

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*

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



Univerzitetni program Gradbeništvo,  
Komunalna smer

Kandidatka:

**Anja Rek**

# Upravljanje s tveganji v gradbenem projektu

Diplomska naloga št.: 2910

**Mentor:**

izr. prof. dr. Jana Šelih

**Somentor:**

viš. pred. dr. Aleksander Srdić

Ljubljana, 26. 9. 2006

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**namesto**

**naj bo**

## IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana **ANJA REK** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom :  
»**UPRAVLJANJE S TVEGANJI V GRADBENEM PROJEKTU**«.

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

Ljubljana, 15.09.2006

---

(podpis)

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

<b>UDK:</b>	<b>004.42:65.012:69 (043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Anja Rek</b>
<b>Mentor:</b>	<b>doc. dr. Jana Šelih</b>
<b>Somentor:</b>	<b>asist. dr. Aleksander Srdić</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Upravljanje s tveganji v gradbenem projektu</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>110 str., 5 pregl., 61 sl.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>projekt, gradbeni projekt, management, tveganje, upravljanje s tveganji, analiza tveganja, Pertmaster</b>

### **Izвлеček**

Vsak projekt je edinstven in zato je tveganje prisotno pri vsakem projektu . Časovna omejitev in dinamičen ter spremenljiv značaj gradbenega projekta so vzrok za situacije, pri katerih se neprestano pojavljajo nova tveganja in negotovosti. Posledica tega so pogosta prekoračenja predvidenih rokov in stroškov gradbenega projekta. Upravljanje s tveganjem pri gradbenih projektih je torej nujno, saj lahko z ustreznim upravljanjem s tveganjem zmanjšamo ali celo odpravimo negativni vpliv tveganja na cilje gradbenega projekta, ki se nanašajo na čas, stroške in kakovost.

Prvi del diplomske naloge podaja teoretična izhodišča vodenja projektov, gradbenega projekta, gradbenega managementa in upravljanja s tveganji. Pri tem je poudarjena pomembnost projektnega managementa in upravljanja s tveganji pri doseganju zastavljenih ciljev gradbenega projekta. Drugi del naloge predstavlja program Pertmaster, ki računalniško podpira projektno vodenje in upravljanje s tveganji. Opredeljeni so osnovni elementi programa Pertmaster in možnosti vključevanja komponent tveganja v projekt s pomočjo tega programa. Na primeru gradbenega projekta za večstanovanjski objekt sem v Pertmastru naredila plan projekta in izvedla simulacijo in analizo tveganja. V tem poglavju predstavlja naloga plan tega projekta in rezultate analize tveganja (histogrami tveganja, tornado grafi in grafični prikaz razpršenosti).

Na podlagi študijske literature in obravnavanih primerov (zlasti primera narejenega v Pertmastru) ugotavljam, da je upoštevanje tveganja pri planiranju nujno potrebno za boljše in bolj učinkovito planiranje projektov in za pridobitev realnejših končnih rokov in stroškov. Tega dejstva se v Sloveniji žal še premalo zavedamo, saj se v slovenski gradbeni praksi upravljanje s tveganji ne pojavlja rutinsko. Situacija bi se lahko izboljšala z dosledno izdelavo registra tveganj in z uporabo ustrezne računalniške podpore projektne vodenju.

## **BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

**UDC:** 004.42:65.012:69 (043.2)  
**Author:** Anja Rek  
**Supervisor:** assist. prof. Jana Šelih  
**Co-supervisor:** dr. Aleksander Srđić  
**Title:** Risk Management in Construction Projects  
**Notes:** 110 p., 5 tab., 61fig.  
**Key words:** project, construction project, management, risk, risk management, risk analysis, Pertmaster

### **Abstract**

Risk management in construction projects

Each project is unique and therefore risk is associated with any project. Time limitation, dynamic and unstable character of construction project result in situations where new risks and uncertainties frequently appear. As a consequence, budget and deadlines specified by the construction project plan are often exceeded. Risk management in construction projects is required if adverse effects of project risks upon the project goals (time, cost, quality) are to be reduced.

The first part of the thesis presents the theoretical background of project management, construction project and risk management. The importance of project and risk management in achieving construction project goals is emphasized. The second part presents the software tool Pertmaster as a computer-based support to project and risk management. Basic elements of this software package are described along with the possibilities offered to incorporate the risk components in the project. A project plan, simulation and risk analysis for a selected multidwelling building were prepared by Permasteer. The last part of the thesis therefore presents the plan and results of the risk analysis (risk histogram, tornado graph, scatter plot).

Based on the literature survey and case studies (especially the case analysed in the thesis by using Pertmaster), it can be concluded that incorporating risk analysis in project planning is necessary for more efficient project planning, as it leads to a more realistic assessment of costs and deadlines. Slovenian construction industry is not fully aware of the potential of risk analysis and management, therefore these techniques are not carried out on a routine basis in Slovenia. The situation could be improved by establishing a risk register and promotion of use of appropriate software packages.

## **ZAHVALA**

Za pomoč in prijaznost pri pisanju diplomske naloge se zahvaljujem mentorici doc. dr. Jani Šelih in somentorju asist. dr. Aleksandru Srdiću.

Zahvaljujem se svojim staršem za vso vzpodbudo in njihovo ljubezen.

## KAZALO VSEBINE

<b>1</b>	<b>UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Predstavitev problema .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2</b>	<b>Namen naloge.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>PROJEKT .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Življenjski cikel projekta.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2</b>	<b>Projektni management in projektni manager .....</b>	<b>5</b>
<b>2.3</b>	<b>Gradbeni projekt.....</b>	<b>6</b>
<b>2.4</b>	<b>Življenjski cikel gradbenega projekta.....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>MANAGEMENT GRADBENEGA PROJEKTA .....</b>	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Planiranje gradbenega projekta .....</b>	<b>10</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Cilji gradbenega projekta.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Planiranje časa.....</b>	<b>12</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Planiranje stroškov .....</b>	<b>12</b>
<b>3.1.4</b>	<b>Analiza tveganja .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1.5</b>	<b>Planiranje poslovnega izida.....</b>	<b>13</b>
<b>3.2</b>	<b>Organiziranje gradbenega projekta .....</b>	<b>14</b>
<b>3.3</b>	<b>Vodenje projekta, kadrovanje in zagotavljanje kakovosti.....</b>	<b>15</b>
<b>3.4</b>	<b>Kontrola projekta.....</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>TVEGANJE .....</b>	<b>17</b>
<b>4.1</b>	<b>Opredelitev tveganja in negotovosti .....</b>	<b>17</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Uravnoteženje razmerja med tveganjem in priložnostjo .....</b>	<b>18</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Numerična definicija tveganja .....</b>	<b>18</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Opredelitev projektnega tveganja .....</b>	<b>19</b>
<b>4.2</b>	<b>Model tveganja .....</b>	<b>19</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Komponente tveganja .....</b>	<b>20</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Karakteristike komponent tveganja.....</b>	<b>21</b>

4.2.3	Kompleksnost tveganja .....	22
4.3	Tveganje pri gradbenih projektih .....	24
4.3.1	Statistični podatki tveganja pri gradbenih projektih .....	25
4.3.2	Izvor tveganja pri gradbenih projektih .....	26
4.3.3	Model tveganja in interakcija tveganj pri gradbenih projektih .....	27
5	UPRAVLJANJE S TVEGANJEM .....	30
5.1	Splošen (generičen) proces upravljanja s tveganjem .....	31
5.2	Upravljanje s tveganjem pri gradbenih projektih .....	33
5.2.1	Identifikacija tveganja .....	33
5.2.2	Kvalitativna analiza tveganja .....	38
5.2.3	Kvantitativna analiza .....	41
5.2.4	Kontrola odziva na tveganje .....	52
6	PERTMASTER - RAČUNALNIŠKA PODPORA PROJEKTNEMU MANAGEMENTU IN UPRAVLJANJU S TVEGANJEM .....	54
6.1	Opredelitev programa Pertmaster in osnovnih pojmov .....	54
6.2	Opredelitev elementov v Pertmastru .....	55
6.2.1	Aktivnost (»Activity, Task«) .....	56
6.2.2	Povezave med aktivnostmi-vključevanje logike .....	59
6.2.3	Viri (»Resources«) .....	63
6.2.4	Elementi tveganja - vključevanje tveganja .....	68
6.3	Analiza tveganja .....	75
6.4	Rezultati pridobljeni z analizo tveganja .....	76
6.4.1	Histogram tveganja (»Risk Histogram«) .....	77
6.4.2	Tornado graf (»Tornado Graph«) .....	79
6.4.3	Grafični prikaz razpršenosti (»Scatter Plot«) .....	81
7	V PERTMASTRU NAREJEN PLAN PROJEKTA IN ANALIZA TVEGANJA NA PRIMERU GRADBENEGA PROJEKTA .....	83
7.1	Opis gradbenega projekta za večstanovanjski objekt .....	83



<b>7.2</b>	<b>Vhodni podatki plana gradnje večstanovanjskega objekta.....</b>	<b>83</b>
<b>7.2.1</b>	<b>Plan gradnje večstanovanjskega objekta .....</b>	<b>83</b>
<b>7.2.2</b>	<b>Stroški gradnje večstanovanjskega objekta (predpisovanje stroškov</b>	
<b>aktivnostim)</b>	<b>89</b>	
<b>7.2.3</b>	<b>V plan gradnje večstanovanjskega objekta vključene komponente</b>	
<b>tveganja</b>	<b>91</b>	
<b>7.3</b>	<b>Rezultati analize tveganja – izhodni podatki plana gradnje</b>	
<b>večstanovanjskega objekta .....</b>	<b>93</b>	
<b>7.3.1</b>	<b>Histogrami.....</b>	<b>93</b>
<b>7.3.2</b>	<b>Tornado grafi.....</b>	<b>101</b>
<b>7.3.3</b>	<b>Graf razpršenosti.....</b>	<b>104</b>
<b>8</b>	<b>ZAKLJUČEK.....</b>	<b>106</b>
<b>UPORAVLJENI VIRI.....</b>		<b>108</b>
<b>OSTALI VIRI .....</b>		<b>110</b>
<b>PRILOGE</b>		
<b>Priloga A: Blokovni diagram plana (večstanovanjskega objekta)</b>		

## KAZALO SLIK

Slika 5: Opredelitev negotovosti in tveganja.....	17
Slika 10: Primer modela tveganja s področja gradbeništva.....	28
Slika 11: Upravljanje s tveganjem.....	31
Slika 15: Tornado diagram za občutljivost začetnega proračuna na spremembe različnih aktivnosti (primer iz slike 18 predstavljen s tornado diagramom) .....	43
Slika 20: Logična shema, ki prikazuje aktivnosti in združene aktivnosti, povezave med njimi, rezervni čas nekaterih aktivnosti, ter kritičnost drugih (rdeče obarvane aktivnosti), ter mejnika začetka in zaključka projekta.....	57
Slika 21: Gantogram – blokovni diagram (»Barchart«) s prikazom različnih tipov aktivnosti in povezav med njimi (zamik med aktivnostma 3 in 4 in vmesni čas med aktivnostma 5 in 6) ..	60
Slika 22: Prednostna mreža, ki prikazuje isto situacijo kot oblikovni diagram na sliki 21.....	62
Slika 23: Prikaz vnašanja virov in njihovih lastnosti .....	63
Slika 24: Graf vira delavec (prikaz potrebnega števila delavcev za vsak dan tekom projekta in prikaz preobremenjenosti vira).....	65
Slika 25: Prikaz izenačenega vira delavec.....	66
Slika 26: Tabela virov .....	67
Slika 29: Prikaz vnašanja podatkov o trajanju aktivnosti (minimalno, najverjetnejše in maksimalno trajanje aktivnosti, ter izbira tipa porazdelitve) .....	70
Slika 30: Prikaz vnašanja podatkov o številu potrebnih enot vira (minimalno, najverjetnejše in maksimalno število enot, ter izbira tipa porazdelitve).....	71
Slika 31: Prikaz uporabe verjetnosti obstoja aktivnosti.....	72
Slika 32: Prikaz korelacij.....	74
Slika 33: Verjetnostno vejanje (prikaz štirih vej).....	75
Slika 34: Prikaz vnašanja podatkov verjetnostnega vejanja.....	75
Slika 35: Histogram datuma zaključka projekta.....	77
Slika 36: Histogram stroškov projekta .....	78
Slika 37: Prikaz vrednosti verjetnostnega toka denarja za prvi dve iteraciji.....	79
Slika 39: Tornado graf pomembnosti trajanja posamezne aktivnosti.....	80
Slika 40: Graf razpršenosti (prikaz odnosa med časom zaključka projekta in projektnimi stroški) .....	82

Slika 41: Aktivnosti pri zemeljskih delih.....	84
Slika 42: Verjetnostno vejanje zaradi možnega odkritja arheološkega najdišča .....	85
Slika 43: Verjetnost obstoja aktivnosti vdora vode v gradbeno jamo.....	85
Slika 44: Prikaz virov normalni in razširjeni stroški.....	89
Slika 45: Aktivnost zasip med temelji z določenimi viri oz. stroški.....	90
Slika 46: Prikaz hitrega tveganja trajanja aktivnosti.....	91
Slika 47: BetaPert verjetnostna porazdelitev .....	92
Slika 48: Histogram prikaza zaključnih datumov celotnega projekta (-20% krajše in +30% daljše trajanje aktivnosti od najverjetnejšega trajanja aktivnosti) .....	94
Slika 49: Histogram prikaza zaključnih datumov celotnega projekta (-20% .....	94
krajše in + 60% daljše trajanje aktivnosti od najverjetnejšega trajanja aktivnosti) .....	94
Slika 50: Histogram prikaza trajanja aktivnosti za aktivnost zunanje urejanje (2. faza), 10.000 iteracij.....	95
Slika 51: Histogram prikaza trajanja aktivnosti za aktivnost zunanje urejanje (2. faza), 1000 iteracij.....	96
Slika 52: Histogram datuma začetka mejnika začetek montaže stolpnega žerjava .....	97
Slika 53: Histogram rezervnega časa aktivnosti zasip in zaščita AB sten kleti .....	98
Slika 54: Histogram stroškov celotnega projekta .....	99
Slika 55: Histogram porabljenih enot vira normalni stroški (za celoten projekt).....	100
Slika 56: Histogram porabljenih enot vira razširjeni stroški (za celoten projekt) .....	100
Slika 57: Tornado graf indeksa kritičnosti.....	101
Slika 58: Tornado graf občutljivosti trajanja .....	102
Slika 59: Tornado graf občutljivosti trajanja .....	103
Slika 60: Tornado graf občutljivosti stroškov.....	104
Slika 61: Graf razpršenosti (prikaz odnosa med časom zaključka projekta in projektnimi stroški).....	105

## KAZALO PRIVZETIH SLIK

Slika 1: Okolje projektnega managementa (Baker, 1986).....	5
Slika 2: Življenjski cikel gradbenega projekta (PMI, 1996) .....	8
Slika 3: Vpliv planiranja na racionalnost in krivulja stroškov (Rodošek, 1985).....	11
Slika 4: Cilji projekta (Baker, 1986) .....	11
Slika 6: Osnovni model tveganja (Burcar, 2005) .....	20
Slika 7: Model tveganja (prirejeno po Burcar, 2005).....	21
Slika 8: Kompleksnost tveganja (Carter in dr., 1994) .....	23
Slika 9: Rezultati raziskav izvora tveganja v vzorcu 300 gradbenih projektov od leta 1995 do 1997 (Radujković, 2000) .....	27
Slika 12: 9 generičnih faz in njihovo možno združevanje v faze na višjem nivoju (Zupančič in dr., 2000) .....	32
Slika 13: Iterativni proces upravljanja s tveganjem (Zupančič in dr., 2000).....	32
Slika 14: Analiza občutljivosti spremembe začetnega proračuna na določene spremenljivke (Radujković, 2000).....	43
Slika 16: Primer rezultatov analize verjetnosti za rok gradnje (Radujković, 2000).....	44
Slika 17: Simulacija Monte Carlo (Rodošek, 1985).....	46
Slika 18: Po metodi Monte Carlo predvideno trajanje projekta ( <a href="http://www.pertmaster.com">http://www.pertmaster.com</a> )	46
Slika 19: Priporočljivi odzivi tveganja glede na stopnjo tveganja in stroške v primerjavi s koristmi (Burke, 1999) .....	49
Slika 27: Trikotna porazdelitev ( <a href="http://www.pertmaster.com">http://www.pertmaster.com</a> ).....	69
Slika 28: Enotna porazdelitev ( <a href="http://www.pertmaster.com">http://www.pertmaster.com</a> ) .....	69
Slika 38: Porazdelitev denarnega toka ( <a href="http://www.pertmaster.com">http://www.pertmaster.com</a> ).....	79

## **KAZALO PRIVZETIH PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Prikaz nekaterih glavnih skupin izvora tveganja v projektih s klasifikacijo zunanji / notranji (Radujković, 1997) .....	34
Preglednica 2: Matrika opisne ocene jakosti tveganja (Burcar, 2005) .....	39
Preglednica 3: Matrika opisne in numerične ocene jakosti tveganja (Burcar, 2005) .....	39
Preglednica 4: Matrika ocene prilagodljivosti tveganja (Burcar, 2005) .....	40
Preglednica 5: Primerjava tehnik kvantitativne analize tveganja (Radujković, 2000) .....	48

# 1 UVOD

## 1.1 Predstavitev problema

S tveganji se srečujemo vsak dan, a se tega niti ne zavedamo in o tem ne razmišljamo. Pri managementu projekta pa je tveganje in upravljanje s tveganjem ključnega pomena za doseganje ciljev projekta. Vsak projekt je edinstven in zato je tveganje prisotno pri vsakem projektu.

V gradbenih projektih so spremembe in negotovi dogodki stalno prisotni, zato je obravnavanje tveganja oz. upravljanje s tveganjem nujno. S procesom upravljanja s tveganjem lahko namreč zmanjšamo, ali celo odpravimo, negativni vpliv tveganja na cilje gradbenega projekta, ki se nanašajo na dokončanje projekta v določenem času, na stroške in na doseganje predvidenega nivoja kakovosti. Za gradbene projekte je značilna nestabilnost plana in izvedbe projekta, prekoračitev predvidenih stroškov in nedoseganje rokov končanja projekta. Prekoračitve so lahko posledica pojava nepredvidenih dogodkov ali pa sicer predvidenih dogodkov, ki niso bili primerno obravnavani.

Časovna omejitev in dinamičen, ter spremenljiv značaj gradbenega projekta, so vzrok za situacije, pri katerih se neprestano pojavljajo nova tveganja in negotovosti. Vsi ti dogodki (nepredvideni dogodki in predvideni, a neprimerno obravnavani dogodki) imajo svoj izvor tveganja, zaradi katerega se pojavijo. Najpogostejše izvore tveganja predstavljajo (Radujković, 2000): naravni vplivi, problemi lokacijskih in gradbenih dovoljenj, slaba priprava projektov, previsok optimizem kadrov, nerešeno financiranje projekta in nepopolnost tehnične dokumentacije. Čim prejšnje predvidenje izvora tveganja je zelo pomembno, saj se le tako lahko pripravimo in vplivamo na izvore tveganja, ter s tem aktivno upravljamo s tveganjem.

Ravno pomanjkanje uporabe postopkov za zapis vseh izvorov tveganj v pregledni in časovno jasni obliki, je eden od vzrokov za nezadostno obravnavanje tveganja v Sloveniji, zlasti pri gradbenih projektih. Podjetja se bolj zanašajo na lastne izkušnje in presojo, in le redko

ovrednotijo negotovost in sistematično ocenijo projektno tveganje. Tudi če ocenijo tveganje, redko predvidijo posledice, ki so povezane s tveganjem. (Zupančič in dr., 2000)

Če povzamem zgoraj napisano, gre torej za problem neločljivosti gradbenega projekta in tveganja, ter problem ustreznosti procesa upravljanja s tveganjem (identifikacija, kvalitativna in kvantitativna analiza, odziv in kontrola tveganja).

## **1.2 Namen naloge**

Namen prvega dela naloge je seznaniti se s tveganjem, z gradbenim projektom in z upravljanjem s tveganji. Navedene pojmi so opredeljeni tako teoretično, kot tudi praktično, na primerih gradbenih projektov. Poudarek je na opredelitvi pomembnosti projektnega managementa in upravljanja s tveganji, pri doseganju zastavljenih ciljev gradbenega projekta.

Namen drugega dela naloge je predstavitev programa Pertmaster, kot računalniško podporo projektnemu managementu in upravljanju s tveganji. V programu lahko naredimo plan projekta in izvedemo simulacijo in analizo tveganja. V teoretičnem delu predstavitve Pertmastra so opredeljeni osnovni elementi programa in programski elementi tveganja-vključevanje tveganja v projekt. Predstavitev navedenih elementov je predstavljena tudi s pomočjo primerov. Praktičen del predstavitve Pertmastra pa predstavlja primer gradbenega projekta za večstanovanjski objekt. Predstavljen je plan tega projekta, rezultati analize tveganja (histogrami tveganja, tornado grafi in grafični prikaz razpršenosti) in interpretacija rezultatov.

Osrednji namen naloge je predstavitev pozitivnih in negativnih lastnosti programa Pertmaster pri projektnemu managementu in upravljanju s tveganji.

## 2 PROJEKT

Kaj je projekt najlažje razložimo s pomočjo standardne definicije, ki pravi, da je »projekt zaporedje aktivnosti, s katerimi se začasno ukvarjamo, da ustvarimo edinstven produkt ali storitev, pri čemer je datum zaključka vnaprej določen«. Projekti sočasne strukture in metode managementa, ki dopuščajo fleksibilnost in odziv na tveganje. (Loch in dr., 2006)

V literaturi zasledimo veliko opredelitev pojma projekt in njegovih značilnosti, ki projekt označijo dokaj nazorno. Bistvenega pomena pri vseh opredelitvah projekta pa sta dve lastnosti, in sicer začasnost, ter edinstvenost. Edinstvenost projekta lahko razložimo kot nezmožnost ponovitve projekta na enak način, z istimi prisotnimi in z istimi produkti ali storitvami, oz. z istimi cilji. Začasnost pa pomeni, da ima projekt vnaprej določen začetek in konec, torej ima določeno tudi trajanje. Ne glede na planirani zaključek projekta se lahko projekt zaključi na tri načine (Srđić, 2005):

- ko so doseženi zastavljeni cilji projekta oz. končni cilji projekta,
- ko je jasno, da zastavljeni cilji ne bodo oz. ne morejo biti doseženi in
- ko potreba po projektu ne obstaja več in se projekt zato prekine.

Strnjene značilnosti projekta, ki so opredeljene v literaturi (Srđić (2005), Petrič (2005), Christoph H. Loch in dr. (2006), Ralph L. Kliem in Irwin S. Ludin (1997)):

- projekt je edinstven in ima omejen čas,
- načeloma ima omejene tudi stroške in obseg,
- zaporedje aktivnosti je točno določeno in logično, da z njimi dosežemo željen cilj,
- aktivnosti so v osnovi edinstvene in se ne ponavljajo, torej niso rutinske (lahko pa vključujejo posamezne dejavnosti, ki se izvajajo rutinsko),
- običajno je kompleksen proces, saj vključuje različne vire z različnimi znanji, odgovornostmi in kompetencami,
- biti mora fleksibilen, saj je za doseganje ciljev potrebno uvesti tudi večkratne spremembe,
- vključuje veliko neznank in zagotavlja priložnost za osvojitve novih znanj in
- potrebna je koordinacija in skoncentrirana odgovornost (projektni manager).



Današnje nagle spremembe, konkurenčne razmere na trgu, internacionalizacija ekonomskega okolja, in vzpon kupne moči, so vzrok za zahteve po produktih ali storitvah, ki so vedno bolj različni oz. boljši od vseh ostalih. Današnji projekti so obsežnejši, vzpodbujajo konkurenčnost, sodelovanje med notranjimi in zunanji sodelavci, zahtevajo razvoj nove programske opreme, združevanja in nove pridobitve. Novejši projekti so pogosto sicer manj kompleksni od tradicionalnih, vendar nenehno posegajo na nova področja, in se s tem soočajo z večjo negotovostjo. Projekti danes predstavljajo pomembno strategijo za vpeljavo sprememb. (povzeto po Loch in dr., 2006)

## 2.1 Življenjski cikel projekta<sup>1</sup>

Podjetja, ki izvajajo projekte, le te ponavadi razdelijo na določene faze z namenom boljšega koordiniranja, kontrole in preglednosti. S tem tudi zmanjšajo tveganje, ki je zaradi edinstvenosti procesov, venomer prisotno. Vse faze od začetka pa do zaključka projekta tvorijo življenjski cikel projekta. Vsaka faza predstavlja mejnik v izvedbi projekta in mora dati določen rezultat, ki določi nadaljnji potek projekta (določi ali se bo projekt nadaljeval ali so potrebne določene spremembe, izboljšave...). Če so tveganja sprejemljiva, se naslednja faza pogosto začne še pred zaključkom predhodne faze.

Življenjski cikel projekta običajno definira (PMI, 1996):

- katere aktivnosti je potrebno opraviti v posamezni fazi in
- kdo je udeležen v posamezni fazi.

S primerjavo različnih življenjskih ciklov v literaturi, ugotovljene faze projekta:

- inicializacija-ideja, pobuda; to je faza ocenitve ideje in sprejetja odločitve o pričetku projekta;
- koncipiranje projekta; v tej fazi se izdelata projektna naloga, opredelijo se cilji, izdelata se študija izvedljivosti, plan projekta v grobem in ocena pričakovanih učinkov;

---

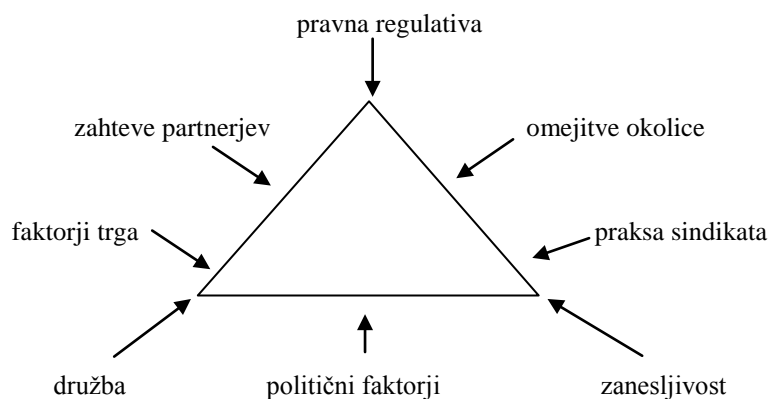
<sup>1</sup> Povzeto po Petrič (2005)

- definiranje-programiranje; v tej fazi se izdela izbor in razvoj metod dela, določijo se objektni cilji projekta, izdela se izvedbena dokumentacija in plan projekta;
- izvajanje; to je operativna faza, oz. faza fizične izvedbe projekta;
- obratovanje; v tej fazi se izvršijo končni preizkusi, projekt se preda v obratovanje in vzdrževanje, ter ugotavljajo se učinki investicije.

Življenjski cikli se razlikujejo glede na pristop do reševanja problemov, ki so v različnih panogah različni. Vsak projekt ima več faz, ki se pri raznovrstnih projektih razlikujejo. Pomembno je tudi ali je projekt le del investicijskega ciklusa ali pa gre za celoten cikel.

## 2.2 Projektni management in projektni manager

Projektni management je koncepcija vodenja z v času trajanja projekta odrejeno centralno odgovornostjo. Projektni management se ukvarja z upravljanjem in vodenjem projekta, in ne z upravljanjem in vodenjem podjetja kot se strateški in funkcijski management. Upravljanje in vodenje projekta je problem in umetnost, kako izvesti projekt s sodelovanjem ljudi v neki organizaciji v dogovorjenem roku, z določenimi proizvodnimi sredstvi in želenim učinkom. Po tej obrazložitvi se upravljanje in vodenje projektov razlaga z dveh vidikov: z vključevanjem ljudi in kontrole njihovega obnašanja pri oblikovanju in izvajanju projektov ter z vključevanjem sredstev za izvedbo projekta. (Hauc, 1982)



Slika 1: Okolje projektne managementa (Baker, 1986)

Project Management Institute (PMI, 1996) definira projektni management kot uporabo znanj, veščin, orodij in tehnik pri izvajanju projektnih aktivnosti, pri čemer je cilj doseči in preseči potrebe in pričakovanja zainteresiranih pri uresničitvi projekta. Pri tem je potrebno uravnoteženje naslednjih parametrov:

- količine, časa, cene, kakovosti in
- različnih zahtev in pričakovanj ter njihove identifikacije.

V literaturi je projektni management opredeljen s procesi, ki se iterativno oz. krožno ponavljajo. Po Project Management Institut-u (PMI, 1996) so projekti sestavljeni iz procesov, ki so definirani kot niz aktivnosti, ki privede do določenega rezultata. Proces projektnega managementa niso ločeni, saj se njihove aktivnosti skozi faze projekta prekrivajo. Proces projektnega managementa, kot jih navaja večina avtorjev, so naslednji:

- planiranje projekta (tehnike planiranja, določevanje ciljev projekta, planiranje stroškov in časa, analiziranje tveganja...),
- organiziranje projekta (določitev projektnega tima in drugih udeležencev pri projektu, določevanje organizacijske strukture in vključevanje projekta vanjo...),
- izvajanje projekta (vodenje, komuniciranje, motiviranje, zagotavljanje kakovosti...)
- kontrola in nadzor projekta (kontrola stroškov, rokov, kakovosti, odziva na tveganje...).

Naloga projektnega managerja je zagotovitev oz. doseganje ciljev projekta, kar pomeni doseganje zelenih rezultatov v postavljeni časovni omejitvi in znotraj razpoložljivih sredstev. Predvsem pa morajo biti projektni managerji sposobni hitrega prilagajanja spremembam, novostim in razvoju. Več kot imajo znanj z različnih področij (inženiring, finance, obvladovanje različnih tehnik...), bolj so lahko uspešni. Ključnega pomena pa je znanje o projektnem vodenju in sposobnost komuniciranja, vključno s sposobnostjo motiviranja, razreševanja konfliktov in dobrega sodelovanja z drugimi ljudmi.

