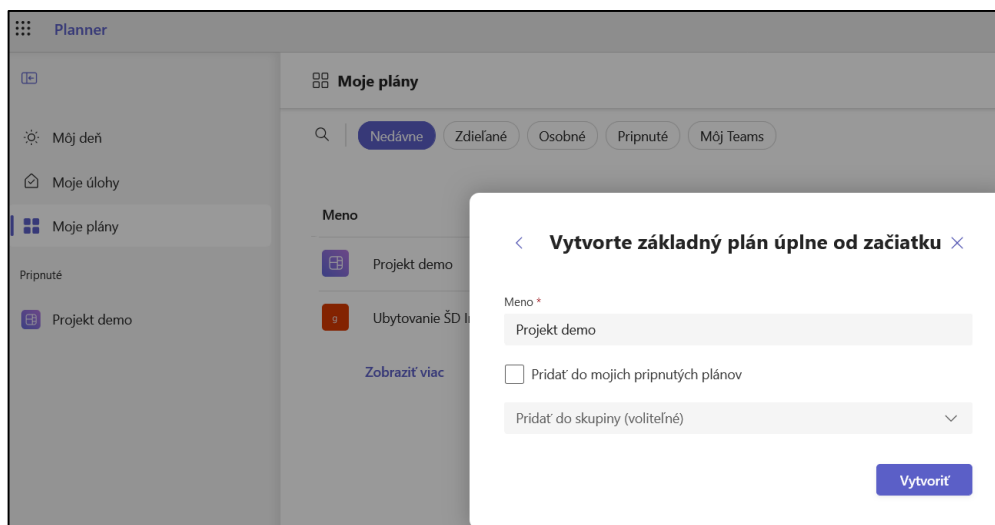
Microsoft Planner (skrátene MS Planner) je aplikácia vyvinutá spoločnosťou Microsoft pre organizáciu tímovej práce, plánovanie a riadenie projektov. Je určený najmä pre riadenie menších až stredne veľkých projektov. Je súčasťou štandardnej licencie Office 365. (Microsoft, 2025)



Obrázok 3 - Příklad zobrazenia okna "Moje plány" v aplikácii MS Planner (Zdroj: [www.microsoft.sk](http://www.microsoft.sk))

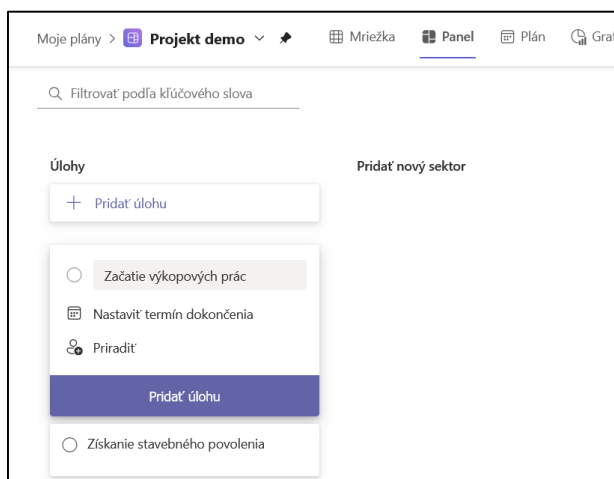
MS Planner je vhodným nástrojom nie len pre riadenie projektov, ale aj pre vývoj softvéru, riadenie ľudských zdrojov, marketing a mnoho ďalších oblastí, ktoré uľahčujú,

zjednodušujú a urýchľujú bežné úlohy a aktivity v rámci riadenia podniku ale aj v rámci súkromných a školských aktivít.



Obrázok 4 - Príklad vytvorenia plánu v MS Planner (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Po vytvorení nového plánu môžeme taktiež pridať plán do „príprutých plánov“, ktoré sa nám budú zobrazovať na hlavnej stránke. Taktiež môžeme náš plán zdieľať v rámci aplikácie MS Teams s ďalšími členmi tímu (podriadenými, nadriadenými, dodávateľmi a ďalšími), ktorú patrí taktiež do portfólia aplikácií Microsoft a je vo veľkej miere používaná pre online komunikáciu vo podnikovom aj školskom prostredí.



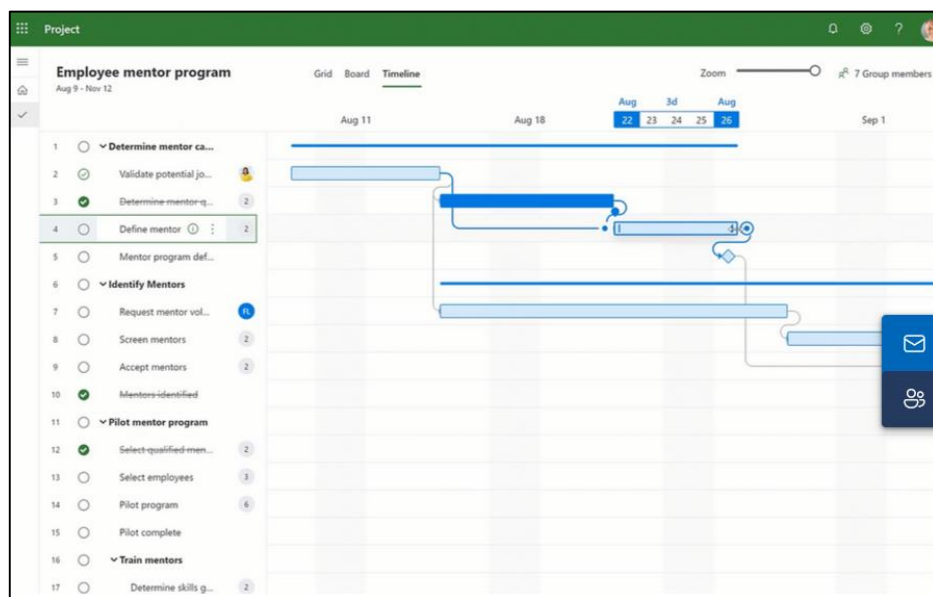
Obrázok 5 - Pridanie úlohy do plánu (Zdroj: Vlastné spracovanie)

V rámci vytvoreného plánu, môžeme pridávať úlohy, ktorým následne môžeme voľne priradiť termín dokončenia prípadne priradiť zodpovednú osobu z nášho projektového tímu.

### 1.5.2 Microsoft Project

Podobne ako MS Planner aj Microsoft Project (skrátene MS Project) je určený pre plánovanie a riadenie projektov organizáciu tímu. Pre plnohodnotné využitie aplikácie MS Project je potrebné zakúpenie samostatnej licencie, nakoľko nie je súčasťou štandardného balíka Office 365. Z týchto dôvodov je MS Project vhodnejší skôr pre Projektových manažérov a ďalších vedúcich pracovníkov, ktorí dohliadajú a riadia projekty väčších rozmerov, v ktorých je vhodné využitie pokročilejších funkcií a nástrojov MS Project (napríklad Ganttov diagram, správa zdrojov, tvorba reportov a mnohé ďalšie.) (microsoft, 2025)

V rámci programu MS Project je možné aj riadenie nákladov, pokročilej logiky projektu ako aj integráciu s ďalšími aplikáciami spoločnosti Microsoft (napríklad SharePoint, Power BI, MS Teams a ďalšie).*Spracované podľa:* (microsoft, 2025)

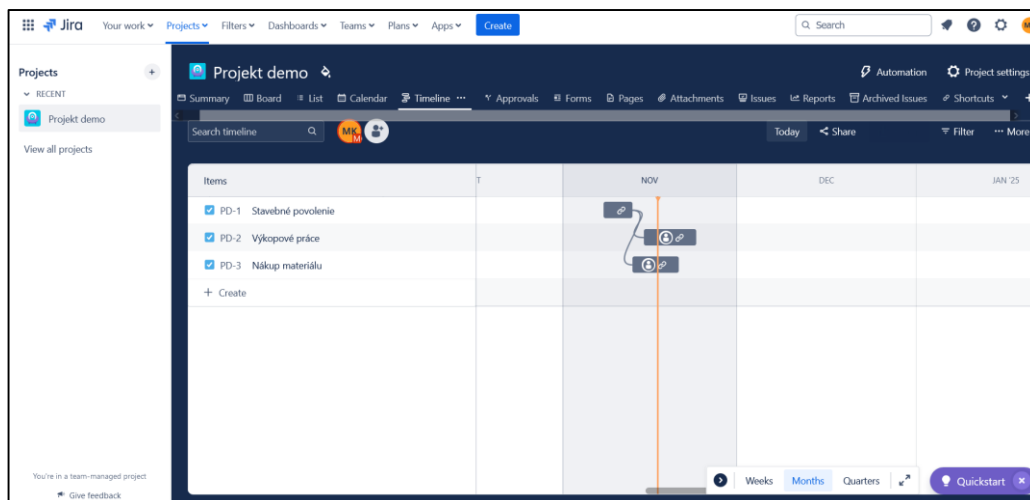


Obrázok 6 - Príklad zobrazenia časovej osi plánu v aplikácii MS Project (Zdroj: [www.microsoft.com](http://www.microsoft.com))

### 1.5.3 Atlassian Jira

Jira je systémový nástroj pre riadenie projektov od spoločnosti Atlassian. Pôvodne sa zameriaval na sledovanie zmien a chýb najmä v oblasti IT projektov. V súčasnosti sa však vďaka rozšíreniu o nové funkcionality ako aj integráciou ďalších aplikácií od spoločnosti Atlassian (Trello – kalendár, Confluence- dokumentácia, ROVO – AI agent). *Spracované podľa:* (Atlassian, 2024)

Jira poskytuje flexibilné, prehľadné a komplexné zobrazenia plánov, úloh a ďalších činností, pričom umožňuje prispôbenie svojej funkcionality procesom, organizácií a iným potrebám konkrétneho podniku. (Asana Inc., 2025)



Obrázok 7- Zobrazenie Časovej osi projektu v programe Atlassian Jira (zdroj: Vlastné spracovanie)

Jira Atlassian je prispôbená najmä agilným metodikám riadenia projektov, pričom ponúka prednastavené šablóny projektov, najmä Scrum a Kanban. Vďaka nim je možné jednoduché riadenie a kontrola projektov, resp. jednotlivých úloh pričom je umožňuje zobrazenie informácií o jednotlivých úlohách.

#### 1.5.4 Asana

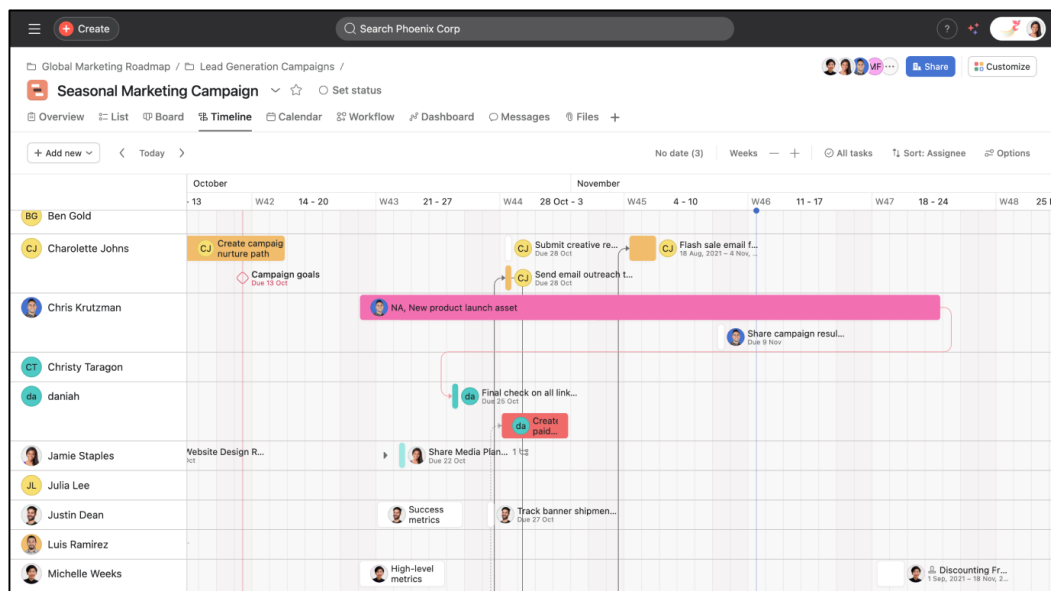
Nástroj Asana je vhodný najmä pre automatizáciu repetitívnych, usporiadaných činností a úloh (workflow). Samotný nástroj má viacero verzií, ktoré sú prispôbené organizáciám rôzneho typu (veľké korporácie, malé podniky, neziskové organizácie) a zamerania (zdravotníctvo, školstvo, finančné služby, výroba, marketing, IT a ďalšie).

Medzi špecifické funkcionality, ktoré Asana ponúka sú najmä:

- Video komentár – v rámci komentárov, odporúčaní a opisov jednotlivých úloh a činností je možné pridať priamo video, umožňujúci jednoduchšie a ľahšie vysvetlenie a objasnenie než klasický komentár formou textu alebo obrázku,
- Sledovanie míľnikov – Na rozdiel od iných nástrojov (napríklad Jira Atlassian), Asana priamo podporuje nastavenie a sledovanie míľnikov v rámci projektu, pre rozdelenie projektu na fázy, ktoré chceme od seba odlišiť a ktorých dodržanie je kľúčové pre priebeh procesu (najmä fázy pozostávajúce z činností na kritickej ceste projektu),

- *Asana rules* – pravidlá, umožňujúce automatizáciu postupu činností v prípade výskytu spúšťajúcej udalosti (prekročenie termínu úlohy, zmena pridelenia úlohy, pridelenie novej úlohy/činnosti do projektu), ktorá začína súseďnosť operácií/procesov, ktoré sú automatizované a nevyžadujú zásah člena projektového tímu prípadne iného aktéra. Výsledkom takéhoto procesu môže byť napríklad, preradenie úlohy inému tímu, automatické posunutie termínov nasledujúcich činností, vytvorenie pod úlohy a ďalšie. *Spracované podľa:* (Asana Inc., 2025)

Na obrázku môžeme pozorovať prehľad projektu formou časovej osi, pričom máme zobrazených členov tímu, úlohy ktoré sú im priradené, časový rozvrh jednotlivých úloh, nadväznosť jednotlivých úloh a ich názov.



Obrázok 8 - Příklad prehľadu projektu v Nástroji Asana. (Zdroj: [www.help.asana.com](http://www.help.asana.com))

Na ďalšom obrázku môžeme pozorovať príklad vytvoreného pravidla (Asana rule), ktoré automaticky v prípade pridania úlohy do projektu priradí úlohu do zodpovedajúcej sekcie (dokončená alebo nedokončená). (Asana Inc., 2025)



Obrázok 9 - príklad pravidla s viacerými vetvami v programe Asana (Zdroj: <https://forum.asana.com>)

## 1.6 Simulácie

Simuláciu môžeme definovať ako napodobňovanie stavov, správania určitého systému alebo jeho časti.

Simulácie sú jedným z najrozšírenejších spôsobov v oblasti rozhodovania. Na základe matematických a logických vzťahov dokážu zo zadaných vstupov vypočítať (pravdepodobnú) hodnotu výstupov v simulačnom modeli.

Simulačné vstupy môžeme rozdeliť do dvoch kategórií, ktorými sú kontrolované vstupy (*controllable inputs*) a náhodné vstupy (*probabilistic inputs*).

Po vykonaní sérií simulácií, pri použití rôznych kontrolovaných vstupov a vhodnom nastavení rozsahu náhodných vstupov, môže pochopiť a predpovedať akým spôsobom budú vstupné hodnoty ovplyvňovať výstupy simulácií. (David R. Anderson a kol., 2013)

Simulácie a eventuálne aj konkrétne simulačné modely, majú širokú škálu uplatnení v rôznych odvetviach pre rôzne typy procesov a projektov:

- Vývoj nového produktu – v súčasnosti je vývoj nových produktov finančne aj časovo veľmi nákladný. Simulácie nasadenia produktu nám umožní predpovedať približný záujem (dopyt) o produkt na trhu, pravdepodobnú výrobnú cenu produktu, náklady na prípadné reklamácie a servis, predpokladaný zisk z predaja, z čoho môžeme po dôkladnom uvážení vyvodiť záver o prípadnom vývoji produktu alebo jeho zrušení (ukončení).

- Simulácia hromadnej obsluhy – cieľom tohto typu simulácie je predpovedať čas strávený na jednotlivých činnostiach (aj paralelných), pričom nás zaujíma najmä čas trvania samotnej činnosti a čas čakania (polotovaru, zákazníka) na ďalší úkonov na tovare/ služieb zákazníkovi (napríklad pridanie ďalšej súčiastky, vykonanie ďalších kontroly). Na základe rôznych nastavení vstupných a náhodných parametrov môžeme simulovať mnohé typické situácie (klasickú prevádzku, veľký dopyt na pasovom oddelení v dovolenkovom období a ďalšie). Pričom môžeme na základe poskytnutých údajov, rozhodnúť o pridanie paralelnej vetvy činnosti (otvorenie ďalšieho pracoviska podateľne), prípadne o zlepšení a zefektívnení súčasných činností (nahradenie súčasnej výrobnéj linky efektívnejšou).
- Simulácia „overbooking“ – podstatou simulácie je napodobnenie rezervácií miest (napríklad miest v lietadle), pričom taktiež analyzujeme aj ich skutočné využitie. Na základe týchto údajov vieme po vykonaní simulácie stanoviť, o koľko viac miest (leteníek) môžeme predat' oproti skutočnej kapacite. Simulácie tohto typu musia počítať taktiež s výraznou penalizáciou (napríklad v prípade pridelenia 1 miesta v lietadle 2 pasažierom, musí byť pasažierovi, ktorý dané miesto prenechá poskytnutá kompenzácia až do výšky niekoľkonásobku ceny letenky). V prípade nesprávneho nastavenia vstupných hodnôt (napríklad počet sedadiel v lietadle) a náhodných vstupov (pravdepodobná obsadenosť konkrétneho letu) môžu po implementácii nastať vážne finančné straty ako aj strata reputácie a dobrého mena podniku. *Spracované podľa:* (David R. Anderson a kol., 2013)

## 1.7 Fázy simulačného projektu

Pre úspešné spracovanie projektu, modelu reálneho systému, s cieľom analýzy jeho správania a prípadnej optimalizácie je potrebné dodržiavať určité, aj keď nie vždy pevne stanovené fázy. Ignorovanie alebo podcenenie určitej fázy, môže v určitých prípadoch znamenať úsporu času, finančných prostriedkov alebo iných zdrojov (výpočtová kapacita). Pravdepodobnejším scenárom je však zdržanie projektu a navýšenie jeho nákladov v dôsledku vyvodenia nesprávnych záverov. Jednotlivé fázy sú uvedené a opisované rozdielne v rôznych literatúrach. Podľa: (Dlouhý M. a kol. , 2007) je vhodné deliť fázy simulačného projektu nasledovne:

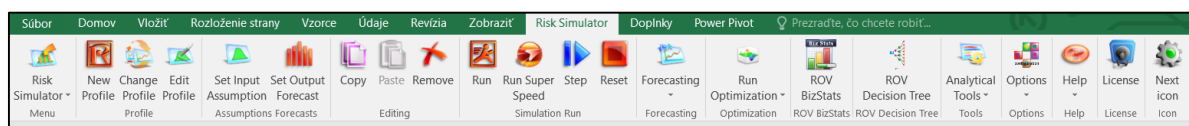
1. Rozpoznanie problémov a stanovenie cieľov – Správna formulácia problému je zásadným krokom k úspešnému dosiahnutiu cieľa. Na základe správnej a konkrétnej formulácie ( namiesto „zlepšenia projektu“ je vhodné stanoviť napríklad: skrátenie času realizácie projektu aspoň o 15% ). V rámci tejto fázy je tiež potrebné rozhodnúť, či je samotná simulácia vhodným nástrojom z finančného a časového hľadiska. Je potrebné taktiež stanovenie pravidiel komunikácie medzi zhotoviteľom a klientom,
2. Pre tvorbu počítačového simulačného modelu je vhodné vytvoriť konceptuálny model, ktorý je prakticky nevyhnutný k úspešnej vytvoreniu simulačného modelu, keďže sa zaoberá nasledujúcimi otázkami a problémami:
  - 2.1. Aký systém modelujeme? (aký typ projektu/činností chceme simulovať),
  - 2.2. Aké kritéria budeme používať pre hodnotenie úspešnosti projektu (čas trvania projektu, vynaložené finančné náklady, zníženie uhlíkovej stopy a ďalšie),
  - 2.3. Ktoré činnosti, zdroje a objekty bude projekt zahŕňať,
  - 2.4. Aké pravidlá má systém dodržiavať (finančné a časové obmedzenia, limity uhlíkovej stopy),
  - 2.5. Akým spôsobom sa pridelujú zdroje jednotlivým procesom (činnostiam).
3. Zber dát – zber dát je veľmi náročnou metódou najmä z časového hľadiska, pričom problém nastáva v prípade ak nie sú požadované dáta k dispozícii. Aj v takomto prípade je možné model vytvoriť, je však potrebné sa opierať o dostupné podklady z danej problematiky (názory expertov v danej oblasti, dáta z analogických procesov alebo projektov a ďalšie). V prípade že máme dáta k dispozícii, je nutné overiť či sú relevantné. Napríklad pri určení časových limitov činnosti, je nutné overiť či dané limity zodpovedajú realite.
4. Tvorba simulačného modelu – tvorbou simulačného modelu je myslené transformácia konceptuálneho modelu do počítačového simulačného programu. Spočíva najmä v programovaní požiadaviek konceptuálneho modelu, vo programovacom jazyku, ktorý zvolený simulačný program používa. Nesprávne vypracovaný konceptuálny model môže v tejto fáze viesť k výskytu najmä logických chýb v zdrojovom kóde programu, prípadne pri jeho spustení,
5. Verifikácia a validácia modelu – pomocou verifikácie modelu, sa uistujeme, že počítačový model je v súlade s konceptuálnym modelom, teda správnou transformáciou predstavy fungovania reálneho systému do simulačného programu. Validáciou overujeme, či táto predstava fungovania reálneho systému skutočne

zodpovedá realite. Nakoľko model systému je len zjednodušením reálneho systému, skúmame najmä či daný model spĺňa principiálne vlastnosti reálneho systému,

6. Vykonanie experimentov a analýza výsledkov – V rámci plánu experimentov a štatistickej analýzy výsledkov je vhodné pripraviť viacero variant. Analyzovaním rôznych vstupov a prislúchajúcich výstupov je možné lepšie pochopenie daného systému, najmä v prípadoch, ktoré nie sú optimálne. Na základe týchto simulácií vieme lepšie predpovedať správanie v reálnom svete, ktoré je veľmi ťažké odhadnúť v prípade vykonania ideálnej varianty simulácie,
7. Dokumentácia – Je veľmi často podceňovanou časťou. Bez podrobného zaznamenania a popisu štruktúry modelu, tvorby modelu a analýzy výsledkov je prakticky nemožné komplexný model prepracovať (napríklad v prípade zistenia chybných požiadaviek na model, nesprávne stanovených pravidiel a podobne) alebo v prípade použitia modelu resp. jeho časti v iných aplikáciách (nový projekt podobného charakteru),
8. Implementácia – Poslednou fázou býva samotné uvedenie záverov a zistení do praxe. Analýzou projektu a správnym vedení dokumentácie dokážeme identifikovať oblasti, kritické miesta (napríklad činnosti), ktorých realizácia ovplyvňuje úspešnosť celého projektu. Na základe zistení dokážeme odporučiť správne opatrenia alebo prístup (správnu alokáciu zdrojov kritickej činnosti, zníženie čakacích lehôt a podobne), ktoré umožnia vykonanie projektu v kratšom čase s nižšími nákladmi, prípadne znížia riziko neúspešnosti vykonania jednotlivých činností alebo projektu ako celku. *Spracované podľa:* (Dlouhý M. a kol. , 2007)

## 1.8 Risk Simulator

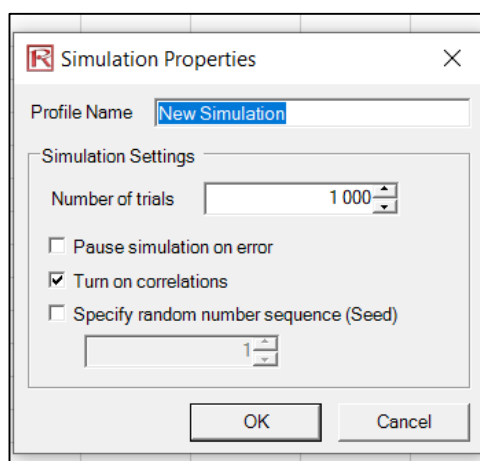
Risk Simulator je doplnkom programu Excel, ktorý umožňuje použitie simulácie Monte Carlo, regresnú analýzu, prediktívne modelovanie a ďalšie funkcionality. Služi najmä, pre analýzu rizík v podniku na základe výsledkov, predikciu vývoja sledovaných veličín (trendov v odvetví, finančných ukazovateľov a podobne). (OSL, 2025)



Obrázok 10 - Prehľad panelu nástrojov doplnku Risk Simulator v programe MS Excel (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Risk Simulator umožňuje nastavenie vlastného simulačného profilu (Simulation profile) pomocou funkcie *New Profile*, v rámci ktorej môžeme nastaviť základné vlastnosti profilu:

- Názov profilu,
- Počet generovaných simulácií,
- Pozastavenie priebehu v prípade výskytu chyby,
- Zohľadnenie/Zanedbanie prípadných korelácií (najmä v prípade ak v používame viacero vstupných premenných, medzi ktorými môže existovať silná závislosť (napríklad inflácia a úrokové sadzby),
- Špecifikácia sekvencie náhodných čísel (umožňuje nastaviť vlastnú sekvenciu náhodných čísel, ktorú možno využiť napríklad pri reprodukovateľnosti výsledkov simulácií).

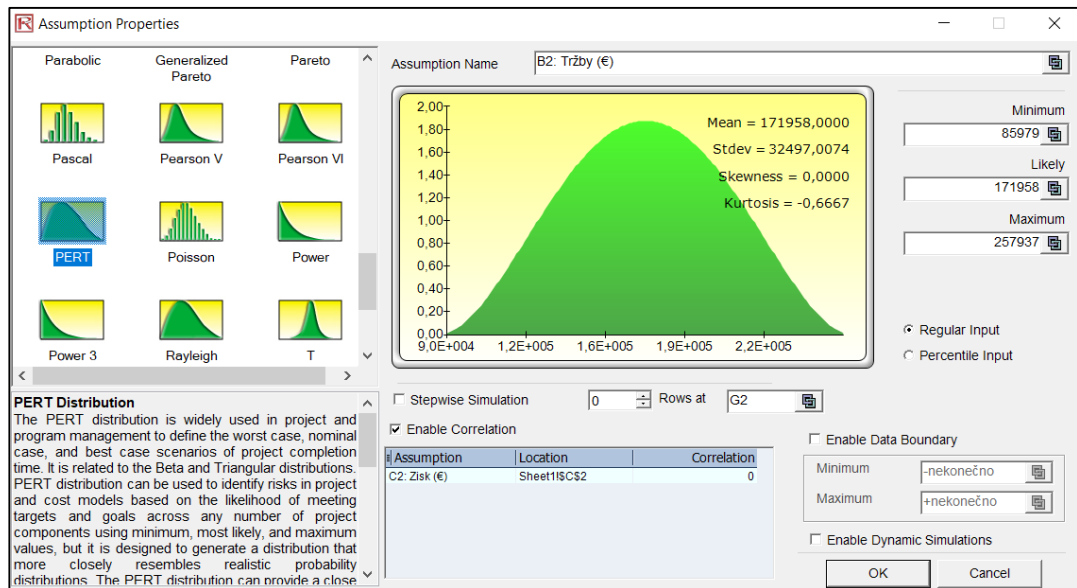


Obrázok 11- Nastavenie vlastností simulačného profilu (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Pre jednotlivé premenné v rámci simulácie môžeme nastaviť predpoklady vstupných parametrov pomocou funkcie *Set Input Assumption*. V rámci nej, môžeme zvoliť želaný tvar distribúcie ako aj jej vlastnosti:

- Hraničné hodnoty (minimum, maximum),
- Parametre distribúcie (alfa, beta, priemer, medián),
- Možnosť korelácie,
- Možnosť vstupu (štandardný alebo percentil),
- Ohraničenie hodnôt dát („Enable Data Boundry“ - horný a dolný interval),
- Postupná simulácia (“stepwise simulation”) – simulácia zobrazuje výstupy po každom kroku, vhodné pre kontrolu simulácie,

- Nastavenie zobrazenia riadkov,
- Možnosť dynamickej simulácie – umožnenie flexibilnej zmeny podmienok počas priebehu simulácie.



Obrázok 12 - Příklad zobrazenia nastavenia predpokladov vstupných parametrov simulácie (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Výsledné hodnoty simulácií môžeme pozorovať nastavením výstupu (napríklad rozdiel 2 náhodne generovaných premenných). Túto možnosť môžeme nastaviť ako vzorec v bunke (napr. rozdiel buniek B2 a C2), pričom na túto bunku po zadaní vzorca použijeme funkciu *Set Output Forecast*.

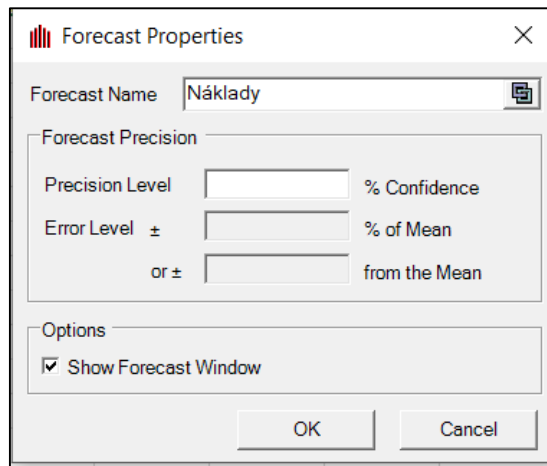
V rámci tejto funkcie môžeme nastaviť požadovanú úroveň presnosti *Precision level*. Tento údaj môžeme zadať ako percento spoľahlivosti (hodnoty od 0 do 100), ktoré vyjadruje koľko percent simulovaných scenárov padne do intervalu hraníc dát. (Např. 95 % Confidence znamená, že 95 % všetkých simulovaných scenárov sa bude nachádzať v zadanom intervale).

V prípade vyššej hodnoty *Precision level*, tým väčšiu istotu máme v tom, že predpovedané hodnoty budú v danom intervale, pričom ale zároveň bude priebeh simulácie trvať dlhšie.

Ďalším parametrom tejto funkcie je možnosť nastavenia úrovne tolerovanej miery chyby. Hodnotu nastavujeme ako odchýlku od priemeru a to absolútnu alebo percentuálnu.

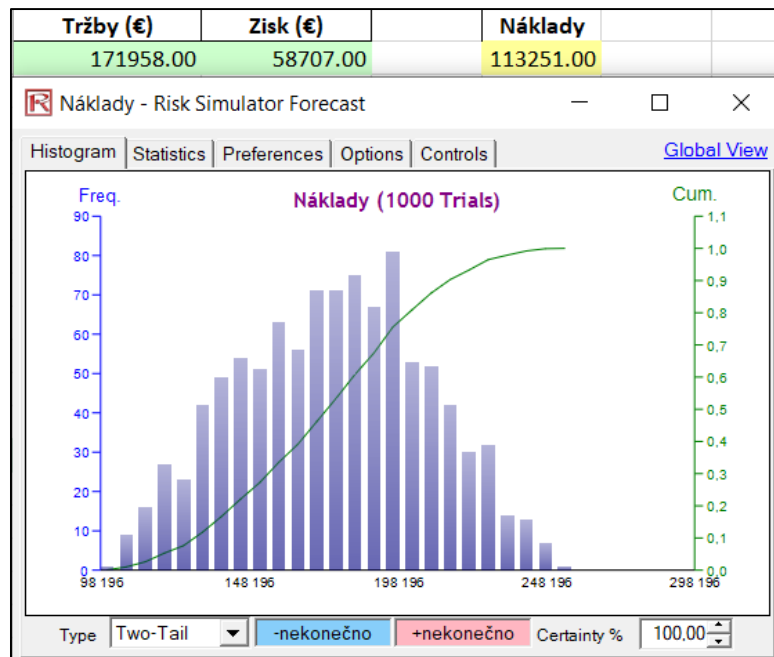
Týmto nastavením vieme v prípade iteratívnych simulácií dosiahnuť ich pozastavenie v prípade ak simulácia prekročí stanovenú úroveň tolerovanej miery chyby (napríklad ak je rozdiel simulovanej hodnoty a priemeru viac ako 10 000).

Posledným nastavením môžeme povoliť zobrazenie okna výslednej predpovede (*Show Forecast Window*), čím umožníme zobrazenie výsledných hodnôt a opisných štatistík súboru pozorovaní.



Obrázok 13- príklad zobrazenia nastavenia výstupnej predpovede (Zdroj: Vlastné spracovanie)

V rámci výstupnej predpovede môžeme pozorovať grafické znázornenie výsledkov simulácií (prostredníctvom histogramu). V záložke *Statistics*, sú uvedené niektoré opisné štatistiky v rámci celého súboru simulácií (napríklad priemerná výsledná hodnota, štandardná odchýlka, medián, horný kvartil, dolný kvartil a ďalšie). V ostatných záložkách môžeme dodatočne nastaviť formát výstupu, nastavenie filtrov, formátu výstupných hodnôt a ďalšie možnosti zobrazovania



Obrázok 14 - Výstupy a zobrazovacie nastavenia simulačnej predpovede (Zdroj: Vlastné spracovanie)

## 1.9 SIMUL8

Softvér SIMUL8 je vhodným nástrojom pre simuláciu diskretných udalostí. Zameriava sa na priebeh, vplyv a vzájomnú interakciu jednotlivých procesov v rámci celého systému. Patrí medzi popredné simulačné nástroje pre podniky, vzdelávacie, vedecké a iné inštitúcie najmä vďaka svojej flexibiliti, rýchlosti a prehľadnosti v rámci analýzy a optimalizácie procesov.

Medzi charakteristický vlastnosti SIMUL8 patria:

- „Drag and drop“ – rozhranie umožňuje intuitívne „presúvanie“ modelovaných komponentov, čo umožňuje najmä novým používateľom jednoduché a rýchle zostavenie simulácie,
- Modelovacie bloky – ponúka používateľovi širokú škálu modelovacích blokov, ktoré umožňujú simulovať mnohé prvky a aspekty požadovaného systému,
- Integrácia nástrojov – v rámci SIMUL8, je možný export do iných softvérových nástrojov, aplikácií a programovacích jazykov ako sú Excel, SQL, R, Python, C#, VBA. Pomocou doplnkových API je možné integrovať SIMUL8 simulácie v rámci našich technológií pomocou bežne používaných programovacích jazykov ako Python, C# a mnohých ďalších.

- Správca scenárov – pomocou širokej škály dostupných možností, SIMUL8 ponúka modulovanie rôznych alternatív (bežná prevádzka, „what-if“ scenáre)
- Visual Logic – pomocou jazyka Visual Logic, môžeme nastaviť špecifické pravidlá, postupy a výnimky v rámci nášho systému, umožňujúce lepšie modelovanie skutočného stavov a prostredia,
- Pokročilé nástroje – v rámci simulácií je možné využiť nástroje strojového učenia a dolovania dát zo záznamov predošlých simulácií pre lepšie nastavenie pravidiel, časových rozvrhov a modelu ako celku. *Spracované podľa: (SIMUL8, 2025)*

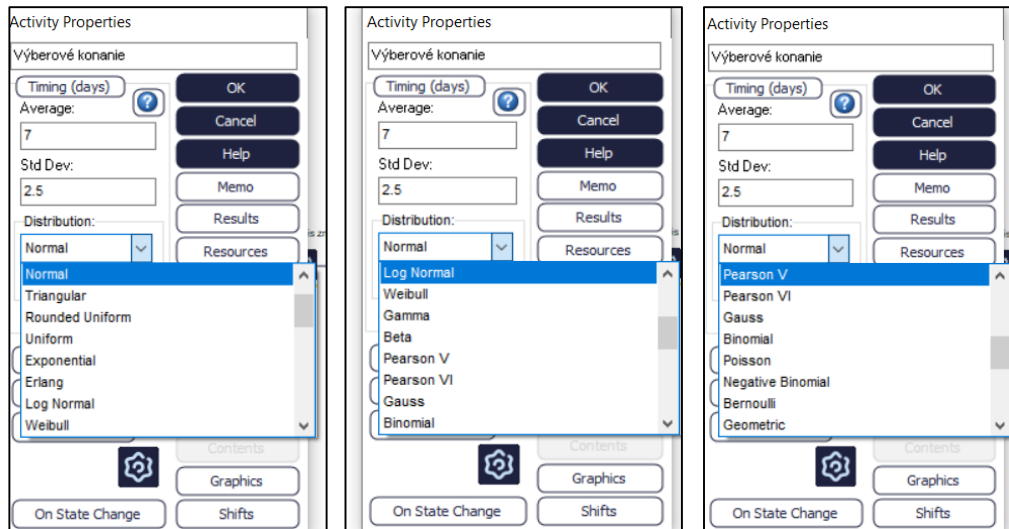
### 1.9.1 Pravdepodobnostné rozdelenia

V rámci diskrétného zobrazenia aktivít v programe SIMUL8 je možné zvoliť pravdepodobnostné rozdelenie aktivít, ovplyvňujúce ich čas trvania. Program SIMUL8 ponúka značné množstvo rozdelení, ktoré ponúkajú širokú škálu možnosti zobrazenia reálneho vývoja a vplyvov.

Pomocou poskytovaných možností rozdelení vieme simulovať rôznorodosť charakteru viacerých aktivít a zohľadniť vplyvy rizík na prípadne spomalenie alebo zdržanie činnosti (v rámci SIMUL8 sú činnosti reprezentované elementom „*activity*“). SIMUL8 ponúka tieto štandardné rozdelenia, ktoré môžeme priradiť v zozname „*Distribution*“ v okne „*Activity Properties*“. Niektoré z týchto rozdelení sú:

- Priemerné,
- Fixné,
- Normálne,
- Trojuholníkové,
- Zaokrúhlené uniformné,
- Uniformné,
- Exponenciálne,
- Erlangovo,
- Logaritmické normálne,
- Geometrické,
- Weillbullovo,
- Gama,
- Beta,

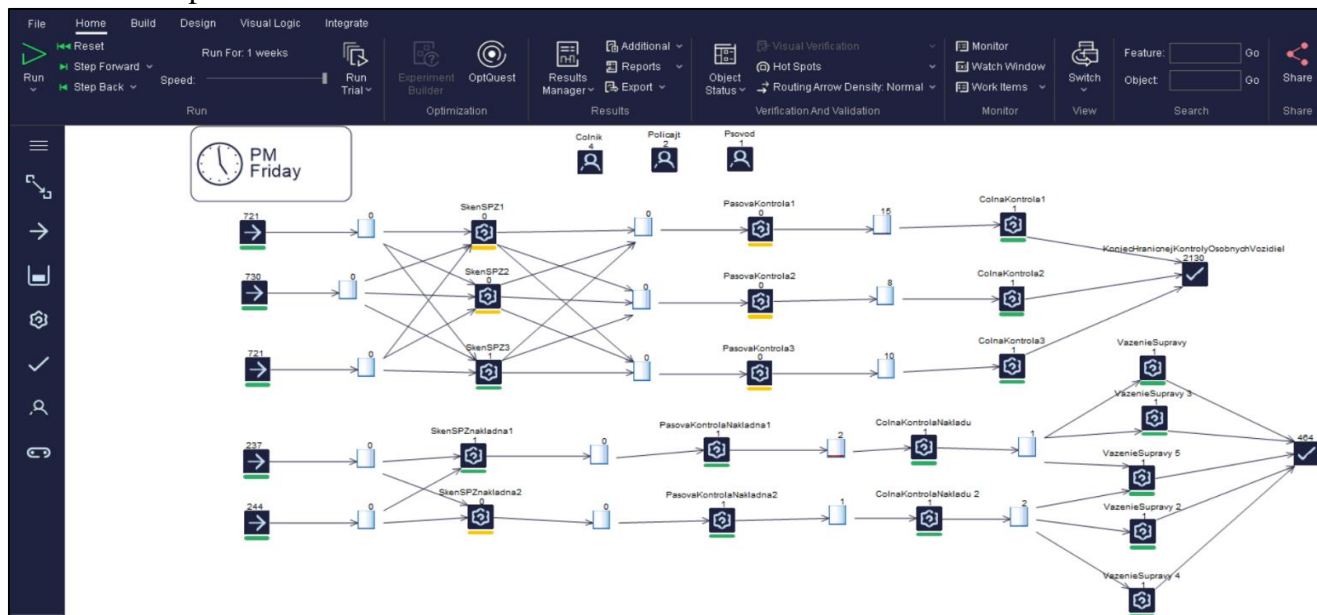
- Binominálne.



Obrázok 15 - Ponuka pravdepodobnostných rozdelení aktivít (Zdroj: Vlastné spracovanie)

### 1.9.2 Využitie SIMUL8

Softvér SIMUL8 má širokú škálu využitia v rámci rôznych odvetví priemyslu a vedeckej činnosti, v ktorých sa kladie dôraz na efektivitu a optimalizáciu procesov. Medzi tieto odvetvia patria:



Obrázok 16 - Príklad zobrazenia simulácie prevádzky hraničného prechodu v programe SIMUL8 (Zdroj: Vlastné spracovanie)

- Priemyselná výroba
  - vplyv investícií do nových výrobných liniek a technológií,

- minimalizácia výrobných nákladov, časových strát, poruchovosti,
- vplyv implementácie prvkov Industry 4.0,
- bezrizikové experimenty návrhov priemyselných procesov,
- Zdravotníctvo
  - zníženie čakacích dôb pacientov, zvýšenie kapacity zariadení,
  - zefektívnenie administratívnych postupov,
  - zlepšenie kvality poskytovaných služieb,
  - predikcia dopytu po zdravotníckych službách,
  - nastavenie prioritizácia pacientov podľa stanovených kritérií (kritickosť stavu, náročnosť úkonu a podobne)
  - optimalizácia alokácie personálu, zdravotníckeho materiálu a zariadení,
  - optimalizácia podporných procesov (centrum tiesňovej linky, poisťné plnenie, elektronické zdravotníctvo a podobne).
- Obranný priemysel
  - manažment životného cyklu obranného zariadenia,
  - simulácie logistických procesov,
  - simulácia postupov mobilizácie v prípade pohotovosti,
  - simulácia výcvikových plánov a vojenských cvičení,
  - simulácia výroby obranných prostriedkov.
- Finančný sektor
  - simulácia vplyvov trhu na stanovené portfólio,
  - odhad výnosov investícií,
  - modelovanie investičných rizík. *Spracované podľa: (SIMUL8, 2025)*

## 2 CIEĽ PRÁCE

Cieľom tejto práce je demonštrovať použitie simulácií v oblasti projektového riadenia. Pomocou uvedených metód, chceme priblížiť možnosti a spôsoby využitia simulačných modelov v projektovom riadení, pre účely simulovania náhodných udalostí.

Riadenie projektov budeme dopĺňať o výsledky simulácií, za účelom modelovania javov, ktoré môžu nastať s určitou pravdepodobnosťou. Týmto spôsobom chceme demonštrovať náhodnosť a nepredvídateľnosť situácií, ktoré sú bežnou súčasťou riadenia projektu a reprezentujú každodennú realitu sveta.

Hlavný cieľ práce pozostáva z nasledujúcich čiastkových cieľov.