## **2.3 Gradbeni projekt**

Vsi gradbeni projekti so edinstveni in neponovljivi. Tudi, če so objekti gradbenega projekta enaki, je situacija drugačna, saj se projekt odvija na drugi lokaciji, lahko v drugem času, z

drugačnimi proizvodnimi sredstvi in drugo organizacijsko sestavo. Ravno razlike med gradbenimi projekti, so glavni vzrok nepredvidljivosti in tveganja.

Glavne značilnosti gradbenega projekta so (Nikič, 1998):

- sezonsko delo,
- delo na prostem (izpostavljenost klimatskim in vremenskim razmeram),
- sestavljenost procesov,
- visoka cena,
- veliko število sodelujočih različnih strok in kvalifikacijskih struktur,
- statičnost gradbenih objektov in dinamičnost proizvodnih procesov.

Glavne značilnosti gradbenih objektov:

- praviloma se gradijo za dolgotrajno uporabo (služijo še naslednjim generacijam),
- z njimi posegamo v naravo in prostorsko ureditev, kar prinaša pozitivne in negativne učinke in
- postopna graditev pogosto ni mogoča, oziroma ni ekonomsko racionalna, in zato so sredstva za gradbene objekte zelo velika.

Odgovornost za izvedbo gradbenih projektov je toliko večja ravno zaradi časovnih omejitev in dolgotrajne uporabe gradbenih objektov, ter njihove visoke cene in njihovega vpliva na okolje.

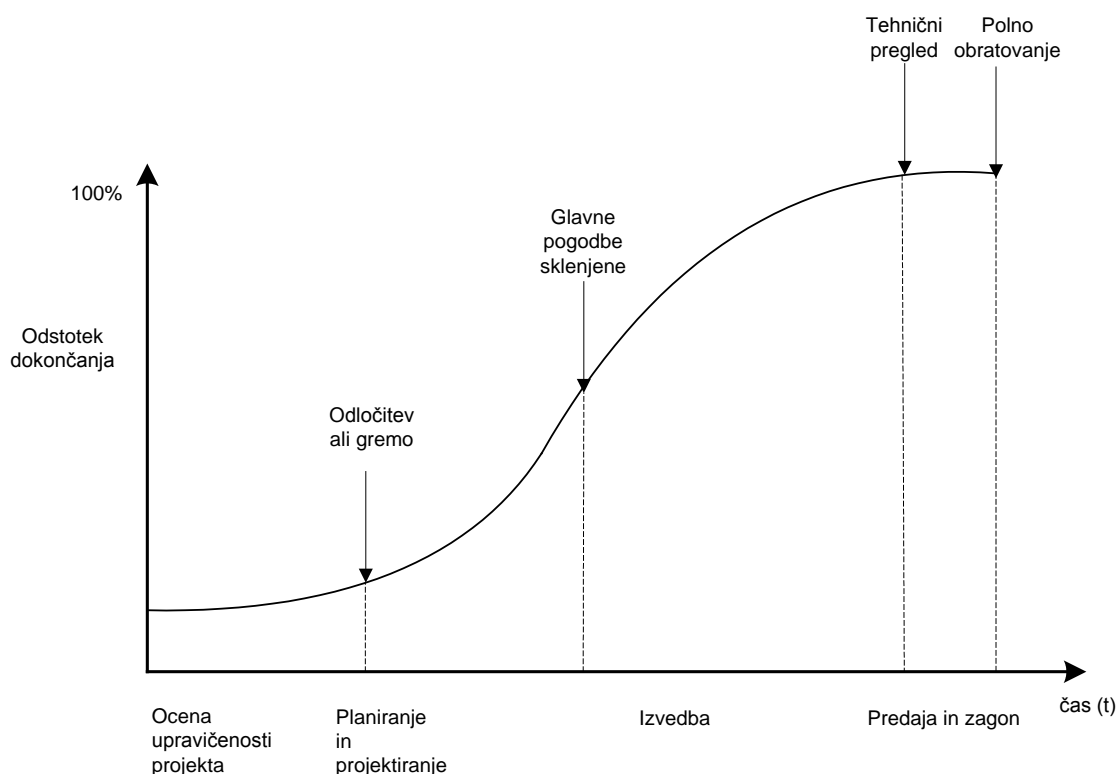
## **2.4 Življenjski cikel gradbenega projekta**

Za gradbene projekte je primeren življenjski cikel po Morris-u (PMI, 1996), ki je razdeljen na štiri faze:

- ocena upravičenosti projekta (podfaze: opredelitev projekta-idejna zasnova, študija upravičenosti, strateški načrt in odobritev), iskanje možnih rešitev, okvirna opredelitev projekta in ocena pričakovanih učinkov ter rezultatov z odločitvijo za projekt;
- planiranje in projektiranje (podfaze: stroškovno in operativno planiranje, definiranje komercialnih pogojev in detajlno planiranje);

- izvedba (podfaze: proizvodnja, dobava, gradbena dela, obrtniška dela, inštalacije, tuje storitve in nadzor), v tej fazi se izvajajo aktivnosti, poročanje, spremljanje, zaključevanje in ugotavljajo se izvršitve zastavljenih ciljev;
- predaja in zagon (podfaze: meritve, tehnični pregled, predaja objekta, zagon in začetek obratovanja).

Na sliki 2, ki prikazuje življenjski cikel gradbenega projekta, je razvidno za gradbene projekte značilno počasno napredovanje projekta v začetnih fazah (začetni fazi sta izrazito dolgi in počasi naraščajoči). Z začetkom gradbenih del v izvedbeni fazi, pa se prične projekt naglo odvijati. V zaključni fazi predaje in zagona se ta rast umiri in projekt se počasi zaključuje. (povzeto po Petrič, 2005)



Slika 2: Življenjski cikel gradbenega projekta (PMI, 1996)

Pri navedeni opredelitvi faz gradbenega projekta kot celotnega investicijskega procesa, je delitev definirana z vidika investitorja. S stališča izvajalske organizacije pa ima gradbeni projekt v svojem življenjskem ciklu tri faze (Srdić, 2005):

- ponudbeni postopek,
- izvedbo projekta in
- garancijo.

### **3 MANAGEMENT GRADBENEGA PROJEKTA<sup>2</sup>**

Management gradbenih projektov vključuje: planiranje, organiziranje, vodenje in kontrolo gradbenega projekta. Pri tem ima pomembno vlogo računalniška podpora projektnemu managementu.

#### **3.1 Planiranje gradbenega projekta**

»Plan predstavlja načrt, kako doseči nek cilj in specificira razporeditev, to je alokacijo virov, urnik, naloge in druge aktivnosti. Cilji določajo jutrišnje stanje, plan pa specificira sredstva za dosego le tega. Beseda planiranje običajno vključuje obe ideji, saj pomeni določanje ciljev projekta in definiranje sredstev za njihovo uresničitev.« (Dimovski, 2002)

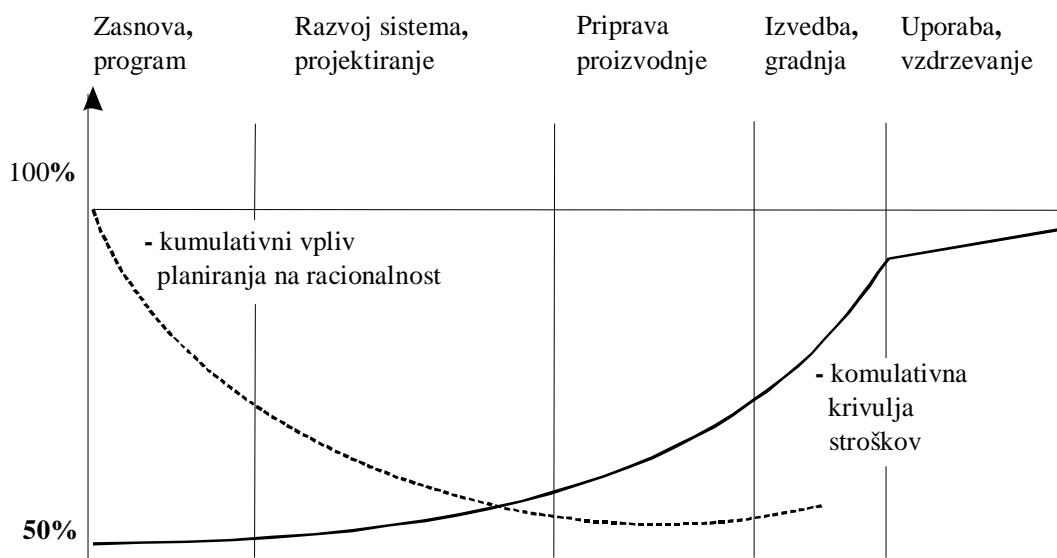
Planiranje projektov (planiranje časa in stroškov) temelji na tehnikah mrežnega planiranja, ki omogočajo izdelavo grafičnega modela projekta in usmerjenost k doseganju ciljev (čim krajše trajanje projekta, zmanjševanje stroškov,...).

Pri gradbenih projektih velja načelo čim zgodnejšega začetka planiranja, da so učinki plana v smislu racionalnosti tem večji. V zgodnjih fazah so namreč možne variantne rešitve, ki se jih da optimirati in so relativno poceni v primerjavi s stroški celotne investicije. Med samo izvedbo lahko namreč vsaka velika sprememba povzroči zastoj gradnje in zvišanje stroškov. Zaradi spremenljivega in dinamičnega značaja gradbenih projektov, morajo biti v gradbeništvo uporabljene prilagodljive metode planiranja.

Slika 3 prikazuje zaporedne faze realiziranja gradbenega projekta (investicije). Vidimo, da lahko pričakujemo, da bosta dve tretjini vseh potencialnih planskih realizacij doseženi pred začetkom gradnje objekta na terenu.

---

<sup>2</sup> Povzeto po Pertič (2005)

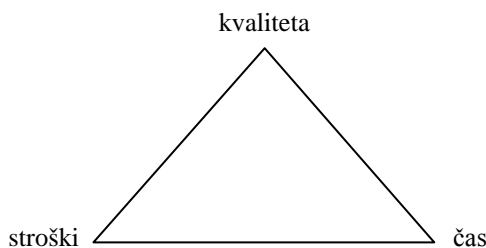


Slika 3: Vpliv planiranja na racionalnost in krivulja stroškov (Rodošek, 1985)

### 3.1.1 Cilji gradbenega projekta

Določanje jasnih ciljev projekta je zelo pomemben del planiranja projekta, ki ga moramo izvesti že v začetnih fazah, oz. na samem začetku planiranja.

Za uspešnost gradbenih projektov je potrebno doseči pravočasnost, ekonomičnost in kvaliteto. Osnovni cilji gradbenih projektov so namreč opredeljeni skozi čas, stroške in tehnične karakteristike oz. kakovost objekta (Baker, 1986). Pogoj za doseganje konkurenčnosti je izvedba projekta v minimalnem časovnem obdobju, z čim nižjimi stroški in z ustrezno oz. maksimalno možno kakovostjo. Poleg tega je potrebno upoštevati še želje oz. pričakovanja naročnika.



Slika 4: Cilji projekta (Baker, 1986)



### 3.1.2 Planiranje časa

Planiranje časa je osnovna naloga planiranja in je zahtevna, ter zelo pomembna. Čas se planira po sledečih fazah (Rodošek, 1985):

1) Analiza strukture gradnje:

- ugotavljanje potrebnih aktivnosti,
- določevanje vrstnega reda izvajanja aktivnosti in
- konstruiranje mrežnega grafikona.

2) Programiranje časa (ugotavljanje časov trajanja aktivnosti).

3) Preračun mreže:

- CPT ali PERT metoda (poglavje 6.1),
- usklajevanje izračunanega in predpisanega časa gradnje.

4) Optimizacija:

- optimizacija uporabe sredstev za gradnjo in
- optimizacija rokov gradnje.

5) Konstrukcija terminskega plana gradnje (služi izvedbi, evidentiranju in vodenju poteka gradnje).

### 3.1.3 Planiranje stroškov

Planiranje stroškov je pomembno za uspešnost projekta, saj je ekonomičnost eden izmed glavnih ciljev projekta.

V gradbeništvu se stroški delijo na neposredne in posredne. Neposredni stroški izhajajo iz neposrednega proizvodnega procesa in se spreminjajo (manjšajo ali večajo) glede na obseg porabe vira za izvajanje aktivnosti. Odvisni so od načina izvajanja dela. Neposredni stroški se delijo na stroške: dela, materiala, polizdelkov dobavljenih s strani notranje organizacije, stroške mehanizacije, transportov, podizvajalcev (gradbenih, obrtniških in inštalacijskih del, ter dobaviteljev opreme) in stroške soizvajalcev. (Slana, 2002)

Posredni stroški pa so stroški, odvisni od trajanja projekta in se ne spreminjajo z obsegom porabe virov. Med posredne stroške štejemo stroške: pripravljalnih in zaključnih del, stroške osebne in materialne režije projekta, stroške zavarovanj, garancij, financiranja, stroške obvladovanja kakovosti,... (Slana, 2002)

Planiranje stroškov se začne s planiranjem virov. Za vse aktivnosti je potrebno določiti vrsto virov (materiali, delovna sila, mehanizacija,...) in količino potrebnih enot virov, za izvajanje aktivnosti. Za vsak vir je nato potrebno določiti še strošek na eno enoto vira (npr. strošek najema opreme za en dan). S temi podatki izračunamo strošek posameznih aktivnosti in strošek celotnega projekta (lahko naredimo predračun).

Namen planiranja stroškov je optimizacija stroškov, ki zajema na splošno dva načina optimiranja (Rodošek, 1985):

- minimizacijo stroškov projekta pri določenem trajanju projekta in
- optimizacijo časa pri predpisanih stroških projekta.

Nazadnje se pri planiranju stroškov (ko je že izdelan mrežni plan stroškov in so vrednosti preračunane) izvede razporejanje stroškov, saj je potrebno dinamiko dela prilagoditi finančnim zmožnostim, in ne le tehnološkim in organizacijskim zmožnostim.

### **3.1.4 Analiza tveganja**

Analiza tveganja je postopek prepoznavanja (identificiranja) tveganja, podajanja ocen tveganja (kvalitativna in kvantitativna analiza) in planiranja odziva na tveganje. K analizi tveganja spada tudi kontrola tveganja, ki pa se izvaja tekom izvedbe projekta in kasneje.

Analiza tveganja je podrobneje predstavljena v četrtem poglavju.

### **3.1.5 Planiranje poslovnega izida**

Poslovni izid predstavlja razliko med prihodki in odhodki. Če so prihodki večji od odhodkov, gre za dobiček, v nasprotnem primeru pa gre za izgubo. (Tekavčič, 2006)

Planiranje poslovnega izida je potrebno za ocenitev ustreznosti in dobičkonosnosti investicijskega projekta. Na poslovni izid vplivajo tudi denarni tokovi, zato je le te potrebno načrtovati in spremljati. Na voljo je več tehnik za oceno projekta pri planiranju poslovnega izida. Za analizo projekta, ki upošteva čas so primerne tehnike, ki za osnovo upoštevajo današnjo vrednost denarnih tokov. Takšni sta tehniki neto sedanje vrednosti (»Net Present Value-NPV«) in interna stopnja donosa (»Internal Rate of Return-IRR«), ki kot osnovo upoštevata denarne tokove in ne dobička.

### **3.2 Organiziranje gradbenega projekta**

K organizaciji projekta spadajo številne določitve: določitev projektne managerja in tima, določitev organizacijske strukture in politike,...Predvsem pa je pri organizaciji projekta pomembna dodelitev nalog, odgovornosti in avtoritet.

Gradbeni projekti so praviloma obsežni in zahtevni, ter pogosto tudi tvegani. Zato je še toliko bolj pomembno, da se izvajajo timsko s čim več ustrezno usposobljenimi ljudmi, ki se zavedajo svoje odgovornosti. Pomembni udeleženci gradbenih projektov so:

- projektni manager (odgovoren za management projekta),
- kupec oz. uporabnik (lahko je to posameznik, podjetje, občina),
- krovno podjetje projekta-izvajalec (zaposleni so neposredno udeleženi pri projektu),
- investitor, naročnik (tisti, ki financira projekt) in
- drugi pomembni pri projektu (oblasti, naravovarstveniki, arheologi,...).

Za velike gradbene projekte z velikimi tveganji, je najprimernejša čista projektna organiziranost. To je organizacijska struktura pri kateri so vsi zaposleni v krovnem podjetju tekom projekta razporejeni v projektni tim in se po končanju projekta vrnejo na svoja delovna mesta oz. se vključijo v nov projektni tim. Vsi sodelavci so podrejeni projektne managerju.

### **3.3 Vodenje projekta, kadrovanje in zagotavljanje kakovosti**

Vodenje je sposobnost vplivanja na ljudi za doseg ciljev. Vodja je torej oseba, ki ima sposobnost vplivati na ljudi in poseduje managersko avtoriteto. Ne smemo pa enačiti vodje z managerjem, saj je lahko nekdo dober vodja, ne zna pa planirati in organizirati. Lahko pa je seveda manager tudi vodja. (Dimovski, 2002)

Kadrovanje je postopek določanja, pridobivanja, usposabljanja in imenovanja zaposlenih za izvajanja projektnih aktivnosti. Sem spada še določanje odgovornosti in predpisovanje načina poročanja.

Zagotavljanje kakovosti je vrednotenje dosežkov projekta. Izvajanje kakovosti vključuje identifikacijo nivoja predvidene kakovosti in način kako doseči ta nivo. Management kakovosti se nanaša na določevanje politike kakovosti in določevanje z njo povezanih ciljev in odgovornosti, ter določevanje plana izvedbe zagotavljanja kakovosti. K zagotavljanju kakovosti spada tudi izbira oz. prevzem standarda kakovosti krovnega podjetja.

Doseganje predvidene kakovosti je v gradbeništvu zaradi dolgih garancijskih rokov in visokih stroškov odpravljanja reklamacij zelo pomembno. Kadar gre za visoke vrednosti so kupci zahtevni, previdni in pozorni na pomanjkljivosti. Upravičeno lahko zahtevajo predvideno kakovost.

Pri vodenju se je potrebno zavedati pomembnosti motiviranja. Treba je prepoznati in upoštevati potrebe zaposlenih, jih spodbujati k delu, določiti sistem nagrajevanja...da se bodo pripravljani čim bolj potruditi. Motiviranost lahko namreč opazno vpliva na produktivnost.

Kot element vodenja, pa tudi sicer pri projektu, je komuniciranje nujno za doseganje uspeha. Najpomembnejša vloga komuniciranja je pravočasno in natančno posredovanje informacij, zlasti pomembnim udeležencem projekta. Informacije je potrebno zbirati, jih urejati in primerno shranjevati. Poročila naj bi vsebovala podatke o stroških, času in kakovosti projekta. Pri večini projektov, zlasti gradbeniških, je potrebno v poročilo vključiti tudi podatke o tveganju (o obsegu tveganja, odzivih na tveganje...).

### **3.4 Kontrola projekta**

Izvajanje projekta je potrebno redno kontrolirati. Vse kar je bilo planirano se mora kontrolirati in meriti. Potrebno je sprotno primerjanje planiranega in izvedenega. Lahko se namreč ugotovijo odstopanja od projektnega plana. Za pomembna odstopanja se izvede ponovna analiza in se izdela nov plan. Pri kontroli se ugotavlja tudi učinkovitost preventivnih ukrepov, ki skušajo omiliti ali odpraviti negativni vpliv negotovih dogodkov.

Pomembna je predvsem kontrola izvajanja aktivnosti, ki je lahko sprotna ali periodična. Pri sprotni kontroli stalno spremljamo izvajanje aktivnosti in lahko reagiramo takoj, ko pride do odstopanja. Poskušamo ugotoviti vzrok odstopanja in s tem vplivati na pravočasni zaključek aktivnosti in tudi celotnega projekta. Pri periodični metodi pa najprej ugotavljamo stanje in nato reagiramo.

Kontrola stroškov se izvaja s primerjanjem planiranih stroškov z načrtovanimi stroški. Potrebno je izbrati primeren sistem kontroliranja stroškov, ki prikaže trenutno stanje stroškov projekta glede na predvidene stroške projekta. Kontrolirane stroške je treba analizirati, če hočemo izboljšati stanje prekoračitve stroškov z uvedbo korektivne aktivnosti.

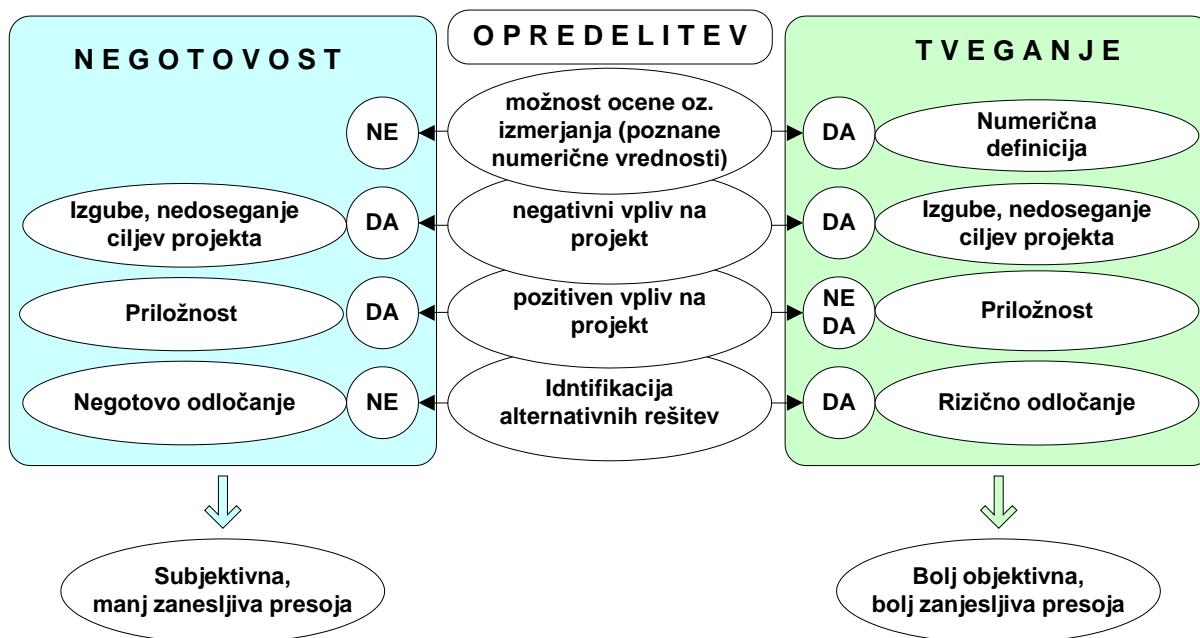
Kontrola kakovosti zajema odkrivanje napake in vzroka za to napako, da lahko ta vzrok odpravimo in s tem preprečimo ponovitev enake napake.

Kontrola odziva na tveganje je predstavljena v poglavju 4.2.5.

## 4 TVEGANJE

Tveganje lahko razumemo in opredelimo na več različnih načinov, odvisno od namena in stroke. Splošno ga primerjamo in celo enačimo z negotovostjo, nevarnostjo, verjetnostjo in s priložnostjo. Vsi ti pojmi so s tveganjem nedvomno povezani, ne smemo pa jih kar enačiti s tveganjem.

### 4.1 Opredelitev tveganja in negotovosti



Slika 5: Opredelitev negotovosti in tveganja

Iz slike 5 je razvidno, da temeljijo razlike med negotovostjo in tveganjem zlasti na različnih nivojih dostopnosti in poznavanja informacij (dovolj ali premalo poznanih in dostopnih informacij, (ne)poznane numerične vrednosti...). Pri odločanju je tvegani dogodek tisti, za katerega je na voljo dovolj informacij, da se lahko oceni verjetnost možnih alternativnih izidov. Druga razlika med negotovostjo in tveganjem je pri opredeljevanju negativnega in pozitivnega vpliva nekega dogodka na projekt. Negotovost lahko ima negativen ali pozitiven vpliv na projekt. Nekateri avtorji (npr. člani PMI -ja) menijo, da je s tveganjem prav tako;

drugi (npr. Preston G. Smith in Guy M. Merritt) pa so mnenja, da tveganje predstavlja le negativen vpliv na projekt. Razlogov za to je več. Splošno in tudi slovarsko tolmačenje tveganja, večinoma navaja negativne strani tveganja (možnost izgub, nedoseganje ciljev...). Razlog zato je tudi dejstvo, da se je pojem tveganja dolgo navezoval na kakršenkoli dogodek, katerega verjetnost pojavitve se lahko statistično oceni. Dejstvo je tudi to, da se upravljanja s tveganjem večinoma lotimo, kadar gre za možnost izgube.

Vsekakor je treba poudariti, da tveganje vsebuje negotovost. Če bi bil pojav nekega dogodka gotov, ta dogodek ne bi več predstavljal tveganja, temveč bi postal problem. Nikoli ne moremo biti prepričani ali se bo določen dogodek zgodil, vse dokler se ne zgodi, in takrat to ni več tveganje.

#### **4.1.1 Uravnoteženje razmerja med tveganjem in priložnostjo**

Idealna, a ne ravno realna, projektna strategija bi združevala priložnosti in se hkrati izogibala tveganjem. Ker sta tveganje in priložnost ponavadi povezana (pregovor: "Kdor riskira, profitira."), se uravnoteženju med njima ne moremo izogniti. Pri načrtovanju se moramo zavedati negotovosti in morebitnih neugodnih, ter ugodnih dogodkov. Najprej je potrebno predvideti čim več tveganj in poiskati priložnosti, da se določi sprejemljiva stopnja tveganja. Nato se na podlagi teh določitev sprejme uravnoteženje med tveganjem in priložnostjo. Med razponom možnih odločitev, se izbere zaporedje dogodkov, ki da prihodnost z največjim količnikom razmerja med priložnostmi in tveganji. (Mawdesley in dr., 1997)

Ko se pri projektu srečamo z negotovostjo in opredeljevanjem verjetnosti, ter možnih izidov, je najpomembnejše predvideti potencialne dogodke oz. izvore le teh, in vplivati nanje tako, da se pozitivni vplivi maksimalni in negativni vplivi minimalni.

#### **4.1.2 Numerična definicija tveganja**

Numerična definicija tveganja obravnava tveganje kot merljivo negotovost, saj tveganje oz. izpostavljenost tveganju, predstavlja produkt med verjetnostjo nastopa tveganega dogodka in velikostjo posledic.

Carter je leta 1994 podal numerično definicijo tveganja :

$$T = V_n \times V_p$$

Kjer je : T...izpostavljenost tveganju oz. jakost tveganja

$V_n$  ...verjetnost nastopa tveganega dogodka

$V_p$  ...velikost posledic oz. vpliva

Primer takšne določitve jakosti tveganja je potres: na nekem območju moramo poznati verjetnost, da se bo potres določene (znane) jakosti zgodil, pa tudi velikost posledic – na redko poseljenem območju bo velikost posledic majhna (če jo npr. merimo v številu poškodovanih hiš ali pa ponesrečenih ljudi).

Čeprav takšen pristop do tveganja izgleda enostavno, v praksi temu ni tako. Poznavanje izpostavljenosti tveganju je koristno le pri oceni pomembnosti upravljanja s tveganjem, nima pa vloge pri aktivnem opravljanju s tveganjem, saj ne zajema vzrokov tveganja. Z vplivanjem na vzroke tveganja lahko namreč aktivno upravljamo s tveganjem.

### **4.1.3 Opredelitev projektnega tveganja**

Po večini definicij lahko povzamemo definicijo tveganja pri projektih (Burcar, 2005) kot »Projektno tveganje se navezuje na bodoči negotov dogodek, ki lahko v primeru, da se bo zgodil, vpliva (neugodno) na zastavljene cilje projekta, v smislu obsega, kakovosti, časovnih omejitev in stroškov.«

## **4.2 Model tveganja<sup>3</sup>**

Pojem tveganja je dosti lažje razumljiv s pomočjo modela tveganja in opisa njegovih komponent in karakteristik.

---

<sup>3</sup> Povzeto po Burcar (2005)



## 4.2.1 Komponente tveganja

S komponentami tveganja se lahko nazorno prikaže mehanizem tveganja. Komponente osnovnega modela tveganja so: vzrok/izvor, dogodek in posledica.