Prvým čiastkovým cieľom je oboznámenie so súčasným stavom problematiky projektového riadenia a simulačných modelov. Uvedením a špecifikáciou nástroj používaných v praxi pre riadenie projektov, chceme priblížiť súčasné trendy v oblasti projektového riadenia. Taktiež chceme priblížiť softvérové nástroje pre tvorbu simulačných modelov, ponúkané možnosti nastavení parametrov, základné princípy obsluhy ako aj ich možné využitie v podnikovej praxi.

Druhým čiastkovým cieľom je vysvetlenie princípov použitia metód využívaných v oblasti sieťovej analýzy (najmä metódy CPM a PERT). Následne je vysvetlený postup aplikácie metódy Monte Carlo, ktoré aplikuje náhodnosť určitého javu, pričom nás bude zaujímať najmä termín zahájenia resp. ukončenia činnosti ako aj finančné a časové náklady vynaložené na danú činnosť. V rámci simulačných modelov si popíšeme použité rozdelenia pravdepodobnosti a ich vplyv na výsledné hodnoty.

Tretím čiastkovým cieľom si na demonštratívnych príkladoch ukážeme aplikácie simulačného modelu na konkrétnom vzorovom projekte. V rámci ukážky sa budeme zameriavať najmä na reprezentáciu náhodných udalostí a pravdepodobnosť dokončenia projektu v požadovanom časovom intervale pri akceptovateľných finančných nákladoch.

Štvrtým a posledným čiastkovým cieľom je návrh aplikácie simulačných modelov v dopadoch uhlíkovej stopy v rámci princípov ESG. Predstavíme si základné princípy a dôvody aplikácie opatrení súvisiacich s ESG. Na príklade si ukážeme simuláciu výpočtu uhlíkovej stopy, generovanej jednotlivými činnosťami projektu.

## 3 METODIKA

V tejto kapitole si priblížime súčasný stav problematiky projektového riadenia a simulačného modelovania. Priblížime si používané postupy a uvedie niekoľko nástroj pre projektové riadenia ako aj programov na vykonávanie simulačného modelovania.

### 3.1 Riadenie projektov

Projekt môžeme definovať ako množinu činností vymedzenú v čase a priestore podľa organizačných a technických kritérií, pričom prostredníctvom realizácie rozsiahlych akcií sa snažíme dosiahnuť určitý stanovený cieľ. (Brezina Ivan, 2012)

Činnosť projektu chápeme ako vymedzený súbor aktivít, priestorovo alebo časovo, pričom ich realizácia spravidla zahŕňa nasadenie pracovných síl a zariadení, spotrebu materiálu a finančných prostriedkov. Vymedzenie činností nie je jednoznačne definované a závisí najmä od technologickej a organizačnej charakteristiky konkrétneho cieľa projektu. (Brezina Ivan, 2012)

Jednotlivé činnosti projektu môžu mať rôzny charakter a podobu pričom môžu byť spojené napríklad s:

- Výrobným, vývojovým alebo výskumným procesom produktu, plánovaním jeho výroby alebo celého životného cyklu,
- Výstavbou stavebného objektu, jeho rekonštrukciou, údržbou alebo iným procesom,
- Plánovaním, organizáciou alebo usporiadaním spoločenských podujatí a iných udalostí *Spracované podľa:*(Brezina Ivan, 2012)

Projekt vždy pozostáva z reálnych činností, ktoré sú vykonávané v rámci realizácie. Jednotlivé činnosti môžu nadväzovať na iné činnosti v rámci projektu. Tieto väzby môžu mať časový, technologický alebo organizačný charakter. Z hľadiska časových väzieb je dôležité týmto činnostiam definovať dĺžku ich trvania a ich vzájomnú nadväznosť.

V rámci projektu rozlišujeme nasledujúce relácie:

- Činnosti prebiehajú paralelne, sú vzájomne nezávislé,

- Činnosti nemôžu prebiehať paralelne sú vzájomne závislé,
  - Činnosti sú jednoznačne závislé, (napríklad činnosť Y môže nastať len ak je ukončená činnosť X),
  - Činnosť môže prebiehať ak činnosť na ktorej závisí prebieha určitý čas, (napríklad činnosť Y začne ak je činnosť X dokončená na 30%),
  - Činnosť môže začať až po uplynutí určitého času po skončení predošlej činnosti, spravidla je tento spôsob používaný z hľadiska technologických postupov (napríklad kvasný proces v potravinárstve) alebo je táto doba stanovená legislatívou.
- Spracované podľa: (Brezina Ivan, 2012)*

### 3.1.1 Pojmy v rámci projektového riadenia

Podobne môžu byť v rámci projektu aplikované aj technologické väzby, ktoré súvisia nadväznosťou činnosti vzhľadom k stanoveným technologickým postupom. Organizačné väzby definujú štruktúru pracovníkov, tímov a jednotlivých oddelení. Samotné väzby určujú podriadenosť a nadradenosť jednotlivých pracovníkov prípadne tímov a sú nevyhnutnou súčasťou najmä pre určenie zodpovednosti za jednotlivé činnosti, prípadne pre určenie postupu schvaľovania určitých aktivít. V rámci organizačnej štruktúry môžu existovať aj pracovníci, tímy, ktoré nemajú vzájomnú organizačnú väzbu (napríklad nezávislý konzultanti). *Spracované podľa (Brezina Ivan, 2012)*

Okrem reálnych činností sú v rámci riadenia projektov používané aj fiktívne a odstupové činnosti. Tieto činnosti nepredstavujú žiadne reálne činnosti, ale slúžia ako pomocné činnosti pre účely dodržiavania časových, technologických a organizačných väzieb.

Fiktívna činnosť je činnosť ktorá neprebieha v čase (trvá 0 časových jednotiek). Taktiež nespotrebováva žiadne finančne ani materiálne zdroje a nie sú na jej vykonanie nie sú potrební žiadny pracovníci. Je využívaná pre vyjadrenie nadväznosti skutočných činností.

Odstupová respektíve čakacia činnosť je činnosť podobná fiktívnej, avšak má nenulové trvanie. Používajú sa najmä pre vyjadrenie čakacích lehôt, pričom reprezentujú fakt, že určité činnosti môžu začať až po uplynutí určitej doby (lehoty) od skončenia alebo začiatku inej činnosti. *Spracované podľa: (Brezina Ivan, 2012)*

V rámci projektového riadenia sú používané aj ďalšie pojmy a to napríklad:

- *Udalosť* – okamih súvisiaci s predmetnou činnosťou alebo jej väzbami. Začiatok a koniec činnosti sú typickými predstaviteľmi udalosti,
- *Začiatok projektu* – predstavuje začiatok prvej (počiatočnej) činnosti projektu,
- *Koniec projektu* – reprezentuje koniec poslednej (koncovej) činnosti projektu, takýchto činnosti môže byť viacero, je typicky vypočítaný na základe predošlých činnosti, ale môže byť aj pevne stanovený v špecifických prípadoch (napríklad: príprava olympijských hier),
- *Pevné medzitermíny* – taktiež známe ako *míľniky*, sú udalosti projektu, ktoré potrebne z časových, technologických, organizačných alebo iných hľadísk dodržať. Vznikajú typicky z externého prostredia (napríklad lehoty regulačných úradov, termíny stanovené dodávateľmi a ďalšie) *Spracované podľa: (Brezina Ivan, 2012)*

### 3.2 Analýzy spojené s riadením a tvorbou projektu

V rámci projektového riadenia potrebujeme jednotlivé oblasti problematiky dôkladne skúmať, rozčleniť, zhodnotiť a následne pochopiť súvislosti a dôsledky v prípade implementácie. Tento spôsobom nazývame aj analýzou, pričom v rámci projektového riadenia využívame rôzne analýzy.

Prvotné skúmanie v rámci plánovania projektu vykonáme pomocou takzvanej časovej analýzy. Časová analýza pozostáva zo skúmania časových plánov činnosti. Jej predmetom je najmä pochopenie jednotlivých činností z hľadiska časových ukazovateľov (možné začiatky činností, konce činností, vymedzenie časových rezerv) pomocou ktorých môžeme určiť najskôr možný termín dokončenia projektu. (Brezina Ivan, 2012)

Po vykonaní časovej analýzy nasleduje nákladová analýza, ktorej úlohou je preskúmať náklady spojené s realizáciou činností projektu. Pomocou nej môžeme určiť najvhodnejšiu možnosť vykonania projektu z pohľadu jeho trvania a nákladov vynaložených na samotný projekt.

Nákladová analýza je zameraná len na finančné hľadisko, teda na náklady vyjadrené v peňažných jednotkách. V rámci projektu sme však limitovaný aj zdrojmi, ktoré nemajú čisto finančný charakter (napríklad množstvo materiálu, technologická infraštruktúra, priestor, údaje a ďalšie). Skúmanie tohto problému je realizované analýzou zdrojov. Jej

podstatou je kapacitné plánovanie zdrojov, pričom rieši aj časový plán využívania predmetných zdrojov.

Na základe sumarizácie stanoví veľkosti nárokov na zdroje v rámci celého projektu v každom časovom úseku. Vyjadrenie môže byť v závislosti od charakteru projektu a type zdrojov v rôznych merných jednotkách (typicky hmotnostné, dĺžkové, plošné, energetické, výkonové a iné). Rozvrhovaním zdrojov docielime minimalizáciu trvania projektu pri definovanom množstve zdrojov a vyrovnávaním zdrojov riešime problémy ich rovnomerného a najmä efektívneho čerpania v rámci jednotlivých častí projektu. *Spracované podľa: (Brezina Ivan, 2012)*

Vzhľadom k skutočnosti, že nie všetky činnosti majú deterministický charakter, teda ich trvanie nie je presne stanovené. Doby trvania činností môžu byť stanovené s istou pravdepodobnosťou, teda stochasticky, ktorá uvádza pravdepodobnosť realizácie jednotlivých činností, nakoľko tieto činnosti závisia od náhodných faktorov, ktoré nemôžeme s určitosťou predpovedať. Rozkladom a skúmaním týchto činností sa zaoberá Analýza rizík resp. pravdepodobnostná analýza. *Spracované podľa: (Brezina Ivan, 2012)*

V rámci Analýzy rizík sa snažíme pochopiť jednotlivé neistoty a riziká, ktoré sú spojené s danými činnosťami a projektom ako celkom. Naším cieľom je minimalizovať negatívne dopady, ktoré môžu vplyvom týchto javov nastať. Prvým krokom je identifikácia jednotlivých rizík na základe udalostí, hrozieb alebo skutočností, ktoré môžu v rámci projektu nastať.

Ďalším krokom je posúdenie rizík. Kvalitatívne posúdenie rizík pozostáva z hodnotenia závažnosti rizík z hľadiska ich dopadov a pravdepodobnosti, pričom je vyjadrené v nečíselnej škále (vysoké, stredné, nízke, veľmi vysoké lebo iné). Nasleduje Kvantitatívne posúdenie rizík, ktoré spočíva vo vyjadrení rizík, formou ich dopadu na ukazovatele projektu (finančné, časové, materiálne a iné). Majú charakter číselného vyjadrenia (napríklad finančná strata, množstvo dodatočného materiálu a podobne). Ako nástroje pre realizáciu je využívaná najmä analýza citlivosti a simulácia typu Monte Carlo. *Spracované podľa: (Brezina Ivan, 2012)*

Po vykonaní týchto krokov fáza riadenia rizík. Tá spočíva vo zvolení prijateľnej miery rizika a tým spojených spôsobov vykonávania činností. V rámci nej sú taktiež navrhnuté zmiernujúce opatrenia s cieľom zmierniť dopadov rizík a preventívne opatrenia s cieľom predchádzania jednotlivých rizík.

V rámci metodiky PERT sú účely výpočtu používané 3 scenáre:

- Optimistický scenár – predpokladaný výskyt rizík je minimálny, čas a náklady na projekt sú najnižšie možné
- Pesimistický scenára – predpokladaný výskyt všetkých rizík s maximálnymi dôsledkami, čas a náklady na projekt sú prekročené
- Najpravdepodobnejší scenár – predstavuje súbor výskytu rizík a ich dopadov, ktorý pri sa vyskytuje najčastejšie opakovanom vykonaní (simulovanom vykonaní) projektu.

### 3.3 Metóda CPM

Metódu CPM (Critical Path Method) vyvinula v roku 1957 spoločnosť E. I. Du Pont de Nemours & Co. v spolupráci so Sperry-Rand Corporation. Tento vývoj bol zameraný na hľadanie efektívnych nástrojov pre riadenie zložitých procesov, predovšetkým v oblasti výstavby výrobných zariadení, údržby a rekonštrukcie, ako aj pri vývoji nových chemických výrobkov. Autormi metódy boli James E. Kelley a Morgan R. Walker. (Kašpar, 1998)

Pri aplikácii metódy CPM sa zadávajú nasledujúce údaje:

- zoznam operácií, ktoré je potrebné vykonať, spolu s ich časovou postupnosťou,
- pre každú operáciu sa určuje časový údaj, ktorý vyjadruje jej trvanie,
- určuje sa začiatok celej akcie alebo termín jej ukončenia. *Spracované podľa:* (Kašpar, 1998)

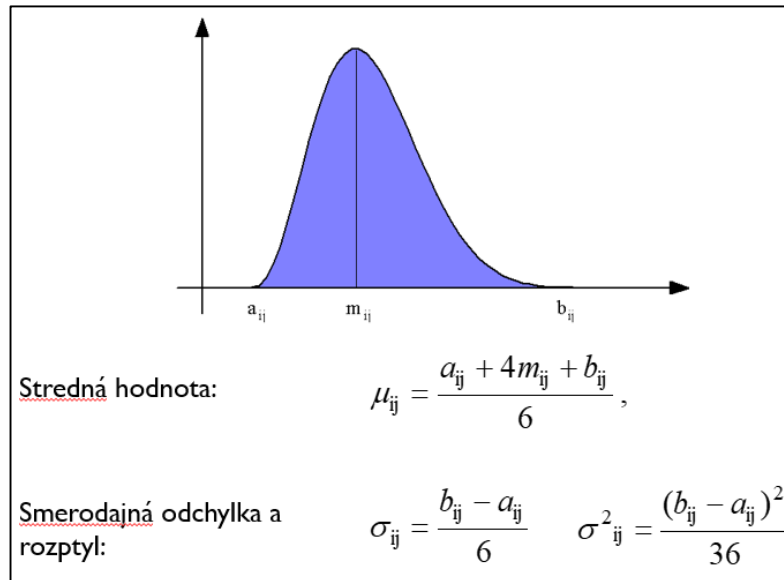
Výpočty sa zameriavajú na:

- minimálny čas potrebný na dokončenie celej akcie (alebo termín jej ukončenia),
- termíny najneskoršieho možného začatia a ukončenia jednotlivých operácií, ktoré musia byť dodržané na splnenie termínu ukončenia celkového projektu,
- identifikáciu činností, ktoré ležia na kritickej ceste projektu, pričom každé oneskorenie týchto činností spôsobí oneskorenie celého projektu (tieto činnosti nemajú časové rezervy). *Spracované podľa:* (Kašpar, 1998)

Týmto spôsobom metóda CPM pomáha efektívne riadiť čas a zdroje pri komplexných projektoch.



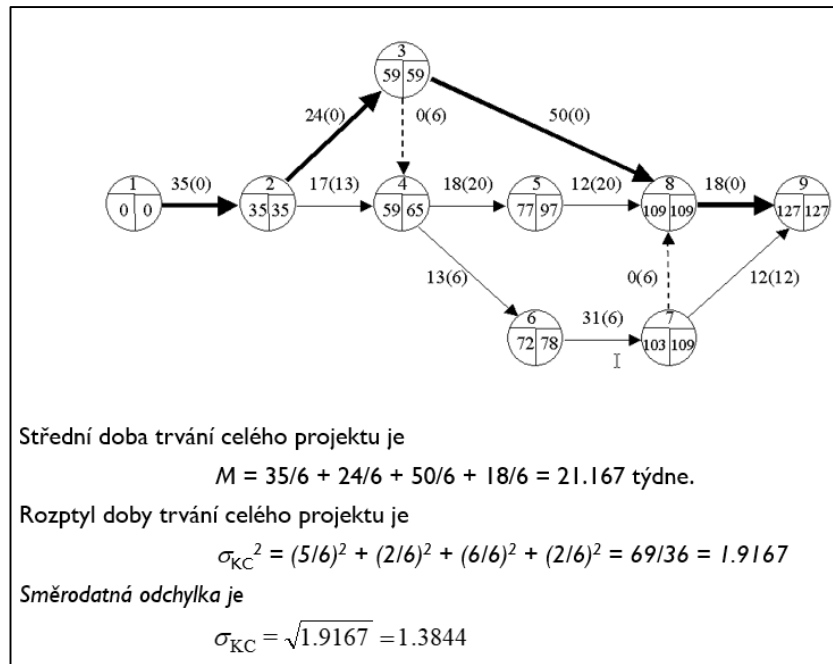
- o optimistický odhad – najkratšia uvažovaná doba činnosti. Činnosť je vykonaná pri priaznivom vývoji všetkých podmienok,
- o pesimistický odhad – najdlhšia uvažovaná doba činnosti. Činnosť je vykonaná v prípade výskytu všetkých možných problémov. (Kašpar, 1998)



Obrázok 18 - Příklad Beta Rozdelenia používané v metóde PERT (Zdroj: Řízení projektů (<https://slideplayer.cz/slide/2588554/>))

Vďaka svojmu stochastickému charakteru umožňuje metóda PERT vykonávať pravdepodobnostné výpočty týkajúce sa realizácie celého projektu alebo jednotlivých kľúčových míľnikov.

Metóda PERT je obzvlášť užitočná pri projektoch, kde trvanie jednotlivých činností nie je možné určiť s presnosťou, ale s určitou pravdepodobnosťou. Tento prístup sa osvedčuje predovšetkým v oblasti výskumu a vývoja, ako aj v projektoch, kde sa činnosti vykonávajú v podmienkach, ktoré sú ovplyvnené meniaci sa faktormi, ako sú poveternostné podmienky či nepredvídateľný terén. (Kašpar, 1998)



Obrázok 19 - Příklad metody PERT (Zdroj: Řízení projektů (<https://slideplayer.cz/slide/2588554/>))

### 3.4.1 Využitie stochastických metód v riešeniach sieťovej analýzy metódou PERT

Náhodnosť javov môžeme v sieťovom grafe typu PERT môžeme riešiť pomocou opakovania časových výpočtov, pričom doba trvania činností je reprezentovaná náhodným číslami z určeného intervalu a podriadené stanovenému rozdeleniu pravdepodobnosti. Takýto typ metódy nazývame „Monte Carlo“.

Neurčitosť berieme do úvahy, kvôli náhodným javom, ktoré nevieme z určitosti predpovedať, ani kvantifikovať ich presný dopad. Tieto javy môžu mať rôznu formu podoby. Napríklad: vplyv pracovnej morálky, výpadky výrobných, informačných a iných systémov a technológií, výpadky dodávok materiálu, vplyv počasia, havárie, výskyt prírodných katastrof a ďalšie. (Kašpar, 1998)

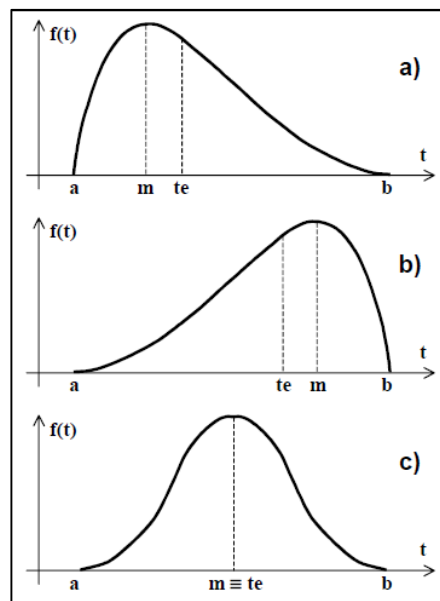
Pravdepodobnostné charakteristiky sieťového grafu získame pomocou uskutočnenia veľkého počtu simulácií. Vzhľadom k nutnosti uskutočnenia veľkého počtu simulácií pre získanie relatívne presných odhadov, je v praxi potrebné použiť výpočtovú techniku, pre ich uskutočnenie.

Podobne ako pri použití metódy PERT bez metódy Monte Carlo, je hlavným cieľom zostavenie acyklického hranovo orientovaného grafu.

Doby trvania činností pri jednotlivých simuláciách sú stanovené ako náhodné premenné, s určitým pravdepodobnostným rozdelením. Medzi používané rozdelenia patria:

- Rovnomerné rozdelenie,
- Trojuholníkové rozdelenie,
- $\beta$  rozdelenie. *Spracované podľa* (Kašpar, 1998)

Typickými príkladmi rozdelenia sú asymetrické  $\beta$  rozdelenie pravdepodobnosti vľavo (a)) alebo vpravo (b). Taktiež používané je normálne pravdepodobnosti (Gaussovo) rozdelenie (c)).



Obrázok 20 - Krivky hustoty pravdepodobnosti (Zdroj: (Kašpar,1998))

V praxi je najčastejšie používaný typ zobrazenia asymetrický vľavo, ktorý má za úlohu stanovenie najpravdepodobnejšieho času dokončenie (m), čo najbližšie k optimistickému odhadu času dokončenia (a). *Spracované podľa*: (Kašpar, 1998)

### 3.4.2 Výpočet sieťového grafu typu PERT

Pre výpočet sieťového grafu typu PERT s použitím náhodných hodnôt pomocou metódy Monte Carlo. Budeme postupovať nasledovne:

- 1) každej činnosti ( $u_i$ ) v rámci projektu priradíme hodnoty optimistického, najpravdepodobnejšieho a pesimistického odhadu doby trvania činnosti ( $a$ ,  $m$ ,  $b$ ) pričom trvanie činnosti ( $t_{ij}$ ) vypočítame pomocou vzorca:

$$t_{ij} = \frac{a_{ij} + 4m_{ij} + b_{ij}}{6};$$

- 2) Pre každú činnosť vypočítame hodnoty rozptylu:

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

- 3) Pre každú činnosť vypočítame hodnoty smerodajnej odchýlky:

$$\sigma_{ij} = \left(\frac{b_{ij}-a_{ij}}{6}\right);$$

- 4) Výpočet najprv realizujeme takzvanou „fázou vpred“ pre získanie najskôr možného konca činnosti ( $Km_j$ ) podľa vzorca: ( $Zm_i$  – najskôr možný začiatok činnosti, pri počiatkovej činnosti je hodnota  $Zm_i=0$ , v ostatných prípadoch je hodnota rovná  $\max(Km_j)$  z predchádzajúcich činností, na ktoré predmetná činnosť priamo nadväzuje)

$$Km_j = Zm_i + t_{ij};$$

- 5) Následne realizujeme takzvanou „fázou vzad“ výpočet najneskôr prípustného začiatku činnosti ( $Zp_i$ ) podľa vzorca: ( $Kp_j$  – najneskôr prípustný koniec činnosti, pri koncovej činnosti je hodnota rovná predpokladanému času dokončenia projektu  $Kp_j=t_p$ , v ostatných prípadoch je hodnota rovná  $\min(Zp_i)$  z nadväzujúcich činností, ktorým predmetná činnosť priamo predchádza)

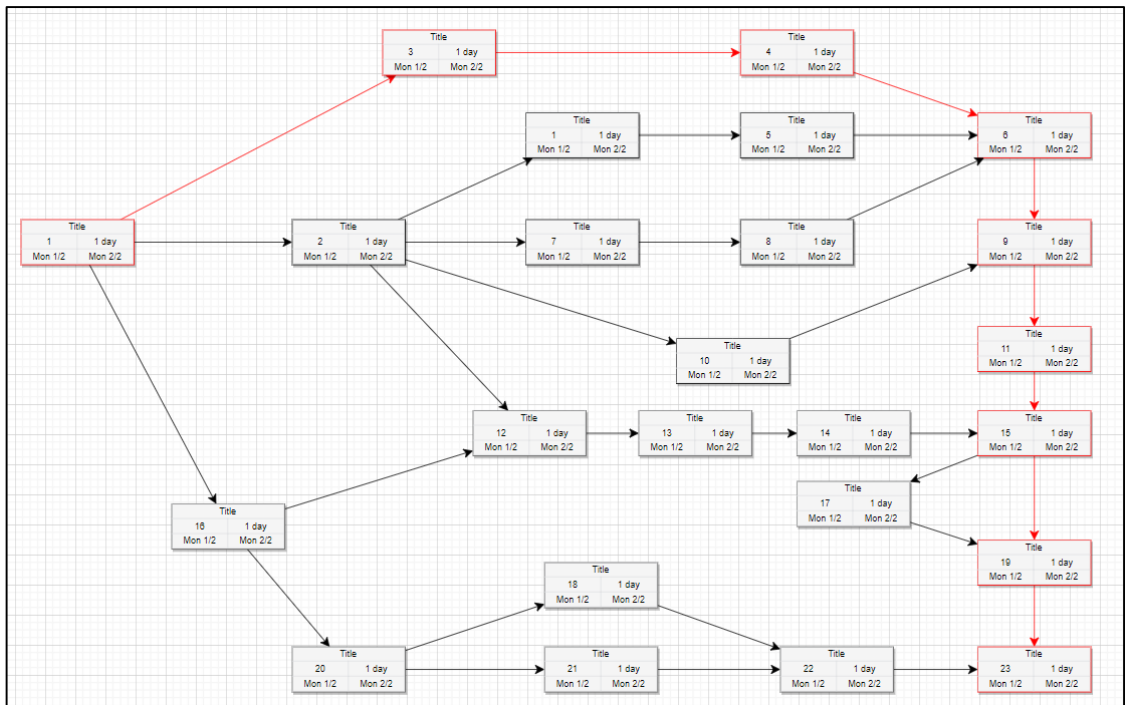
$$Zp_i = Kp_j - t_{ij};$$

- 6) V poslednom kroku vypočítame hodnotu kritickej rezervy činnosti ( $RC$ ) z už vypočítaných hodnôt:

$$RC = Kp_j - Km_j = Zp_i - Zm_i;$$

- 7) Činnosti kritickej cesty projektu identifikujeme tak že ich hodnota kritickej rezervy je rovná 0: *Spracované podľa: (Kašpar, 1998)*

$$RC_{ui} = 0 \rightarrow u_i \in CP;$$



Obrázok 21- Grafické zobrazenie vzoru PERT sieťového grafu v editore drawio (Zdroj: Vlastné spracovanie)

### 3.5 Rozdelenie simulačných modelov

Simulačné modely môže rozdeliť podľa času, náhodnosti a type udalostí/času.

Podľa poňatia času delíme simulačné modely na:

- Statické – čas nie je podstatný a v modeli sa nezachytáva (takzvaná metóda Monte Carlo),
- Dynamické – zachytáva čas v modeli pre zachytenie dynamického chovania systému.

Ďalším kritériom rozdelenia je vzťah k pravdepodobnostným charakteristikám:

- Deterministické – neobsahujú náhodné zložky (vstupy),
- Stochastické – obsahuje zložky (vstupy), ktorých hodnoty predpokladáme s určitou pravdepodobnosťou (náhodnosť).

Z hľadiska času alebo stavov môžeme modely deliť aj na:

- Diskrétne – čas môže nadobúdať hodnoty len z určitého intervalu, stavy menia svoje hodnoty len ak nastane nejaká významná udalosť,
- Spojité – čas v modeli je spojitý a neprerušovaný, zmeny sa vykonávajú plynule. *Spracované podľa:* (Dlouhý M. a kol. , 2007)

Z hľadiska aplikácie na riadenie projektov nás bude zaujímať statická metóda Monte Carlo, pričom budeme uvažovať aj so stochastickými (náhodnými) vplyvmi pri diskretnom charaktere času a stavov jednotlivých činností (napríklad: začiatok činnosti alebo ukončenie činnosti). *Spracované podľa:* (Dlouhý M. a kol. , 2007)

### 3.6 Analýza vstupných údajov

Vykonaniu akejkoľvek simulácie by mala predchádzať dôkladná analýza vstupných údajov. V prípade projektu by sa mala analýza zamerať na údaje totožných alebo podobných projektov, ktoré už boli vykonané. Zber týchto údajov môže byť uľahčený v prípade ak sa pre dané projekty používa jednotná metodika, podľa ktorej je projekt vykonávaný, riadený a kontrolovaný. *Spracované podľa:* (Dlouhý M. a kol. , 2007)

Dôležitým zdrojom údajov, je projektová dokumentácia, ktorá charakterizuje celý projekt.

Na jej základe môžeme v simulačnom modeli nastaviť jednotlivým činnostiam potrebné finančné, časové alebo iné (napríklad minimálny počet obslužného personálu, maximálny počet kusov materiálu na spracovanie a ďalšie) obmedzenia. Nastavenie závislostí jednotlivých činností (prípadne ich zmena na základe podnetov a pripomienok v dokumentácií).

Identifikovanie kritickej cesty projektu, je veľmi dôležitým krokom v nastavení parametrov simulácie, nakoľko ich nesprávne simulovanie by malo za následok neskoré dokončenie projektu, prípadne prestoje a spojené finančné aj časové straty (znehodnotenie potravín alebo iného materiálu, finančné náklady na dodatočné uskladnenie a prepravu materiálu, vypršanie lehôt platnosti povolení od orgánovej verejnej a štátnej správy a ďalšie).

V prípade automatizovaných alebo poloautomatizovaných činností (výrobná linka, generická umelá inteligencia) môžeme potrebné údaje získať potrebné vstupné údaje

(napríklad trvanie výrobného úkonu, počet potrebné obslužného personálu, maximálny počet dielov na spracovanie a ďalšie) od výrobcu priamo v špecifikácii k výrobku alebo na základe údajov vyplývajúcich z ich prevádzky, pričom vieme získať aj potrebné údaje o náhodných javoch (poruchovosť linky, kazovosť výrobkov) vyjadrených v absolútnych alebo relatívnych jednotkách (kazovosť maximálne 0,5% súčiastok).

V neposlednom rade je potrebné zahrnúť do simulácie aj nepredvídané udalosti, ktoré sme získali z projektovej dokumentácie alebo na základe skúmania priebehu danej činnosti. V prípade ak by výskyt takýchto udalostí bol v nezanedbateľnej miere alebo by ich následky predstavovali značné materiálne, finančné alebo časové straty, by tieto udalosti mali byť zahrnuté do simulačného modelu a ich dopad v prípade výskytu by mal byť taktiež zohľadnený. *Spracované podľa:* (Dlouhý M. a kol. , 2007)

Zvolenie typu rozdelení vstupných premenných by malo taktiež vychádzať z údajov v projektovej dokumentácii, zo zistení na základe pozorovania prevádzky alebo na základe limitov stanovených výrobcom stroja.

Identifikáciu rozdelenia môžeme vykonať na základe grafických výstupov (napr. histogramu) najmä dĺžky trvania jednotlivých činností. Na základe histogramu tak vieme určiť minimálny a maximálny (prípadne) čas trvania jednotlivé činnosti ako aj tvar, ktorý by malo rozdelenie nadobúdať.

### **3.7 Modelovanie variability činností**

V rámci projektu nie sú jednotlivé činnosti (procesy) spravidla deterministické, pričom ich čas vykonania závisí na viacerých náhodných faktoroch. V bežnej praxi vieme, že najmä činnosti v ktorých nastáva interakcia s externými činiteľmi (dodávatelia, zákazníci, orgány štátnej/verejnej správy a podobne) nemajú pevne stanovenú dobu trvania.

Aj v prípade jednoduchých činností (napríklad získanie súhlasného stanoviska zákazníka pre pokračovanie v projekte, posúdenie žiadosti regulačným orgánom) môže doba jej trvania byť v rozmedzí niekoľkých minút (jednoduchý telefonický rozhovor) až po dobu niekoľkých rokov (vydanie stavebného povolenia).

V prípade vykonania simulácie deterministickým strojom (počítačový systém) je potrebné túto variabilitu, náhodnosť nejakým spôsobom zachytiť. Pre tento účel je používané generovanie náhodných čísel. *Spracované podľa:* (Dlouhý M. a kol. , 2007)

### 3.7.1 Generovanie náhodných čísiel

Náhodnými číslami chápeme rovnomerne rozdelené nezávislé hodnoty na intervale 0 až 1  $U(0;1)$ . Označenie  $U$  vychádza z anglického pojmu „*uniform*“, pričom v slovenčine je používané označenie  $R(0;1)$ . Takéto rozdelenie spĺňa nasledovné vlastnosti:

Hustota pravdepodobnosti je v rámci intervalu  $(0,1)$ :

$$f(x) = 1; x \in (0; 1);$$

$$f(x) = 0; x \in (-\infty; 0 \cup 1; \infty);$$

Stredná hodnota je rovná 0,5:

$$E(x) = 0,5;$$

Rozptyl je rovný 1/12:

$$D(x) = \frac{1}{12};$$

Na základe rozdelenia s týmito vlastnosťami, vieme získať náhodné napríklad pomocou tabuľky náhodných čísel, pričom takáto tabuľka býva zvyčajne súčasťou učebníc štatistiky.

V rámci tabuľky môžeme začať na ktoromkoľvek mieste a pokračovať ktorýkoľvek smerom. Je vhodným spôsob generovania najmä pre malý rozsah generovaných hodnôt. Naopak v prípade generovania väčšieho súboru, aj pre jednouché simulácie, je rozsiahlejšie tabuľky nepoužiteľné. V prípade ak chceme tento spôsobom generovania vykonať pomocou výpočtovej techniky, môžeme tieto tabuľky previesť do elektronickej podoby, pričom z nich môže daný program postupne načítavať náhodné čísla. *Spracované podľa: (Dlouhý M. a kol. , 2007)*

Z nižšie uvedenej tabuľky by sme v prípade požiadavky na 6 náhodných čísel s 3 platnými číslicami získali nasledovné hodnoty: 0,166; 0,897; 0,114; 0,743; 0,813 a 0,925.

Tabulka náhodných čísel									
zdroj: V. Dupač, J. Hájek: <i>Pravděpodobnost ve vědě a technice</i> , Akademia 1963									
1668	9711	4743	8139	2542	2608	4728	6611	7125	2601
0751	4720	4619	1329	9071	4525	3632	0300	7686	0329
4827	6348	6446	2445	8231	1875	8913	7905	0750	2199
6493	8623	4336	1016	6364	3335	4656	8805	7014	9740
9134	9808	5921	1776	0349	6505	4535	8718	7625	1167
3866	6905	0293	6020	6296	5017	9753	4853	5439	2143
3746	9213	8491	8933	2488	1460	5579	7331	0833	4003
2711	0253	6739	7029	9822	6800	3107	0108	1559	5690
3094	4402	3438	3239	2658	6189	6584	1791	2228	5219
5715	4422	3955	2668	2626	8691	1306	5339	8746	7493
6320	6710	8419	1636	1185	2681	3782	2814	7832	6234
7625	9399	2308	6315	6179	5503	9503	1507	0864	3839
8624	0971	1435	6985	4949	4825	4504	0216	6547	6151
9596	2649	3358	7800	8071	0225	9855	4242	3896	1486
7118	4624	5790	4751	1222	0574	0899	9695	6019	3535
2758	5651	3439	3290	3835	1076	6029	8154	3838	5559
3307	5580	5475	7555	8827	9189	1025	0043	9057	2112
1498	0638	4347	6819	3865	7282	1438	2552	7566	7160
0118	2545	6688	1600	5178	2910	3665	0438	9735	5333
4593	3332	5822	8322	1715	2483	4040	6560	1108	2773
3415	9766	5761	9735	4757	5608	2749	3213	0398	3010
1246	7643	5954	5696	3926	9864	6937	9270	8586	7640
6215	2708	4515	3006	7877	0592	3028	9551	9026	7801
9236	9672	8253	2313	6746	9501	1686	9493	5306	6754
8373	1952	1124	5757	8101	5443	0714	3819	0965	0055
3795	1066	8097	6565	1461	6055	0089	9810	9862	9705
5260	9613	7815	8940	2500	3840	1033	6806	9813	6602
8475	5634	6353	6433	7730	3870	0452	1026	2752	9584
6003	5899	6304	2024	0914	2595	9224	8896	9275	2330
3189	8300	4439	9723	3241	6687	5660	5820	2960	1258
5138	2921	7621	5952	8712	6647	2236	1232	1084	2917
9753	1906	2698	9514	8127	0583	3089	4240	9058	0761
1050	8678	5003	7873	2037	5550	5373	6243	3619	2898
1670	4980	2906	4541	4019	1400	0281	8898	7841	5201
0365	6143	6848	2888	5334	2031	2155	8387	1627	5246
2546	2541	5851	5600	0245	1848	5468	4087	1122	1468
9484	0688	1222	8865	7967	6449	2446	1781	9494	6934
6447	2140	6363	1777	3612	8613	8427	0722	0250	2222
2727	3596	4203	7377	0036	0555	5246	3418	8786	9501
3644	8753	0802	4148	3337	6197	4823	7907	8042	8998
1095	0189	1386	7107	7004	9692	7596	8928	5313	4389
6619	4784	5940	9798	9138	1904	6065	2081	9269	4979
6443	8150	5136	5614	8568	4639	4913	2398	1754	9874
3842	5377	3311	5395	8101	5253	6918	6104	3428	3832
2858	4878	9746	1105	9187	2572	9812	2521	8903	9692
2755	4348	9522	7206	4907	5290	4449	3316	7520	6204
0367	2255	2315	7912	6019	1140	8049	4446	1896	2985
8535	2479	0665	3369	0090	0653	4605	5473	1623	1876
5583	2992	9519	7649	4500	0442	7158	9784	7279	0976
1631	7583	7889	4368	2473	9917	6578	8665	6530	3195

Obrázok 22 - Příklad tabulky náhodných čísel (Zdroj: Dupač, Hájek, 1963)

### 3.7.2 Mechanické generátory

Sú najvyužívanejšími generátormi v bežnej praxi. Spoločnou vlastnosťou je nutnosť vykonania nejakej fyzickej aktivity (hod mince, potiahnutie páky mechanického automatu a podobne). Ich typickými príkladmi sú:

- Hod mincou – ideálny spôsob pre určenie z 2 variant (napríklad určenie strany, výkopu pri športových podujatiach),
- Hod kockou – typicky pri hre „Človeče nehnevaj sa“, hodom náhodne určíme o koľko políčok v danom ťahu posuniem svoje figúrky (v rozsahu 1 až 6),
- Generovanie strojom – typický pre herne a kasína (tzv. hracie automaty).

*Spracované podľa:* (Dlouhý M. a kol. , 2007)

### 3.7.3 Fyzikálne generátory

Fungujú na princípe zaznamenávania fyzikálnych a chemických javom, pričom tieto javy nevieme predpovedať. Medzi štandardne pozorované náhodné javy patria rádioaktívny

rozpad atómov, výboj slnečných erupcií, kvantové javy, tepelný šum a ďalšie. Ich hlavnou nevýhodou je nemožnosť replikácie pri stanovených podmienkach ako aj rýchlosť priebehu určitých javov. *Spracované podľa:* (Dlouhý M. a kol. , 2007)

### 3.7.4 Aritmetické generátory

Sú najpoužívanejším spôsobom v rámci výpočtových systémov. Generované čísla sú označované ako *pseudonáhodné*, keďže sú získavané pomocou aritmetického výpočtu a nie skutočnou náhodou. Čísla sú generované pomocou aplikovania aritmetických operácií, ktorých súčasťou býva aj aplikácia zložky, ktorú dopredu nevieme z istotou predpovedať (typickým príkladom je systémový čas zariadenia). V súčasnosti sú používané najmä *Lineárne kongruenčné generátory*.

*Zmiešaný lineárny kongruenčný generátor* – je vypočítavaný pomocou vzťahu:

$$x_{n+1} = (ax_n + c) * (mod m);$$

Na základe hodnoty predošlého prvku, pri vhodne zvolených parametroch  $a$ ,  $c$  a  $m$  vieme po aplikácii operácie zvyšku po celočíselnom delení (modulo) získať nový náhodný prvok. Problém nastáva po tom ako vykonáme najviac  $m$  takýchto krokov, po ktorých sa generované hodnoty začnú opakovať. Pre praktické použitie je nutné vhodne zvoliť parametre, tak aby sa perióda dostatočne dlhá.

*Multiplikatívny lineárny kongruenčný generátor* – je vypočítavaný pomocou vzťahu:

$$x_{n+1} = ax_n * mod m;$$

Ide o upravenú verziu zmiešaného lineárneho kongruenčného generátora, pričom je stanovená hodnota parametra  $c$  ako 0.

*Aditívny lineárny kongruenčný generátor* – je vypočítavaný pomocou vzťahu:

$$x_{n+1} = (ax_n + x_{n-1}) * mod m;$$

Na rozdiel od predošlých verzií, sú pre generovanie nového prvku použité 2 predošlé prvky. V prípade opakovania tohto procesu sa generovaná hodnota môže opakovať z už predošlými hodnotami. *Spracované podľa:* (Dlouhý M. a kol. , 2007)

a=7		c=3	m=16		
$x_n$	$x_{n-1}$	$(a*x_n+c)*\text{mod } m$	$a*x_n*\text{mod } m$		$(a*x_n+x_{n-1})*(\text{mod } m)$
20		18	15	12	5
3		20	8	5	7
3		3	3	0	6
8		3	11	8	6
7		8	4	1	11
7		7	4	1	10
4		7	15	12	10
3		4	8	5	7
17		3	10	7	6
2		17	1	14	4

Obrázok 23 - Príklad generovania náhodných hodnôt pomocou lineárnych kongruenčných generátorov pomocou programu MS Excel (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Na obrázku môžeme pozorovať rozdiely medzi jednotlivými lineárnymi kongruenčnými generátormi. Ako môžeme pozorovať napríklad v 5. a 6. iterácií sú výsledky pre multiplikatívny a zmiešaný generátor rovnaké, ale pre aditívny rozdielne, keďže aditívny vo výpočte používa rozdielne predošlé hodnoty ( $x_{n-1}$ ). Taktiež môžeme pozorovať, že parametrom  $m$  môžeme regulovať rozsah hodnôt, ktoré môžu byť generované.

### 3.8 Nastavenie simulačného modelu

Na počiatku prípravy simulačného modelu si stanovíme ciele (výstupy) ktoré nás z danej simulácie zaujímajú. V našom prípade je to najmä pravdepodobnosť dokončenia projektu v stanovenom termíne. Taktiež nás zaujímajú aj približné finančné náklady, ktoré na tento projekt budeme musieť vynaložiť. Rôzne simulačné softvéri ponúkajú možnosť zobrazenia a zvýraznenia požadovaných výstupných charakteristík, pričom sú spravidla reprezentované aj graficky pre lepšie porozumenie.

Medzi ďalšie skúmané patria aj údaje o činnostiach tzv. *kritickej cesty* (critical path) od ktorých závisí dĺžka trvania celého projektu a ktorých prípadná optimalizácia by skrátila trvanie celého projektu.

Pre správne nastavenie simulačného modelu je nutná aproximácia jednotlivých prvkov a pojmov z projektu do vhodnej reprezentácie v rámci zvoleného simulačného modelu. Typickými príkladmi bývajú modelovanie závislostí predošlých činností ako podmienok pre priebeh súčasnej činnosti.

Taktiež je vhodné nastaviť jednotlivým činnostiam rozdelenie, ktoré bude reprezentovať realitu, ktorá by v rámci projektu mala nastať. Nesmieme zabudnúť na vplyv

havárií, výpadkov energií a iných negatívnych udalostí, ktoré by nemali mať príliš vysokú pravdepodobnosť výskytu, avšak ich výskyt spôsobuje veľké finančné alebo časové straty, pričom aj tieto skutočnosti by mali byť v simulačnom modeli v prípade ak k takáto simulovaná udalosť nastane.

Pre správne fungovanie je tiež vhodné nastaviť optimistický, pesimistický a najpravdepodobnejší odhad (a, m, b) dokončenia ako hranice vo vstupných alebo náhodne generovaných premenných.