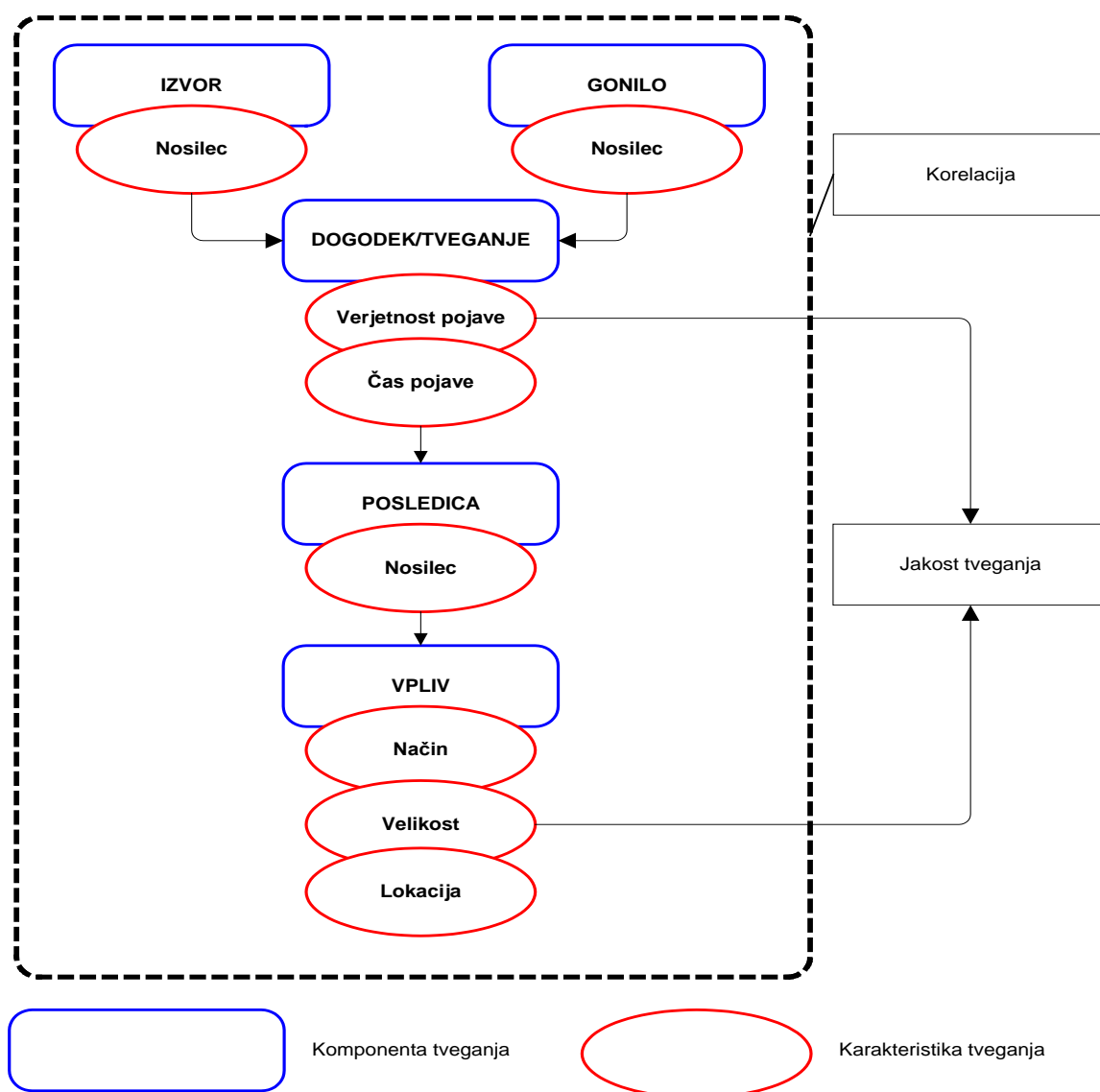
Slika 6: Osnovni model tveganja (Burcar, 2005)

Glavna komponenta tveganja je negotov dogodek. Kadar gre za projektno tveganje, je negotov dogodek kakršenkoli identificiran dogodek ali naraven pojav, ki se lahko zgodi in vpliva na rezultate projekta. Posledica je druga komponenta, ki se definira kot rezultat pojavitve dogodka. Posledice dogodka vplivajo na cilje projekta, ki vključujejo stroške, čas in kvaliteto. Tretja komponenta je vzrok. S stališča vodenja projekta je ta komponenta ključnega pomena, saj lahko z vplivom na vzroke tveganja aktivno upravljamo s tveganjem. Vzrok tveganja večina avtorjev pri projektne tveganju nadomesti z izvorom tveganja, ki je sinonim za vzrok tveganja.

Bolj dodelan mehanizem tveganja oz. opis tveganja dobimo, če se v model uvedeta še dve komponenti tveganja, in sicer gonilo tveganja, ter vpliv tveganja. Vpliv tveganja predstavlja vpliv pojavitve dogodka oz. posledic na uspešnost projekta, ki se odraža z (ne)doseganjem zastavljenih ciljev projekta. Gonilo tveganja pa je lahko dogodek ali sprememba stanja, ki s svojo pojavitvijo omogoči aktiviranje mehanizma tveganja. Ko se pojavi gonilo, tveganje postane dejanski problem, na katerega se je treba odzvati. Tveganje se lahko s tega vidika opiše kot mehanizem v mirujočem stanju, za katerega je potrebno gonilo, da se aktivira. Osnovne komponente tveganja so torej: izvor, gonilo, dogodek/tveganje, posledica in vpliv. Prikazane so na modelu tveganja na sliki 7.

## 4.2.2 Karakteristike komponent tveganja

Vsaka komponenta tveganja ima vsaj eno karakteristiko, s katero se dodatno opiše in razloži komponenta sama in tudi mehanizem tveganja.



Slika 7: Model tveganja (prirejeno po Burcar, 2005)

Nosilec je karakteristika izvora, gonila in posledice. Nosilec je subjekt, razlog oz. odgovorni zaradi kogar ali česar, pride do izvora tveganja, pojava gonila ali do posledic. Čas pojavitve je karakteristika, ki se lahko določa in ima svojo vlogo pri gonilu, posledici in dogodku. Te tri komponente se pojavljajo v relativno kratkih časovnih razmakih in v poznanem vrstnem redu (gonilo-dogodek-posledica), zato je dovolj, če se navede le čas pojavitve dogodka. Pri dogodku je pomembna karakteristika tudi verjetnost pojave dogodka. Vpliv tveganja ima kar tri karakteristike: način/narava, velikost in mesto vpliva. Povedo nam na kakšen način, v kolikšnem obsegu, na kateri del projekta in kako bo določeno tveganje vplivalo na projekt, z ozirom na cilje projekta.

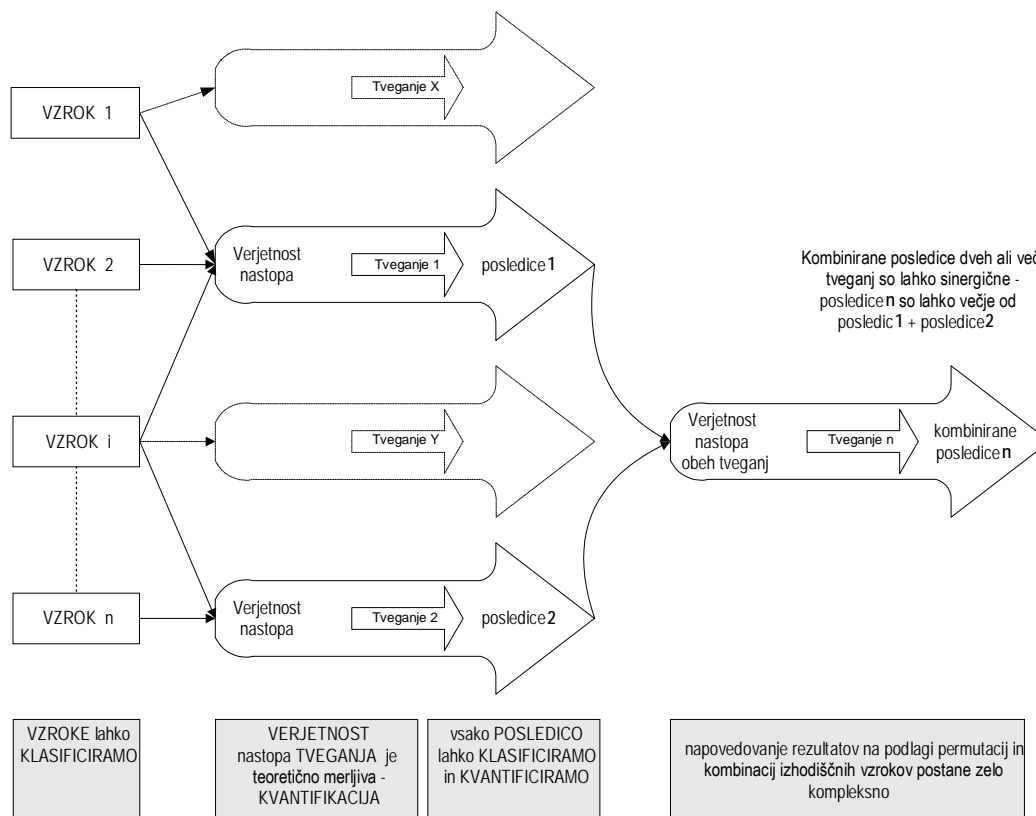
Na sliki 7 sta poleg komponent in že navedenih karakteristik, dodana še dva za tveganje pomembna pojma, in sicer jakost tveganja, ter korelacija. Jakost tveganja je produkt verjetnosti pojavitve dogodka in velikosti vpliva. Matrike za oceno jakosti tveganja se uporabljajo pri kvalitativni analizi tveganja. Korelacija je pri modelu tveganja zelo pomembna, zlasti kot interakcija med dvema ali večimi tveganji in lahko vključuje in povezuje katerekoli komponente določenih tveganj. Tukaj pridemo do kompleksnosti tveganja.

### **4.2.3 Kompleksnost tveganja**

Vzroki tveganja lahko obstajajo v samem projektu ali pa izven njega. Vzroki omogočajo pojav tveganj, ki predstavljajo negotove pojave ali dogodke, ki imajo različne posledice in vplive na cilje projekta. En sam vzrok lahko vodi do različnih tveganj, ki povzročijo različne posledice in ena posledica lahko ima enega ali več vzrokov. Zato je potrebno analizirati interakcijo med posameznimi tveganji in opredeliti kombinacije skupnega delovanja tveganj. Pomembno je upoštevati možnost sinergije delovanja več tveganj hkrati, saj so posledice sočasnega delovanja različnih tveganj pogosto večje, kot vsota le teh.

Zaradi interakcije različnih tveganj, ki lahko imajo več vzrokov, lahko pride do zmede, sporov pri sprejemanju odgovornosti pri morebitnem nastanku škode, izgube.... Zato je potrebno tveganja identificirati in jim določiti lastnika tveganja, ki je odgovoren za to

tveganje. Ker lahko ima tveganje več vzrokov, je lahko tudi več odgovornih za vsako tveganje.



Slika 8: Kompleksnost tveganja (Carter in dr., 1994)

V realnih projektnih situacijah se pojavi težava pri določanju verjetnosti pojava in posledic, ki se jih ne da točno določiti. Ponavadi se določi nek obseg vrednosti, v katerih bi se naj nahajali, s pomočjo verjetnostnih porazdelitev. V praksi je pri projektu prisotnih več tveganj, ki nastopajo interaktivno v različnih kombinacijah. Zaradi negotovosti napovedovanja vrednosti in velikega števila faktorjev podvrženih negotovosti, je natančno predvidevanje vseh tveganj in njihovih posledic zelo težko oz. praktično nemogoče. Seveda pa se moramo potruditi kar se da natančno predvideti predvsem tveganja in vzroke, da lahko pravočasno aktivno upravljamo z njimi in jim določimo odgovorne osebe.

### 4.3 Tveganje pri gradbenih projektih

Tveganje in negotovost sta prisotna pri vsakem gradbenem projektu, ne glede na velikost projekta. (Hayes in dr., 1986)

Zaradi časovne omejitve oz. roka dokončanja del in predaje objekta, ki je sestavni del gradbene pogodbe, se med izvajanjem gradbenega projekta praktično vedno pojavi velik pritisk na pravočasno zaključitev gradbenega projekta. Časovna omejitev in dinamičen, ter spremenljiv značaj gradbenega projekta, so vzrok za situacije, pri katerih se neprestano pojavljajo nova tveganja in negotovosti. Zapleti so bolj pravilo, kot pa izjema. Gradbeni projekt in tveganje sta praktično neločljiva. Tega se je danes potrebno zavedati in upoštevati tveganje pri gradbenih projektih, saj ima tveganje zelo pomembno vlogo pri finančno tako visokih investicijah kot so veliki gradbeni projekti. Pri obravnavanju tveganja je potrebno upoštevati tudi pogoje na trgu, konkurenco, tehnološke inovacije, gospodarske razmere, želje po vedno krajših rokih izvedbe....

V razvojnih fazah delujejo na gradbeni projekt številni vplivni faktorji in interesi, ki pogojujejo niz neizbežnih sprememb in začasnih ali trajnih odstopanj od zastavljenih ciljev. Zaradi tega je večina informacij probabilistična, delovanje tveganja pa znatno bolj izraženo kot pa pri drugih industrijskih vejah. V domeni upravljanja s projekti so najpogostejše negativne posledice delovanja tveganja nestabilnost plana in programa izvedbe projekta in nedoseganje rokov. (Radujković, 2000)

Petrič (2005) je v magistrski nalogi na osnovi anketiranja gradbenih podjetij ugotavljal odnos gradbenih podjetij do tveganja. Ugotovil je, da so gradbena podjetja bolj naklonjena projektom z nizko stopnjo tveganja. Probleme raje temeljito proučijo, kot da bi hitro reagirali. Podjetja tudi niso pretirano tekmovalna in agresivna. Podjetja so torej glede tveganja bolj konservativna, kar je najverjetneje posledica dejstva, da so v gospodarstvu ravno gradbeni projekti vrednostno med največjimi zalogaji. S tem so povezane tudi škodne posledice delovanja tveganja, ki so lahko za podjetja tudi usodne.

### 4.3.1 Statistični podatki tveganja pri gradbenih projektih

Gradbeništvo ima na splošno slab ogled glede tveganja pri prekoračitvah stroškov in rokov. Poročilo Svetovne banke iz leta 1990 potrjuje povprečno 40%-tno prekoračitev začetnih stroškov v 63% od vsega 1778 financiranih projektov, oziroma povprečno 70%-tno prekoračitev začetnega časa v 88% od vsega 1627 projektov, v obdobju zadnjih 15 let. Številne druge raziskave kažejo na delovanje množice vplivnih faktorjev na spremembe ciljev projekta. Na denarne in časovne cilje projektov deluje niz spremenljivk tveganja, ki neprekinjeno povzročajo odstopanja od začetno programiranih vrednosti. (Radujković, 2000)

V raziskovalni nalogi (Zupančič in dr., 2000) so vsebinsko in statistično obdelali projekte nizke gradnje, ki vključujejo naslednje karakteristične tipe:

- avtocestno mrežo,
- infrastrukturne objekte (mostove, viadukte, tunele),
- regionalne ceste,
- lokalne ceste in
- ostale objekte povezane s cestogradnjo.

Izkazalo se je, da sta bistvena elementa odstopanja od pogodbenega obsega oz. investicijskega programa, čas in stroški. Pri stroških so klasificirali tiste, ki so bili prekoračeni do 10% , od 10 do 50%, ali pa več odstotkov od osnovne finančne konstrukcije. Pri času so klasificirali tiste, ki se končujejo predčasno in tiste z zakasnitvijo. Prav tako so iskali korelacije med časovnimi in stroškovnimi tolerancami.

Rezultati kažejo, da med opazovanimi projekti skoraj ni takšnih brez prekoračitve stroškov (precej tudi nad 50%), medtem, ko po kriteriju časa pretežni delež projektov prekoračuje roke. Iz rezultatov je razvidna posebna situacija na projektih AC, kjer so prekoračitve stroškov izdatne (vsi nad 10%, od tega 62% vseh projektov znotraj 50% in celo 38% projektov nad 50% prekoračitve proračuna !). Ob dejstvu, da je le 9% projektov v časovni zamudi in celo 56% projektov pred rokom, je možno sklepati, da so tako planirani termini in programirani

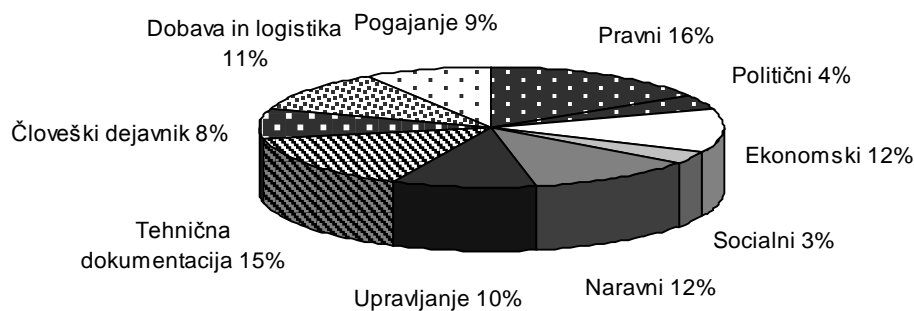
finančni obsegi, kakor na drugi strani pokrivanje premij za predčasno izgradnjo predimenzionirani.

Korelacije ostalih tipov projektov so razmeroma logične, vendar pa infrastrukturni objekti izkazujejo določeno neskladje med rezultati časa in stroškov. Gre za problem, da projekti, končani po planu in tisti pred rokom (skupaj 43% projektov) rezultirajo v 10% prekoračitev stroškov, deloma pa (vsaj 15% projektov) v večjo prekoračitev stroškov, vse do 50% pogodbenega finančnega obsega. Dopusten vzrok za takšno stanje je lahko tudi nenatančen ali pa preskromno programiran finančni obseg projektov s strani investitorja.

### **4.3.2 Izvor tveganja pri gradbenih projektih**

V splošnem so prekoračitve rokov in stroškov pri gradbenih projektih posledica nepredvidenih dogodkov, ki bi jih izkušeni projektni vodja morebiti lahko predvidel, ali pa so posledica predvidenih dogodkov, katerih negotovost ni bila primerno obravnavana. Vsi ti dogodki imajo svoj izvor tveganja, zaradi katerega se pojavijo. Čim prejšnje predvidenje izvora tveganja je zelo pomembno, saj se le tako lahko pripravimo in vplivamo na izvore tveganja, ter s tem aktivno upravljamo s tveganjem. Cilj je reducirati verjetnost nastopa tveganja, ki ima negativen vpliv na projekt. Velja pravilo, da prej kot začneš, večji je učinek in manjši so stroški. Torej moramo biti zelo pozorni na vse morebitne izvore tveganja. Pri določanju izvorov tveganja si lahko pomagamo s podatki o izvorih tveganj predhodnih projektov, s posveti med sodelavci in izkušenimi projektnimi vodji, z lastnimi izkušnjami, z izvori tveganja ugotovljenimi z raziskavami...

Ravno pomanjkanje uporabe postopkov za zapis vseh izvorov tveganj v pregledni in časovno jasni obliki, je eden od vzrokov za nezadostno obravnavanje tveganja v Sloveniji, zlasti pri gradbenih projektih. Podjetja se bolj zanašajo na lastne izkušnje in presojo, in le redko ovrednotijo negotovost in sistematično ocenijo projektno tveganje. Tudi če ocenijo tveganje, redko predvidijo posledice, ki so povezane s tveganjem. (Zupančič in dr., 2000)



Slika 9: Rezultati raziskav izvora tveganja v vzorcu 300 gradbenih projektov od leta 1995 do 1997 (Radujković, 2000)

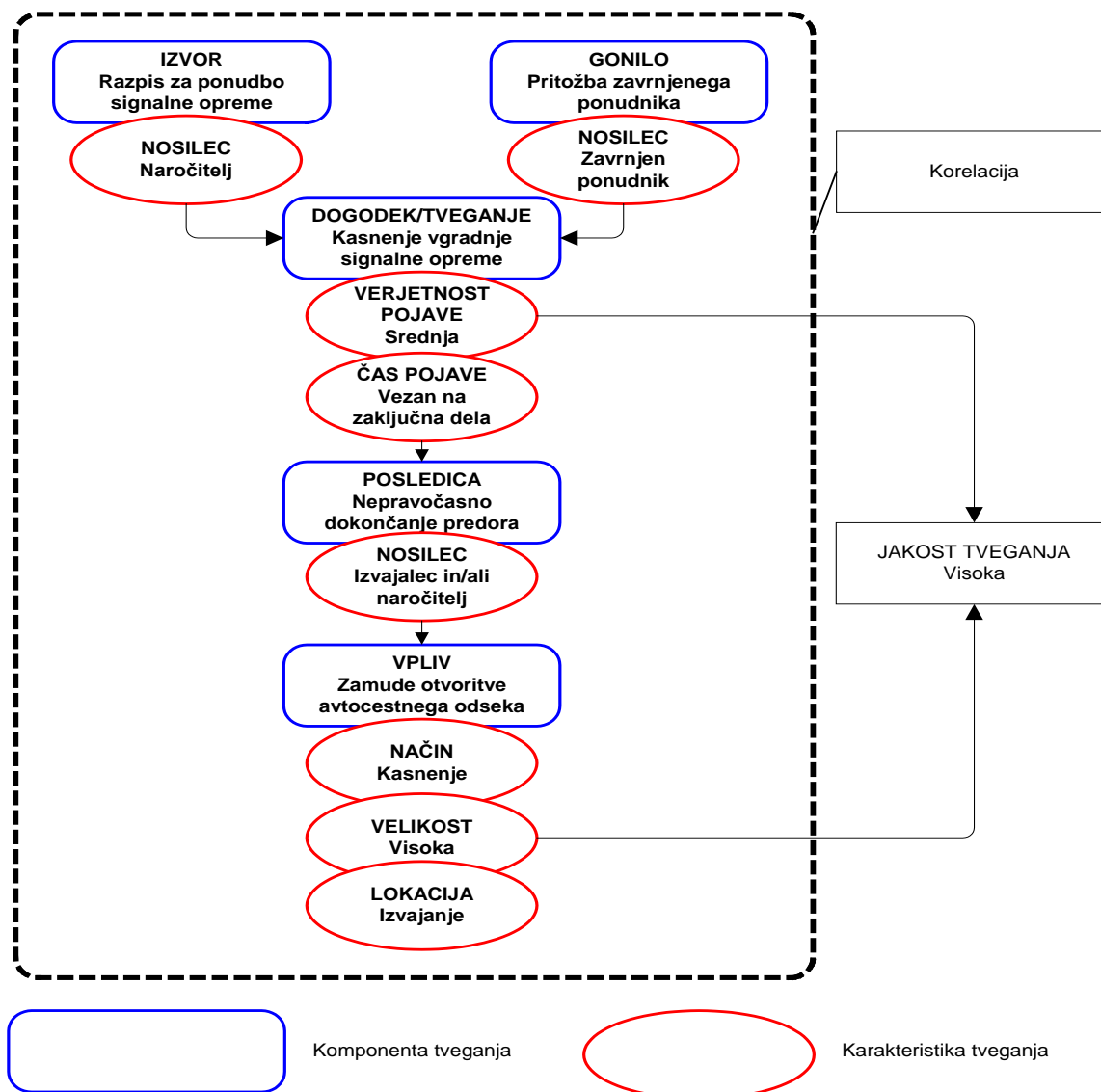
Baze podatkov o izvoru tveganja predstavljajo pomembno temeljno podlago za vsako analizo. Zato posvečajo v raziskavah tveganja v gradbenih projektih precejšen pomen izvoru. V ta namen na Hrvaškem od leta 1995 naprej pridobivajo podatke o različnih gradbenih projektih. Na 350-tih različnih gradbenih projektih je bilo ugotovljeno za leto 1995/96, da je pri 74% projektov prekoračen planirani rok in pri 69% projektov prekoračeni planirani stroški, kar skupaj predstavlja 2/3 vseh projektov. Prekoračitve planiranih rokov so zelo velike in z ekstremi znašajo približno 60%, medtem ko se prekoračitve stroškov gibljejo med 25% - 30%. Analiza je pokazala, da se delež notranjih izvorov tveganja, ki so posledica dogodkov znotraj projekta, giblje med 50% in 58%. Pet prevladujočih izvorov predstavljajo naravni vplivi, problemi lokacijskih in gradbenih dovoljenj, slaba priprava projektov, previsok optimizem kadrov, nerešeno financiranje projekta in nepopolnost tehnične dokumentacije. (Radujković, 2000)

V okviru zadnjih raziskav izvora tveganja na 107-mih gradbenih projektih med 1991-2001, so prevladovali štirje notranji izvori tveganja: projektna dokumentacija (57%), pogajanja (17%), organizacija in tehnologija (14%) in resursi (9%). (Radujković in Car-Pušić, 2003)

### 4.3.3 Model tveganja in interakcija tveganj pri gradbenih projektih

Model tveganja lahko nazorno predstavimo za primer iz gradbeništva.





Slika 10: Primer modela tveganja s področja gradbeništva

Na sliki 10, ki prikazuje primer modela tveganja s področja gradbeništva, je predstavljen zunanji izvor tveganja, in sicer pravni izvor tveganja, ki je pogosto prisoten pri gradbenih projektih, tudi v primerih javnih razpisov. Dogodek ali tveganje predstavlja kasnenje vgradnje signalne opreme predora. Izvor tveganja je javni razpis za ponudbo signalne opreme. Gonilo tveganja pa je pritožba zavrženega ponudnika. Posledica je nepravočasno dokončanje

predora, zaradi še ne-vgrajene signalne opreme. To vpliva na zamudo otvoritve novega avtocestnega odseka. Nosilec izvora je naročnik, nosilec gonila je zavrnjen ponudnik in nosilec posledice je izvajalec in/ali naročnik. Samo tveganje, katerega čas pojavitve je vezan na zaključna dela, ima srednjo verjetnost pojavitve. Ker je velikost vpliva visoka, verjetnost vpliva pa srednja, je jakost tveganja visoka.

Pri obravnavanju vsakega tveganja se moramo zavedati pomembnosti korelacij med tveganji in posledic njihove interakcije. Vsak izvor lahko ima več posledic in vsaka posledica lahko ima več izvorov in vplivov.

V navedenem primeru tveganja-kasnenje vgradnje signalne opreme predora, se vsekakor lahko pojavi več posledic in vplivov. Nepravočasno dobavljena signalna oprema lahko npr. vpliva na izvajalca, ki je pod pritiskom zamude, da v naglici naredi določene napake, kar zopet zakasni celoten projekt, saj je treba pri primopredaji oz. tehničnem pregledu, te napake odpraviti. Nadalje vpliva kasnejša otvoritev novega avtocestnega odseka na povečanje stroškov in izgubo prihodka, iz naslova pobiranja cestnine. Prav tako lahko ima posledica tega primera-otvoritev novega avtocestnega odseka, več izvorov tveganja. Tu je veliko možnih zapletov: ne pridobljena soglasja in lokalni predpisi, naravni faktorji (vdor vode, neugodna tla in geo-tehnične razmere...), nezanesljivost tehnologije, strojev, delavcev... Poleg tega na dokončanje celotnega odseka vpliva tudi potek del na drugih delih odseka. Kjer so predori so pogosto tudi viadukti, kjer je prav tako možnih več zapletov in izvorov tveganj; npr. burja lahko za določen čas onemogoči dela na viaduktu in poleg tega povzroči še škodo, ki jo je potrebno sanirati. Interakcija med tveganji pri gradbenih projektih je torej očitna.

Kompleksnost tveganja je pri gradbenih projektih bolj kot ne stalna spremljevalka projektov. Tudi možnost delovanja sinergije več rizikov hkrati, je dokaj verjeten pojav. Npr. pri vkopih nestabilnega pobočja, kar predstavlja prvi riziko, lahko dolgotrajno deževje povzroči plaz. Razmere se lahko še poslabšajo, če pride do potresa. Eden negativen dogodek lahko povzroči celo verigo zapletov. Ko gre nekaj narobe, je namreč velika verjetnost nadaljnjih posledic.

## 5 UPRAVLJANJE S TVEGANJEM

Upravljanje s tveganje lahko razumemo kot proces prepoznavanja, analiziranja in vrednotenja tveganja, ter odzivanja na projektna tveganja. Z upravljanjem tveganja skušamo v čim večjem obsegu zmanjševati verjetnost pojava tveganja oz. dogodkov, ki imajo negativen vpliv na uresničevanje ciljev projekta. Poskušamo vsaj omilit in omejiti negativne posledice in vplive na projektne cilje. Skratka, poskušamo obvladovati tveganje, kar pa ne pomeni da imamo tveganje pod nadzorom, saj gre za negotove dogodke. Z upravljanjem tveganja se pripravimo na morebitne negativne posledice negotovih dogodkov in poiščemo alternativne možnosti ukrepanja.

V literaturi zasledimo več različnih opredelitev faz upravljanja s tveganjem. Npr. po predlogu UMIST-a je obvladovanje tveganja ločeno na dve fazi:

- analiza tveganja; z delitvijo na kvalitativno in kvantitativno področje in
- upravljanje s tveganjem.

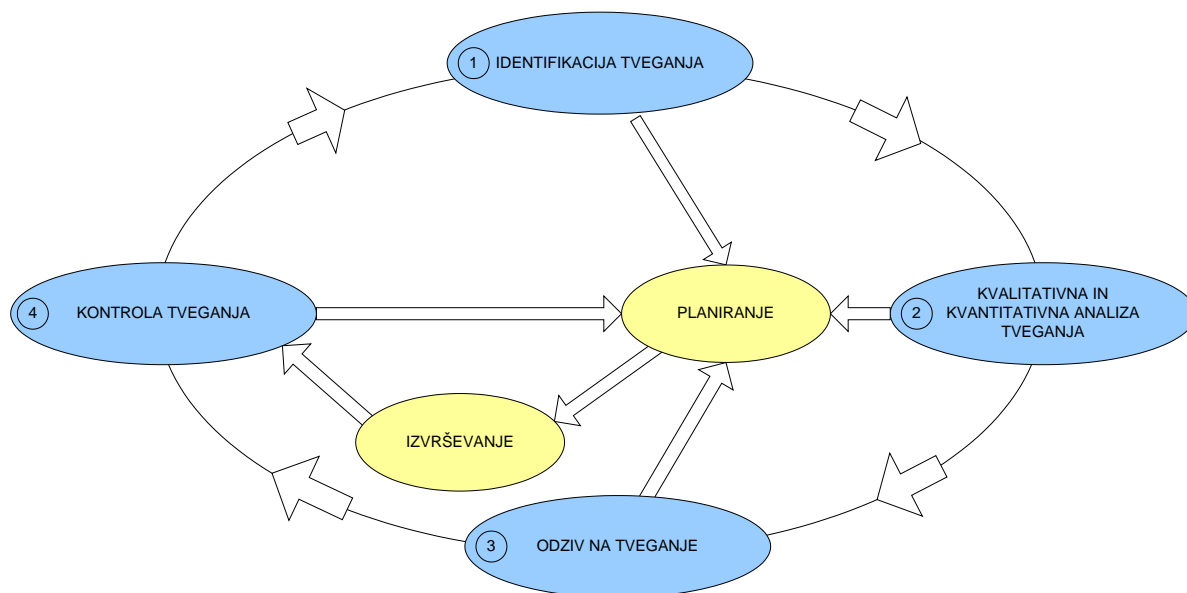
Po predlogu PMI-ja se upravljanje s tveganjem deli na štiri podfaze:

- identifikacija tveganja,
- kvantifikacija tveganja,
- razvoj odziva tveganju in
- kontrola odziva na tveganje.

Pri projektne managementu se predlog PMI-JA izkaže za dobro uporabnega. Pri planiranju projekta se v okviru analize tveganja izvede identifikacija tveganja, kvantifikacija tveganja in razvoj odziva na tveganje. Pri kontroli projekta, pa se med drugimi kontrolami izvede tudi kontrola odziva na tveganje.

Slika 11 prikazuje ključne faze upravljanja s tveganjem, ki jih zasledimo pri večini avtorjev. Vrsten red poteka: najprej identifikacija, kvalitativna in kvantitativna analiza, odziv in nato kontrola tveganja, je vsekakor logičen, vendar je treba poudariti, da se v praksi identifikacija, kvalitativna in kvantitativna analiza, ter odziv tveganja večinoma izvajajo sočasno, skupaj s

planiranjem. Planiranju sledi izvrševanje in temu kontrola tveganja oz. odzivov na tveganje. Celoten proces se ponavlja, saj se vedno pojavijo nepredvideni dogodki oz. poprej neidentificirana tveganja, pokaže se (ne)ustreznost predvidenih ukrepov za izločanje ali zmanjšanje tveganja...Skratka spremembe v planu so vedno prisotne in s tem se tudi proces upravljanja s tveganjem mora ponoviti.



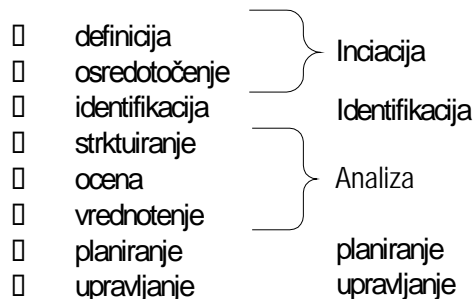
Slika 11: Upravljanje s tveganjem

## 5.1 Splošen (generičen) proces upravljanja s tveganjem

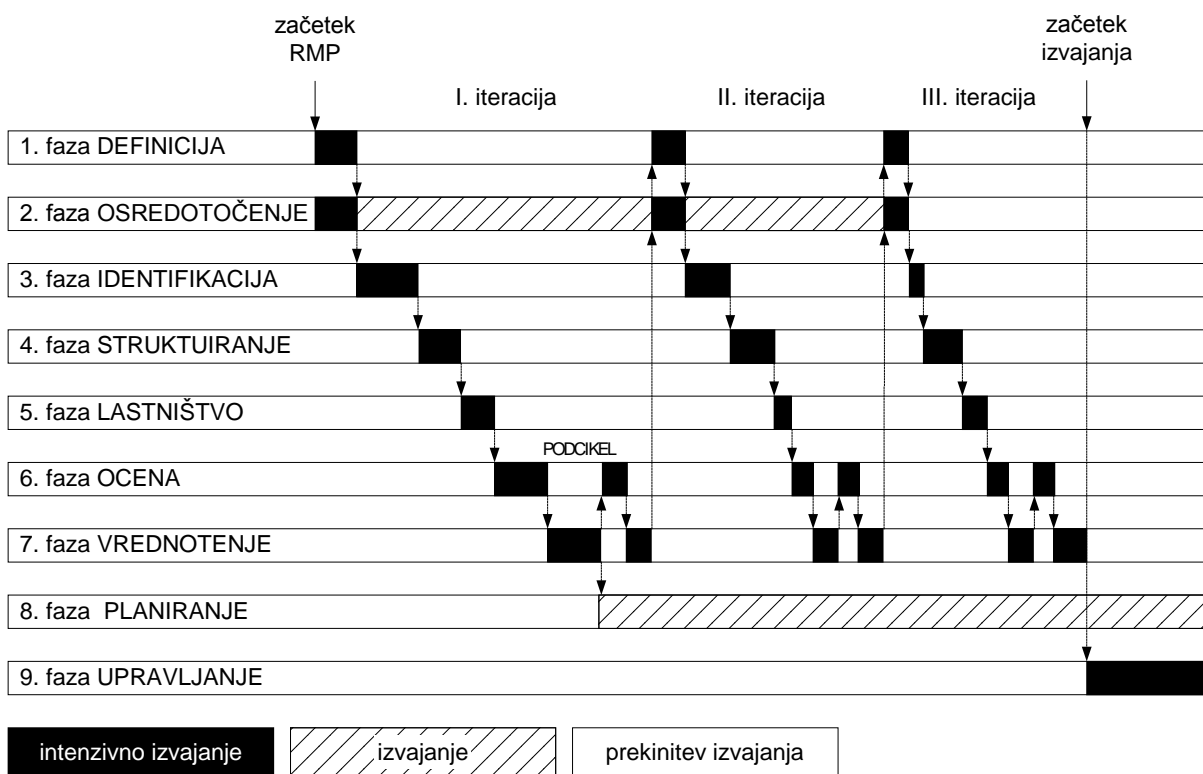
Zupančič in soavtorji (2000) so uporabili metodologijo, ki jo zastopa angleško združenje APM (Association for Project Management) oz. njen protagonist Chris Chapman, ki podaja najbolj generičen prikaz. Ta metodologija (PRAM – Project Risk Analysis and Management) predstavlja sintezo sorodnih metodologij in vsebuje vse pomembne vidike procesa upravljanja s tveganjem. Na njeni podlagi je možno graditi »skrajšane« oblike, prav tako tudi bolj detajlirane procese znotraj temeljnih devetih.

Metodologija opredeljuje devet temeljnih faz, enkrat začete faze pa se nadaljujejo paralelno s spreminjajočo se intenzivnostjo v iterativnem procesu notranje povezanosti med fazam. Vsaka faza je povezana z široko definiranimi rezultati oz. doprinosi. Vsak doprinos je obravnavan v

terminu njegovega namena in nalog, potrebnih za njegovo produkcijo. Pomembne spremembe v namenu ležijo na mejah med fazami.



Slika 12: 9 generičnih faz in njihovo možno združevanje v faze na višjem nivoju (Zupančič in dr., 2000)



Slika 13: Iterativni proces upravljanja s tveganjem (Zupančič in dr., 2000)

## 5.2 Upravljanje s tveganjem pri gradbenih projektih<sup>4</sup>

Splošno je upravljanje s tveganjem opredeljeno za vse vrste projektov. Pri predstavitvi upravljanja s tveganjem za gradbene projekte sem uporabila razdelitev faz, kot jih prikazuje slika 11 (identifikacija, kvalitativna in kvantitativna analiza, odziv in nato kontrola tveganja). Pri gradbenih projektih je zelo upravičeno upravljanje s tveganjem, in s tem tudi stroški povezani z upravljanjem. Pojav tveganja je v gradbeništvo praktično stalno prisoten, saj so spremembe in nepredvidljivosti neizbežne. Tudi dolgotrajnost, obsežnost in veliki finančni zneski gradbenih projektov govorijo v prid upravljanja s tveganjem.

### 5.2.1 Identifikacija tveganja

Identifikacija (odkrivanje) tveganja determinira vrste tveganja, ki lahko nastopijo v projektu, in njihove značilnosti. Tu ne gre za enkratni proces, temveč poteka identifikacija celoten čas projekta. Upoštevati moramo tako notranja kot zunanja tveganja. Notranja tveganja so tista, na katera lahko projektna ekipa vpliva ali jih celo kontrolira, medtem ko zunanja so pa tista, na katera nima vpliva. Lahko se ukvarja z identifikacijo po načelu vzrok-posledica (kaj se lahko zgodi in kaj sledi) ali pa po načelu posledica-vzrok (katere vzroke je potrebno upoštevati, glede na posledice in katere lahko zanemarimo). (PMI, 1996)

Identifikacija tveganja je odločilnega pomena za nadaljne faze upravljanja s tveganjem, saj kasneje veliko težje aktivno vplivamo na tveganje, če tveganja nismo predvideli in nanj nismo pripravljeni. Tudi ni smiselno analizirati nepravilno prepoznanih dejavnikov. Pri identifikaciji tveganja mora zato sodelovati čim več sodelujočih pri projektu: projektna skupina, manager, zunanji sodelavci, investitor.... Potrebno se je tudi zavedati kompleksnosti tveganja in prepoznati odvisnosti med tveganji, ki lahko vplivajo eno na drugo.

Osrednji namen identifikacije tveganja je poiskati razloge za tveganje oz. izvor tveganja, vključno z elementi, ki ga sprožijo. V slovenski in hrvaški literaturi je pogosto prikazana

---

<sup>4</sup> Pretežno povzeto po Burcar (2005), Jernejc (2002), Petrič (2005), Prelec (2005), Srdić (2005) in Radujković (2000).

preglednica izvorov tveganja z uporabo razdelitve na zunanje in notranje izvore tveganja pri projektu:

<b>ZUNANJI IZVORI TVEGANJA V PROJEKTU</b>				
1. PRAVNI	2. POLITIČNI	3. EKONOMSKI	4. SOCIALNI	5. NARAVNI
Lokalni predpisi	Spremembe	Ekonomska politika	Izobraževanje	Klima
Dovoljenja, soglasja	Volitve	Cene, takse	Sezonsko delo	Tla
Spremembe zakona	Vojna	Pogoji financiranja	Stavke	Požari
Standardi	Sporazumi	Valutni tečajji	Fluktuacija ljudi	Potresi, poplave
<b>NOTRANJI IZVORI TVEGANJA V PROJEKTU</b>				
6. UPRAVLJANJE	7. TEHNIČNA DOKUMENTACIJA	8. ČLOVEŠKI FAKTOR	9. OSKRBA IN LOGISTIKA	10. PRIDOBIVANJE POSLA
Nerealni cilj	Nepopolnost	Produktivnost	Dobava, nabava	Oblika pogodbe
Slaba kontrola	Netočnost	Odsotnost z dela	Nedoslednosti	Kratki roki
Tehnologija	Nedovršenost	Motivacija	Zanesljivost	Nerealna cena
Organizacija	Spremembe	Napake	stroja Pomanjkanje ljudi	Odnosi strank

Preglednica 1: Prikaz nekaterih glavnih skupin izvora tveganja v projektih s klasifikacijo zunanji / notranji (Radujković, 1997)

Pri gradbenih projektih so Zupančič in dr. (2000) opredelili vezanost glavnih izvorov tveganja (ne glede na naravo gradbenega projekta) na naslednje dejavnike:

- velikost objekta oziroma projekta,
- zapletenost del,
- pridobljene izkušnje,
- hitrost in obvladljivost projektiranja in gradnje,
- klimatske razmere in lokacijo,
- preoptimistične začetne cilje projekta po kriteriju čas/stroški in
- obstoj različnih omejitev v izvedbi projekta.

V istem delu so poudarili še pomembnost identifikacije tveganja kot podlago za določanje primerne organizacije dela, razpisnega postopka in oddaje del, sestavo primerne gradbene pogodbe in identifikacijo tveganjih mest v pogodbi. Ponudniki naj bi namreč prepoznali

vsebnost tveganja že v sami pogodbi. Za prepoznavanje tveganja in njegovo obravnavanje je vendarle na koncu odgovoren naročnik, ki ga motivira doseganje zelenih ciljev projekta.

### **5.2.1.1 Tehnike za identifikacijo tveganja**

Tveganja lažje prepoznamo in zberemo s pomočjo različnih tehnik in njihovih kombinacij. V različni literaturi<sup>4</sup> najpogosteje predstavljene tehnike identifikacije tveganja:

#### 1) Pregled dokumentacije

Pregled dokumentacije vključuje plane, projektne zahteve in domneve. Lahko je pokazatelj tveganja v projektu.

#### 2) Kontrolne liste in standardni vprašalniki

Pomagajo pri osredotočenju na identifikacijo dejavnikov in negotovosti. Standardni vprašalniki so osnovno orodje pri upravljanju s tveganji. Kontrolne liste pa so njihova poenostavljena oblika. Ker ne obstajajo univerzalni vprašalniki in kontrolne liste, jih moramo med seboj kombinirati, nadgrajevati in kombinirati še z drugimi orodji.

#### 3) Intervju

Vsebino intervjuja moramo vnaprej pripraviti. Opravimo ga s ključnimi prisotnimi osebami pri projektu.

#### 4) Obravnava problema s celotno projektno skupino

Izmenjava informacij je ključnega pomena za celoten projekt in identifikacijo tveganja. Najbolje je, da uvedemo redne sestanke projektne skupine.

#### 5) »Brainstorming« oz. možganski vihar

Predstavlja tehniko soočanja idej. Projektna skupina skupaj z različnimi strokovnjaki prepozna in kasneje analizira tveganja. Vsakdo lahko pove svoje zamisli, ki se nato dopolnjujejo in ocenjujejo. Namen je zbrati čim bolj obsežen seznam tveganj, ki se



identificirajo in kategorizirajo. Problem pa nastane, če bolj odločne osebe vplivajo na druge in jim vsilijo svoje mnenje.

#### 6) Delfi tehnika

Ta tehnika odpravlja omenjeno slabost možganskega viharja, saj je udeležba anonimna. Ne dopušča se pristranskost in neprimeren vpliv posameznega udeleženca na rezultate. Zberejo se namreč vsi odgovori vseh udeležencev in se posredujejo strokovnjakom za nadaljnje komentarje. Takšen krog se lahko večkrat ponovi, dokler se z zbranimi podatki vsi ne strinjajo.

#### 7) »Brainwriting«

To je tehnika zapisovanja zamisli. Vsak udeleženec zapiše na list najmanj tri zamisli, nakar list poda sosedu. Vsakdo prebere zamisli preostalih sodelujočih, ter jih dopolni s svojimi naknadnimi predlogi. Listi se izmenjujejo dokler se krog ne zaključi. Zbrane predloge se zapiše na skupni seznam, ki ga ocenijo vsi udeleženci. »Brainwriting« se lahko izvede e-pošto. Vodja pripravi nekaj predlogov, jih pošlje sodelavcem, ki pripišejo svoje ideje, in jih nato vodja uredi in znova razpošlje.

#### 8) Ustanovitev e-foruma

Za ustanovitev mora poskrbeti vodja. Dolžen je odpirati teme, urejati vsebino in obveščati sodelavce, ki so dolžni posredovati svoja mnenja. Kadar je potrebno zagotoviti anonimnost, je ena od možnosti klasičen poštni nabiralnik, za posredovanje posameznih mnenj.

#### 9) Vključevanje zunanjih specialistov

Zunanji specialisti imajo potrebne izkušnje in lahko pomagajo pri našem problemu. Težava je v času, ki ga potrebujejo za proučitev projekta.

#### 10) Različni diagrami poteka

Diagrami poteka prikazujejo povezavo različnih elementov sistema in pripomorejo pri razumevanju vzrokov in posledic tveganj.

#### 11) Računalniško podprti sistemi za identifikacijo tveganja

Računalniško podprti sistemi v obliki podatkovnih baz omogočajo hitro in natančno obdelavo problema.

Obstaja še več tehnik ugotavljanja tveganja in vrsto podatkov s katerimi si lahko pomagamo. Podatki že izvedenih podobnih projektov so lahko precej koristni pri odkrivanju možnih tveganj. Takšne podatke lahko pridobimo npr. iz tehnične dokumentacije izvedenih projektov, od sodelujočih pri podobnih projektih ali iz baz podatkov o tveganjih.

Po PMI si lahko pomagamo tudi z rezultati planov projektov z drugih področij, za določanje tveganj, ki so skupna pri vseh projektih (npr. pri planu osebja, pri hierarhični razdelitvi dela...). Sicer pa navajajo, da ima vrsta produktov projekta (viadukt, cesta, stolpnica,...) velik vpliv na identifikacijo tveganja. Projekti osnovani na preizkušeni tehnologiji, npr. ceste, so podvrženi manjšemu tveganju, kot tisti, ki v projekt vnašajo novosti ali inovacije, npr. tuneli.

### **5.2.1.2 Rezultati identifikacije tveganja in priprava registra tveganja**

Praktični cilj procesa je odrejanje 5 do 10 glavnih izvorov tveganja in opis prvega približka njihovih posledic na projektne stroške in časovne roke. Pri tem je potreben istočasni nastop dveh pomembnih karakteristik: verjetnost in škodljivost posledic nastopa tveganega dogodka. (Radujković, 2000)

Namen identifikacije tveganja je torej prepoznavanje, ki mu nato sledi ovrednotenje tveganja glede na vplive in posledice. Tveganja rangiramo in izberemo določeno oz. potrebno število največjih tveganj, za katere se izdelava plan ukrepov.

Pri identifikaciji tveganja pripravimo register tveganja, ki ga pozneje dopolnimo z rezultati analize tveganja, določenimi odgovornostmi in prioritetami. V fazi prepoznavanja tveganja vsebuje register tveganja rezultate identifikacije:

- izvor vzroka tveganja (osnovni pogoji ali dogodki, ki povzročijo prepoznavanje tveganj),
- sprožilci oz. znaki tveganja, ki pokažejo, da bo prišlo do tveganja,

- seznam potencialnih odzivov na tveganja,
- seznam prepoznanih tveganj ( vsebuje identificirana tveganja, njihove izvore vzrokov in vplive, ter določitev oseb, odgovornih za nadaljnje analize, reakcije in upravljanje),
- seznam kritičnih tveganj, s pomočjo katerega izdelamo seznam prioritet, ki vsebuje največja tveganja po kriteriju kritičnosti, za katere se izdelata plan ukrepov,
- posodobljene vrste tveganj (nova tveganja, ki jih prepoznamo pri procesu prepoznavanja tveganj ali celo kasneje pri nadaljnjem upravljanju s tveganji).

Po identifikaciji tveganja se pristopi k analizi, kjer se koristijo enostavni postopki direktnih ocen, rangiranja in primerjave opcij, ter izdelave variantnih scenarijev delovanja od 5 do 10 glavnih izvorov, ki se bodo detajlno obdelovali v kvantifikaciji tveganj ali kvantitativni analizi. Za ta del analitike so potrebne izkušnje, intuicija in obvladovanje baze podatkov o tveganju izvedenih podobnih projektov in pogojev njihove izvedbe.

Iz praktičnih razlogov se te dejavnosti pogosto izvaja časovno usklajeno s kvantitativno analizo. (Radujković, 2000)

### **5.2.2 Kvalitativna analiza tveganja**

S pomočjo kvalitativne analize se določijo prioriteta tveganja za nadaljnjo analizo. Identificiranim tveganjem se pripiše verjetnost tveganja in ocena vpliva, če dejansko pride do tveganja. Najprej je potrebno opredeliti verjetnost in vpliv tveganj, nato se na podlagi le-teh opredelitev izdelata matrika verjetnosti in vpliva. V okviru kvalitativne analize se ocenjuje tudi kvaliteta podatkov tveganja, določi se stopnja uporabnosti podatkov za upravljanje s tveganjem. Kvalitativna analiza je običajno hitra in stroškovno dokaj učinkovita ocena za določitev prioritet.

Opredelitev verjetnosti tveganja ( možnost, da se predviden dogodek oz. tveganje uresniči) in vpliva tveganja (možne posledice, ki lahko vplivajo na cilje projekta) se izvede za vsak projekt in za vsako tveganje posebej. Za te opredelitve so potrebne izkušnje in primerjave s čim več opredelitvami tveganj in vplivov pri podobnih projektih oz. tveganjih. Verjetnost tveganja in stopnja vpliva tveganja sta lahko predstavljeni opisno (zelo nizko, nizko, srednje,

visoko, zelo visoko) ali numerično (od 0 do 1; z natančnostjo, ki običajno ni večja od 0.05). Vrednosti verjetnosti se gibljejo od skoraj neverjetnih do skoraj gotovih vrednosti. Stopnja vpliva označuje pomembnost negativnega ali pozitivnega vpliva, če gre za priložnost.

Z matriko verjetnosti in vpliva tveganja prikažemo pomembnost tveganja. Takšno matriko lahko imenujemo tudi matrika za oceno jakosti tveganja, saj je produkt verjetnosti in vpliva tveganja ravno jakost tveganja, ki jo lahko podobno kot verjetnost in vpliv tveganja prikažemo numerično (zmnožek verjetnosti in vpliva tveganja) ali opisno (jakost tveganja se določi kot nizka, srednja ali visoka, glede na vrednost verjetnosti in stopnjo tveganja-preglednica 2). Najbolje je, če matriko ocene jakosti tveganja predstavimo numerično in opisno hkrati (preglednica 3). Pri čemer se moramo zavedati relativnosti opisnega določanja verjetnosti, vpliva in jakosti, saj lahko imajo različna podjetja in posamezniki dokaj drugačno toleranco in odnos do tveganja.

		VERJETNOST		
		Nizka	Srednja	Visoka
VPLIV	Nizek	N	N	S
	Srednji	N	S	V
	Visok	S*	V	V

Preglednica 2: Matrika opisne ocene jakosti tveganja (Burcar, 2005)

		VERJETNOST				
		ZN (0,1)	N (0,3)	S (0,5)	V (0,7)	ZV (0,9)
VPLIV	ZN (0,05)	0,005	0,015	0,025	0,035	0,045
	N (0,1)	0,01	0,03	0,05	0,07	0,09
	S (0,2)	0,02	0,06	0,1	0,14	0,18
	V (0,4)	0,4	0,12	0,2	0,28	0,36
	ZV (0,8)	0,08	0,24	0,4	0,56	0,72

Preglednica 3: Matrika opisne in numerične ocene jakosti tveganja (Burcar, 2005)

Oceno tveganja lahko izrazimo s podatkom o prilagodljivosti tveganja projektu. Podatek kako lahko tveganje prilagodimo ali ne, nam da koristen napotek kako obravnavati posamezno tveganje, in sicer ali ga lahko zanemarimo ali pa prilagodimo ali ga ne moremo ustrezno prilagodit, in ga je potrebno izvreči ali transformirati. Na preglednici 4 je v matrični obliki prikazana ocena prilagodljivosti tveganja in podana razlaga posamezne ocene prilagodljivosti tveganja.

VPLIV VERJETNOST	PRILAGODLJIVOST TVEGANJA				
	ZN	N	S	V	ZV
ZN	Zanemarljivo	Zanemarljivo	Prilagodljivo	Prilagodljivo	Zahtevno
N	Zanemarljivo	Prilagodljivo	Prilagodljivo	Zahtevno	Zahtevno
S	Prilagodljivo	Prilagodljivo	Zahtevno	Zahtevno	Neprilagodljivo
V	Prilagodljivo	Zahtevno	Zahtevno	Neprilagodljivo	Neprilagodljivo
ZV	Zahtevno	Zahtevno	Neprilagodljivo	Neprilagodljivo	Neprilagodljivo
Legenda					
Neprilagodljivo	Tveganje se mora izločiti ali transformirati.				
Zahtevno	Če je mogoče je potrebno tveganje izločiti, potrebnoj je detaljno prečevanje in ocena koristnosti v primerjavi s stroški, ter odobritev uprave.				
Prilagodljivo	Tveganje je prilagodljivo z ustreznim planom upravljanaja.				
Zanemarljivo	Ni potrebna nadaljna pozornost.				

Preglednica 4: Matrika ocene prilagodljivosti tveganja (Burcar, 2005)

Podatki pridobljeni s kvalitativno analizo se vključijo v register tveganja, ki tako obnovljen vključuje:

- seznam prioritet projektnih tveganj (matriko verjetnosti in vpliva se lahko uporabi za klasifikacijo tveganja po njegovi pomembnosti, lahko se tudi razdelijo prioritete ločeno po stroških, času,...),
- grupiranje po vrstah tveganja (tveganja so lahko kategorizirana po izvoru tveganja, po območju vpliva,...),
- seznam zahtevanih odzivov (tveganja razdelimo po nujnosti odzivov),
- seznam tveganj za nadaljnjo analizo in odzive in
- seznam za spremljanje tveganj z nižjo prioriteto.

### 5.2.3 Kvantitativna analiza

Po identifikaciji tveganj in običajno tudi po kvalitativni analizi, pride na vrsto kvantitativna analiza, ki numerično analizira vpliv vseh prepoznanih tveganj na projekt s pomočjo različnih orodij in tehnik.

Cilji kvantifikacije tveganja:

- dognati/domnevati/oceniti vplive in možnost pojavljanja vsakega izmed dejavnikov,
- določiti celotno medsebojno zvezo med dejavniki, ki ogrožajo in promovirajo projektni cilj (t.j. uravnoteženje med tveganji in priložnostmi) in
- določiti pomen vpliva individualnih dejavnikov na skupni izid.

Preden j pričen mo z uporabo orodij oz. tehnik za kvantifikacijo, moramo določiti:

- toleranco do tveganja,
- stroškovno oceno in
- oceno trajanja aktivnosti.

Toleranca in odnos do tveganja sta lahko zelo različna in odvisna od finančnega stanja podjetja, njihovih stališč...Z ozirom na toleranco moramo postaviti meje tako za podatke, kot tudi za rezultate kvantifikacije tveganja. Stroškovna oceno je praviloma potrebno izraziti v denarni enoti, saj je to kvantitativna ocena vseh porabljenih sredstev za zaključitev aktivnosti. Ocena trajanja aktivnosti poda kvantitativno oceno števila delovnih ur oz. obdobji, za dokončanje aktivnosti.

#### 5.2.3.1 Tehnike za kvantifikacijo tveganja

Kvantifikacija oz. kvantitativna analiza običajno uporablja zapletene modele in tehnike, ki večinoma zahtevajo podporo računalnika. Matematični modeli in tehnike analize tveganja ne odločajo, temveč pomagajo pri odločitvah. Kakovost in uspešnost podpore pa zavisi od točnosti vhodnih podatkov, realnosti predpostavk in veščine analitika oz. kadra. Na izbor posamezne tehnike vplivajo velikost in vrsta projekta, kakovost in količina razpoložljivih

informacij, izkušnost in sposobnost analitika, ter okoliščine (čas analiziranja, zahtevana kakovost rezultatov,...). (Radujković, 2000)

V različni literaturi<sup>4</sup> najpogosteje predstavljene tehnike kvantitativne analize:

#### 1) Premija za tveganje

To je zelo enostavna metoda. Oцени se sredstva potrebna za pokritje morebitnih posledic tveganja. V gradbenih projektih se metoda premije dokaj pogosto uporablja, čeprav so priporočene in primernejše tehnike kot npr. analiza verjetnosti in občutljivosti.

#### 2) Pričakovana denarna vrednost

Pričakovana denarna vrednost predstavlja produkt verjetnosti tveganja in velikosti posledic. To je analiza denarne vrednosti po delih projekta. Večinoma se uporablja za nadaljnje analize, npr. pri drevesu odločanja. Sicer je za analizo stroškov in terminskega plana bolj uporabiti simulacijo, saj poda točnejše podatke.

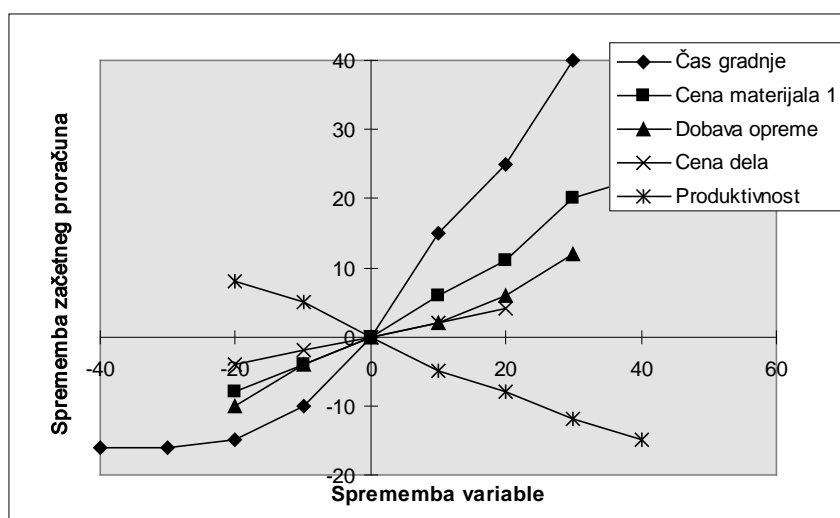
#### 3) Analiza z odločitvenim drevesom

Drevo odločanja opisuje obravnavano odločitev in posledice izbire ene ali druge možne alternative. Prikazuje vsako možno izbiro in možen potek dogodkov. Predstavlja torej različne poti po katerih lahko pridemo do cilja, in nudi grafično pomoč pri povezovanju informacij. Pri samem postopku je najprej potrebna razčlenitev problema, nakar se ocenijo verjetnosti tveganj in posledice, da lahko izmed vseh možnosti izberemo optimalno rešitev. Ta metoda je uporabna zlasti pri projektih z medsebojno odvisnimi vzroki tveganja, in v nezanesljivih pogojih in okoljih. Ponavadi se uporablja za proučevanje stroškov. Uporabljajo jo izvajalci pri izbiri metod gradnje, pa tudi investitorji, ko se odločajo o novih investicijah.

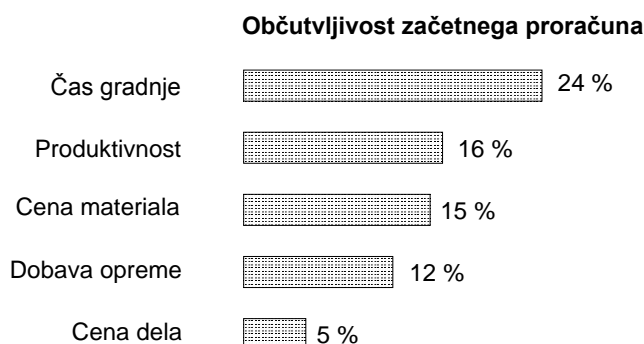
#### 4) Analiza občutljivosti

Analiza občutljivosti poskuša prikazati učinek spremembe posamezne spremenljivke na projekt. Ocenjuje se sprememba rezultata glede na spreminjanje določene spremenljivke, ki ima podan razpon vrednosti. Ta metoda se uporablja zlasti za spremenljivke na katere je projekt najbolj občutljiv in za spremenljivke, ki imajo precejšen vpliv na čas in stroške. Pomaga določiti tveganje oz. spremenljivko, ki ima največji vpliv na projekt.

Pri proučevanju vpliva več spremenljivk na projekt, je grafični prikaz (slika 14) najbolj nazoren, saj so rezultati in primerjave občutljivosti hitro razvidni. Nazoren prikaz rezultatov dobimo tudi s pomočjo tornado diagrama, pri katerem preračunamo v odstotke vpliv posamezne spremembe spremenljivke oz. občutljivost določenega projektnega cilja na spremembo te spremenljivke (slika 15). Pomanjkljivost te tehnike so omejene možnosti analiziranja delovanja več spremenljivk hkrati. Sicer pa je primerna za ocenitev vplivov spremembe posamezne spremenljivke na projekt, in je uporabna pri vseh vrstah gradbenih projektov.