V neposlednom rade je potrebné zakomponovať špeciálne podmienky (napríklad schválenie úkonu štatutárnym orgánom podniku, výnimka od orgánov verejnej alebo štátnej správy), ktoré nie sú bežnou súčasťou procesov a činností v rámci projektu, avšak ich vykonanie je podmienkou pre pokračovanie ďalších činností projektu.

### **3.9 Analýza výsledkov simulácie**

Po vykonaní simulácie je potrebné poskytnuté výstupy správne analyzovať a interpretovať. Mnohé simulačné softvéry pozastavia priebeh simulácie v prípade ak nastane nejaká chyba. Takéto chyby môžu mať rôzny formát a typu:

- Mŕtva slučka – 1 alebo viacero činností sú závislé od seba navzájom a čakajú na vzájomné dokončenie ktoré nikdy nenastane (cyklická závislosť),
- Neplatný časový rámec – zlé nastavenie termínov začiatku a dokončenia činnosti (napríklad najneskorší začiatok činnosti predchádza najskoršiemu koncu predošlej činnosti),
- Neplatná hodnota trvania úlohy – nesprávne generovaný náhodný čas trvania úlohy (napríklad záporné hodnoty trvania),
- Preťaženie výpočtových prostriedkov – v prípade komplexnejších modelov s veľkým počtom úloh môže dôjsť k preťaženiu pamäte alebo procesora a pozastaveniu simulácie,
- Chybná zmena stavu – zmena stavu činnosti (napríklad koniec činnosti) nie je systémom zaznamenaná a pre nadväzné činnosti zobrazuje iný stav (napríklad činnosť prebieha,)

- Iné logické chyby – delenie číslom 0, záporný počet/ množstvo zdrojov (napríklad pracovníci, zariadenie, materiál) a ďalšie. *Spracované podľa: (Simulation Modeling and Analysis, 2007)*

V prípade úspešného vykonania simulácie (prípadne viacerých simulácií) nás vo výstupných štatistikách zaujíma najmä porovnanie výstupných premenných z reálnymi hodnotami (v prípade príliš veľkých odchýlok od reality je vhodné simulačný model upraviť pre lepšie zachytenie reality). Je vhodné taktiež skúmať analýzu citlivosti (ktoré činnosti v prípade zmeny parametrov by ovplyvnili trvanie projektu (najmä v prípade činnosti na kritickej ceste alebo činnosti, ktoré by po zmene boli súčasťou kritickej cesty)).

Ak hodnoty náhodných vplyvov (činností) sa výrazne odchyľujú od požadovaného správania je vhodné vykonať simuláciu, pri použití iného rozdelenia náhodnej premennej, ktoré bude lepšie zodpovedať reálnej situácii.

### **3.10 What-if analýza**

Analýza typu *what-if* je špeciálnym typom prístupu k analýze rizík. Jej podstata spočíva v generovaní možných hodnôt pravdepodobnostných vstupov (napríklad trhovú cenu nerastných surovín) a následnom výpočte výstupných hodnôt (celková cena projektu, celkové trvanie projektu). Okrem toho nám poskytuje aj prehľad o prípadnom množstve dostupných zdrojov, ktoré máme v prípade ak predmetný scenára nastane. (David R. Anderson a kol., 2013)

Špecifickosť analýzy *what-if* spočíva v skutočnosti, že je zameraná na skúmanie scenárov, ktoré sú veľmi špecifické, či už z hľadiska kombinácie vplyvu jednotlivých rizík, problémov a hrozieb ale aj ich kumulatívnom dopade na celkový projekt.

Analýza *what-if* umožňuje aj modelovanie, konkrétneho scenára výskytu jednotlivých rizík a ich dopadov, pričom nám umožňuje modelovať konkrétne varianty priebehu projektu, so stanovenými udalosťami a ich vplyvom.

Vďaka spôsobu fungovania *what-if* analýzy, máme možnosť v rámci analýzy rizík, modelovať a skúmať špecifické okolnosti a situácie, ktorých kombinácia nás z hľadiska dopadu na finančné časové a materiálne náklad zaujíma. Pomocou vykonania súboru viacerých *what-if* analýz, môžeme pripraviť portfólio variantov projektu, ktoré zohľadňuje

predpokladaný vývoj v komplexných systémoch (napríklad globálny finančný trh, trh práce daného štátu a ďalšie). *Spracované podľa:* (David R. Anderson a kol., 2013)

### 3.11 Crashing

Pojmom „Crashing“ označujeme skrátenie času činností, prípadne projektu ako celku formou pridania dodatočných zdrojov, najmä vo forme financií. Tento postup sa využíva najmä v prípadoch, kedy čas trvania projektu a jeho skrátenie je pre nás želaným a podstatným faktorom na úkor finančných, materiálnych zdrojov.

Jeho podstatou je najmä analýza činností kritickej cesty projektu, najmä z hľadiska času, pričom sa snažíme aplikáciou dodatočných finančných prostriedkov a iných zdrojov skrátiť čas trvania týchto aktivít, čo vedie k skráteniu času trvania celého projektu. (David R. Anderson a kol., 2013)

Nakoľko použitie dodatočných finančných prostriedkov, navyšuje celkové finančné náklady projektu, je podstatou crashingu efektívne využitie týchto dodatočných prostriedkov a teda má z cieľ pri čo najnižších dodatočných nákladoch, dosiahnuť želané skrátenie trvania projektu.

Pre zistenie úspory (zníženia) času pri pridaní finančných zdrojov, potrebujeme poznať nasledujúce informácie:

- Finančné náklady na činnosť pri normálnom (očakávanom) čase dokončenia činnosti,
- Čas dokončenia činnosti pri maximalnom využití crashingu (najkratší možný čas dokončenia činnosti),
- Finančné náklady vynaložené na činnosť pri maximalnom využití crashingu. (David R. Anderson a kol., 2013)

Pomocou týchto informácií môžeme vypočítať maximálnu možnú časovú úsporu činnosti  $i$  s označením  $M_i$  ako vzťah:

$$M_i = \tau_i - \tau'_i;$$

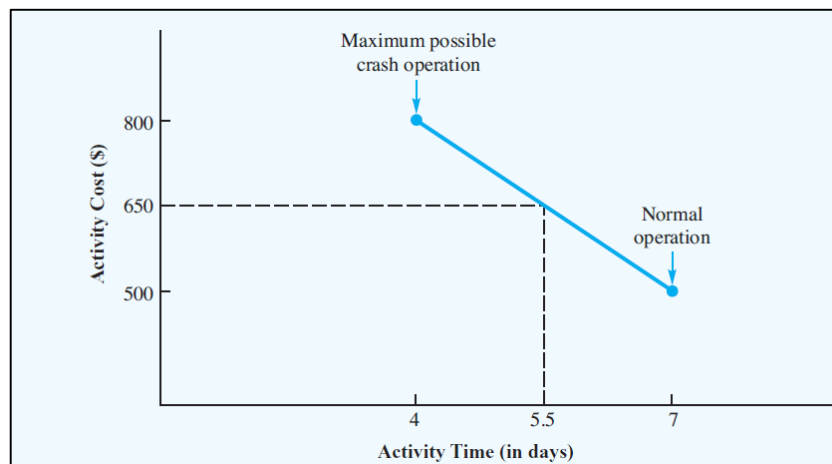
Premenná  $\tau_i$  označuje očakávaný čas dokončenia činnosti a premenná  $\tau'_i$  označuje čas dokončenia činnosti pri využití maximalného crashingu.

Podobne môžeme zistiť aj cenu crashingu činnosti  $i$  (s označením  $K_i$ ), pri známych cenách činností, pri očakavanom čase a čase v prípade použitia maximálneho crashingu (označenia  $C_i$ , respektíve  $C'_i$ ) nasledovne:

$$K_i = \frac{C_i - C'_i}{M_i};$$

V prípade, ak chceme dosiahnuť kompromis medzi časovou úsporou a vynaloženými finančnými prostriedkami činnosti, môžeme použiť crashing pri čiastočnej úspore čase a vynaložení ekvivalentných finančných nákladov. Tieto hodnoty môžeme zmenou hodnôt v predošlých vzorcoch. Ich následným zaznamenaním do grafu, získame prehľad závislosti úspory času od vynaložených finančných nákladov.

V nasledujúcom grafe môžeme pozorovať túto závislosť, od extrémnych hodnôt (normálneho priebehu činnosti a priebehu činnosti pri maximálnom crashingu), pričom zvolený bod dosahuje želanú úsporu času trvania činnosti (konkrétne 1,5 dňa) pri použití maximálnych dostupných dodacích financovaní činnosti (150\$). (David R. Anderson a kol., 2013)



Obrázok 24 - Graf vzťahu trvania a nákladov činnosti pri použití crashingu (Zdroj: (David R. Anderson a kol., 2013))

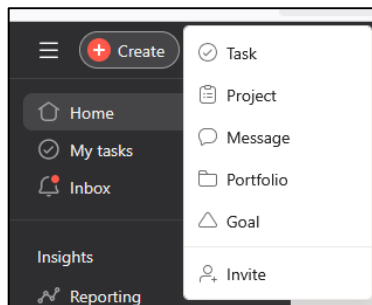
## 4 VÝSLEDKY PRÁCE

Ako tému našej práce budeme považovať s projekt výstavby skladových síl na bio palivových plodín, pričom naším hlavným cieľom bude odhadnutie pravdepodobnosti dokončenia celého projektu do stanoveného termínu.

Pre vypracovanie simulácie využívame softvérové nástroje SIMUL8 a . V programe SIMUL8 budeme na nastavenie a úpravu pravidiel používať proprietárny (vytvorený a používaný len v rámci prostredia SIMUL8) programovací jazyk Visual Logic Language.

### 4.1 Tvorba projektu v nástroji Asana

Nástroj projektového riadenia Asana umožňuje vytvoriť a riadiť projekty, intuitívnym a prehľadným spôsobom. V našom prípade si v nástroji Asana vytvoríme projekt výstavby skladových síl. Pre vytvorenie nového projektu klikneme na tlačidlo „Create“ v ľavom hornom rohu úvodnej obrazovky a zvolíme možnosť „Project“.

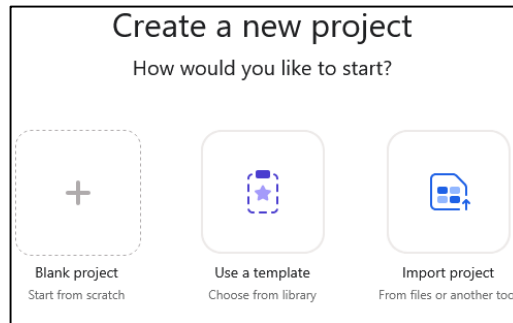


Obrázok 25 - Tlačidlo pre vytvorenie nového projektu (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Po kliknutí na položku „Project“ si môžeme zvoliť z viacerých možností:

- („Blank project“) Nový prázdny projekt – vytvárame projekt úplne nanovo od základných prvkov a štruktúr,
- („Use a template“) Použiť šablónu – zvolíme si šablónu typických, často opakujúcich sa projektov (prijatie nového zamestnanca, plán uvedenia produktu na trh, podnikateľský plán a mnohé ďalšie), pričom základnú štruktúru, pravidlá a budeme mať predpripravené a môžeme ďalej len doplniť alebo upraviť projekt podľa našich špecifických požiadaviek,

- („Import project“) Importovanie projektu – importujeme do nástroja Asana už existujúci projekt, ktorý môžeme ďalej rozvíjať, pomocou techník a nástrojov ktoré ponúka. Asana umožňuje import projektov v rôznych formátoch (napríklad csv, xlsx, docx a ďalšie).



Obrázok 26 - Možnosti tvorby nového projektu v programe Asana (zdroj: Vlastné spracovanie)

Po zvolení možnosti nového projektu máme musíme projekt pomenovať a zvoliť spôsob prístupu k projektu (prístup len pozvaných členov tímu alebo každého člena organizácie).

Obrázok 27- Nastavenia nového projektu v programe Asana (Zdroj: Vlastné spracovanie)

V prípade ak sme si už projektu vytvorili, môžeme postupne pridávať jednotlivé činnosti (funkciou „add task“) a nastaviť im príslušné parametre a vlastnosti (pridelenie zodpovednej osoby, časový rozsah činnosti, závislé činnosti (predošlé a nasledujúce), opis úlohy, hodnoty v dodatočných poliach, pridanie pod úloh).

The screenshot displays the Asana interface. On the left, a task list for the project 'Utesnenie síl k základu a geodetické zameranie' is visible, listing tasks such as 'Zadanie zámeru výstavby síla', 'Výberové konanie', and 'Výber a podpis Zmluvy'. The right-hand panel shows the details for a specific task, including its assignee (No assignee), due date (28 Dec. 2026 – 24 Jan. 2027), and dependencies. A field for 'Náklady na činnosť' (Cost of activity) is highlighted with a value of 120 000,00 €.

Obrázok 28 - Pridanie dodatočnej úlohy do projektu Asana (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Pre úspešné dokončenie projektu je tiež potrebné priradiť hodnoty ďalších kľúčových parametrov (napríklad Náklady na činnosť ako môžeme pozorovať na predošlom obrázku). Tieto parametre môžeme pridať pomocou tlačidla „add field“, pričom následne zvolíme typ parametra (text, číslo, znak, dátum, osoba a ďalšie), jeho vlastnosti, obmedzenia a hodnotu.

The 'Add field' dialog box is shown with the following configuration: 'Field title' is 'Hours. Cost. Amount...', 'Field type' is '# Number', and 'Format' is 'Number'. The 'Decimal places' are set to 1, with an example value of 1 000,0. There is a checkbox for 'Add to My workspace's field library' and buttons for 'Cancel' and 'Create field'.

Obrázok 29 - Vloženie nového číselného poľa (Zdroj: Vlastné spracovanie)

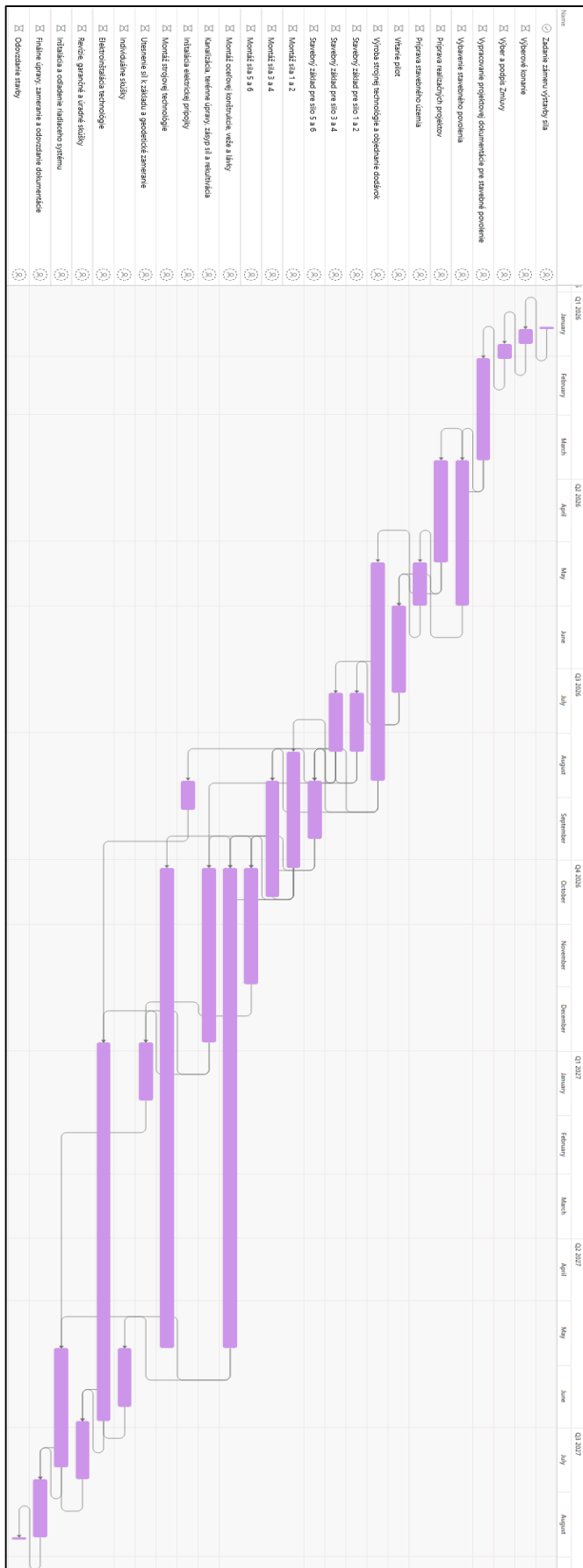
Po pridaní poľa doplníme hodnoty finančných nákladov pre každú činnosť nášho projektu (okrem prvej a poslednej, ktoré sú považované len za formálne zahájenie, respektíve ukončenie projektu bez akýchkoľvek finančných nákladov (prípadné náklady sú zohľadnené v nasledujúcej a predchádzajúcej činnosti projektu)).

Name	Assignee	Due date	Náklady na činnosť
<input checked="" type="checkbox"/> Zadanie zámeru výstavby sila		18 Jan, 2026	0,00 €
<input checked="" type="checkbox"/> Výberové konanie		19 Jan, 2026 – 25 Jan, 2026	3 500,00 €
<input checked="" type="checkbox"/> Výber a podpis Zmluvy		26 Jan, 2026 – 1 Feb, 2026	1 500,00 €
<input checked="" type="checkbox"/> Vypracovanie projektovej dokumentácie pre stavebné povolenie		2 Feb, 2026 – 22 Mar, 2026	10 000,00 €
<input checked="" type="checkbox"/> Vybavenie stavebného povolenia		23 Mar, 2026 – 31 May, 2026	3 500,00 €
<input checked="" type="checkbox"/> Príprava realizačných projektov		23 Mar, 2026 – 10 May, 2026	15 000,00 €
<input checked="" type="checkbox"/> Príprava stavebného územia		11 May, 2026 – 31 May, 2026	20 000,00 €
<input checked="" type="checkbox"/> Vrtanie pilot		1 Jun, 2026 – 12 Jul, 2026	150 000,00 €
<input checked="" type="checkbox"/> Výroba strojnej technológie a objednanie dodávok		11 May, 2026 – 23 Aug, 2026	1 500 000,00 €
<input checked="" type="checkbox"/> Stavebný základ pre silo 1 a 2		13 Jul, 2026 – 9 Aug, 2026	300 000,00 €
<input checked="" type="checkbox"/> Stavebný základ pre silo 3 a 4		13 Jul, 2026 – 9 Aug, 2026	300 000,00 €
<input checked="" type="checkbox"/> Stavebný základ pre silo 5 a 6		24 Aug, 2026 – 20 Sep, 2026	300 000,00 €
<input checked="" type="checkbox"/> Montáž sila 1 a 2		10 Aug, 2026 – 4 Oct, 2026	100 000,00 €
<input checked="" type="checkbox"/> Montáž sila 3 a 4		24 Aug, 2026 – 18 Oct, 2026	100 000,00 €
<input checked="" type="checkbox"/> Montáž sila 5 a 6		5 Oct, 2026 – 29 Nov, 2026	100 000,00 €
<input checked="" type="checkbox"/> Montáž ocelevej konštrukcie, veže a lávky		5 Oct, 2026 – 23 May, 2027	320 000,00 €
<input checked="" type="checkbox"/> Kanalizácia, terénne úpravy, zásyp sil a rekultivácia		5 Oct, 2026 – 27 Dec, 2026	250 000,00 €
<input checked="" type="checkbox"/> Inštalácia elektrickej prípojky		24 Aug, 2026 – 6 Sep, 2026	55 000,00 €
<input checked="" type="checkbox"/> Montáž strojovej technológie		5 Oct, 2026 – 23 May, 2027	400 000,00 €
<input checked="" type="checkbox"/> Utesnenie sil k základu a geodetické zameranie		28 Dec, 2026 – 24 Jan, 2027	120 000,00 €
<input checked="" type="checkbox"/> Individuálne skúšky		24 May, 2027 – 20 Jun, 2027	10 000,00 €
<input checked="" type="checkbox"/> Elektroinštalácia technológie		28 Dec, 2026 – 27 Jun, 2027	250 000,00 €
<input checked="" type="checkbox"/> Revízie, garančné a úradné skúšky		28 Jun, 2027 – 25 Jul, 2027	20 000,00 €
<input checked="" type="checkbox"/> Inštalácia a odladenie riadiaceho systému		24 May, 2027 – 19 Jul, 2027	50 000,00 €
<input checked="" type="checkbox"/> Finálne úpravy, zameranie a odovzdanie dokumentácie		26 Jul, 2027 – 22 Aug, 2027	10 000,00 €
<input checked="" type="checkbox"/> Odovzdanie stavby		23 Aug, 2027	0,00 €
Add task...			SUM €4,388,500.00

Obrázok 30 - Zobrazenie činností projektu spolu s ich finančnými nákladmi (Zdroj: Vlastné spracovanie)

#### 4.1.1 Tvorba Ganttovho diagramu v programe Asana

V rámci programu Assana môžeme činnosti zobraziť v rôznych spôsobom (kalendár, časová os, zoznam, tabuľka, Ganttov diagram a ďalšie). Ganttov diagram je populárne a veľmi užitočné zobrazenie činností projektu, ktoré prehľadne znázorňuje rozsah jednotlivých činností, ich usporiadanie v čase ako aj závislosti medzi jednotlivými činnosťami. V našom prípade použijeme mierku jednotky kvartál (štvrt'rok) pre zachytenie celého projektu na nasledujúcom obrázku.

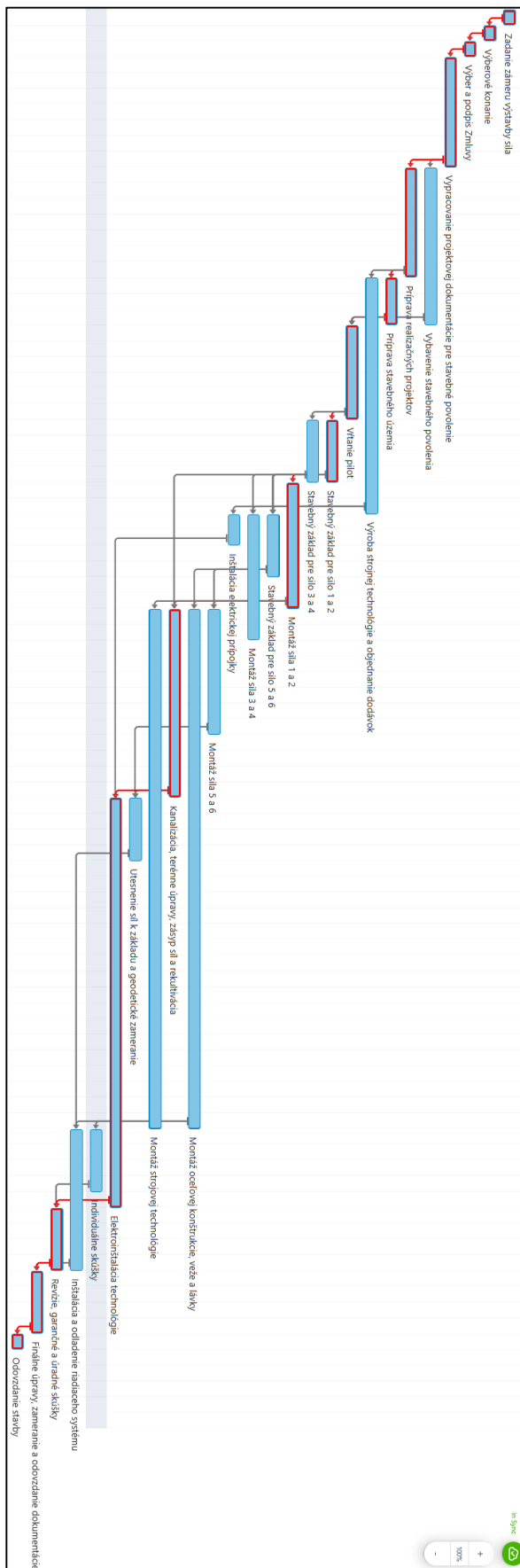


Obrázok 31- Ganttov diagram činností projektu výstavby síl v programe Asana (zdroj: Vlastné spracovanie)

## 4.2 Zobrazenie kritickej cesty projektu v programe Instagantt

Nástroj Asana neumožňuje zobrazenie kritickej cesty v rámci Ganttovho diagramu. Avšak umožňuje synchronizáciu projektov s nástrojom Instagantt, v ktorom je možné importovať želaný projekt z Asany a zobraziť kritickú cestu v náhľade Ganttovho diagramu. Ako môžeme pozorovať na obrázku. Činnosti kritickej cesty sú zvýraznené červeným obrysom.

V nástroji Instagantt je možné jednotlivé činnosti kritickej cesty posúvať pričom samotná kritická cesta sa mení v závislosti od nastavenej chronológie činností a definovaných závislostí medzi jednotlivými činnosťami. *Spracované podľa:* (Instagantt, 2024)



Obrázok 32- Zobrazenie kritickej cesty projektu výstavby síl v programe Instagantt (Zdroj: Vlastné spracovanie)

### 4.3 Tvorba simulácie v nástroji SIMUL8

Program SIMUL8 je vhodným nástrojom na realizáciu simulácie projektu, tohto typu nakoľko umožňuje realistické modelovanie skutočného priebehu udalostí a činností, pričom ponúka širokú škálu nastaviteľných parametrov, umožňujúcich presnejšie zobrazenie reálneho sveta, potenciálnych udalostí a priebehu práce, ktoré môžu byť zachytené pomocou simulačného modelu.

Pred začatím modelovania samotnej simulácie, si nastavíme špecifické parametre simulácie. Ako prvé nastavíme jednotky a časové limity v rámci sledovania času, ktoré je v programe SIMUL8 reprezentované pomocou okna „*Clock Properties*“.

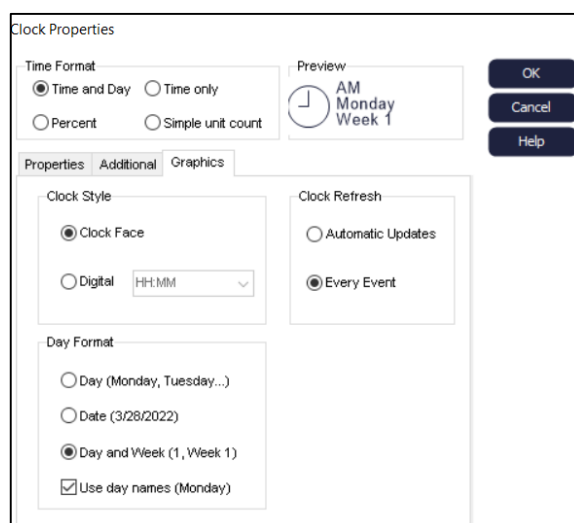
Nakoľko naša stavba bude prebiehať aj počas jesenných, respektíve zimných mesiacov a z ohľadom na skutočnosť, že budú využívané zariadenia a stroje, ktoré generujú veľký hluk a sprievodné vibrácie, stanovíme štandardný 8 hodinový pracovný čas od 9:00 do 17:00, s prihliadnutím na maximálne využitie prirodzeného denného svetla.

Keďže sa naša stavba je svojím rozsahom a technologickou realizáciou veľmi náročná budeme v našom projekte uvažovať 7 dňový pracovný týždeň od pondelka do nedele. Tento spôsob sme si zvolili najmä z dôvodu technologických postupov (napríklad v prípade osadenia výstuží síl do betónových základov je nutné následne vykonať montáž technológie a celého sila bezodkladne, nakoľko hrozí v prípade zlého počasia poškodenie betónovej plochy, čo ohrozuje následnú statiku celého sila), časovej urgentnosti celého projektu (náklady na skladovanie plodín v takomto objeme sú veľmi vysoké a ich dovoz v množstve dostatočnom pre efektívnu produkciu bio palív je veľmi rizikový, nakoľko sú tieto plodiny z veľkej časti dovážané zo zahraničia).



Obrázok 33 - Obrázok nastavenia časových vlastností a obmedzení v rámci simulácie (Zdroj: Vlastné spracovanie)

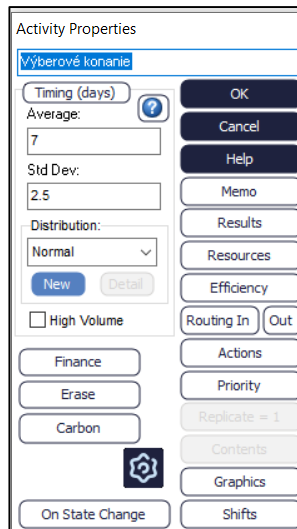
Ako mernú časovú jednotku s ohľadom na charakter stavebných prác, stanovíme časovú jednotku dňa (8 hodín pracovného dňa). Taktiež formát zobrazovania časovej jednotky, nastavíme ako označenie týždňa a daného dňa vo formáte „Day and week“.



Obrázok 34 - Obrázok nastavenia formátu zobrazenia času (Zdroj: Vlastné spracovanie)

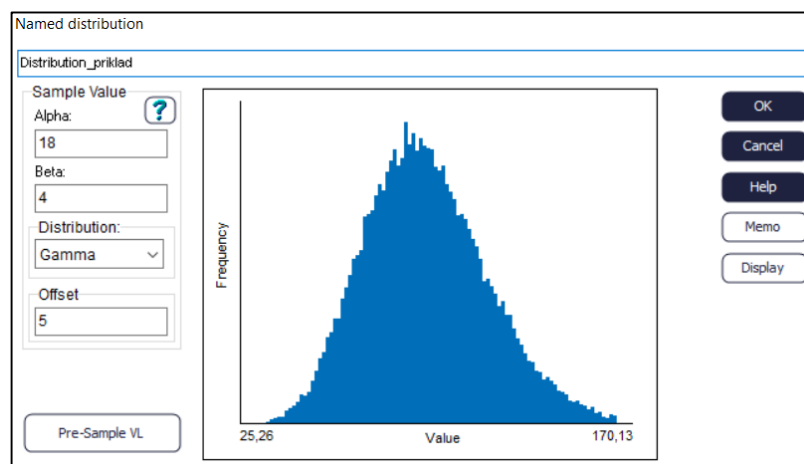
#### 4.3.1 Pravdepodobnostné rozdelenia

V rámci diskrétného zobrazenia činností (aktivít) v programe SIMUL8 je možné zvoliť pravdepodobnostné rozdelenie aktivít, ovplyvňujúce ich čas trvania. Okrem už spomenutých ponúkaných pravdepodobnostných rozdelení, SIMUL8 ponúka aj možnosť vytvorenia vlastných pravdepodobnostných rozdelení. Takéto rozdelenie je možné vytvoriť pomocou tlačidla „New“ v okne „Activity Properties“.



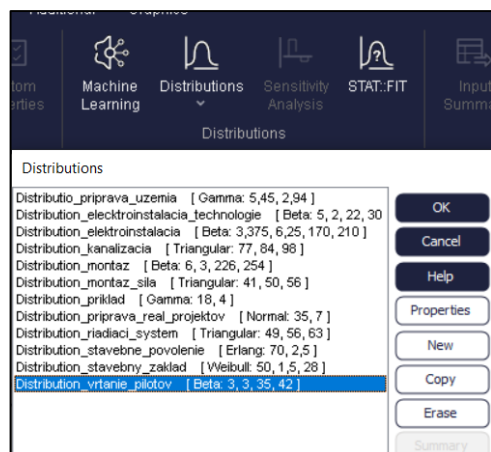
Obrázok 35 - Tlačidlo vytvorenia nového pravdepodobnostného rozdelenia pre činnosť/ aktivitu (Zdroj: Vlastné spracovanie)

V rámci ponuky rozdelení máme na výber z veľkého množstva typov, pričom môžeme nastaviť aj požadované parametre rozdelenia, tak aby vyhovovalo charakteru nami vytvorenej aktivity (činnosti). Taktiež je možné nastaviť takzvaný „offset“, hodnotu o ktorú je distribúcia posunutá (v prípade kladných hodnôt doprava, v prípade záporných hodnôt doľava) na hlavnej osi.



Obrázok 36 - Príklad vytvorenia vlastnej distribúcie (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Po vytvorení vlastných distribúcií ich SIMUL8 pridá do zoznamu. Z tohto zoznamu vlastným distribúciám môžeme pristupovať pomocou tlačidla „Distribution“, pričom v rámci neho máme prístup k všetkým vlastným distribúciám pravdepodobnostného rozdelenia, ktoré sme už vytvorili s možnosťou ich pridania, úpravy, kopírovania alebo odstránenia.

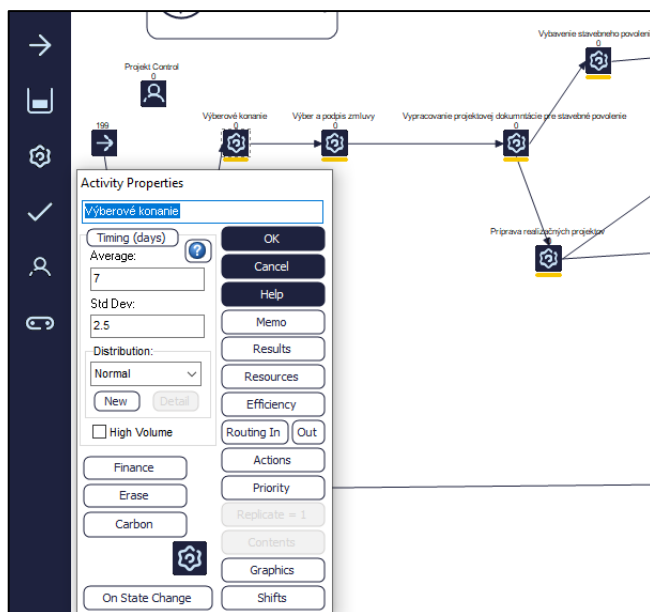


Obrázok 37 - Zoznam custom vytvorených distribúcií (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Takto vytvorené „custom“ distribúcie, nám umožňujú jednoduché a prehľadné znovu použitie pri opakovaných činnostiach (napríklad distribúcia „Distribution\_montaz“ je použitá pre každú stavbu dvojíc síl v rámci projektu (celkovo v 3 simulovaných aktivitách)).

#### 4.3.2 Vytvorenie činností a väzieb

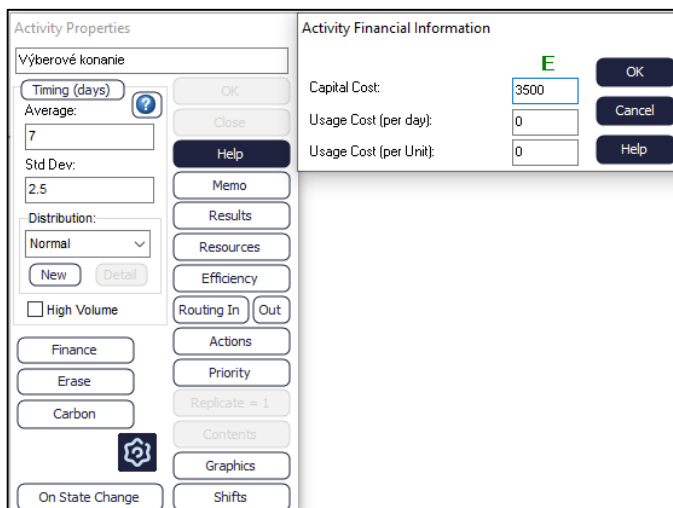
V programe SIMUL8 sú činnosti reprezentované prvkom „Activity“. Väzby medzi jednotlivými aktivitami sú vykonávané spôsobom „Drag and drop“ od predošlej aktivity k nasledujúcej aktivite formou „routing arrows“. Jednotlivým aktivitám sú následne upravené vlastnosti (názov, distribúcia, smerovanie pohybu pracovnej jednotky a ďalšie). Vzhľadom na povahu sekvenčného vykonávania simulácií, sme do projektu nezahrnuli prvok fronty („Queue“).



Obrázok 38 - Příklad nastavenia vlastností aktivity a zobrazenie prvkov programu SIMUL8 (Zdroj: Vlastné spracovanie)

### 4.3.3 Nastavenie nákladov na činnosti

Pre nastavenie finančných nákladov na činnosti použijeme tlačidlo „Finance“ vo vlastnostiach konkrétnej aktivity. V našom projekte budeme uvažovať len z Nákladmi na aktivitu samotnú. Tieto náklady doplníme pre jednotlivé aktivity podľa hodnôt z obrázka č.30.



Obrázok 39- Příklad stanovenia pevnej ceny aktivity v programe SIMUL8 (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Celkové náklady na projekt môžeme sledovať v „Reports“ (sekcia „Results“), kde zvolíme možnosť „Income Report“ a následne sekciu „Costs“. Ako môžeme na obrázku pozorovať cena projektu je zhodná so sumou cien stanovených v nástroji Asana.

SIMUL8 - Income Statement	
Help OK	
<b>Costs</b>	<b>E 4 388 500.00</b>
Výberové konanie	E 3 500.00
Výber a podpis zmluvy	E 1 500.00
Vypracovanie projektovej dokumentácie pre stavbu	E 10 000.00
Vybavenie stavebného povolenia	E 3 500.00
Príprava realizačných projektov	E 15 000.00
Príprava stavebného územia	E 20 000.00
Výroba strojnej technológie a objednanie doE	E 1 500 000.00
Vrtanie pilotov	E 150 000.00
Stavebný základ pre silo 1 a 2	E 300 000.00
Montáž sila 1 a 2	E 100 000.00
Stavebný základ pre silo 3 a 4	E 300 000.00
Stavebný základ pre silo 5 a 6	E 300 000.00
Montáž sila 3 a 4	E 100 000.00
Montáž sila 5 a 6	E 100 000.00
Montáž ocelovej konštrukcie, veže, lávky	E 320 000.00
Utesnenie síl k základu a geodetické zameranie	E 120 000.00
Kanalizácia, terénne úpravy, zásyp síl, rekultivácia	E 250 000.00
Instalácia elektrickej prípojky	E 55 000.00
Montáž strojovej technológie	E 400 000.00
Elektroinštalácia technológie	E 250 000.00
Individuálne skúšky	E 10 000.00
Inštalácia a odladenie riadiaceho systému	E 50 000.00
Revízie, garančné a úradné skúšky	E 20 000.00
Finálne úpravy, zameranie a odovzdanie dokunE	E 10 000.00

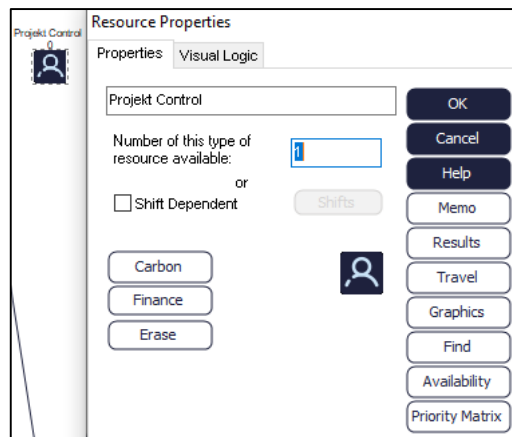
Obrázok 40- Prehľad finančných nákladov na projekt (Zdroj: Vlastné spracovanie)

#### 4.3.4 Zdroje

Prvok „Resource“ je vhodným nástrojom pre modelovanie ľudských a materiálnych zdrojov. V našom projekte však väčšina činností (stavebné práce, inštalácie sietí, výroba technológií) je vykonávaná prostredníctvom dodávateľov, pričom zdroje sú vyjadrené finančne.

Podobne to platí aj o činnostiach vykonávaných našimi zamestnancami (výberové konanie, stavebné povolenia a ďalšie). Práca našich zamestnancov je vyjadrená prostredníctvom finančných nákladov na činnosť a pridanie/ odobratie pracovníka je v rámci projektu znázornené ako zmena finančných nákladov a trvania aktivity.

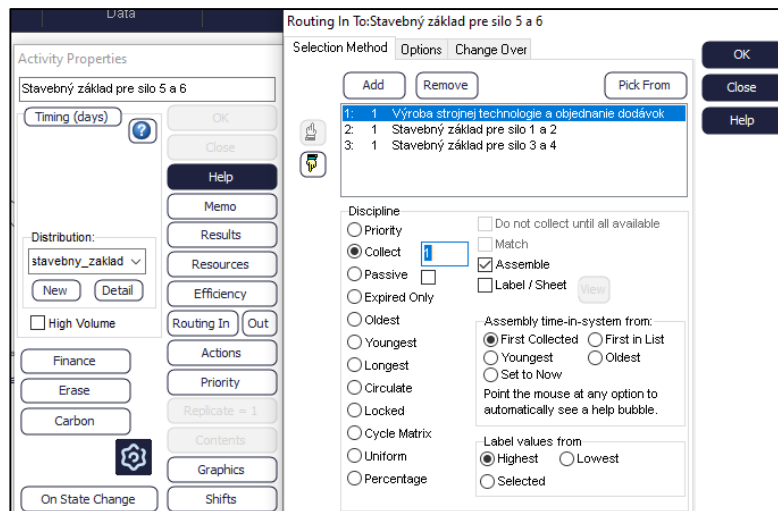
V rámci nášho projektu používame iba 1 kontrolný zdroj, ktorý zabezpečuje sekvenčné spracovanie inšancií simulácie projektov a tým je zdroj „Project Control“.



Obrázok 41- Vlastnosti zdroja "Project Control" (Zdroj: Vlastné spracovanie)

#### 4.3.5 Synchronizácia závislých predošlých činností

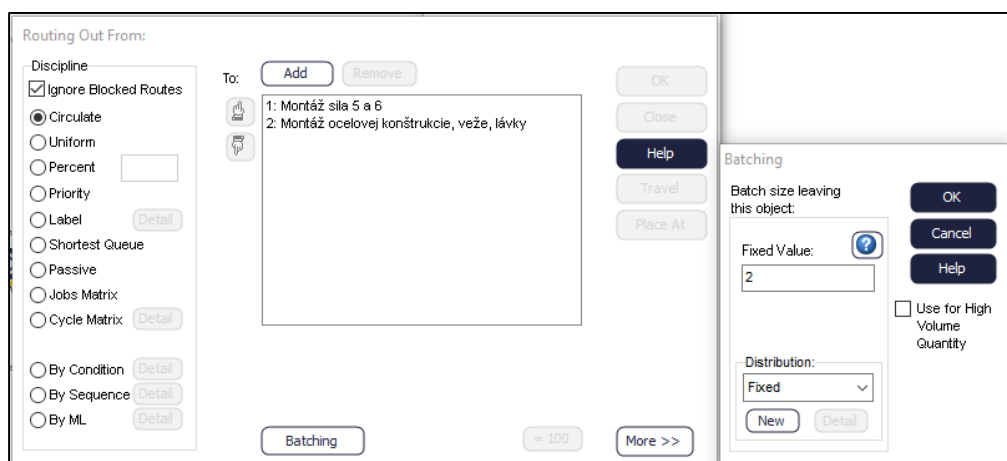
SIMUL8 vo svojej podstate slúži primárne na účely simulovania prípadov hromadnej obsluhy. Z tohto dôvodu aktivita v základnom nastavení spracováva predošlé aktivity formou OR logického operátora (stačí ak k aktivite príde iba 1 zo vstupov, pre vykonanie aktivity). V rámci projektového riadenia je potrebné spracovanie pomocou AND logického operátora (všetky vstupy musia k aktivite prísť aby sa vykonala). Toto správanie vieme docieľiť nastavením vstupujúcich objektov aktivity („*routing in*“), pričom zvolíme možnosť zberu „*collect*“ v spôsobe prijímania spolu z príznakom zostavenia „*assemble*“, aby sme docieľi, že aktivita sa začne vykonávať až potom čo príjme (v našom prípade „1 kus“ ) každého vstupu. Týmto spôsobom sa aktivita začne vykonávať až po vykonaní všetkých predošlých aktivít.