Slika 14: Analiza občutljivosti spremembe začetnega proračuna na določene spremenljivke  
(Radujković, 2000)



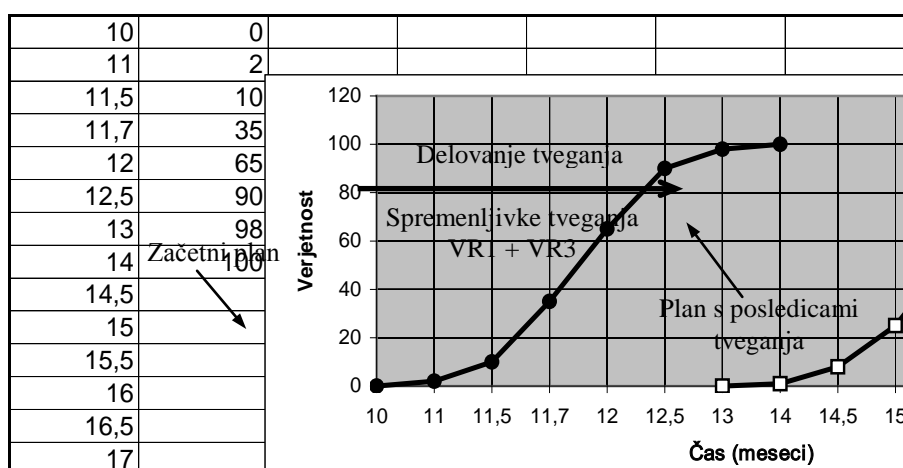
Slika 15: Tornado diagram za občutljivost začetnega proračuna na spremembe različnih aktivnosti (primer iz slike 18 predstavljen s tornado diagramom)



### 5) Analiza verjetnosti

Omejenost in pomanjkljivost analize občutljivosti, analiza verjetnosti nadgrajuje tako, da točno določa verjetnostno porazdelitev za vsako spremenljivko in nato proučuje situacije v katerih lahko vsaka ali vse spremenljivke istočasno menjajo svoje začetne vrednosti. Zaradi pomanjkanja statističnih podatkov, se priporoča risanje enostavnih porazdelitvenih krivulj za obseg, ki ga spremenljivki določimo. Ko nimamo dovolj podatkov in je neka vrednost v določenem razponu verjetnejša od drugih, uporabimo porazdelitev v obliki trapeza ali pravokotnika (sicer imamo na razpolago še vrsto drugih razporeditev npr. beta, trikotna,...). Razponi za številne časovne in stroškovne elemente ocene gradbenega projekta z večjo verjetnostjo, naj se nagibajo proti prekoračitvam. Analiza verjetnosti se lahko, odvisno od uporabljenega mrežnega modela in zahtevanih rezultatov, izdela:

- samo za čas (razpon vrednosti je v tem slučaju, namenjen samo trajanju posamezne aktivnosti, tako da so prikazani verjetni datumi za doseganje določenih ciljev in nakazana verjetnost, da določena aktivnost postane kritična),
- samo za stroške (razpon vrednosti je v tem slučaju namenjen stroškom za vsako posamezno aktivnost, tako da so prikazane verjetnosti doseganja v naprej določenih finančnih merilih),
- povezano za vse (razpon vrednosti je prikazan za porabljen čas, stroške in celo za sredstva). (Perry J.G., Hayes R.W., 1985)



Slika 16: Primer rezultatov analize verjetnosti za rok gradnje (Radujković, 2000)

Rezultati analize verjetnosti so občutljivi na izbiro razpona odstopanja posameznih spremenljivk v odnosu na izbiro oblike krivulje verjetnostne porazdelitve, ki smo jo izbrali za določeno spremenljivko. Določitev razpona odstopanja pa je lahko dokaj subjektivna. Drug problem se pojavlja pri ocenitvah nastopa tveganj v kombinaciji. V tem primeru se uporablja metodo vzorca. Analizo izvedemo nekajkrat zaporedoma, tako da izberemo slučajne vrednosti za vsako spremenljivko. Rezultat take popolne analize je razpon v katerem se lahko nahajajo končni rezultati, verjetnost doseganja takih rešitev se lahko prikaže z diagramom porazdelitve verjetnosti.

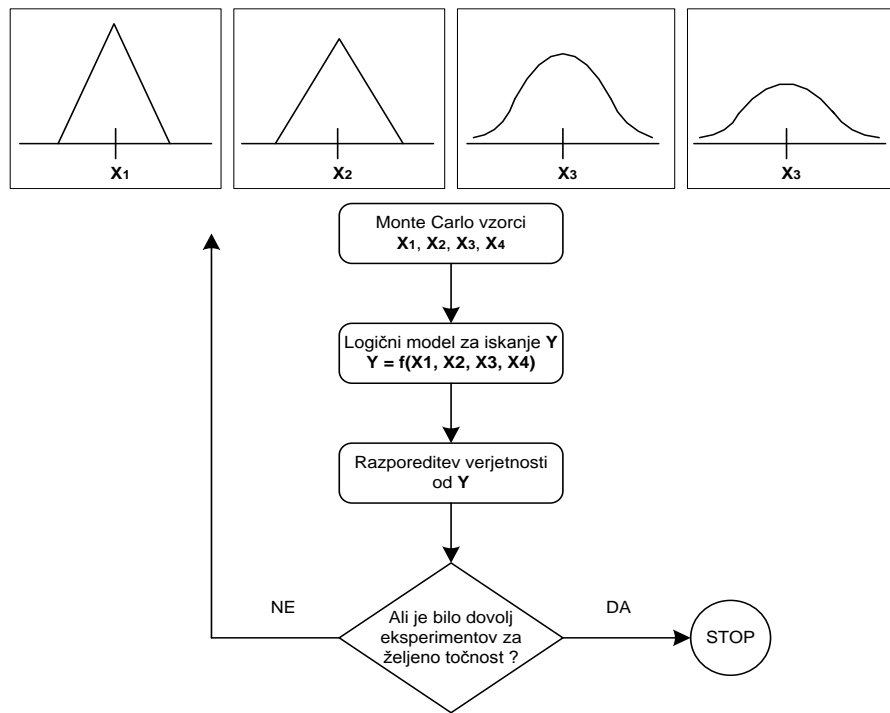
#### 6) Simulacija

Simulacija je stohastično odločanje s primerjavo probabilističnih rezultatov. Najbolj zastopana je metoda Monte Carlo, ki je osnovana na enostavni metodi verjetnostnih podatkov in je dokaj učinkovita.

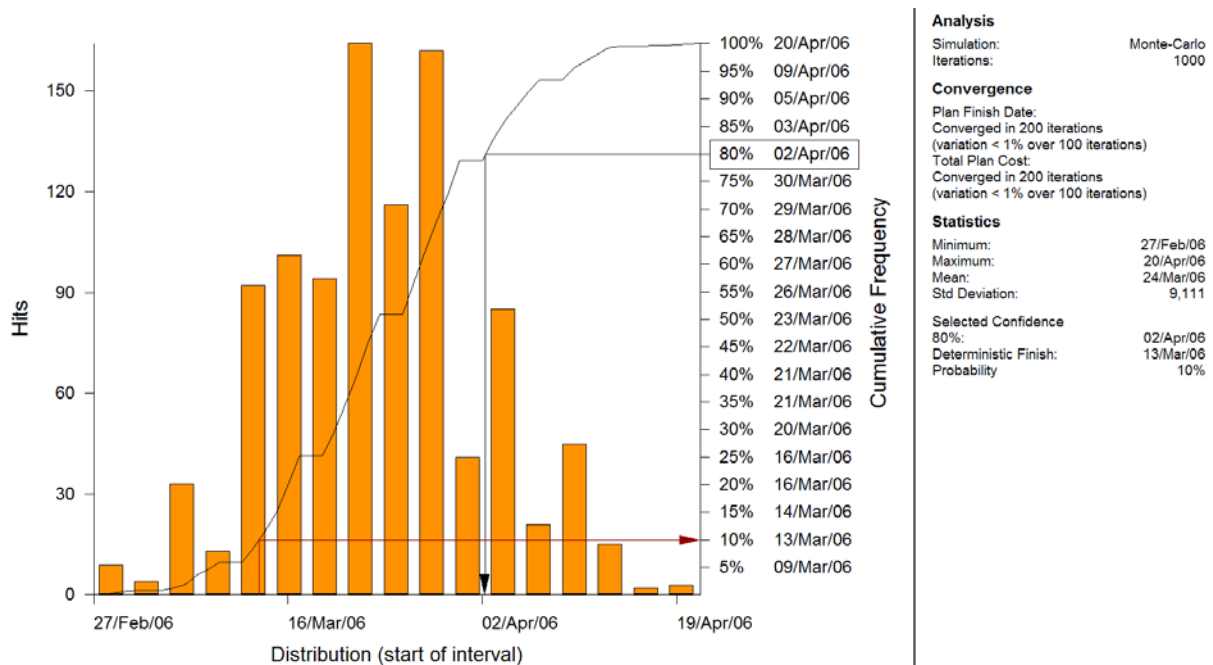
Na enostaven način je postopek metode Monte Carlo predstavil Rodošek (1985):

- 1)  $X_1, X_2, X_3$  in  $X_4$  so relevantne spremenljivke, ki vplivajo na kriterijsko spremenljivko. Pri tem se predpostavi ocenitev razporeditve verjetnosti (v gradbeništvu je najpogostejša beta porazdelitvena funkcija) za relevantne spremenljivke.
- 2) S simulacijo Monte Carlo se potem generira naključne spremenljivke  $X_1, X_2, X_3, X_4$  in se jim poišče ustrezno vrednost kriterijske spremenljivke  $Y$ .
- 3) Postopek se nadaljuje z drugim vzorcem naključnih spremenljivk  $X_1, X_2, X_3$  in  $X_4$ , ki se jim določi nove vrednosti  $Y$ . Ta postopek se ponavlja toliko časa dokler ni dovolj vrednosti  $Y$  za določitev ustrezne ocene za razporeditev kriterijske spremenljivke (slika 17). (Rodošek, 1985)

V simulaciji je torej postopek večkrat ponovljen in rešen z danimi vrednostmi, vsakič z drugačno naključno izbrano verjetnostjo. Postopek se ponavlja dokler ne dobimo verjetnostne porazdelitve rezultatov. Število ponovitev je odvisno od števila spremenljivk in od zahtevane stopnje natančnosti.



Slika 17: Simulacija Monte Carlo (Rodošek, 1985)



Slika 18: Po metodi Monte Carlo predvideno trajanje projekta (<http://www.pertmaster.com>)

Slika 18 predstavlja s pomočjo Pertmastra (računalniški program, ki je predstavljen v šestem poglavju) določeno predvideno trajanje projekta po metodi Monte Carlo. Rezultat predstavlja interval od minimalno potrebnega (optimističnega) časa za dokončanje projekta do maksimalno potrebnega (pesimističnega) časa za dokončanje projekta. Na podintervalu z največjo frekvenco se določi najverjetnejši rezultat oz. čas trajanja projekta.

## 7) Računalniški programi

Ob pravilni uporabi so zelo zanesljivi in primerni za analizo tveganj. Z njimi lahko uporabljamo kombinacijo več metod hkrati.

Tehnik analize tveganja je torej kar nekaj in med njimi se moramo odločati glede na vrsto, velikost in naravo projekta, glede na razpoložljive podatke, glede na okoliščine in pogoje, ki jih imamo, ter glede na naše znanje in sposobnosti. Pri tem ne smemo pozabiti na izkušnje, ki so zelo pomemben faktor, in če jih nimamo, moramo k sodelovanju povabiti izkušene konzultante. Na preglednici 5 so predstavljene primerjave tehnik kvantitativne analize tveganja in njihova uporabnost pri gradbenih projektih.

VRSTA ANALIZE		KARAKTERISTIKE	UPORABA V GRADBENIŠTVU
1	Premija za tveganje	Enostavna ocena sredstev za pokritje posledic delovanja tveganja	Stabilni pogoji.
2	Pričakovana denarna vrednost	Raziskave raznih scenarijev denarne vrednosti po delih projekta. Enostavna in subjektivna metoda.	Niz podobnih projektov.
3	Pričakovana neto sedanja vrednost (NSV)	Proračun NSV v nizu scenarijev. Enostavna in subjektivna metoda.	Niz podobnih projektov.
4	Prilagojena diskontna stopnja	Proračun razmerij stroškov pokritja tveganja in povečane stopnje denarnega povrata. Vključuje izpostavljenost tveganju in ukrepe proti tveganju.	Bankirstvo in investitorji.
5	Analiza z odločanjem	Struktura problema – ocena rizika in posledic – optimalno odločanje-izpeljava. Vključuje izpostavljenost tveganju in ukrepe proti tveganju.	V izrazito nezanesljivih pogojih in okolju.

6	Analiza občutljivosti	Hitrost analiziranja, obdelava majhnega števila informacij hkrati in možnost ročne metode. Ne daje probabilistično sliko izpostavljenosti tveganju.	Za odrejanje vplivov sprememb ene spremenljivke na celoto. Vse vrste gradbenih projektov
7	Analiza verjetnosti	Dobra mera izpostavljenosti tveganju, fleksibilen model, korelacije komponent sistema. Potreben je računalnik. Simulacija	Vse vrste izpostavljenih gradbenih projektov.
8	Stohastično odločanje	Subjektivna primerjava probabilističnih rezultatov.	Informativna preverba in primerjava rezultatov.
9	Računalniški programi za kvantitativno analizo	Zelo zanesljiva – uporablja kombinacije zgoraj naštetih tehnik.	Vse vrste gradbenih projektov.

Preglednica 5: Primerjava tehnik kvantitativne analize tveganja (Radujković, 2000)

Register tveganja ponovno dopolnimo, in sicer z naslednjimi komponentami:

- verjetnostno analizo projekta,
- verjetnostjo doseganja časovnih in stroškovnih ciljev in
- seznamom prioritiet.

### 5.2.3.2 Odziv na tveganje

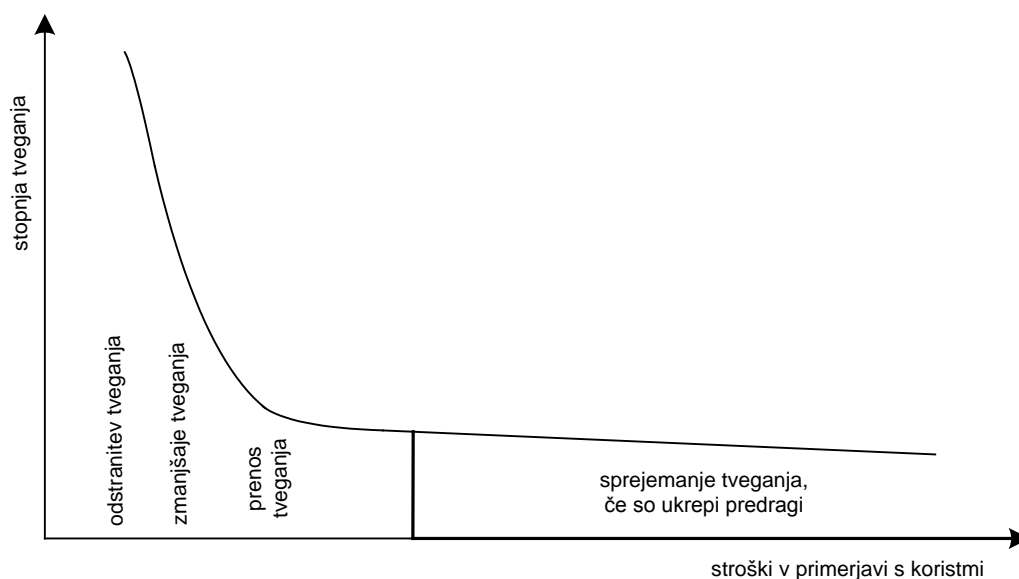
Namen planiranja odzivov na tveganja je določitev možnosti zmanjšanja negativnih vplivov na projekt-groženj, kot tudi povečanje pozitivnih vplivov-priložnosti. Za pričetek planiranja odziva na tveganje potrebujemo podlago, ki jo pridobimo s kvalitativno in kvantitativno analizo. Lahko pa se možni odzivi odkrivajo že tekom analiziranja tveganja.

Odzivi na tveganje oz. ukrepi zmanjševanja tveganja in njegovih vplivov so povezani s stroški, ki so pri večjih posledicah večji. Pomembno je tudi kdaj v življenjskem ciklu projekta se odzovemo na tveganje. Običajno pomeni zgodnji odziv na tveganje nižji strošek.

Pri modeliranju odziva tveganju imamo na razpolago tri možnosti:

- pravočasno prepoznati, se izogniti ali zmanjšati delovanje rizika,
- preusmeriti tveganje na drugi subjekt zunaj ali znotraj projekta in
- prevzeti tveganje in eventualno izgubo. (Radujković, 2000)

Najugodnejše je gotovo, če tveganje pravočasno spoznamo in se mu imamo možnost izogniti. Najtežje pa je sprejeti odgovornost za tveganje na svoja ramena, še zlasti v primeru kasnejše izgube. Na žalost ni vedno v naši moči izbrati za nas najugodnejšo možnost odziva na tveganje. Lahko pa si v okviru možnih odzivov glede na stroške v primerjavi s koristmi ukrepov, pomagamo pri izbiri ukrepov. Na sliki 19 je krivulja, ki prikazuje kdaj naj glede na stopnjo tveganja in stroške v primerjavi s koristmi, določeno tveganje sprejmemo, prenesemo, zmanjšamo ali odstranimo.



Slika 19: Priporočljivi odzivi tveganja glede na stopnjo tveganja in stroške v primerjavi s koristmi (Burke, 1999)

### 5.2.3.3 Tehnike za razvoj odziva na tveganje

Za vsako kritično tveganje je potreben plan preventivnih ukrepov za njihovo odstranitev ali ublažitev, če se tveganje dejansko pojavi. Možnih je več strategij odziva na tveganje:

### 1) Planiranje ukrepov (izogibanje tveganju in ublažitev tveganja)

Načeloma se lahko tveganju izognemo z odstranitvijo vzroka. To lahko izvedemo na več načinov, odvisno od vzroka. Ponavadi se tveganju izognemo s spremembo aktivnosti ali njene izvedbe, z menjavo izvajalca, z vključitvijo ustreznih strokovnjakov, z ustrežnejšo metodo gradnje in projektiranja,...V glavnem vse spremembe pomenijo spremembe v planu in zahtevajo preplaniranje, ki je znova povezano s stroški. Z odstranitvijo tveganja torej povečamo stroške.

Ublažitev oz. zmanjšanje tveganja in njegovega vpliva lahko dosežemo z vrsto ukrepov, ki narekujejo optimalno upravljanje in koriščenje resursov v projektu. Za to je potrebna visoka strokovnost pri upravljanju s projektom in tveganjem, stalne analize vzrokov in posledic, ter redne kontrole. Sicer tveganja ublažimo npr. Z boljšo tehnologijo, opremo, s pomočjo strokovnjakov, s simulacijami,...

### 2) Prenos tveganja

Tveganje in odgovornost za odzive se prenese na tretjo osebo, torej izven projektne organizacije. Najpogostejši načini prenosa so (Perry J.G., Hayes R.W., 1985):

- od investitorja na izvajalca ali projektanta,
- od izvajalca na podizvajalca oz. kooperanta,
- od investitorja, projektanta, izvajalca ali podizvajalca na zavarovalnico in
- od izvajalca ali podizvajalca na garanta.

Pri gradbenih projektih je prenos tveganja vezan na pogajanja, kjer vsaka stranka skuša prenesti kompletno tveganje na drugega oziroma v končnem na zavarovalno družbo. Zaradi običajno velikega finančnega zalogaja gradbenih investicij, se hočejo vsi vpleteni rešiti bremena tveganja in posledic, ki jih prinaša. Zavarovanje je v gradbeništvu sicer običajno, a drago, ravno zaradi omenjenih razlogov. Možne pa so tudi posledice delovanja tveganja, ki se pokažejo šele po določenem času npr. preveliki posedki, povesi,...

### 3)Prezem tveganja

Tveganje se sprejme le kadar druge strategije odziva niso možne. To je v primeru previsokih stroškov prenosa in/ali previsokih stroških ukrepov odziva na tveganje. Izognitev in/ali

zmanjšanje tveganja včasih tudi nista možna, ne glede na stroške. Ponavadi prevzamemo tveganje kadar je verjetnost nastopa tveganja majhna ali kadar so posledice tveganja majhne, prenos tveganja pa drag. Ponavadi se osnuje rezerva za pokrivanje morebitnih posledic. Predvidijo se tudi ukrepi in časovna rezerva v primeru uresničitve tveganja.

#### 4) Izkoriščanje tveganja v primeru priložnosti

Tveganje s pozitivnim vplivom lahko izkoristimo. Zagotoviti moramo izkoriščenost priložnosti. Predčasno zaključitev projekta lahko npr. zagotovimo z večjo produktivnostjo dela. Z uvedbo boljše tehnologije, orodja,... lahko dosežemo tudi boljše kvaliteto od prvotno načrtovane. Cilj je povečati verjetnost in pozitivni vpliv priložnosti.

V praksi se pri odzivu na tveganje koristi kombinirani pristop, ki vključuje vse vrste odzivov, in naslednja strategija (Radujković, 2000):

- 1) Ugotovi se višina sredstev za reševanje tveganja z majhno verjetnostjo nastopa, kot posledica pa se pojavlja majhna izguba.
- 2) Opravi se prenos izbranih tveganj na dejavnike v projektu, ki jih lahko kontrolirajo ali izključijo, ali pa prenos na zavarovanje, če so stranke soglasne.
- 3) Določijo se strategije in razporeditve posledic za preostala pomembna tveganja, ki se ne dajo rešiti s prenosom, zavarovanje pa je drago.
- 4) Ugotovi se množica kontinuiranih dejavnosti za upravljanje s tveganjem v projektu, s ciljem izogniti se ali zmanjšati delovanje ostalih, novih in rezidualnih tveganj.

### **5.2.3.4 Rezultati odziva na tveganje**

Rezultati razvoja odziva na tveganje so:

- plan upravljanja s tveganjem in plan ukrepov,
- podatki za preostale procese upravljanja s projektom,
- potrebne rezerve za primer nastopa tveganja in
- pogodbeni sporazumi.



Pripravi se plan upravljanja s tveganjem, s prikazom procedur, ki naj bi se koristile pri upravljanju s tveganjem tekom projekta. V druga področja upravljanja projekta je potrebno vključiti predlagane plane ukrepov, ki določajo ravnanje ob morebitnem nastopu tveganja. Določiti se morajo ustrezne rezerve za ublažitev pri tveganju prekoračitve časa in/ali stroškov. Pripravijo in podpišejo se pogodbeni sporazumi med prisotnimi pri projektu in z posamezniki ali organizacijami izven projekta.

V register tveganja se dodajo določeni odzivi na tveganje.

#### **5.2.4 Kontrola odziva na tveganje**

S kontroliranjem tveganja spremljamo nova prepoznana tveganja in njihovo analiziranje, ter izvajanje ukrepov za ublažitev tveganj in ocenitev učinkovitosti odzivov na tveganje skozi življenjski cikel projekta. Namen kontrole je odziv na tveganja tekom projekta. Potrebna je namreč pozornost pri zaznavanju časa nastopa trenutnega tveganja in pri zaznavanju novih tveganj. Ko nastopi trenutno tveganje je treba nemudoma ukrepati in pričeti z izvajanjem planiranih odzivov. Med izvajanjem projekta pojavljena nova tveganja, pa je potrebno identificirati, analizirati in zanje pripraviti plan odzivov. Cikel upravljanja s tveganjem je treba ob pojavu sprememb ponoviti, zlasti ob novo odkritih kritičnih tveganjih (visoka verjetnost nastopa in velik vpliv posledic). Kontroli in iteracijam upravljanja s tveganjem se pravzaprav ni moč izogniti, saj ni možno prepoznati vseh tveganj in vplivov tudi pri zelo natančni analizi. Zavedati se moramo dejstva, da je vsak projekt in s tem tudi spremljajoče upravljanje s tveganjem, edinstveno in neponovljivo.

Pri kontroli tveganja in odzivov na tveganje ne moremo govoriti ravno o tehnikah kontrole v smislu strategij, omenjenih v predhodnih fazah upravljanja s tveganjem. Tu gre bolj za usmerjeno oz. določeno pozornost in temeljitost pri nadzoru. Posvetiti se je potrebno predvsem:

- kontroli pokazateljev tveganja in po potrebi uvesti preventivno določene ukrepe,
- preverjanju izvrševanja in ustreznosti trenutnih preventivnih ukrepov (lahko je potreben dodaten razvoj odziva na tveganje, če je učinek tveganja večji od ocenjenega in se planiran odziv izkaže za neprimerne; tudi v primeru

neplaniranega odziva pred nastopom tveganja je potreben dodaten razvoj odziva)  
in

- ponovni oceni in razvrstitvi vseh identificiranih tveganj, vključno z novo odkritimi.

Pri kontroli tveganja si lahko pomagamo s primerjavo v času kontrole doseženih napredkov s planiranimi, s pregledom seznama predpostavljenih tveganj( v pomoč pri odkrivanju novih), s sestanki, z analizo sprememb in razvoja, s ponovno oceno tveganja in z analizo primerjave porabljene rezerve s preostalim tveganjem (ugotovitev zadostnosti preostale rezerve).

Rezultati kontrole odziva na tveganje so vidni v obliki posodobitve plana upravljanja s tveganjem. Pomembni so popravki ukrepov odzivov na tveganje.

Po končani kontroli odziva tveganja moramo posodobit register tveganja. Ko je projekt zaključen se naredi zaključno poročilo, ki vsebuje (Stare, 2001):

- nabor tveganj, na katere smo se pripravili,
- nabor planiranih tveganj, ki so se dejansko zgodila,
- nabor nepredvidenih tveganj, ki so se zgodila,
- ukrepe, s katerimi smo se izognili tveganjem in
- ukrepe, ki so se izkazali za neprimerne.

## **6 PERTMASTER - RAČUNALNIŠKA PODPORA PROJEKTNEMU MANAGEMENTU IN UPRAVLJANJU S TVEGANJEM <sup>5</sup>**

### **6.1 Opredelitev programa Pertmaster in osnovnih pojmov**

Kot pove že samo ime Pertmaster, je Pertmaster osnovan na metodi PERT, ki je metoda planiranja z možnostjo izračuna trajanja projekta. PERT-»Program Evaluation Review Technique«-metoda ocene in kontrole programa, pri kateri je čas aktivnosti določen z verjetnostno porazdelitvijo. PERT je ena izmed metodologij mrežnega planiranja, poleg metod CPM (»Critical Path Method«)-metoda kritične poti, pri kateri je čas aktivnosti natančno definiran) in GERT (»Graphical Evaluation Review Technique«)-grafična metoda ocene in kontrole, ki je nadgradnja metode PERT). CPM uporablja za trajanje aktivnosti in za stroške le eno vrednost, običajno najverjetnejšo vrednost. Torej ne dopušča negotovosti in predpostavlja da so ocene trajanja aktivnosti in stroškov zanesljive. PERT pa dopušča negotovost, saj vključuje verjetnost, s katero se bodo dogodki izvršili. Vse tri metode (CPM, PERT, GERT) lahko obravnavamo kot metode kritične poti, saj je njihova skupna točka ravno metodologija kritične poti.

Kritična pot je zaporedje aktivnosti, katerih pomičnost je praviloma majhna oz. enaka določeni vrednosti, običajno ničli. To pomeni, da če zamuja aktivnost, katere pomičnost je enaka nič, bo zaradi tega v zamudi celoten projekt. Kritična pot je torej zaporedje kritičnih aktivnosti, ki določa trajanje projekta.

Prednosti uporabe metode kritične poti (Hauc, 1982):

- omogočajo sistematično planiranje in kontroliranje projekta,
- grafično nazorno prikažejo projektne aktivnosti in njihove medsebojne odvisnosti,
- omogočajo optimiziranje projekta z vidika trajanja aktivnosti, porabe sredstev in stroškov,
- omogočajo ugotavljanje verjetnosti za rok dokončanja projekta.

---

<sup>5</sup> Povzeto po Pertmaster Pomoč (PertmasterHelp), primeri so narejeni s programom Pertmaster 7.6

Pertmaster uporablja analizo kritične poti (»Critical Path Analysis«), katere temeljni del je logični mrežni diagram, na katerem so prikazane povezave med vsemi aktivnostmi projekta. Možen je izračun najzgodnejšega in najkasnejšega časa začetka in zaključka posamezne aktivnosti, ali celotnega projekta. Kritična aktivnost ima enak najzgodnejši in najkasnejši čas začetka in konca oz. rezervni čas nič. Ostale aktivnosti imajo določeni rezervni čas.

V Pertmastru je možno izvesti tudi analizo tveganja (»Risk Analysis«). Pri analizi tveganja se za simulacijo projekta uporablja metoda Monte Carlo, s katero se izračuna verjetnost rezultatov. Podrobneje je analiza tveganja predstavljena v poglavju 6.3.

Pertmaster je sicer povsem samostojen program, hkrati pa omogoča tudi uporabnikom najbolj razširjenih programov za podporo vodenja projektov - Primavera in MS Projecta, analiziranje tveganja pri projektih in določanje realnejših stroškov, potrebnih količin resursov in rokov zaključka projekta. S tem omogoči izdelavo realnejših planov. Pertmaster preračuna celoten projekt z upoštevanjem tveganja in dobljeni rezultati se lahko avtomatsko prenesejo v omenjena programa.

Ključna vprašanja pri upravljanju s tveganjem na katere nam Pertmaster lahko poda odgovore so sledeča:

- Kakšna (koliko procentov) je gotovost, da bo projekt zaključen, ob določenem roku?
- Kdaj bo projekt najverjetneje (z visoko verjetnostjo) in kdaj predvidoma gotovo zaključen?
- Katere aktivnosti so lahko najverjetnejši vzrok za zamudo ali prekoračitev stroškov projekta?
- Kaj, če...? (omogoča ugotavljanje vpliva posamezne spremembe npr. trajanja posamezne aktivnosti, verjetnosti njenega obstoja...na celoten projekt).