Obrázok 42- Príklad nastavenia routing in pre spracovanie vstupov na raz (Zdroj: Vlastné spracovanie)

#### 4.3.6 Nastavenie správania po vykonaní činnosti

Podobne ako v predchádzajúcej situácii, aj v prípade vykonania aktivity, ktorá má viacero výstupov, je bežné nastavenie formou OR logiky a teda aktivita si vyberie jeden z výstupov, kde pošle objekt na ďalšie spracovanie a ostatné výstupy ignoruje. Ak chceme doceliť príjem na všetkých výstupoch činnosti (aktivity), želaný v projektovom riadení, musíme v nastavenia vystupujúcich objektov „routing out“ nastaviť takzvaný „batching out“ alebo zhlukovanie výstupných objektov. Pre korektné fungovanie je nutné aby bol počet výstupných objektov zhluku rovný počtu aktivít (činností), ktoré majú predmetnú činnosť nastavenú ako predošlú.

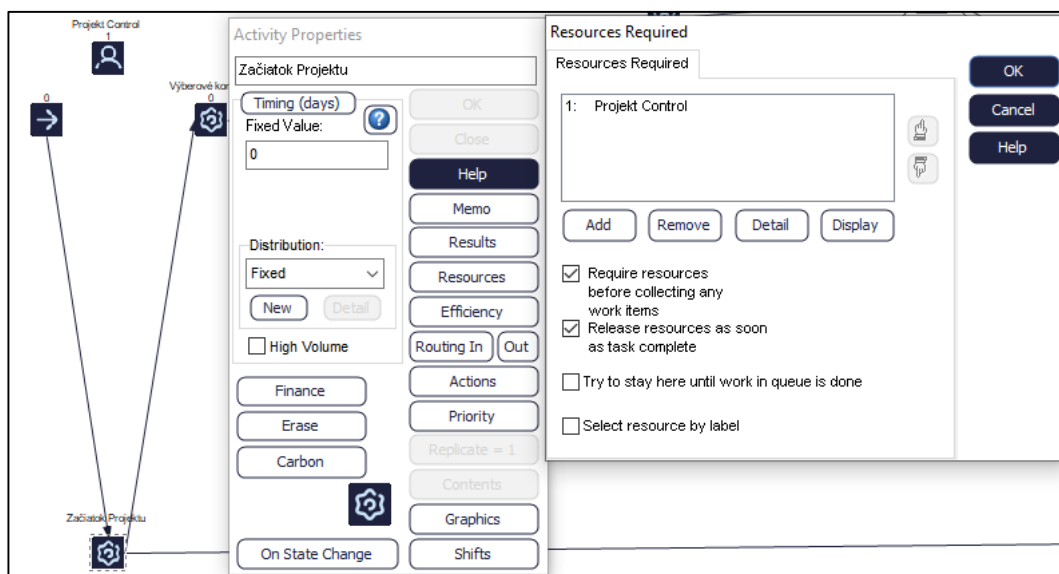


Obrázok 43- Príklad nastavenia routing out pomocou funkcie batching pre odoslanie objektu viacerým výstupom (Zdroj: Vlastné spracovanie)

### 4.3.7 Nastavenie sekvenčného spracovania simulácií projektu

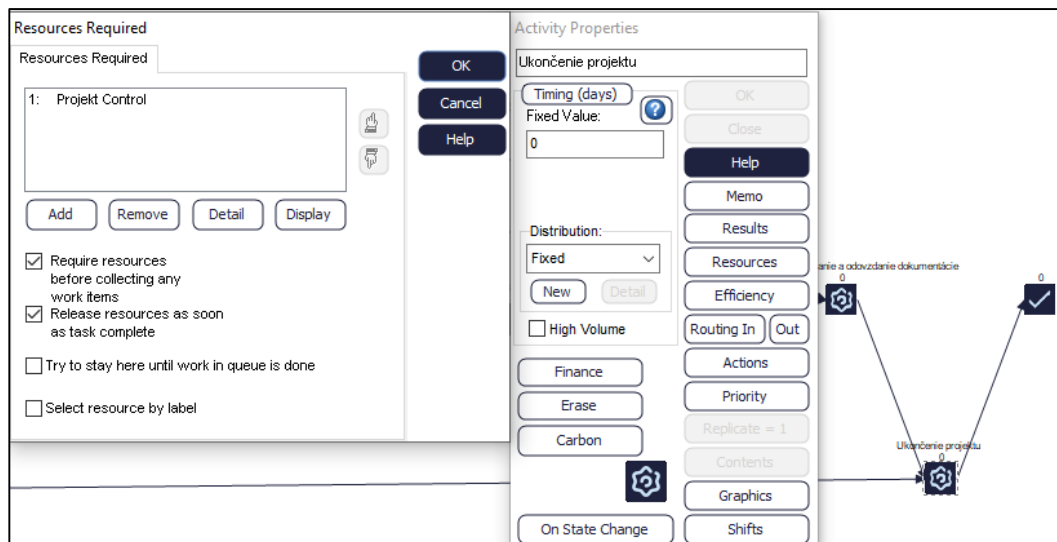
V našim simulácia chceme aby jednotlivé inštancie simulácie projektov prebiehali sekvenčne (za sebou), pričom paralelizmus, ktorý je typickým znakom SIMUL8, chceme v našom prípade odstrániť. V študentskej verzii programu SIMUL8 nie je možné priamo nastaviť sekvenčne spracovanie inštancií simulácií.

Pre vyriešenie tohto problému sme do projektu zahrnuli 2 aktivity („Začiatok Projektu“ a „Koniec Projektu“) s nulovým časom trvania, z ktorých každá vyžaduje kontrolný zdroj (*Project Control*) ktorého množstvo je pevne stanovené na počet 1. Týmto spôsobom sa tieto aktivity stávajú fiktívnymi činnosťami (majú čas trvania 0, nespotrebovávajú reálne zdroje). Aktivita „Začiatok projektu“ po svojom vykonaní uvoľňuje zdroj, ktorý je ihneď alokovaný pre aktivitu „Koniec projektu“, pričom táto ho uvoľňuje až po svojom vykonaní, teda po dokončení poslednej činnosti projektu (Finálne úpravy, zameranie a odovzdanie dokumentácie). Až potom môže opäť aktivita „Začiatok projektu“ alokovať zdroj *Project Control* a spustiť ďalšie spracovanie činností projektu. Týmto spôsobom sa docieľuje sekvenčné spracovanie a odstraňujú sa problémy paralelného spracovania (činnosti by v niektorých prípadoch spracovávali objekty z predošlých simulácií čím by dochádzalo k úzkym miestam a skresleniu výstupov).



Obrázok 44- Příklad nastavenia "fiktívnej činnosti" Začiatok projektu a kontrolného zdroja *Project Control* (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Podobne nastavíme aj aktivitu „Ukončenie projektu“. Taktiež nesmieme zabudnúť skontrolovať nastavenie uvoľnenia zdroja (*Project Control*), ihneď po „vykonaní“ aktivity (ukončení projektu).

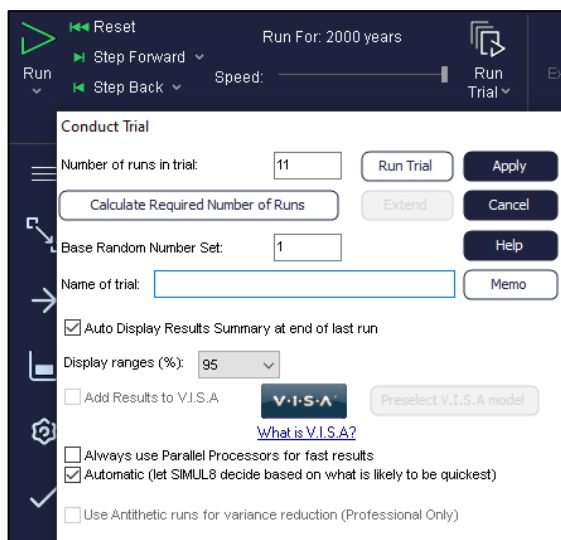


Obrázok 45- Príklad nastavenia "fiktívnej činnosti" Koniec projektu" (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Obe fiktívne činnosti, nám pri vykonávaní simulácie zabezpečujú sekvenčné spracovanie, a teda zabráňujú aby sa počas konkrétnej inštancie simulovania priebehu projektu, vyskytovala aktivita (činnosť) z inej inštancie, ktorá by spôsobovala narušenie priebehu pôvodnej inštancie simulácie a tým skreslila výsledky.

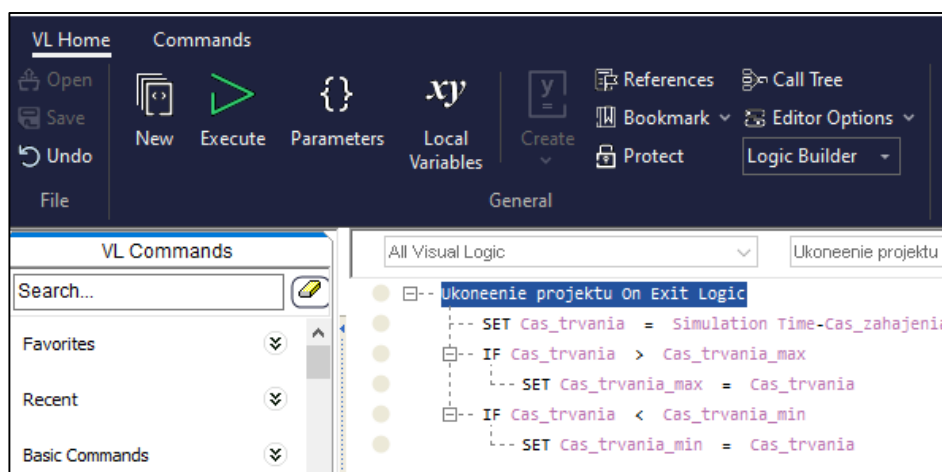
#### 4.3.8 Nastavenie a vykonanie simulácie

Program SIMUL8 ponúka rôzne nastavenia spúšťania, regulácie a vykazovania simulácií. V našom projekte budeme používať takzvaný „Trial Run“, ktorý zabezpečuje vykonanie niekoľkých simulácií (v našom prípade 11) ako súboru, ktorý výsledky sú agregované a vykázané v rámci „Result Manager“. Vzhľadom na predpokladanú dĺžku projektu (1,5 až 2,5 roka) a ich sekvenčné spúšťanie nastavíme celkový čas počas ktorých by sa mali simulácie vykonávať na 2000 rokov. Za toto obdobie by malo byť vykonaných takmer 800 inštancií simulácie projektov.



Obrázok 46 - Nastavenie počtu spustení v rámci trialu a časového limitu pre vykonanie simulácií (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Po kliknutí na tlačidlo „Run Trial“ sa vykoná celý proces inštancií simulácie, pričom výsledky sú zaznamenané v rámci *Results Manager*. V našom prípade nás bude zaujímať najmä hodnota parametra *Cas\_trvania*, keďže parameter odovzdanie stavby, môže byť skreslený nastavením sekvenčného priebehu. Parameter *Cas\_trvania* meria čas medzi vyššie spomenutými fiktívnymi činnosťami, a nie je ovplyvnený skorým vytvorením inštancie v *Start Point* („Zadanie Zámeru výstavby sila“). Jeho výpočet a výpočty premenných pre extrémny (maximum a minimum) sme vykonali pomocou *Visual Logic*, ako môžeme vidieť na nasledujúcom obrázku.



Obrázok 47 - Prikazy výpočtu trvania projektu a jeho extrémov v jazyku Visual Logic (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Podobne sme do výstupných štatistík pridali aj trvanie stavebnej časti („Príprava realizačných projektov“ až „Elektroinštalácia technológie“) a technologickej časti („Vrtanie pilotov“ až „Individuálne skúšky“).

Ako môžeme vidieť na nasledujúcom obrázku. Priemerný čas trvania projektu je po zaokrúhlení 624 dní. V 95% spustených simulácií trvanie projektu neprekročilo 871 dní (po zaokrúhlení nahor).

		Low 95% Range	Average Result	High 95% Range	Risk
Cast_technologicka_trvanie	Value	423.75	449.19	474.63	
Cast_stavebna_trvanie	Value	361.27	363.67	366.07	
Cas_trvania	Value	598.81	623.79	648.78	
Cas_trvania_max	Value	810.06	840.15	870.24	
Cas_trvania_min	Value	556.26	558.21	560.16	

Obrázok 48 - Výsledok Simulation trial projektu na výstavbu skladových síl (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Na základe výsledkov tejto simulácie si vieme byť dostatočne (na 95%) istý, že vyhotovenie nášho projektu nebude trvať viac ako 871 dní (2 roky a 5 mesiacov). V priemere nám bude trvať 624 dní (1 rok a necelých 9 mesiacov) na dokončenie projektu.

## 4.4 Úprava simulácie s využitím Crashingu v SIMUL8

V rámci tejto podkapitoly sa budeme venovať takzvanému *Crashingu*, teda budeme uvažovať o vynaložení dodatočných finančných nákladov na vybrané činnosti s cieľom skrátenia doby trvania projektu.

### 4.4.1 Identifikovanie činností pre Crashing

Po vykonaní simulácií na pôvodnom projekte, by sme chceli skrátiť maximálnu dobu trvania celého projektu aspoň o 1 mesiac (30 dní), nakoľko by nám to ušetrilo veľké množstvo finančných prostriedkov za dočasné skladovanie bio palivových plodín na externých skladoch a znížilo riziko znehodnotenia plodín v prípade ich transportu do areálu nášho podniku.

V rámci nášho úsilia o zníženie času trvania projektu budeme vychádzať z Ganttovho diagramu so zvýraznením kritickej cesty na obrázku č.32. Z neho vieme identifikovať kritické činnosti, ktorých skrátenie by zároveň skrátilo aj trvanie celého projektu. Taktiež nás budú zaujímať najmä tie činnosti, ktoré sa dajú výrazne skrátiť navýšením ich financií (typicky obstaranie externej konzultačnej firmy, investícia do rýchlejších výrobných

postupov kritickej technológie pri zachovaní kvality, dofinancovanie rýchlejších stavebných prác a služieb (pomocou drahšej techniky a stavebných postupov)).

Z analýzy kritickej cesty sme usúdili, že najlepším spôsobom bude skrátenie činností:

- Finálne úpravy, zameranie a odovzdanie dokumentácie – zaobstaraním lepších strojov pre povrchové úpravy,
- Vypracovanie projektovej dokumentácie pre stavebné povolenie – na podporu práce najmene externú konzultantskú firmu, ktorá sa na prípravu takejto dokumentácie špecializuje.

#### 4.4.2 Výpočet časovej úspory

V rámci crashingu budeme uvažovať s najvyššou možnou úsporou času. Pre jeho výpočet budeme používať vzorce z podkapitoly 3.11.

Maximálnu možnú časovú úsporu pri činnostiach získame pomocou vzorca:

$$M_i = \tau_i - \tau'_i;$$

Pričom hodnoty pre jednotlivé činnosti sú:

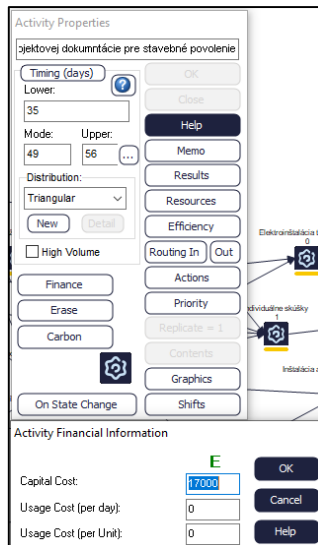
- Vypracovanie projektovej dokumentácie pre stavebné povolenie:  $M_2 = \tau_2 - \tau'_2 = 6 - 4 = 2$ ; 2 týždeň; dodatočné náklady 7 000€;
- Finálne úpravy, zameranie a odovzdanie dokumentácie :  $M_2 = \tau_2 - \tau'_2 = 6 - 4 = 2$ ; dodatočné náklady 8 000€;

V rámci nášho projektu máme tejto maximálnej časovej úspore, zároveň značnú finančnú úsporu za prenájom skladových síl u externých dodávateľov, ktorá mesačne predstavuje sumu 60 000€. Vzhľadom na tento túto skutočnosť môžeme uvažovať maximálny crashing v našej situácii za najviac efektívny.

#### 4.4.3 Pridanie Crashingu do simulačného modelu

V programe SIMUL8 zaznamenáme crashing jednoducho tým, že zvýšime fixné náklady na predmetnú aktivitu a zároveň znížime čas trvania aktivity.

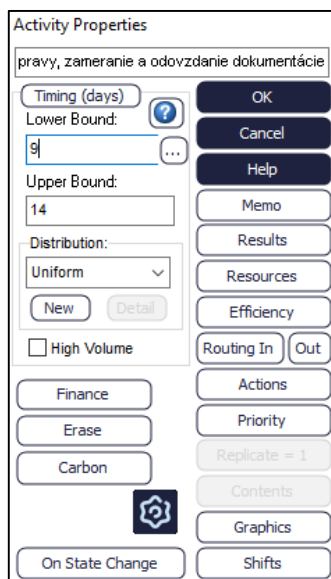
Na nasledujúcom obrázku môžeme pozorovať zvýšenie fixných nákladov aktivity *Vypracovanie projektovej dokumentácie* o 5000 peňažných jednotiek.



Obrázok 49- Zvýšenie finančných nákladov na aktivitu "Vypracovanie projektovej dokumentácie pre stavebné povolenie" o sumu 7000 (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Podobne navýšime finančné náklady aktivite *Vrtanie pilotov*.

Po navýšení finančných nákladov musíme taktiež upraviť hodnoty distribúcie v čase. To vykonáme znížením parametrov hodnôt jednotlivých distribúcií, ktoré v rámci crashingu upravujeme. Na nasledujúcom obrázku môžeme pozorovať zníženie hodnôt časovej distribúcie aktivity *Elektroinštalácia technológie* o 2 týždne (14 dní).



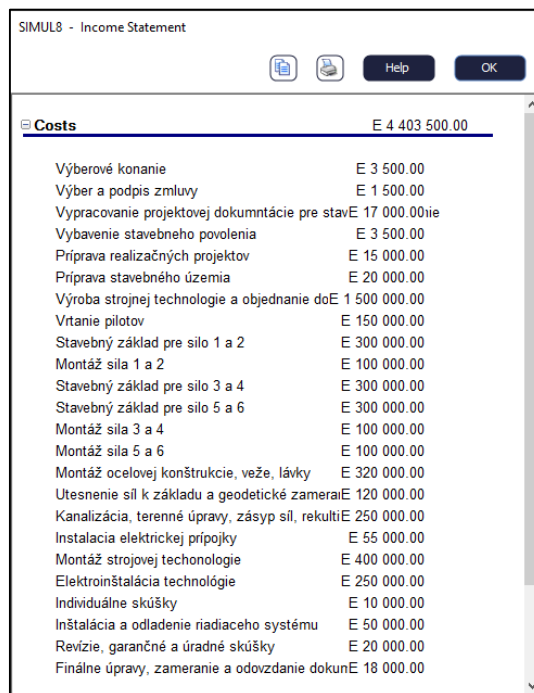
Obrázok 50- Zmena hodnôt distribúcie aktivity "Finálne úpravy, zameranie a odovzdanie dokumentácie" v dôsledku Crashingu (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Podobne vykonáme zmeny distribúcie aj pri aktivite *Vypracovanie projektovej dokumentácie*.

#### 4.4.4 Zmeny výstupných parametrov po aplikácii Crashingu

Po vykonaní príslušných zmien, nezasahujeme do ďalších aktivít ani iných prvkov, nastavenia priebehu simulácií nechávame tiež nezmenené.

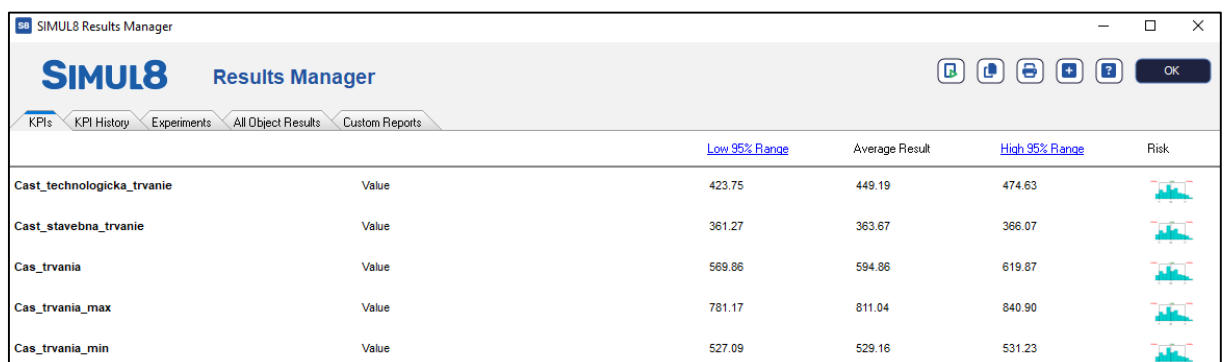
Ako prvú zmenu vo výstupoch si môžeme postrehnúť v rámci výkazu nákladov *Income Reports* na nasledujúcom obrázku, kde sme zaznamenali zmenu celkových nákladov (ako aj zmenu nákladov v 2 predmetných položkách). Táto zmena nastáva v dôsledku aplikácie crashingu na aktivity, čo zvyšuje celkové náklady.