## **6.2 Opredelitev elementov v Pertmastru**

Pertmaster ima številne elemente, ki jih je potrebno izbrati, jim določiti različne lastnosti, medsebojne povezave...Potrebno je poznati opredelitev posameznega elementa, njegov

pomen, vlogo in lastnosti. Poznati moramo čimveč možnosti operiranja z njimi, da lahko prednosti programa maksimalno izkoristimo in dobimo čimbolj realne rezultate.

### 6.2.1 Aktivnost (»Activity, Task«)

Aktivnost je del projekta, ki je sestavljen iz zaporedja aktivnosti, ki se tekom projekta izvajajo. Vsaki aktivnosti lahko določimo najverjetnejše trajanje, najverjetnejše stroške in najverjetnejše potrebe po virih. Tveganje oziroma negotovost glede posameznih atributov aktivnosti lahko podamo v obliki stohastične vrednosti – s pomočjo verjetnostne porazdelitve vrednosti posameznega atributa (več o tem je v poglavju 6.2.4.2).

Pertmaster ponuja pet tipov aktivnosti:

- normalna aktivnost (»normal task«),
- združena aktivnost (»summary task«),
- mejnik (»milestone«),
- aktivnost spremljanja (monitor task) in
- krovna aktivnost (hammock task).

**Normalna aktivnost** predstavlja neko določeno aktivnost, ki časovno traja. Uporablja se za predstavitev posameznih aktivnosti kot npr. postavitve nosilnih sten, pokrivanje strehe...pri projektu izgradnje hiše.

**Združena aktivnost** je aktivnost, ki je sestavljena iz podaktivnosti in povzema njihove podatke (slika 20). Število podaktivnosti in njihovih nivojev ni omejeno. Združena aktivnost se uporablja za:

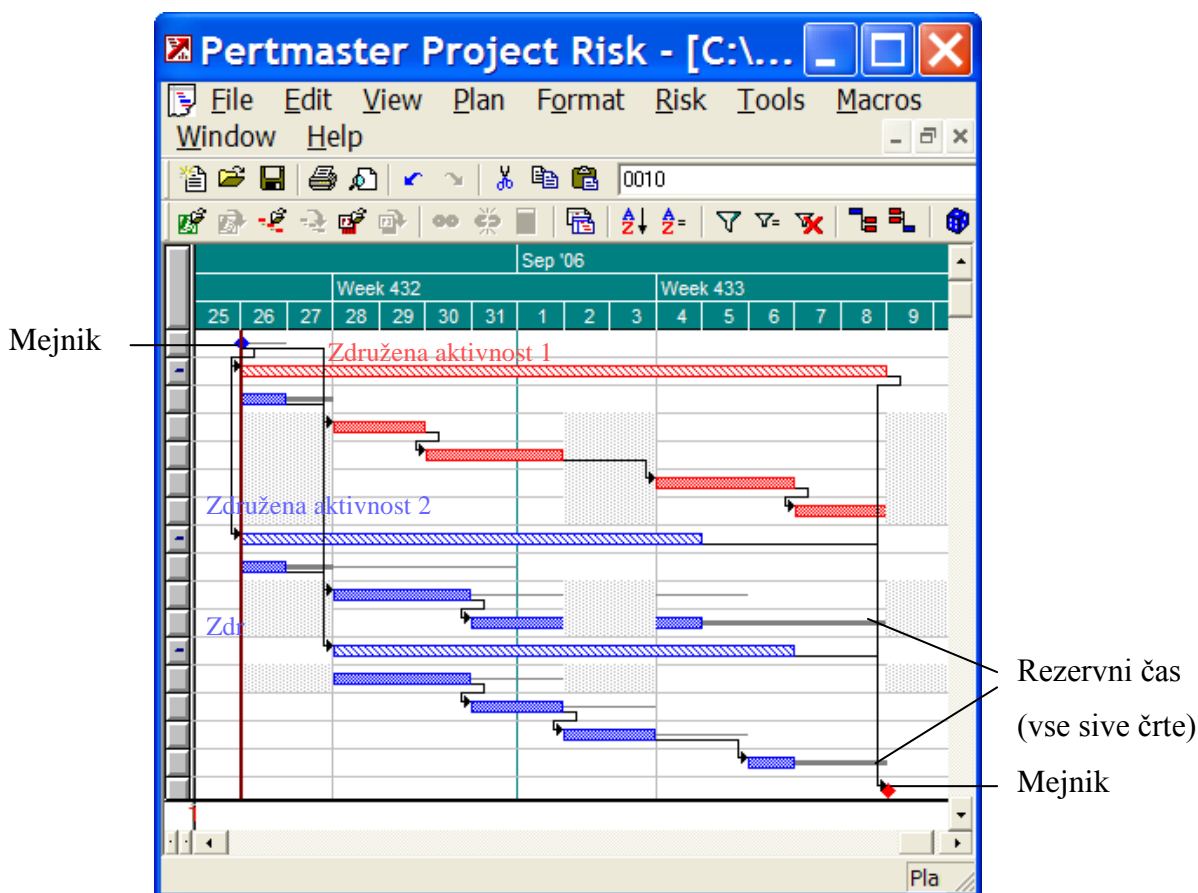
- prikaz podprojektov,
- lažji prikaz strukture plana,
- seštevanje virov in stroškov določene skupine aktivnosti oz. podaktivnosti,
- prikaz vpliva dodajanja in odvzemanja podaktivnosti oz. skupine podaktivnosti, na celoten projekt,

- prikaze začetka in konca trajanja določene skupine aktivnosti oz. podaktivnosti in
- ravnanje z viri, ki pripadajo podaktivnostim.

Združena aktivnost se lahko poveže z drugimi aktivnostmi.

**Mejnik** predstavlja pomemben datum ali dogodek v projektu. V bistvu je to normalna aktivnost, s trajanjem nič. Uporablja se lahko za:

- označevanje začetka in zaključka projekta,
- označevanje datuma začetka in konca faze projekta in
- označevanje datuma, ko morajo biti določene aktivnosti zaključene.



Slika 20: Logična shema, ki prikazuje aktivnosti in združene aktivnosti, povezave med njimi, rezervni čas nekaterih aktivnosti, ter kritičnost drugih (rdeče obarvane aktivnosti), ter mejnika začetka in zaključka projekta

**Aktivnost spremljanja** omogoča spremljanje začetka, konca in trajanja izbranih aktivnosti.

Podobna je združeni aktivnosti, a so med njima tudi pomembne razlike:

- aktivnosti vključene v aktivnost spremljanja so izbrane s filtrom,
- aktivnost spremljanja se ne more povezati z drugimi aktivnostmi in
- aktivnosti spremljanja ne moremo dodajati resursov.

Aktivnost spremljanja podaja za svoje aktivnosti naslednje informacije:

- najzgodnejši začetek in najkasnejši konec,
- celotne stroške in
- povprečen odstotek izvršitve.

**Krovna aktivnost** je aktivnost, s katero lahko opišemo attribute, ki so skupni določeni skupini aktivnosti. Z njo lahko prikažemo njihovo skupno trajanje. Omogoča vnos indirektnih stroškov, ki niso pripisani nobeni od aktivnosti v tej skupini in so npr. enakomerno razporejeni čez celotno trajanje izvedbe dejavnosti iz te skupine, npr. stroški postranske organizacije. Krovna aktivnost je lahko povezana z drugimi aktivnostmi. Začetek krovne aktivnosti je najzgodnejši datum začetka vseh aktivnosti, povezanih z začetkom krovne aktivnosti. Konec krovne aktivnosti je najpoznejši datum konca vseh aktivnosti, povezanih s koncem krovne aktivnosti. Trajanje krovne aktivnosti se torej avtomatsko prilagodi ( se podaljša ali skrajša) spremembam plana vsebovanih aktivnosti. Krovna aktivnost ne more računati rezervnih časov.

### **Ignorirane aktivnosti**

Posamezne aktivnosti pa lahko Pertmaster tudi ignorira, jim predpiše začetek aktivnosti v zadnjem hipu, ali jih celo določi kot vedno kritične aktivnosti. Ignorirano aktivnost («ignoring task») začasno izbrišem oz. so vse povezave s to aktivnostjo začasno odstranjene, viri in stroški te aktivnosti so ignorirani. To nam omogoča opazovanje vpliva ignorirane aktivnosti ali skupine ignoriranih aktivnosti, na trajanje projekta, na stroške, potrebo po virih...Skratka ignorirana aktivnost ni vključena v analizo tveganja in s tem lahko vidimo kako odstranitev oz. dodajanje določene aktivnosti vpliva na projekt. Vedno kritična aktivnost («always critical task») je tista, za katero sicer ni nujno, da ima vpliv na celoten projekt oz. da je resnično kritična. Z določitvijo vedno kritične aktivnosti pa vplivamo na kritičnost vseh naslednjih

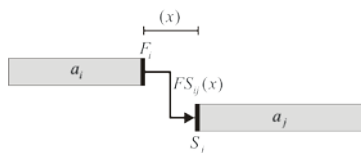
aktivnosti, ki ji sledijo. Določitev vedno kritične aktivnosti je uporabno npr. v primeru kontrole več projektov znotraj celotnega oz. skupnega projekta. Zadnjo aktivnost posameznega projekta določimo kot vedno kritično in s tem dobimo kritično pot za posamezen projekt. Možnost določanja začetka aktivnosti v zadnjem hipu (»just in time task«) se uporablja za odpravljanje izgubljenega časa med končano aktivnostjo in naslednjo aktivnostjo. S tem dosežemo, da se aktivnost, ki ji določimo pričetek v zadnjem hipu, začne kar se da pozno. Ta možnost je primerna npr. pri povezavi nabave materialov in aktivnosti, ki (pogosto šele pozneje) vključujejo porabo le teh materialov. Preprečimo lahko nepotrebno skladiščenje materialov... Z zmanjševanjem časovnih lukenj lahko boljše planiramo tajming.

## 6.2.2 Povezave med aktivnostmi-vključevanje logike

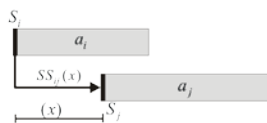
Aktivnosti so povezane z določanjem njihovih razmerij med začetnim in končnim datumom.

V Pertmastru so na voljo štiri tipi povezav med aktivnostmi:

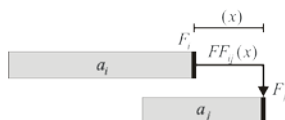
- konec-začetek (»finish to start (F-S)«) - aktivnost se ne more začeti, dokler se ne konča predhodna aktivnost



- začetek-začetek (»start to start (S-S)«) - aktivnost se ne more začeti, dokler se ne začne njena predhodna aktivnost,

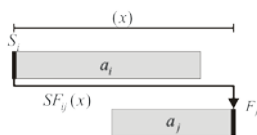


- konec-konec (»finish to finish (F-F)«) - aktivnost se ne more končati, dokler se ne konča predhodna aktivnost,

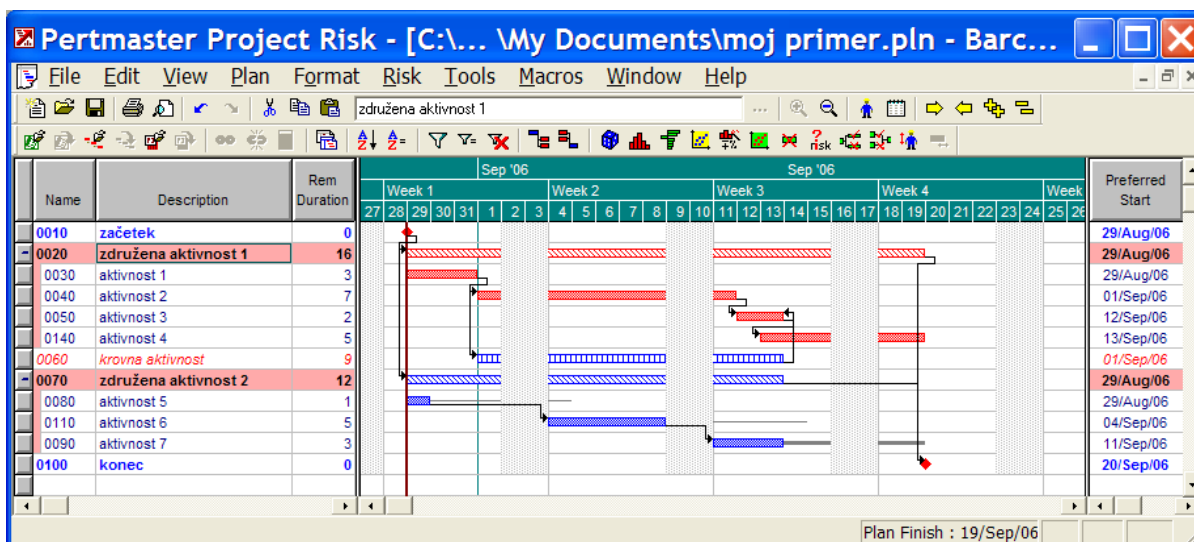




- začetek-konec (»start to finish (S-F)«) – aktivnost se ne more končati, dokler se ne začne predhodna aktivnost.



Predhodna aktivnost (»predecessor activity«) je aktivnost, ki se mora začeti ali končati, preden se začne druga aktivnost. Naslednja aktivnost (»successor activity«) je aktivnost, ki se ne more začeti ali končati, preden se ne začne ali konča druga aktivnost.



Slika 21: Gantogram – blokovni diagram (»Barchart«) s prikazom različnih tipov aktivnosti in povezav med njimi (zamik med aktivnostma 3 in 4 in vmesni čas med aktivnostma 5 in 6)

Samo z do sedaj navedenimi povezavami ne moremo vedno dovolj natančno podati časovne povezanosti med aktivnostmi oz. kdaj natančno se lahko aktivnost začne ali konča glede na začetek ali konec predhodne aktivnosti. Aktivnosti se namreč pogosto lahko pričnejo še pred koncem predhodnih aktivnosti, ne pa ravno pred njimi ali istočasno. Npr. cevi se že lahko pričnejo polagati, ko je skopan le del jarka. V takšnih primerih si pomagamo z zamikom. Zamik (»lag«) lahko vnesemo kot število dni oz. enot ali kot odstotek izvršitve predhodne aktivnosti. Tudi v primeru potrebnega pretoka določenega časa med koncem ene in pričetkom druge aktivnosti (npr., če moramo počakati, da se prvi sloj barve posuši pred nanosom

naslednjega sloja), uporabimo funkcijo vmesnega časa oz. zamika. Tudi vmesni čas lahko podamo kot število dni oz. enot ali kot odstotek izvršitve predhodne aktivnosti. V Pertmastru je potrebno vmesni čas podati s pozitivnim predznakom, zamik pa z negativnim predznakom. Le tako ju namreč program prepozna in loči.

Pri planiranju lahko uporabimo tudi dodatne časovne omejitve za izvedbo posameznih dejavnosti. Pertmaster omogoča t.i. »imposed start«(naj se aktivnost ne prične izvajati pred omejitvenim datumom. in »imposing finish« (naj se aktivnost ne konča kasneje kot ...). Če se vendarle kakšna aktivnost konča po določenem omejitvenem datumu, obravnava program to aktivnost kot zelo kritično in nas na to opozori (z svetlo rdečo obarvanim prikazom te aktivnosti). V Pertmastru lahko določimo še obvezen začetek aktivnosti na določen datum »must start on«. Obvezen datum začetka aktivnosti razveljavi vso logiko in začetek aktivnosti je v vsakem primeru enak obveznemu datumu začetka.

### 6.2.2.1 Prikaz povezav med aktivnostmi

Za sledenje povezavam med aktivnostmi se uporablja logična shema (»logic view«). V Pertmastu sta možna dva prikaza logične sheme:

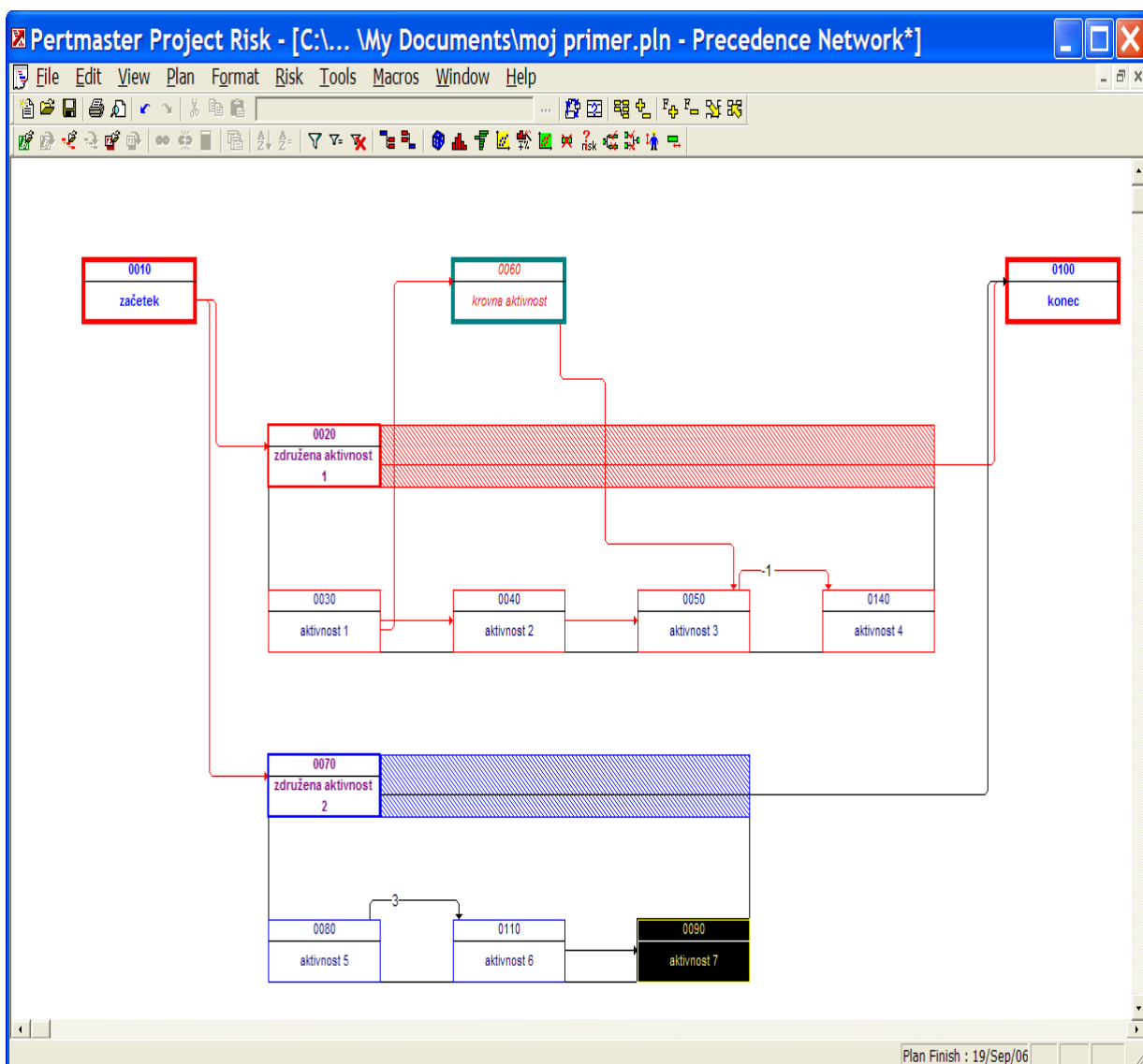
- gantogram (»barchart«) in
- mrežni diagram (»precedence network«).

**Prikaz »barchart«** (slika 21) grafično prikazuje aktivnosti oz. njihova trajanja kot trakove (dolžina traku predstavlja trajanje aktivnosti). Nazorno prikazuje povezave med aktivnostmi (s puščicami), mejnike, krovne aktivnosti, združene aktivnosti, kritične aktivnosti...skratka odnose med aktivnostmi. Informacije o aktivnostih torej prikazuje grafično z blokvnim diagramom in tudi v stolpcih (imena aktivnosti, njihovo najverjetnejše trajanje, lahko tudi minimalno in maksimalno trajanje, stroške,...). Preko tega prikaza vnašamo in spreminjamo podatke oz. plan.

**Prednostna mreža** (slika 22) je podobna oblikovnemu diagramu, nima pa prikaza po stolpcih. Preko nje lahko prav tako vnašamo in spreminjamo plan. Uporablja se predvsem za

natančen prikaz povezav med aktivnostmi, ki je še bolj nazoren kot pri oblikovnem diagramu.

Razliko med oblikovnim diagramom in prednostno mrežo lahko vidimo s pomočjo slik 21 in 22. Na prednostni mreži se s številko 3 izpiše potreben vmesni čas med aktivnostjo 5 in 6. Aktivnost 6 se lahko prične šele 3 dni zatem, ko se je končala aktivnost 5. Med aktivnostjo 3 in 4 pa se izpiše -1, kar pomeni, da se aktivnost 4 začne en dan po začetku aktivnosti 3. Na oblikovnem diagramu je vmesni čas prikazan grafično s presledkom med aktivnostjo 3 in 4. Tudi zamik med aktivnostjo 5 in 6 je prikazan grafično.



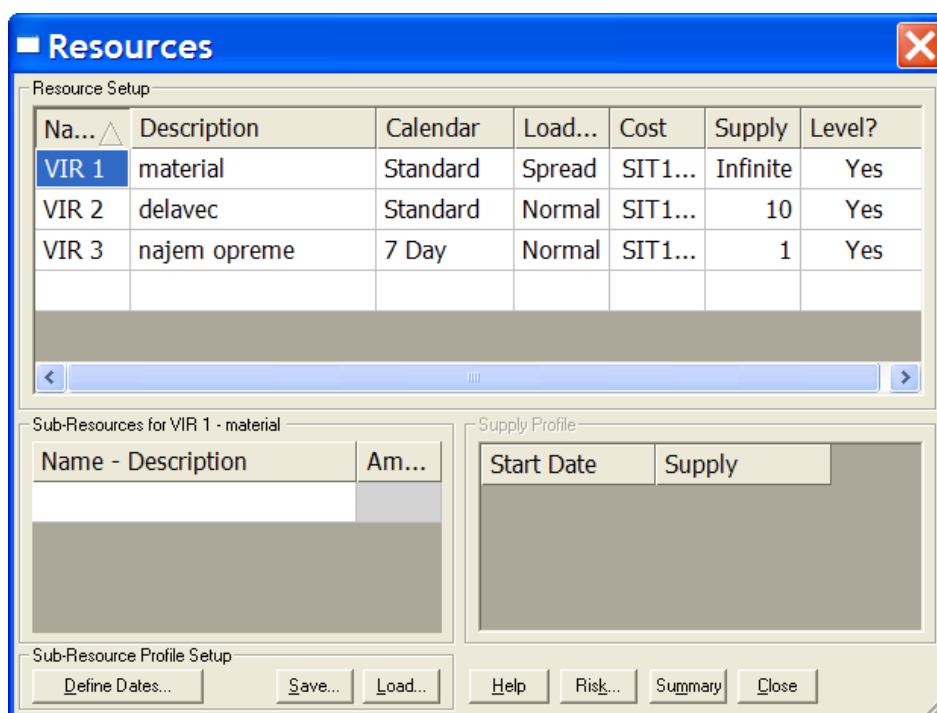
Slika 22: Prednostna mreža, ki prikazuje isto situacijo kot oblikovni diagram na sliki 21

### 6.2.3 Viri (»Resources«)

Za izvajanje aktivnosti so potrebni viri. Kot vir običajno navajamo ljudi, opremo, materiale in stroške. Vsaki aktivnosti lahko pripišemo vire. Pertmaster z vključevanjem virov omogoča:

- oceno kdaj bodo določeni viri v življenjskem ciklu projekta potrebni,
- oceno stroškov aktivnosti, skupin aktivnosti in celotnega projekta,
- reguliranje virov in ugotavljanje vpliva reguliranja virov na stroške projekta,
- sledenje stroškom projekta in
- oceno denarnega toka projekta.

#### Lastnosti virov



Slika 23: Prikaz vnašanja virov in njihovih lastnosti

Da lahko izkoristimo možnosti, ki jih ponuja program, moramo natančno definirati in podati naslednje lastnosti virov (sicer jih program sam določi oz. so vnaprej predpostavljene):

- obremenitev (»loading«) -> definira kdaj v času trajanja aktivnosti se enote vira povečajo,
- zaloge (»supply«) -> definirajo koliko enot vira je na voljo kadarkoli,
- koledar (»calendar«) -> definira datume, ko lahko razpolagamo z virom,
- stroški (»cost«) -> definirajo eno enoto vira,
- izenačevanje (»level«) -> v primeru preobremenitve virov, izenačevanje omogoča prerazporeditev aktivnosti in virov, da le ti niso več preobremenjeni (izenačevanje virov je lahko avtomatsko ali pa »ročno« po korakih sami izenačujemo).

### **Obremenitev vira**

Potrebno je določiti katera obremenitev vira (»resource loading«) je najprimernejša za modeliranje vira. Na voljo so štiri obremenitve vira:

- normalna (»normal«) obremenitev -> skupno število enot vira narašča s podaljševanjem trajanja aktivnosti (uporablja se za ljudi, opremo),
- razširjena (»spread«) obremenitev -> število enot vira je enakomerno razporejeno čez celotno aktivnost oz. ni odvisno od trajanja aktivnosti (uporablja se za materiale),
- predčasna (»front«) obremenitev -> število enot vira se poveča le pri prvi najmanjši podani enoti trajanja aktivnosti in ni odvisno od trajanja aktivnosti (npr. depoziti),
- končna (»back«) obremenitev -> število enot vira se poveča le pri zadnji najmanjši podani enoti trajanja aktivnosti in ni odvisno od trajanja aktivnosti (npr. pogodbeno plačila).

Če ne definiramo obremenitve, program izbere oz. ima vnaprej določeno normalno obremenitev.

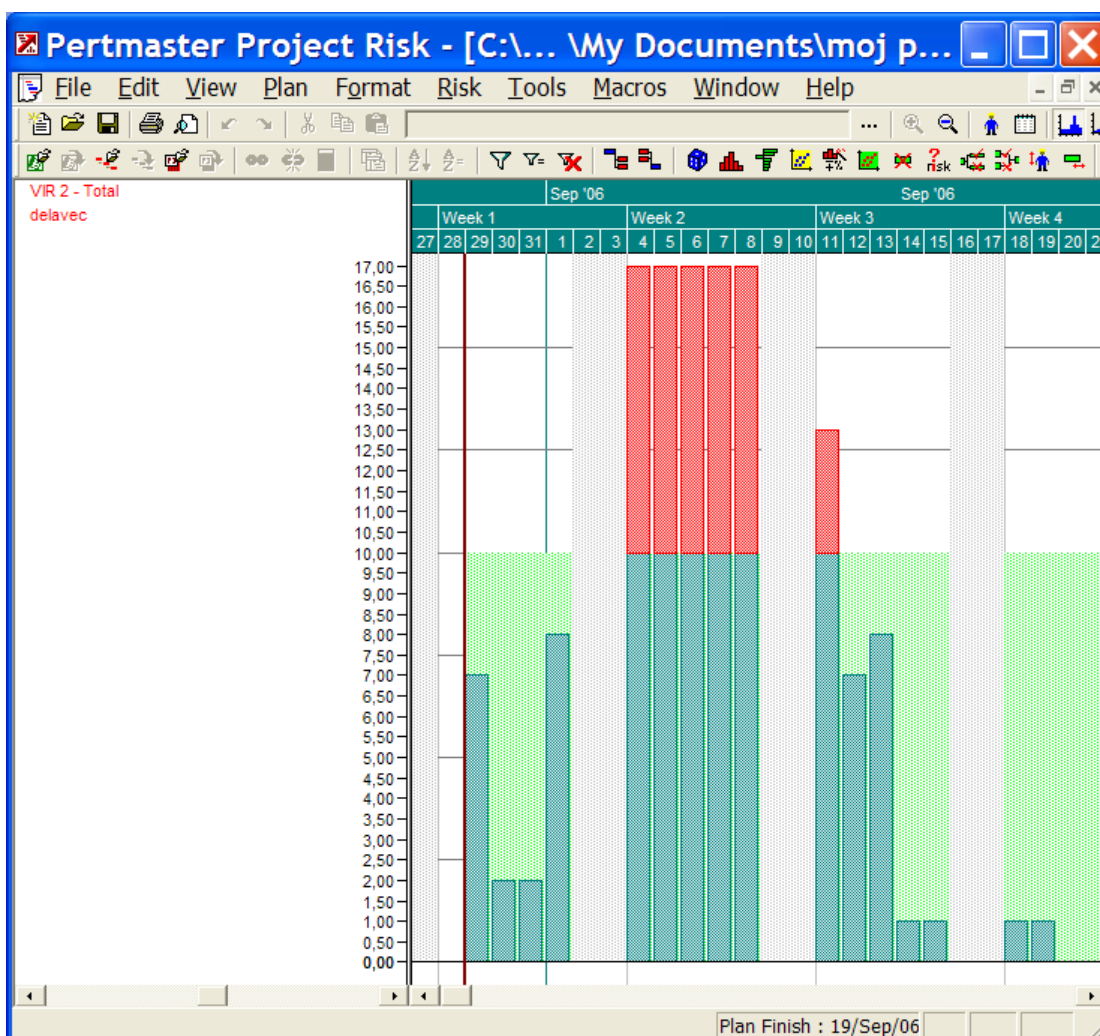
### **Zaloga vira**

Zaloge virov (»resources supply«) definirajo število razpoložljivih enot virov v vsakem času. Zato je pomembno, da še pred opredelitvijo virov in zalog, smiselno določimo enote virov. Ena enota vira cement, je lahko npr. 25 kg vreča cementa. Pri viru delavec je pogosto kot ena enota vira naveden kar en delavec. Enote torej izberemo sami in nato njihovo razpoložljivo število v programu definiramo z eno od treh možnih tipov zalog:

- neomejene (»infinite«) zaloge ( npr. zaloge določenih materialov),
- konstantne (»constant«) zaloge -> določena količina enot vira je dosegljiva kadarkoli (npr. le eden od delavcev je dosegljiv kadarkoli),
- profilne (»profil«) zaloge -> dosegljivost vira je določena glede na določena časovna obdobja (npr. od petih zidarjev, so za določen čas (in ne kadarkoli) dosegljivi le trije).

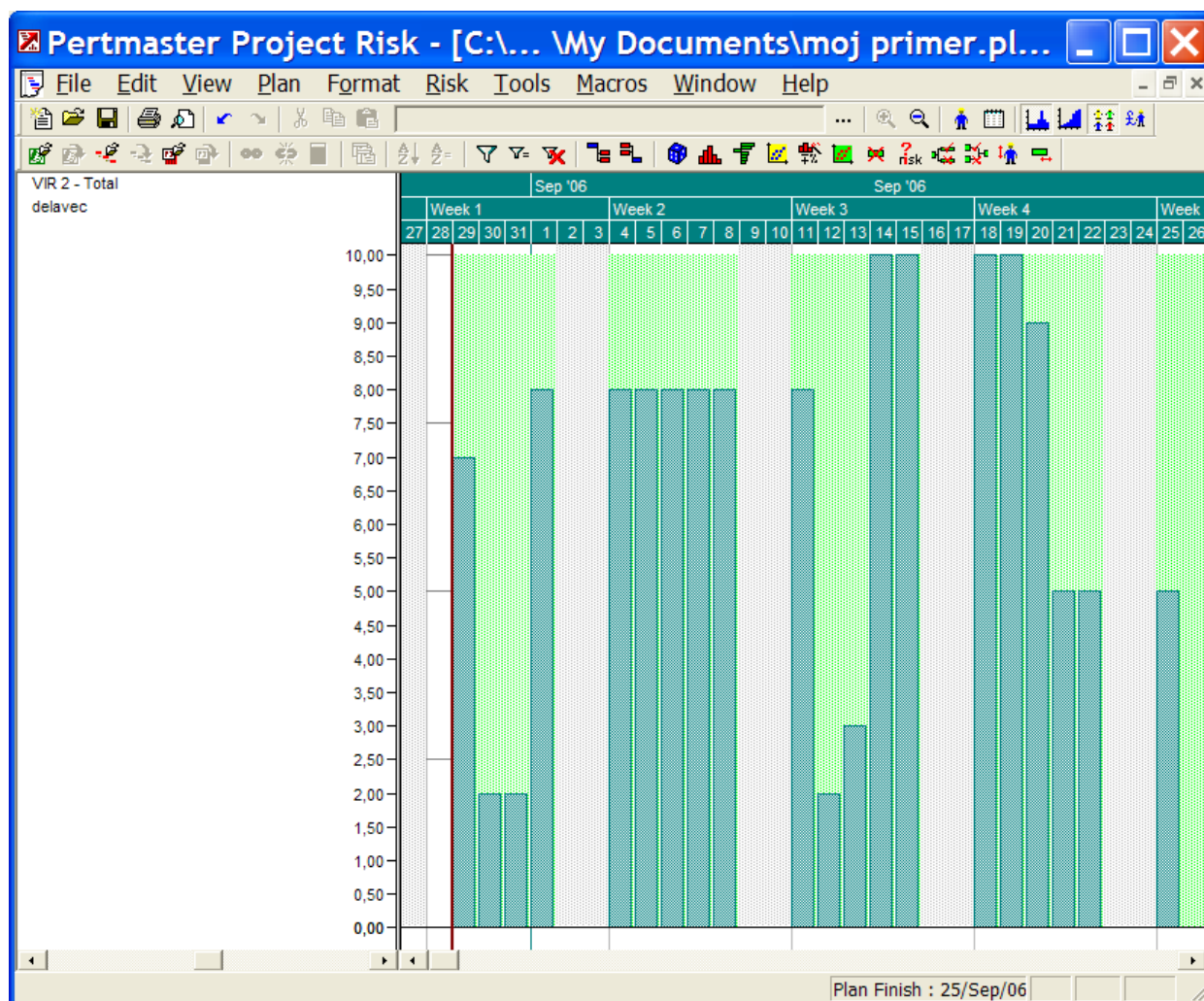
Če sami ne določimo tipa zaloge, ima program vnaprej določeno neomejeno zalogo.

Potrebno je še omeniti, da program dopušča določitev več enot vira kot jih za isti čas definira zaloga. V tem primeru je vir preobremenjen in potrebna je izenačitev.



Slika 24: Graf vira delavec (prikaz potrebnega števila delavcev za vsak dan tekom projekta in prikaz preobremenjenosti vira)

Na sliki 24 vidimo grafični prikaz potrebnega števila delavcev za vsak dan tekom projekta. Kjer je graf obarvan rdeče, gre za preobremenjenost vira. Od 4. 9. 06 do 8. 9. 06 je za izvedbo aktivnosti potrebnih 17 delavcev, na razpolago pa je maksimalno 10 delavcev. Tudi 11. 9. 06 bi rabili 3 delavce več kot jih je na razpolago. Preobremenjenost je dokaj velika in potrebno je preoblikovanje plana. To lahko storimo s prerazporejanjem aktivnosti »ročno« ali avtomatsko s pomočjo programa (funkcija »level«-izenačevanje). Vsekakor pa se moramo zavedati, da bo izenačevanje podaljšalo trajanje projekta. Lahko pa poskušamo zaposliti kakšnega delavca več in s tem preprečiti preveliko zamujanje. Potrebno je pač določiti prioritete.



Slika 25: Prikaz izenačenega vira delavec

Slika 25 prikazuje s pomočjo programa izenačen vir. Vidimo lahko, da se je datum končanja projekta res prestavil iz 19. 9. 06 na 25. 9. 06. Projekt bo torej končan s šestdnevno zamudo, če ne zaposlimo dodatnih delavcev.

Stroški aktivnosti se lahko izračunajo preko virom predpisanih stroškov. Stroški aktivnosti se večajo z vsako enote porabljenega vira pri izvajanju aktivnosti. Če gre za normalno obremenitev se stroški s trajanjem aktivnosti večajo. Lahko pa stroške aktivnosti določimo tudi direktno in ne preko za aktivnost potrebnih virov. Aktivnosti preprosto direktno predpišemo stroške.

Viri lahko imajo tudi enega ali več podvirov, kar izkoristimo pri dodajanju delovnih dni ali ur, pri določevanju skupin virov in pri določevanju skupnih stroškov več različnih virov. Tudi podvirom lahko določimo profil kot je opisano pri profilni zalogi.

### 6.2.3.1 Prikaz virov

Pretmaster prikazuje vire in podatke o virih na dva načina:

- z grafom virov (»resource graph«) in
- s tabelo virov (»resource sheet2).

Resource Name	Row Description	Sep '06																																		
		Week 1							Week 2							Week 3							Week 4							Week 5						
		28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		
VIR 1	Supply																																			
	Demand																																			
	Over-demand	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0		0		1	1	1			1	1	0	3	3			3							
VIR 2	Supply	10	10	10	10			10	10	10	10	10		10	10	10	10	10			10	10	10	10	10			10	10	10	10	11				
	Demand	7	2	2	8			8	8	8	8	8		8	2	3	10	10			10	10	9	5	5			5								
	Over-demand																																			
VIR 3	Supply	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
	Demand				1			1	1	1	1	1		1	1	1																				
	Over-demand																																			

Slika 26: Tabela virov



Graf virov (slika 24, 25) prikaže izbrane podatke o virih oz. časovno razporeditev uporabljenih virov. Določene vire lahko iz tega prikaza s funkcijo filtra tudi izločimo. Graf se uporablja zlasti za identificiranje preobremenjenosti virov in ugotavljanje učinka prerazporejanja aktivnosti («ročno» izenačevane virov).

Tabela virov prikazuje informacije o uporabljenih virih v obliki tabele. Uporablja se npr. za pripravo poročila o virih. Na sliki 26 je prikazan primer tabele virov, ki so že izenačeni (ni nobenega rdečega števila, ki predstavlja preobremenitev).

## **6.2.4 Elementi tveganja - vključevanje tveganja**

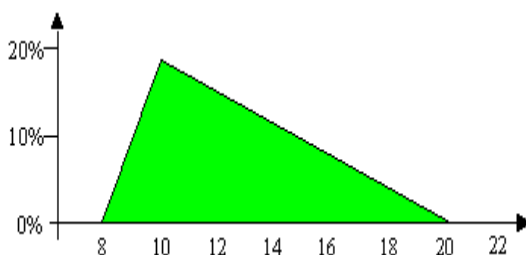
Pertmaster s številnimi funkcijami (določevanje verjetnosti obstoja aktivnosti, povezav med njimi in korelacij, določevanje tveganja trajanju, virom in stroškom aktivnosti...) omogoča vključevanje tveganja v projekt oz. v analizo tveganja. Pri upravljanju s tveganjem je zato kot računalniška podpora lahko zelo koristna pomoč.

### **6.2.4.1 Porazdelitev**

Porazdelitev se pogosto uporablja pri modeliranju možnega območja trajanja aktivnosti in pri modeliranju števila potrebnih enot vira. Izbiramo lahko med naslednjimi porazdelitvami: Beta Pert, Comulative, Discrete, Enhanced, General, Lognormal, Modified Beta Pert, Normal, Triangle, Trigen in Uniform. Priporočljivo je razmisliti o primerni izberi porazdelitve glede na predvideno razmerje med minimalnim (min), maksimalnim (max) in najverjetnejšim (ml) trajanjem aktivnosti oz. med minimalnim, maksimalnim in najverjetnejšim številom potrebnih enot vira, ki jih običajno povežemo s stroški. Najlažje je razlike med porazdelitvami predstaviti s pomočjo primerov. Opazna razlika je npr. med pogosto uporabljeno trikotno in normalno porazdelitvijo.

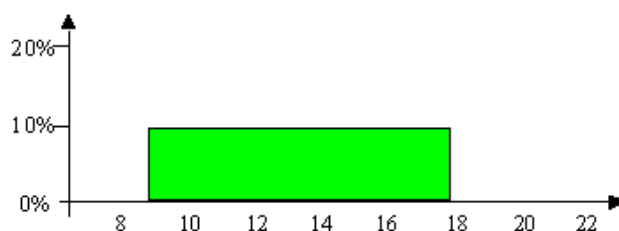
Pri trikotni porazdelitvi stranice verjetnostnega grafa za predstavljajo trikotnik. Na sliki 27 je prikazana trikotna porazdelitev verjetnostnega grafa za trajanje aktivnosti. Vidimo lahko, da ima aktivnost določen minimalni čas trajanja 8 dni, najverjetnejši čas trajanja 10 dni in

maksimalni čas trajanja 20 dni. Najverjetneje bo realen čas trajanja aktivnosti nekje od 10 do 16 dni. Ugotovljeno je bilo, da trikotna porazdelitev verjetnostnega grafa realno gledano ustreza številnim aktivnostim.



Slika 27: Trikotna porazdelitev (<http://www.pertmaster.com>)

Pri enotni porazdelitvi stranice verjetnostnega grafa predstavljajo pravokotnik. Na sliki 28 je prikazana normalna porazdelitev verjetnostnega grafa za trajanje aktivnosti. Vidimo lahko, da ima aktivnost določen le minimalni čas trajanja 9 dni in maksimalni čas trajanja 18 dni. Vse vrednosti trajanja aktivnosti (minimalna, maksimalna in vse vmesne vrednosti) imajo predpisano enako verjetnost, da se zgodijo. Enotna porazdelitev ni tako pogosto zastopana kot trikotna porazdelitev verjetnostnega grafa, saj realno gledano ne ustreza številnim aktivnostim.



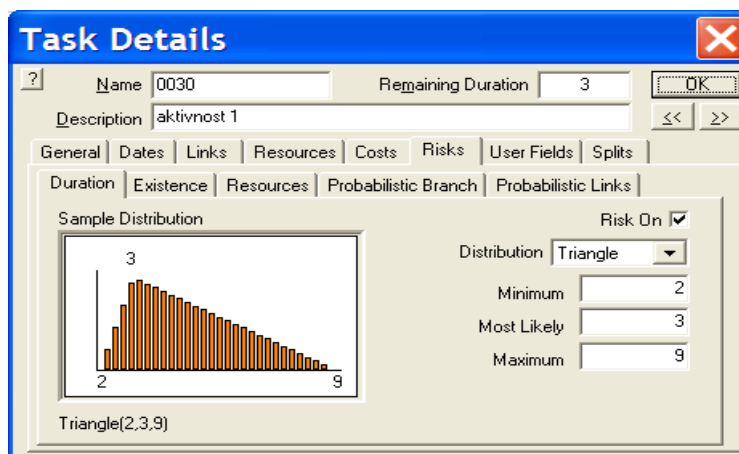
Slika 28: Enotna porazdelitev (<http://www.pertmaster.com>)

#### 6.2.4.2 Tveganje pri trajanju aktivnosti (Task Duration Risk)

Najpogosteje se pri vključevanju tveganja v projekt uporablja verjetnostna porazdelitev za trajanje aktivnosti oz. tveganje pri trajanju aktivnosti (»task duration risk«). Tveganje lahko določimo samo nekaterim ali pa vsem aktivnostim. Če obstaja možnost, da se projekt ne bo

začel na predvideni datum, lahko to v Pertmastru predstavimo z dodatno aktivnostjo, ki ji pri določanju trajanja dodamo tveganje, in jo postavimo še pred z mejnikom določen začetek projekta. Za tveganje pri trajanju aktivnosti moramo izbrati tip verjetnostne porazdelitve in podati pričakovano najverjetnejše trajanje aktivnosti, najbolj optimistično možno trajanje aktivnosti-minimalno (v primeru, da ne gre nič narobe) in najbolj pesimistično trajanje aktivnosti-maksimalno (v primeru, ko gre vse narobe).

Na sliki 29 je prikazan primer podajanja treh ocen trajanja aktivnosti in izbrane porazdelitve. Ocene trajanja aktivnosti temeljijo na predvidevanjih, zato so pri tem potrebne določene izkušnje.

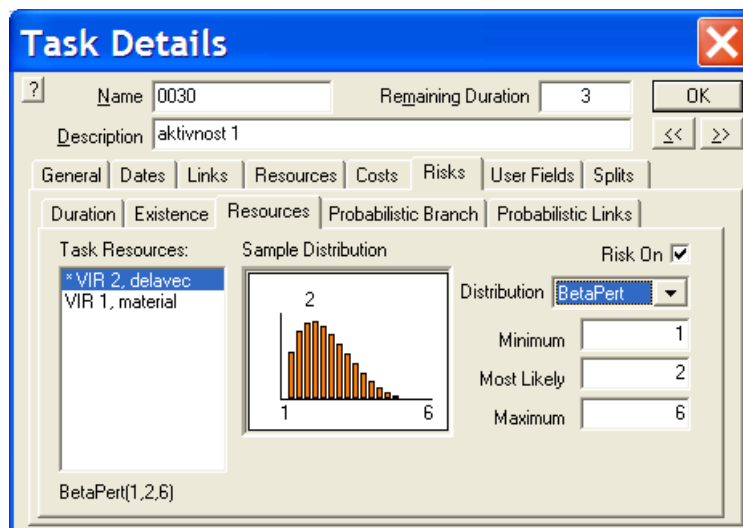


Slika 29: Prikaz vnašanja podatkov o trajanju aktivnosti (minimalno, najverjetnejše in maksimalno trajanje aktivnosti, ter izbira tipa porazdelitve)

#### 6.2.4.3 Tveganje pri virih, ki so dodeljeni aktivnostim (»Task Resource Risk«)

Podobno kot s tveganjem pri trajanju aktivnosti, je s tveganjem pri virih, ki so dodeljeni aktivnostim (»task resource risk«). Potrebno je izbrati tip verjetnostne porazdelitve in oceniti minimalno, maksimalno in najverjetnejše število potrebnih enot vira pri izvajanju aktivnosti (slika 30). S tveganjem pri virih aktivnosti lahko vključimo v analizo tudi stroškovno tveganje (»cost risk«). Pri tem moramo biti pozorni in aktivnostim določiti njihove stroške posredno,

preko potrebnih virov (aktivnostim moramo določiti vire). Če aktivnostim neposredno določimo stroške, potem ne bo stroškovnega tveganja.



Slika 30: Prikaz vnašanja podatkov o številu potrebnih enot vira (minimalno, najverjetnejše in maksimalno število enot, ter izbira tipa porazdelitve)

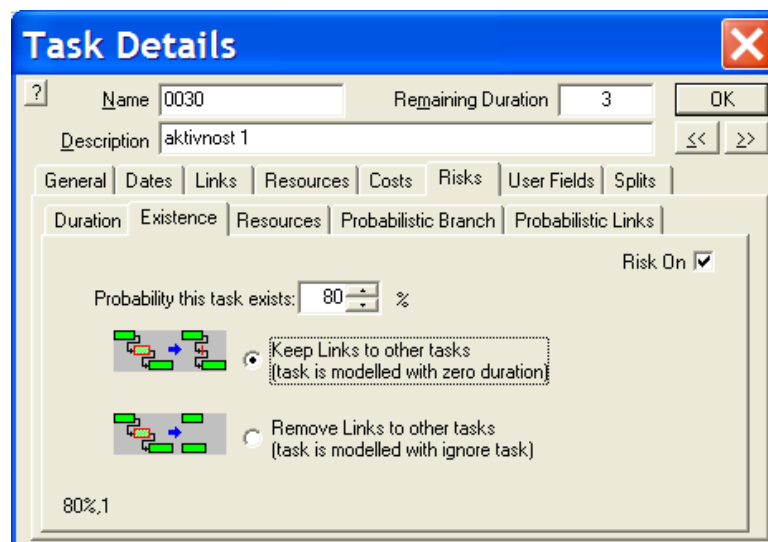
#### 6.2.4.4 Porazdelitev denarnih vrednosti projekta ob upoštevanju projektnega tveganja (»Creating an NVP Risk Distribution, Creating an IRR Risk Distribution«)

Denarni tok (»cash flow«), neto sedanja vrednost (»Net Present Value-NPV«), ter interna stopnja donosa (»Internal Rate of Return-IRR«) pri projektu, so odvisni od časa oz. datuma porabe in pridobitve denarja. Če v projekt vključimo tveganje, se tveganje odraža tudi pri porabi in pridobivanju denarja oz. pri omenjenih denarnih vrednostih projekta. Pertmaster ponuja možnost spremljanja vpliva tveganja projekta na denarni tok, NVP in IRR. Pri analizi tveganja se za vsako iteracijo shranijo podatki o denarnem toku, NVP in IRR in se nato lahko grafično predstavijo s histogramom tveganja. Da lahko to dejansko izvedemo, moramo nujno virom dodati stroške, da dobimo denarni tok. Za predstavitev prilivov oz. odlivov, moramo virom določiti pozitivno oz. negativno vrednost. Vnesti moramo tudi podatke za diskontno stopnjo. Če smo seznanjeni z vsemi možnostmi, lahko pridobimo koristne podatke npr.

ocenitev verjetnosti potrebnega zmanjšanja dolgov oz. ocenitev verjetnosti pozitivne neto sedanje vrednosti (če ni nič dolgov, je neto sedanja vrednost projekta pozitivna).

#### 6.2.4.5 Verjetnost obstoja aktivnosti in povezav (»Task Existence Probability, Probabilistic Links«)

V Pertmastru imamo možnost podajanja verjetnosti obstoja posamezne aktivnosti (slika 31). Lahko določimo procentualne možnosti obstoja določene aktivnosti. S tem takšno aktivnost v primeru, ko ne obstaja, izločimo iz analize, saj ji odvzamemo ali možnost trajanja (njeno trajanje je enako nič), ali pa izbrišemo njene povezave z drugimi aktivnostmi (aktivnost ignoriramo). Ta funkcija nam lahko koristi kadar nismo prepričani da se bo določena aktivnost sploh izvajala oz. pojavila (npr. negotov pojav vdora vode v klet). To funkcijo pa lahko še bolj izkoristimo, če aktivnost s podano verjetnostjo obstoja povežemo z aktivnostjo, ki zajema posledice (časovno trajanje, potrebne stroške in vire) v primeru obstoja predhodne aktivnosti.



Slika 31: Prikaz uporabe verjetnosti obstoja aktivnosti

Podobno kot imamo možnost določanja verjetnosti obstoja aktivnosti, imamo možnost podajanja verjetnosti obstoja povezave. S tem definiramo kolikšna je verjetnost, da so aktivnosti med seboj povezane.

Obe navedeni funkciji nam omogočata dodatno vključevanje tveganja v projekt in s tem tudi pridobivanje natančnejših in verjetnejših rezultatov.

#### **6.2.4.6 Korelacije (»Correlation«)**

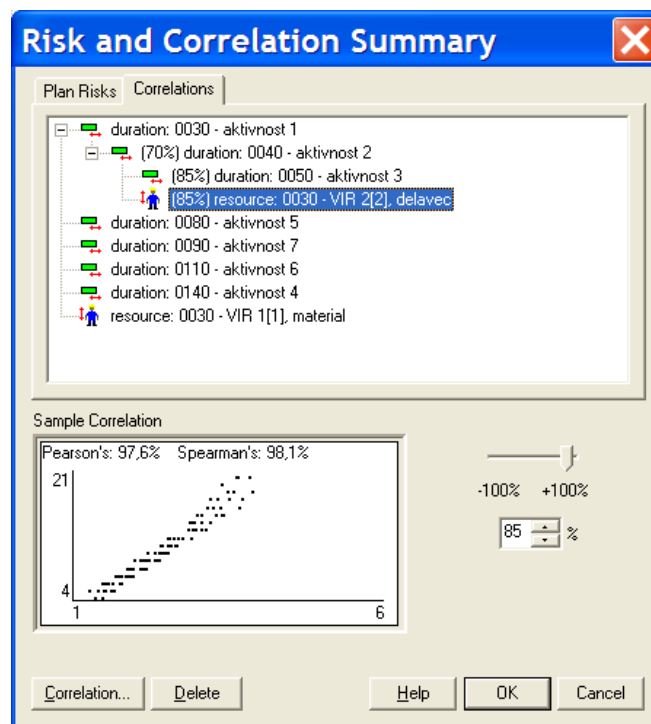
Obstaja možnost da so elementi oz. porazdelitve v medsebojni korelaciji. Korelacija se uporablja kadar imamo povezavo med dvema ali več tveganji (npr. tveganje trajanja aktivnosti je lahko v korelaciji s stroškovnim tveganjem aktivnosti). Možna je tudi korelacija med obstoji aktivnosti (»correlating task existence«). Obstoj aktivnosti je lahko v korelaciji z obstojem drugih aktivnosti v projektu.

Korelacija je lahko pozitivna ali pa negativna. Primer pozitivne korelacije sta dve podobni aktivnosti, za kateri so izkušnje pokazale, da obstaja velika verjetnost, da v primeru dolgega trajanja ene aktivnosti, tudi druga traja dolgo. To je primer pozitivne korelacije med trajanjem aktivnosti. Negativna korelacija je ravno nasprotje od pozitivne korelacije. Če bo ena aktivnost trajala dlje, bo druga krajša.

Korelacija pomaga pri izogibanju nerealnim situacijam. Npr. v zgoraj navedenem primeru pozitivne korelacije, poskrbi zato da ne pride do nerealne situacije, ko se ena izmed podobnih aktivnosti konča hitro, druga pa traja dolgo.

Korelaciji med tveganji se poda vrednost med -100% in +100%. S to vrednostjo določimo kako tesno so tveganja povezana oz. kako tesno si medsebojno sledijo. Če mislimo, da bo trajanje ene aktivnosti vedno enako trajanju druge aktivnosti, določimo 100%-no korelacijo. Negativen predznak korelacije se uporablja za negativno korelacijo.

Na sliki 32 vidimo korelacijo med trajanjem aktivnosti 1 in 2 (70%), korelacijo med trajanjem aktivnosti 2 in 3 (85%) in korelacijo med trajanjem aktivnosti 3 in virom 2 oz. stroški vira 2 (85%). Prikazan je tudi graf razpršenosti, ki prikazuje odnos med trajanjem aktivnosti 3 in stroški vira 2 (več o grafu razpršenosti je v poglavju 6.3.1.3).

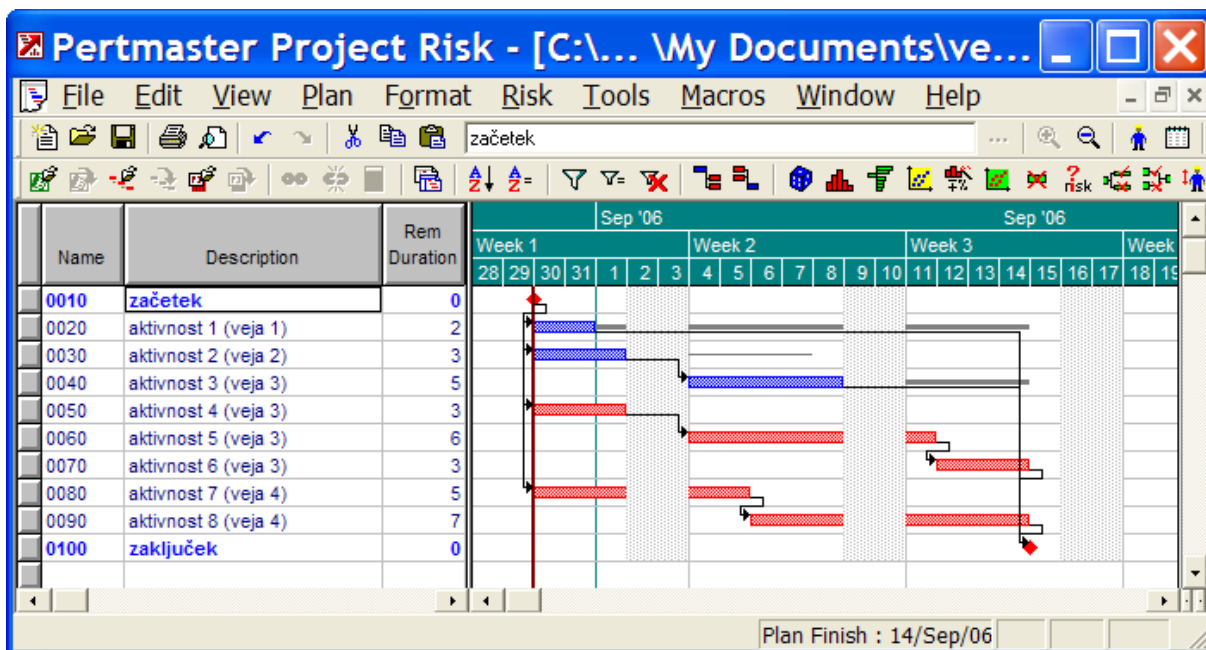


Slika 32: Prikaz korelacij

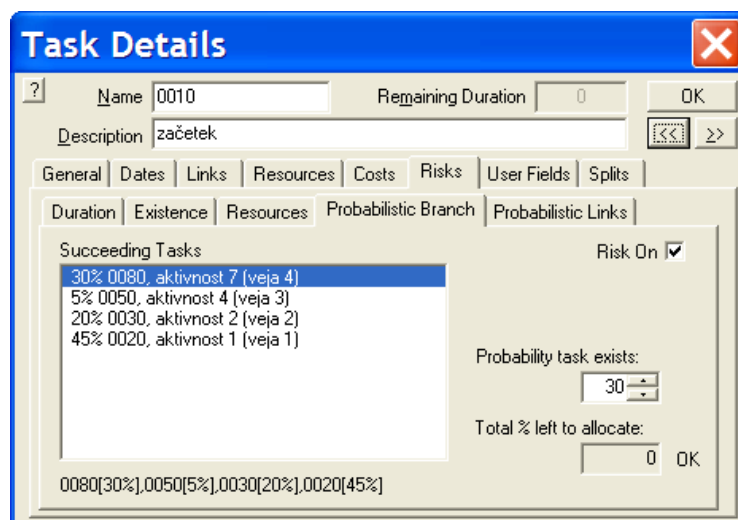
#### 6.2.4.7 Verjetnostno vejanje («Probabilistic Branching«)

Verjetnostno vejanje omogoča modeliranje različnih možnih izidov oz. potekov aktivnosti, ki se medsebojno izločajo (če se zgodi prva možnost, se ne bo druga...). Na razpolago imamo več možnih izidov z različnimi verjetnostmi pojava, vendar se lahko pojavi le en izid-ekskluzivnost izidov («exclusive outcomes«). Možnim izidom torej določimo različne verjetnosti pojava, pri čemer vsota vseh verjetnosti pojavitev ne presega 100%. Vsak možen izid predstavlja ena veja, ki lahko ima eno ali več aktivnosti, kar je prikazano na sliki 33. Če ni zastopana ekskluzivnost izidov, je primernejše uporabiti funkcijo verjetnosti obstoja aktivnosti.

Sliki 33 in 34 prikazujeta primer verjetnostnega vejanja s štirimi vejami. Verjetnost, da se bo projekt odvijal kot je predvideno z vejo 1 je največja, in sicer 45%-na verjetnost. Ostale verjetnosti so manjše. Vsota vseh verjetnosti je 1 oz. 100%, kar potrjuje tudi število 0 pri lociranju še preostalih procentov («total % left to allocate«).



Slika 33: Verjetnostno vejanje (prikaz štirih vej)



Slika 34: Prikaz vnašanja podatkov verjetnostnega vejanja

### 6.3 Analiza tveganja



Tveganje je prisotno pri vsakem projektu, to navaja že sama definicija projekta. Pri tveganjih, ki lahko bolj vplivajo na projektne cilje, je vsekakor potrebno oceniti tveganje in z njim tudi upravljati. Analiza tveganja lahko dokaj hitro omogoči prve ocene tveganja. Z analizo tveganja lahko dobimo odgovore na vprašanja kot so:

- Kolikšna je verjetnost končanja projekta ob določenem času?
- Kolikšna je verjetnost končanja projekta z določenimi stroški?...

Analiza tveganja s prepoznavanjem najzgodnejših in najkasnejših začetnih in končnih datumom, je osnova za izdelavo plana odziva na tveganje, ki zmanjšuje možnosti preseganja rokov in stroškov.

Preden j v Pertmastru aktiviramo analizo tveganja, moramo poskrbeti se čim bolj dosleden in natančen vnos podatkov. Trajanju aktivnosti in virom (s tem tudi stroškom) je potrebno določiti porazdelitev in podati ocene za njihove maksimalne, minimalne in najverjetnejše vrednosti. Potrebno je oceniti tudi verjetnost obstoja aktivnosti in povezav, ter predpisati potrebne korelacije. Pomembno je da so povezave med aktivnostmi ustrezne oz. logične in da logični diagram dobro predstavlja potek projekta.