Costs		E 4 403 500.00
Výberové konanie		E 3 500.00
Výber a podpis zmluvy		E 1 500.00
Vypracovanie projektovej dokumentácie pre stavE	17 000.00	ie
Vybavenie stavebného povolenia		E 3 500.00
Príprava realizačných projektov		E 15 000.00
Príprava stavebného územia		E 20 000.00
Výroba strojnej technológie a objednanie doE	1 500 000.00	
Vrtanie pilotov		E 150 000.00
Stavebný základ pre silo 1 a 2		E 300 000.00
Montáž sila 1 a 2		E 100 000.00
Stavebný základ pre silo 3 a 4		E 300 000.00
Stavebný základ pre silo 5 a 6		E 300 000.00
Montáž sila 3 a 4		E 100 000.00
Montáž sila 5 a 6		E 100 000.00
Montáž ocelovej konštrukcie, veže, lávky		E 320 000.00
Utesnenie sil k základu a geodetické zameranie		E 120 000.00
Kanalizácia, terenné úpravy, zásyp sil, rekulti		E 250 000.00
Instalácia elektrickej prípojky		E 55 000.00
Montáž strojovej technológie		E 400 000.00
Elektroinštalácia technológie		E 250 000.00
Individuálne skúšky		E 10 000.00
Inštalácia a odladenie riadiaceho systému		E 50 000.00
Revízie, garančné a úradné skúšky		E 20 000.00
Finálne úpravy, zameranie a odovzdanie dokon		E 18 000.00

Obrázok 51- Prehľad finančných nákladov na projekt po aplikácii Crashingu. (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Po spustení simulačného trial, s tými istými parametrami ako v nezmenenom projekte, môže pozorovať zmenu výsledkov skúmaných.



		Low 95% Range	Average Result	High 95% Range	Risk
Cast_technologicka_trvanie	Value	423.75	449.19	474.63	
Cast_stavebna_trvanie	Value	361.27	363.67	366.07	
Cas_trvania	Value	569.86	594.86	619.87	
Cas_trvania_max	Value	781.17	811.04	840.90	
Cas_trvania_min	Value	527.09	529.16	531.23	

Obrázok 52- Výsledok Simulation trial projektu na výstavbu skladových síl po aplikácii crashingu (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Ako môžeme vidieť priemerný čas trvania projektu poklesol po zaokrúhlení o 29 dní, z pôvodných 624 na nových 595. Podobne aj maximálny čas dokončenia z pôvodných 871 dní na nových 841 (celková zmena približne 30 dní) v 95% prípadov. To v praxi znamená, že môžeme vyskladniť plodiny z externých skladov takmer o 1 mesiac skôr čím ušetríme za mesačný prenájom skladov v hodnote 60 000€. Celkové dodatočné náklady v rámci Crashingu činili 15 000€.

Môžeme skonštatovať, že aplikácia Crashingu v tejto podobe je pre nás výhodná, keďže finančné úspory plynúce zo skoršieho dokončenia projektu, prevyšujú náklady ktoré sme dodatočne vynaložili do činností (aktivít) v rámci Crashingu.

Na záver môžeme vidieť schému aktivít a väzieb simulácie projektu výstavby skladových síl v programe SIMUL8.



## 4.5 Simulácia environmentálnych aspektov projektu

V rámci tejto časti si zhodnotíme možné vylepšenia a modifikácie vytvorených simulačných modelov, ktoré by analogickým spôsobom simulovali a analyzovali ďalšie hľadiská a metriky projektov. Medzi súčasný alternatívny pohľad v riadení projektov je pomocou štandardov ESG. Tento štandard je pre mnohé podniky väčšieho rozsahu (s ohľadom na výšku obratu a počet zamestnancov) povinný v rámci legislatívnych pravidiel Európskej únie, pričom nástroje simulačného modelovania majú veľký potenciál uplatnenia najmä pri sledovaní a predikcii vznikajúcej uhlíkovej stopy (*carbon footprint*) a dodržiavanie predmetných emisných noriem.

### 4.5.1 ESG

Skratkou ESG označujeme environmentálne, sociálne a riadiace štandardy, ktorých cieľom je zlepšenie prehľadnosti o spoločenskej zodpovednosti podniku. Zabraňujú nekontrolovateľnému zverejňovaniu umelo zlepšených faktorov, napríklad environmentálnych politík (takzvaný „green washing“), diskriminácií na základe sociálneho statusu (rod, telesné postihnutie, rasa, náboženstvo a ďalšie) a nekalých praktík v rámci dodávateľsko-odberateľských obchodných praktík (protikorupčné politiky, politiky obchodného správania a ďalšie).

Informácie o vplyve účtovnej jednotky (podniku) na aspekty udržateľnosti, ktoré sa sledujú v 3 oblastiach:

- *E – environmental – environmentálna oblasť* - zmierňovanie klimatickej zmeny, adaptácia na klimatickú zmenu, vodné a morské zdroje, znečistenie životného prostredia, biodiverzita a ekosystémy,
- *S – social – sociálna oblasť* - rovnosť príležitostí (rodová rovnosť, rovnaké odmeňovanie, začlenenie ľudí so zdravotným postihnutím), pracovné podmienky (bezpečné zamestnanie, spravodlivá mzda, sociálny dialóg, kolektívne vyjednávania, rovnováha medzi pracovným a súkromným životom, zdravie a bezpečnosť), rešpektovanie ľudských práv, základných slobôd a demokratických princípov,
- *G – governance – oblasť riadenia a správy* - úloha správnych, riadiacich a dozorných orgánov, podnikateľská etika a firemná kultúra, politické záväzky a lobistické

aktivity, vzťahy s obchodnými partnermi, systémy vnútornej kontroly a riadenia rizík. (ESG, 2025)

Tieto ciele, prislúchajúce štandardy a postupy sú legislatívne zhrnuté smernicou Európskeho parlamentu a Rady EÚ 2022/2464, taktiež nazývanou CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive).

Smernica CSRD má stanovené tieto hlavné ciele:

- zlepšenie kvality zverejňovaných informácií v oblasti udržateľnosti,
- zvýšenie porovnateľnosti jednotlivých kategórií informácií,
- zabezpečenie spoľahlivosti informácií o vplyve vybraných podnikov na životné prostredie a na spoločnosť.

Vykazovanie v podľa CSRD štandardov, je založené na takzvanej dvojitej významnosti („double materiality“). V rámci podniku je nutné identifikovať informácie z 2 hľadísk:

- Významnosť vplyvu – informácie potrebné pre pochopenie vplyvu podniku na aspekt udržateľnosti (napríklad znečistenie prostredia, porušovanie ľudských práv a podobne),
- Finančná významnosť - informácie potrebné pre pochopenie, ako aspekty udržateľnosti ovplyvňujú podnik (napríklad riziko straty reputácie a dobrého mena podniku, vplyv uhlíkovej dane na podnik, príležitosti plynúce z vývoja nových produktov z obnoviteľných zdrojov a podobne). *Spracované podľa: (ESG, 2025)*

Pri dodržiavaní štandardov CSRD sú predpokladané nasledujúce prínosy:

- Vykazovanie cieľov a progresu spoločnosti v oblasti ESG,
- Rast hodnoty spoločnosti a jej dôveryhodnosti vo vzťahu k investorom, zamestnancom aj zákazníkom
- Komunikácia firemných hodnôt voči externému prostrediu,
- Podpora investícií, ktoré podporujú prechod na udržateľné hospodárstvo. (ESG, 2025)

#### 4.5.2 Environmentálne faktory

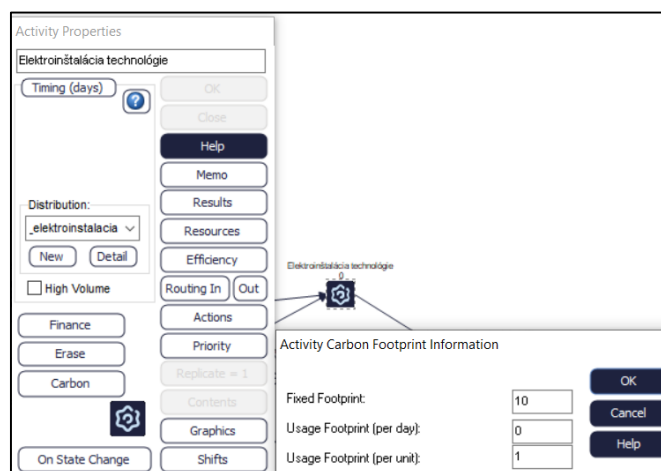
V rámci vykazovania ESG sú environmentálne (E) štandardy definované v rámci Európske Štandardy vykazovania informácií o udržateľnosti (ESRS) nasledovne:

- ESRS E1 Zmena klímy
  - Plán transformácie pre zmiernenie zmeny klímy,
  - Spotreba energie a energetický mix,
  - Politiky týkajúce sa zmiernovania zmeny klímy a adaptácie na zmenu klímy,
  - Interné stanovovanie cien uhlíka,
  - Opatrenia a zdroje v súvislosti s politikami v oblasti zmeny klímy,
  - Cieľové hodnoty týkajúce sa zmiernovania klímy a adaptácie na zmenu klímy.
- ESRS E2 Znečistenie
  - Politiky týkajúce sa znečisťovania životného prostredia,
  - Znečisťovanie ovzdušia, vody a pôdy,
  - Látky vzbudzujúce obavy a látky vzbudzujúce veľmi veľké obavy,
  - Očakávané finančné vplyvy v dôsledku významných rizík a príležitostí súvisiacich so znečisťovaním životného prostredia.
- ESRS E3 Vodné a morské zdroje
  - Politiky týkajúce sa vodných a morských zdrojov,
  - Opatrenia a zdroje v súvislosti s vodnými a morskými zdrojmi,
  - Cieľové hodnoty týkajúce sa vodných a morských zdrojov,
  - Spotreba vody,
  - Očakávané finančné vplyvy v dôsledku významných rizík a príležitostí týkajúcich sa vodných a morských zdrojov.
- ESRS E4 Biodiverzita a ekosystémy
  - Plán transformácie a zohľadnenie biodiverzity a ekosystémov v stratégii a obchodnom modeli
  - Politiky týkajúce sa biodiverzity a ekosystémov
  - Opatrenia a zdroje v súvislosti s biodiverzitou a ekosystémami
  - Cieľové hodnoty týkajúce sa biodiverzity a ekosystémov
  - Metriky vplyvu týkajúce sa zmeny biodiverzity a ekosystémov

- Očakávané finančné vplyvy významných rizík a príležitostí týkajúcich sa biodiverzity a ekosystémov
- ESRS E5 Využívanie zdrojov a obehové hospodárstvo
  - Politiky týkajúce sa využívania zdrojov a obehového hospodárstva
  - Opatrenia a zdroje v súvislosti s využívaním zdrojov a obehovým hospodárstvom
  - Cieľové hodnoty týkajúce sa využívania zdrojov a obehového hospodárstva
  - Prílev zdrojov
  - Odlev zdrojov
  - Očakávané finančné vplyvy v dôsledku významných rizík a príležitostí súvisiacich s využívaním zdrojov a obehovým hospodárstvom. (ESG, 2025)

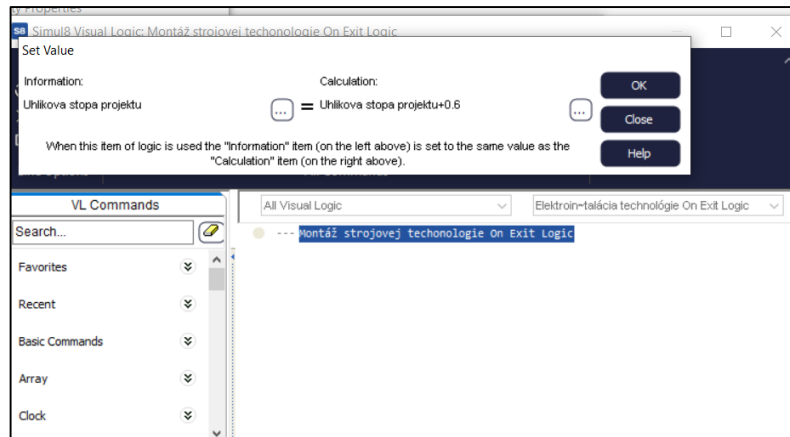
#### 4.5.3 Využitie SIMUL8 pre sledovanie a predikciu uhlíkovej stopy

Pre spoľahlivé predikciu uhlíkovej stopy ponúka nástroj SIMUL8, podobne ako pri finančných nákladoch aj emisný náklady (Carbon). V rámci nich môžeme nastaviť hodnoty uhlíkovej stopy príslušnej aktivity ako fixné náklady ( náklady vykonanie aktivity), náklady za časovú jednotu (uhlíková stopa za deň) alebo za produkciu (uhlíková stopa za jednotku produktu (výstupy aktivity)).



Obrázok 54 - Nastavenie uhlíkovej stopy aktivity v programe SIMUL8 (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Podobne aj v prípade výsledkov simulácií môžeme uhlíkovú stopu sledovať, ako hodnoty na vytvorenej globálnej premennej a nastavením výpočtu pomocou *Visual Logic*.



Obrázok 55 - zápis príkazu na inkrementáciu uhlíkovej stopy po vykonaní činnosti(aktivity) (Zdroj: vlastné spracovanie)

V rámci výsledkov môžeme predmetnú globálne premennú skúmať, najmä v prípade ak pri jednotlivých aktivitách nevieme presne vyčíslit' hodnotu uhlíkovej stopy (priradíme náhodnú hodnotu z odhadovaného intervalu). Následne môžeme skúmať výsledky ako na nasledujúcom obrázku alebo vo výstupnej štatistike „Carbon Reports“.

SIMUL8 Results Manager		Low 95% Range	Average Result	High 95% Range	Risk
Uhlíkova stopa projektu	Value	0.34	0.54	0.73	

Obrázok 56 - Výpis výsledkov merania uhlíkovej stopy v rámci spustených simulácií (Zdroj: Vlastné spracovanie)

## 5 DISKUSIA

V rámci tejto diplomovej práce sme sa zaoberali možnosťami použitia simulačného modelovania v oblasti projektového riadenia. Na príklade projektu výstavy skladových síl sme si ukázali využitie programu pre simulačné modelovanie SIMUL8 a jeho prínos, ktorý spočíva najmä v oblasti testovania korektnosti navrhovaného projektu, časových možností jeho dokončenia a prípadných problémov alebo rizík v prípade jeho nesprávneho vykonania.

Okrem simulovania samotných činností projektu, programy simulačného modelovania umožňujú aj simulovanie ďalších aspektov projektu, konkrétne zdrojov a to najmä finančných, personálnych a materiálnych. Taktiež výsledky, ktoré nám vykonanie jednotlivých simulácií poskytujú nie sú len časového a finančného charakteru.

Program SIMUL8 umožňuje aj sledovať aj vyťažovanie zdrojov v rámci jednotlivých aktivít, ktoré nám umožňujú, najmä v prípade ľudských zdrojov, predikovať ich efektivitu, správanie a celkovú vyťaženosť v rôznych častiach projektu. Na základe týchto poznatkov môžeme ešte pre samotných zahájením projektu, s vysokou mierou istoty, predpokladať v ktorých fázach projektu by bolo vhodné naplánovať prestávky vo forme voľna pre pracovníkov. Týmto krokom by sme mohli zabrániť prípadnému vyčerpaniu našich pracovníkov a mohli predísť potenciálnym problémom, ktoré z toho dôvodu môžu vzniknú najmä z prihliadnutím na faktor fyzickej a psychickej únavy človeka.

V časti výsledkov práce sme taktiež prezentovali možnosť využitia crashingu vo forme modelového what-if scenára, zvýšením finančných nákladov na vybrané činnosti s cieľom zníženia celkového času trvania projektu. Podobné scenáre môžu byť aplikované aj so zámerom pridaním dodatočných nefinančných zdrojov (napríklad personálnych a materiálnych), tiež s cieľom skrátenia doby vykonania aktivity alebo zvýšenia kvality výstupu danej činnosti, prípadne aj zníženia miery poruchovosti v prípade tvorby komplexných produktov a medziproduktov.

Na základe týchto skutočností môžeme konštatovať, že nástroje simulačného modelovania môžu byť vhodnou súčasťou tvorby a riadenia najmä komplexnejších projektov, pričom umožňujú optimalizovať čas a zdroje činností projektu, testovať navrhované scenáre a predpovedať potenciálne rizikové situácie a udalosti negatívne ovplyvňujúce projekt.

## 6 ZÁVER

Cieľom záverečnej práce bola aplikácia princípov a nástrojov simulačného modelovania na oblasť projektového riadenia, reprezentovanú konkrétnym projektom, ktorý bol následne implementovaný do formy simulačného modelu a podrobený viacerým simuláciám, pri ktorých boli analyzované predmetné výstupné ukazovatele.

V prvej kapitole sme priblížili a vysvetlili súčasné nástroje projektového riadenia a simulačného modelovania. V rámci týchto nástrojov sme uviedli základné princípy, ktoré by mali spĺňať, pričom sme sa sústredili na špecifické funkcie a možnosti spomenutých konkrétnych nástrojov projektového riadenia. sme uviedli niektoré softvérové nástroje, pre účely simulačného modelovania, pri ktorých sme si opísali ich ponúkané možnosti, a oblasti využitia.

V druhej kapitole sme si stanovili ciele ktoré by táto práca mala spĺňať. Následne sme uviedli čiastkové ciele, ktoré sme chceli vypracovaním tejto práce tiež splniť.

Tretia kapitola bola venovaná analýze postupov a metód projektového riadenia a simulačného modelovania. Charakterizovali sme používané princípy, kroky a pravidlá, ktoré sú základom problematiky projektového riadenia. Uviedli sme si základné pojmy a prvky využívané v rámci projektového riadenia. Bližšie sme analyzovali metódy PERT a CPM, ktoré patria k fundamentálnym prostriedkom riešenia projektov, využívajúcich stochastický odhad trvania činností. Ďalej sme uviedli základné charakteristiky vykonávania simulačného modelovania. Popísali sme si jednotlivé znaky a rozdelenie simulačných modelov. Taktiež sme analyzovali kroky tvorby simulačných modelov. V neposlednom rade sme si stručne priblížili oblasti what-if analýzy a crashingu, ktorý sme prakticky aplikovali v ďalšej časti práce.

Vo štvrtej kapitole sme na príklade projektu výstavby skladových síl aplikovali nástroj simulačného modelovania SIMUL8. Opísali sme postup tvorby činností a projektového plánu v nástroji projektového riadenia Asana ako aj zobrazenie kritickej cesty v programe Instagantt. Následne sme tento projektový plán transformovali do programu simulačného modelovania SIMUL8. Uviedli sme postupy tvorby simulačného modelu, jeho nastavení, možností ako aj spôsobov, akými implementovať špecifické princípy projektového riadenia v programe SIMUL8. Po vykonaní simulácií na vytvorenom modeli, sme analyzovali

výsledky simulácií a vyvodili závery z nich plynúce. Pôvodný model sme následne upravili za účelom využitia crashingu, pri ktorom sme sa vynaložením dodatočných finančných nákladov na vybrané činnosti projektu snažili skrátiť celkovú dobu trvania projektu.

V rámci časti diskusia sme si uviedli praktické dôsledky použitia simulačných modelov v rámci projektového riadenia. Taktiež sme si uviedli možné oblasti projektového riadenia, kde by použitie simulačných modelov znamenalo zlepšenie efektivity riadenia a kontroly projektov.

## 7 ZDROJE

**Asana Inc. 2025.** www.asana.sk. *Asana Product*. [Online] Asana Incorporation, 2025. [Dátum: 4. apríl 2025.] <https://asana.com/product>.

**Atlassian, Corporation. 2024.** atlassian. *Jira software*. [Online] Atlassian Corporation, 6. december 2024. [Dátum: 7. marec 2025.] <https://www.atlassian.com/software/jira>.

**Brezina Ivan, Čičková Zuzana, Gežík Pavel. 2012.** *Sieťová analýza*. Bratislava : EKONÓM, 2012. 978-80-225-3503-8.

**Carmichael M. 2023.** www.isaca.org. *Making Risk Management for Agile Projects Effective*. [Online] 20. Február 2023. [Dátum: 28. Marec 2025.] <https://www.isaca.org/resources/news-and-trends/isaca-now-blog/2023/making-risk-management-for-agile-projects-effective>.

**David R. Anderson a kol. 2013.** *An Introduction to Management Science: Quantitative Approaches to Decision Making*. Mason, OH : Cengage Learning, 2013. 978-1-111-53224-6.

**Dlouhý M. a kol. . 2007.** *Simulace Podnikových Procesů*. Brno : Computer Press, 2007. 978-80-251-1649-4.

**ESG. Ing. et. Ing. Kudla, Martin PhD. MBA. 2025.** Brno : VUT Ústav financí, 2025.

**Horniaková, Veronika. 2022.** *Manažment informačných systémov*. Bratislava : 5V, 2022. 978 – 80 – 974484 – 5 – 5.

**Instagantt. 2024.** www.instagantt.com. *Help guide*. [Online] Instagantt, 17. december 2024. [Dátum: 18. apríl 2025.] <https://www.instagantt.com/help-guide/critical-path-feature>.

**Kašpar, Vladislav. 1998.** *Vybrané metódy operačnej analýzy vo vojenskej doprave a vojenskom staviteľstve (metódy sieťovej analýzy – CPM, PERT)*. Žilina : Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta špeciálneho inžinierstva, 1998. 80-88829-27-5.

**microsoft, Corporation. 2025.** Microsoft. *Microsoft Project*. [Online] Microsoft Corporation, 22. január 2025. [Dátum: 4. marec 2025.] <https://www.microsoft.com/sk-sk/microsoft-365/planner/microsoft-project>.

**Microsoft, Corporation. 2025.** Microsoft. *Microsoft Planner*. [Online] Microsoft Corporation, 22. január 2025. [Dátum: 3. Marec 2025.] <https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/planner/microsoft-planner>.

**OSL, RiskManagment. 2025.** oslriskmanagement. *risk-simulator*. [Online] OSL Risk Management, 4. apríl 2025. [Dátum: 4. apríl 2025.] <https://oslriskmanagement.com/risk-simulator/>.

**SIMUL8. 2025.** simul8 what is simulation. *www.simul8.com*. [Online] Simul8, 15. Marec 2025. [Dátum: 15. Marec 2025.] <https://www.simul8.com/what-is-simulation>.

*Simulation Modeling and Analysis*. **Law, Averill M.; Kelton, W. David. 2007.** New York : McGraw-Hill, 2007. 978-007-110685-6.