Ko aktiviramo analizo tveganja, le ta večkrat simulira projekt (podanih je 1000 iteracij, kar pa lahko spremenimo). Vsaka iteracija je ena izmed možnih poti projekta (vsaka ponovitev ima svojo kritično pot). Za simulacijo se pri analizi tveganja uporablja metoda Monte Carlo, s katero se izračuna verjetnost rezultatov. Analiza tveganja vključuje v analizo vse aktivnosti s podanim tveganjem (razen ignoriranih aktivnosti). Trajanje aktivnosti se nastavi med minimalnim in maksimalnim trajanjem. Kako pogosto se kakšno trajanje nastavi, je odvisno od tipa porazdelitve (npr. pri trikotni porazdelitvi je najverjetnejše trajanje nastavljeno bolj pogosto kot ostale vrednosti trajanja aktivnosti). Pri vsaki iteraciji se računa končni datum. Tekom analize se podatki shranjujejo in s ponovitvami pridobimo statistične rezultate.

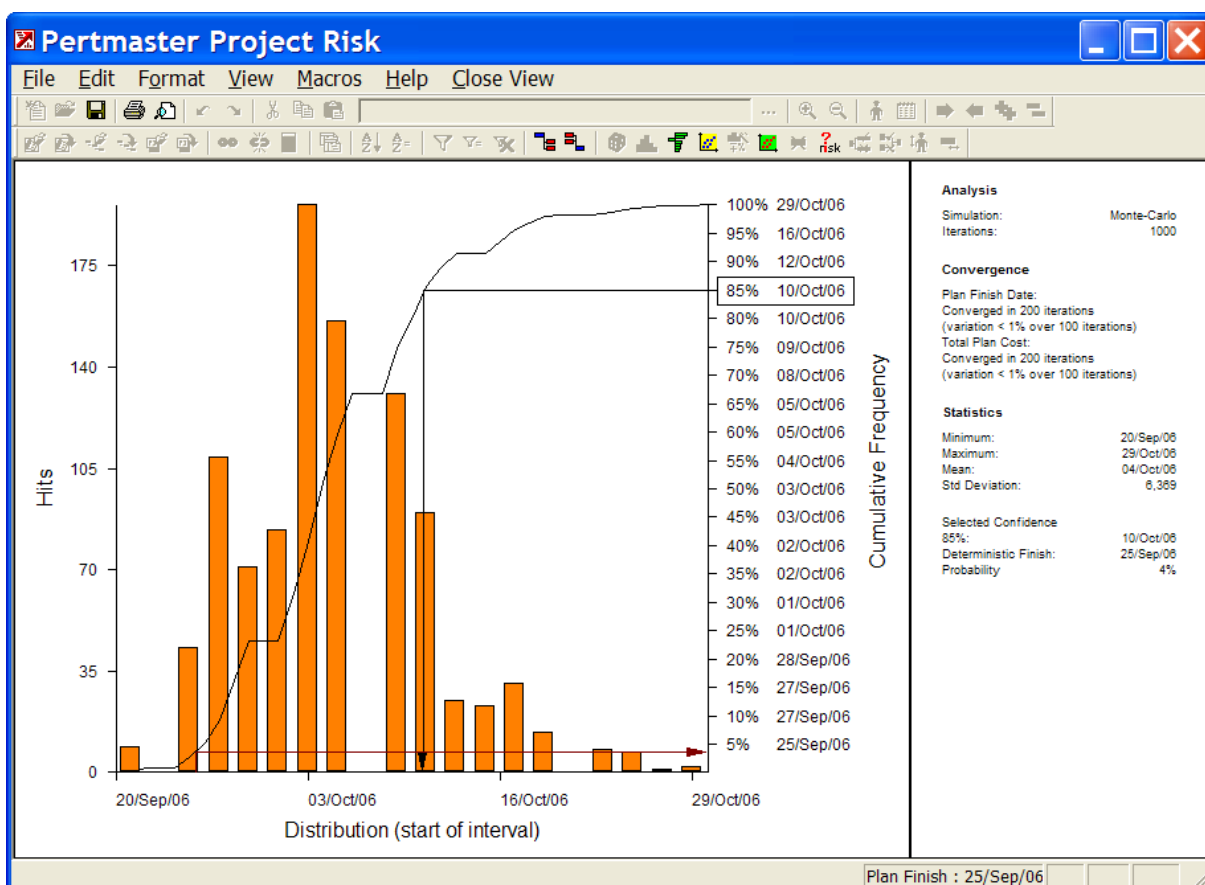
## **6.4 Rezultati pridobljeni z analizo tveganja**

Po končani analizi je potrebno pravilno prebrati in interpretirati rezultate, ter preveriti njihovo smiselnost. Pertmaster ponuja več načinov branja in prikazovanja rezultatov.

### 6.4.1 Histogram tveganja (»Risk Histogram«)

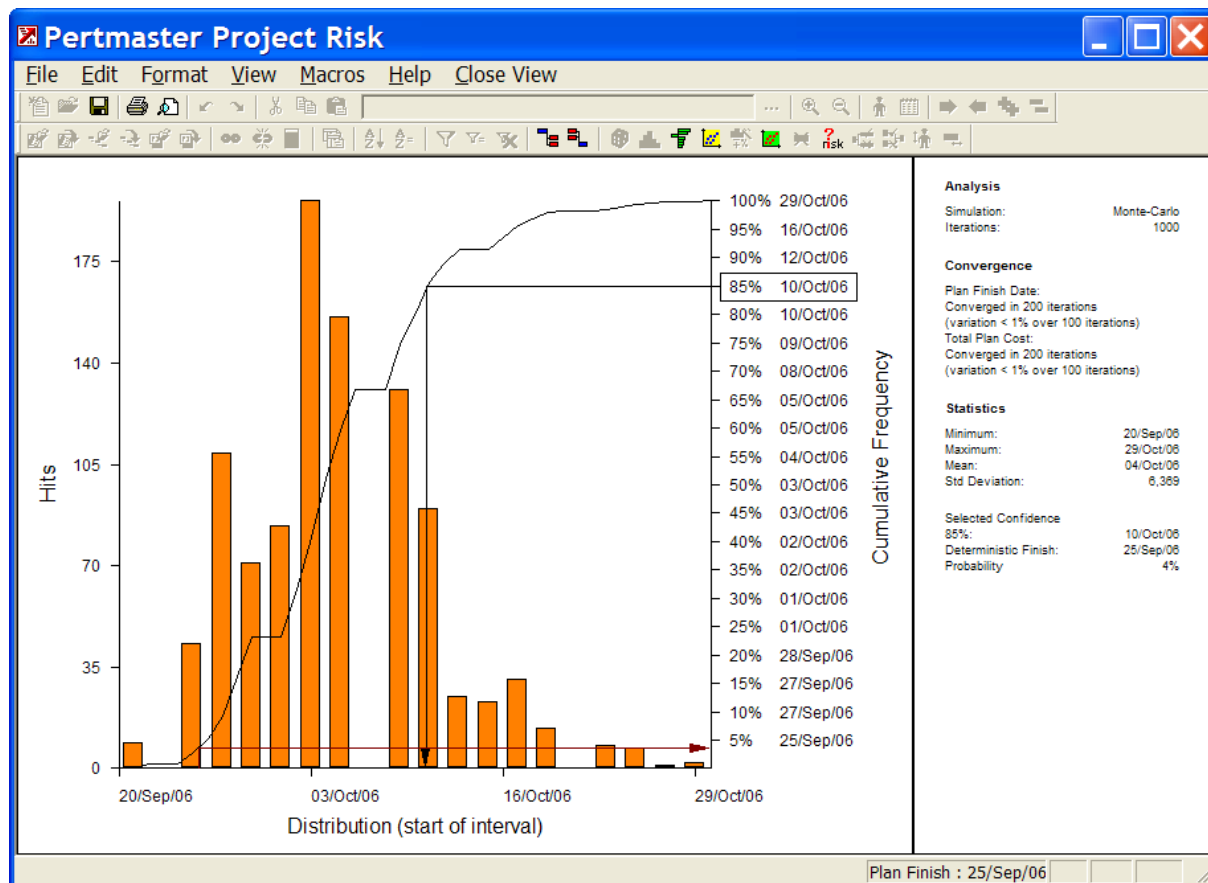
Osnovni in najuporabnejši je prikaz v obliki histograma. Histogram tveganja lahko prikazuje različne prikaze, in sicer:

- prikaz po trajanju celotnega projekta ali posamezne aktivnosti,
- prikaz po datumu začetka posameznih aktivnosti,
- prikaz po zaključnem datumu celotnega projekta ali posamezne aktivnosti,
- prikaz po rezervnem času celotnega projekta ali posamezne aktivnosti,
- prikaz po stroških celotnega projekta ali posamezne aktivnosti,
- prikaz po porabljenih virih projekta ali posamezne aktivnosti,
- prikaz po neto sedanji vrednosti (NPV) in
- prikaz po interni stopnji donosa (IRR).



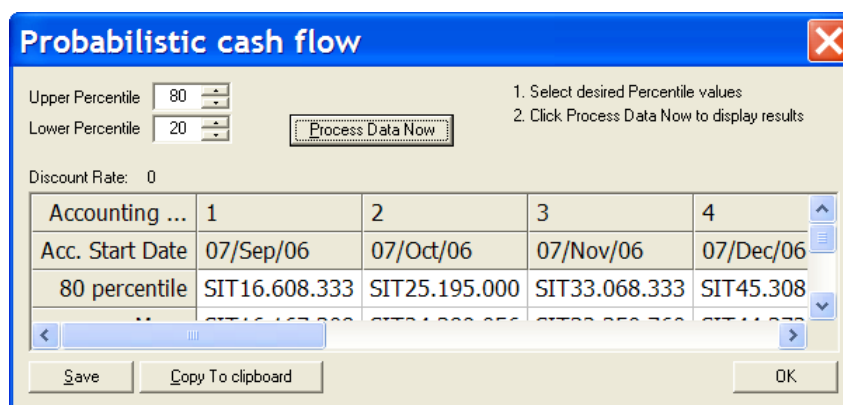
Slika 35: Histogram datuma zaključka projekta

Histogram tveganja po zgoraj naštetih prikazih prikazuje graf porazdelitve s pripadajočo S krivuljo. Odčitamo oz. preberemo lahko procente verjetnosti npr. zaključka projekta ob določenem datumu (slika 35), izvedbe projekta znotraj določene višine stroškov (slika 36)...

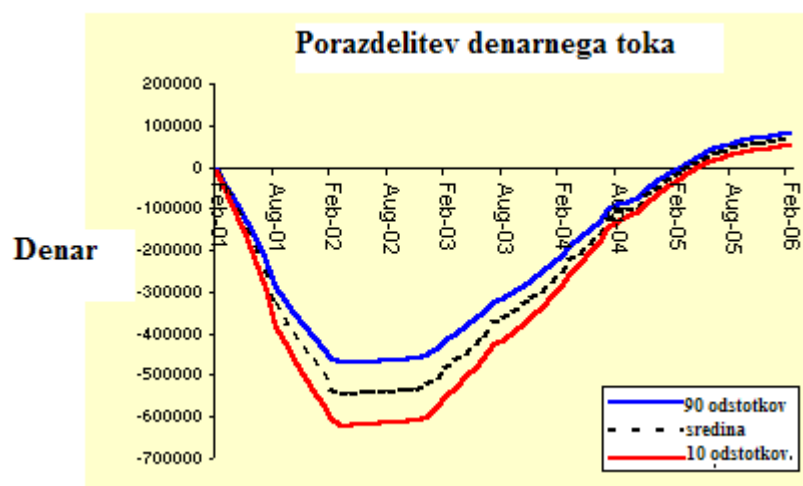


Slika 36: Histogram stroškov projekta

Imamo tudi možnost prikaza porazdelitve denarnega toka (»probabilistic cash flow«). Pri projektnem tveganju je namreč prisotno tudi tveganje denarnega toka. Za vsako iteracijo se pri analizi tveganja shranejo vrednosti denarnega toka. Po izvedeni analizi tveganja izberemo prikaz porazdelitev denarnega toka in določimo zgornji procent verjetnosti (npr. 90) in spodnji procent verjetnosti (npr. 10) denarnega toka (slika 37). Ti podatki se lahko prenesejo v Excel in so osnova za grafično predstavitev zgornje, spodnje in srednje verjetnosti denarnega toka pri izvajanju projekta (slika 38).



Slika 37: Prikaz vrednosti verjetnostnega toka denarja za prvi dve iteraciji



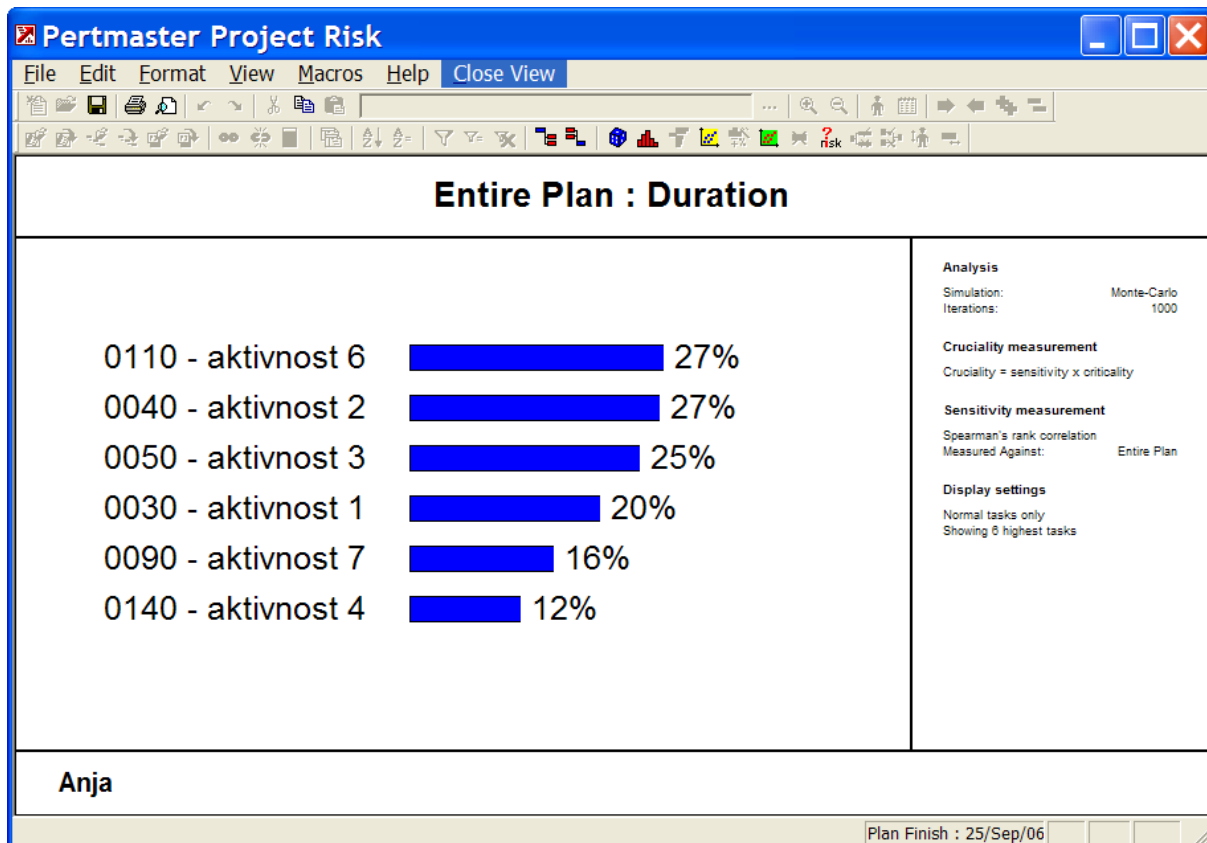
Slika 38: Porazdelitev denarnega toka (<http://www.pertmaster.com>)

## 6.4.2 Tornado graf (»Tornado Graph«)

Tornado graf se uporablja za prikazovanje in rangiranje :

- pomembnosti trajanja (»duration cruciality«),
- občutljivosti trajanja (»duration sensitivity«),
- kritičnosti trajanja (»duration criticality«) oz. indeksa kritičnosti (»criticality index«) in
- občutljivosti stroškov (»cost sensitivity«).

Vsi izračunani indeksi oz. vrednosti, so v tornadu grafu predstavljene z izpisanimi (tudi grafično predstavljenimi) odstotki indeksa oz. vrednosti za posamezno aktivnost.



Slika 39: Tornado graf pomembnosti trajanja posamezne aktivnosti

Indeks kritičnosti prikazuje, kako pogosto je med analizo bila aktivnost na kritični poti. Aktivnosti z višjim indeksom kritičnosti bodo najverjetneje vzrok za morebitno zamujanje projekta. Višji kot je indeks kritičnosti, bolj je verjetno, da bo projekt končan prepozno. Če ima aktivnost indeks kritičnosti 100%, to pomeni, da je med analizo kritična pot vedno vključevala to aktivnost. Sicer aktivnost med analizo tveganja lahko zapusti kritično pot, in v tem primeru bo indeks kritičnosti imel vrednost manjšo od 100%.

Občutljivost trajanja prikazuje vrednost korelacij med trajanjem projekta in trajanjem aktivnosti. Aktivnosti z visoko občutljivostjo trajanja so bolj verjetno vzrok za morebitno

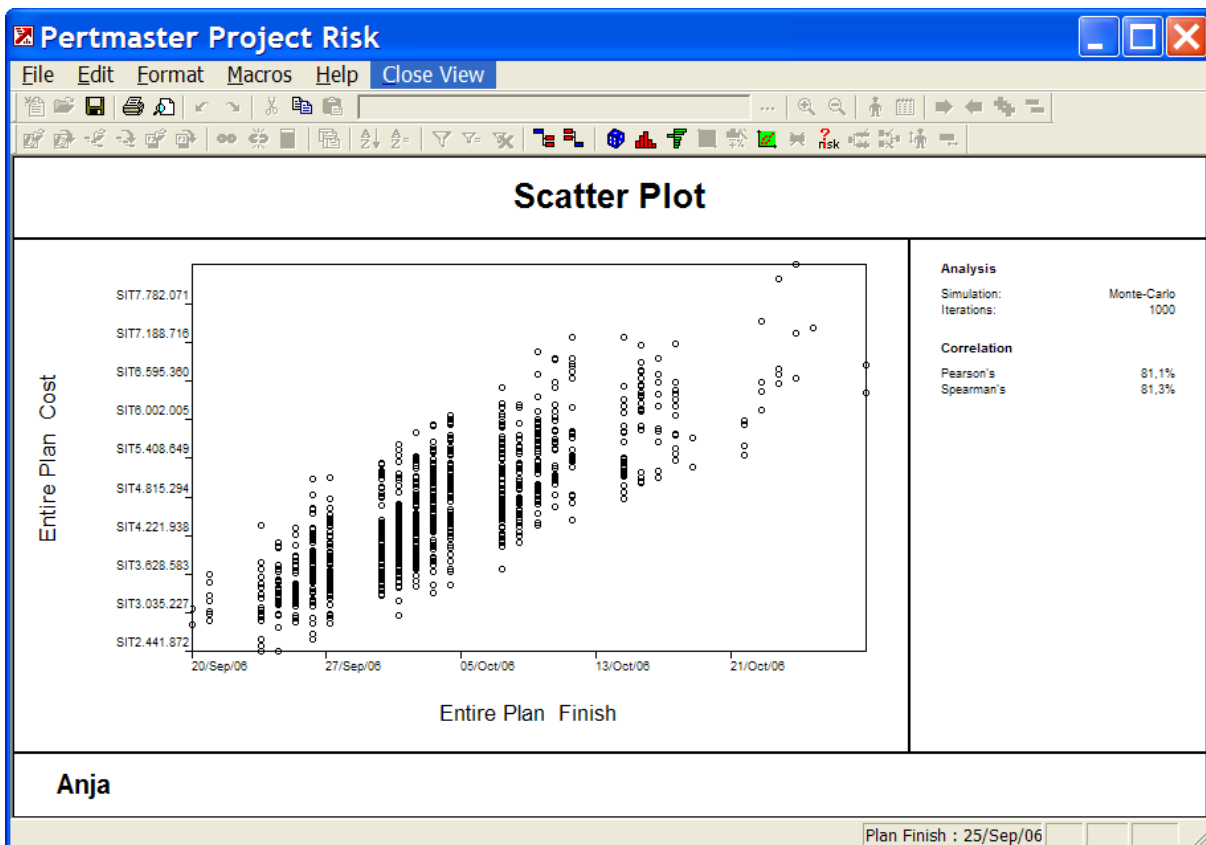
zamujanje projekta. Večja kot je vrednost občutljivosti trajanja, bolj je verjetno, da projekt ne bo končan pravočasno.

Pomembnost trajanja predstavlja zmnožek indeksa kritičnosti in občutljivosti trajanja. Pove nam, kako pomembno je trajanje posamezne aktivnosti, glede na trajanje celotnega projekta. Aktivnost z visoko vrednostjo pomembnosti trajanja bo zelo verjetno vplivala na trajanje in morebitno zamudo projekta.

Občutljivost stroškov prikazuje vrednost korelacij med stroški projekta in stroški aktivnosti. Aktivnosti z visoko občutljivostjo stroškov so bolj verjetno vzrok za morebitno preseganje predpisanih stroškov projekta. Večja kot je vrednost občutljivosti stroškov, bolj je verjetno, da bodo ob zaključku projekta stroški preseženi.

### **6.4.3 Grafični prikaz razpršenosti (»Scatter Plot«)**

Prikaz razpršenosti prikazuje odnos med dvema rezultata analize tveganja. Vsaka točka grafa razpršenosti predstavlja dve vrednosti analize tveganja za vsako posamezno iteracijo. Število točk na grafu je torej enako številu iteracij. Pogosto se uporablja za prikaz odnosa med časom oz. trajanjem projekta in projektnimi stroški. Čas zaključka projekta je namreč običajno v korelaciji s stroški projekta. Iz slike 40 je razvidno, da ko se podaljšuje čas zaključitve projekta, se povečujejo tudi stroški.



Slika 40: Graf razpršenosti (prikaz odnosa med časom zaključka projekta in projektnimi stroški)

## **7 V PERTMASTRU NAREJEN PLAN PROJEKTA IN ANALIZA TVEGANJA NA PRIMERU GRADBENEGA PROJEKTA**

### **7.1 Opis gradbenega projekta za večstanovanjski objekt**

Za predstavitev planiranja in analiziranja tveganja v Pertmastru, sem si izbrala fiktiven gradbeni projekt. Vsi podatki (aktivnosti, njihovo trajanje in stroški, ter komponente tveganja) so določeni z namenom lažje predstavitve delovanja in zmožnosti programskega orodja »Pertmastr«.

Gradbeni projekt, ki sem si ga zamislila, predstavlja plan gradbenih del za zidanje večstanovanjskega objekta s kletjo, pritličjem, prvim in drugim nadstropjem, ter pohodno streho. V objektu bo šest stanovanjskih enot, vsako s kvadraturou 90 m<sup>2</sup>. Dve stanovanji bosta v pritličju, dve v prvem in dve v drugem nadstropju. Gradbeni projekt tega večstanovanjskega objekta zajema gradbena dela (zemeljska dela, temeljenje, zidanje kleti, nadstropij in strehe), inštalacijska dela, obrtniška dela in zunanje urejanje.

### **7.2 Vhodni podatki plana gradnje večstanovanjskega objekta**

V Pertmaster je potrebno vnesti celoten plan: aktivnosti, njihove povezave, vire in stroške ter komponente tveganja.

#### **7.2.1 Plan gradnje večstanovanjskega objekta**

Plan gradnje večstanovanjskega objekta je v Pertmastru predstavljen z aktivnostmi in združenimi aktivnostmi, ki predstavljajo posamezne faze, kot so zemeljska dela, temeljenje, zidanje kleti, ... Blokovni diagram plana je prikazan v prilogi A.

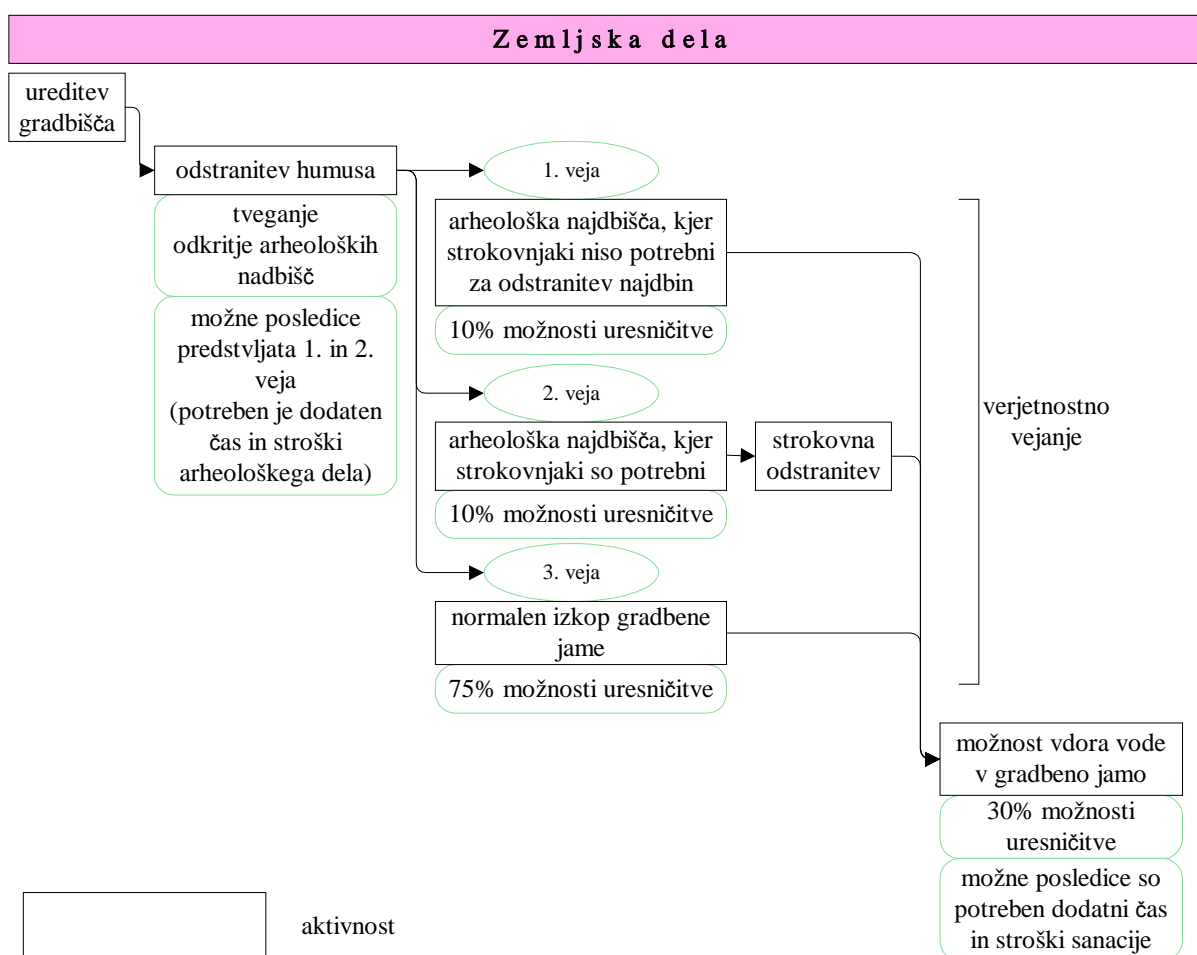
Plan zidanja večstanovanjskega objekta kot je vnesen v Pertmaster (priloga A):

1) Začetek (8. 9. 2006) – mejnik.



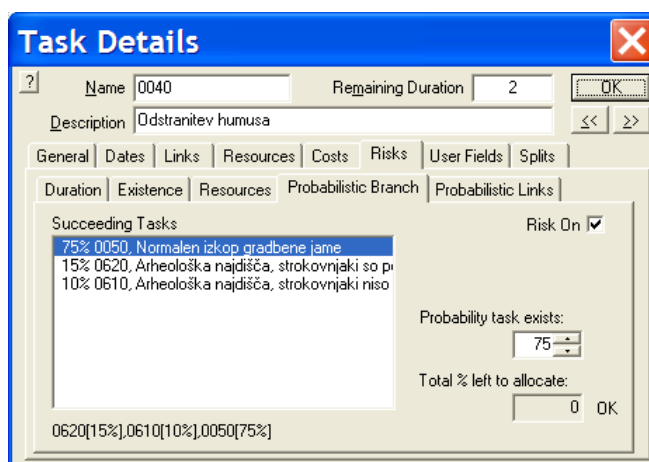
2) Zemeljska dela – združena aktivnost (najverjetnejši čas trajanja od 8. 9. 2006 do 2. 10. 2006). Zemeljska dela so razdeljena na aktivnosti (slika 41):

- ureditev gradbišča,
- odstranitev humusa,
- arheološka najdišča, kjer strokovnjaki niso potrebni za odstranitev najdbin,
- arheološka najdišča, kjer strokovnjaki so potrebni za odstranitev najdbin,
- strokovna odstranitev najdbin,
- normalen izkop gradbene jame in
- možen vdor vode v gradbeno jamo.

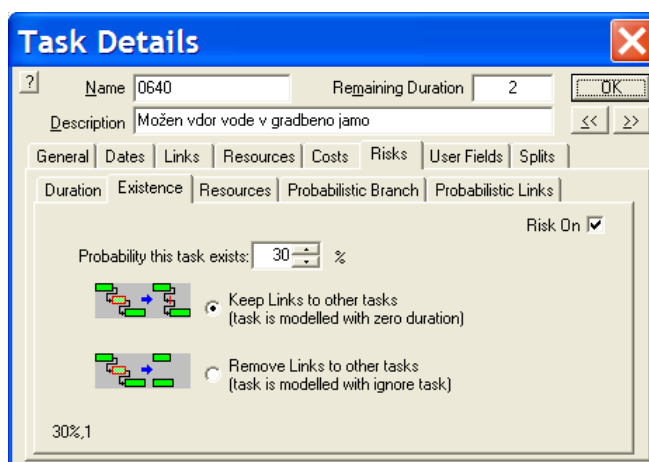


Slika 41: Aktivnosti pri zemeljskih delih

Zaradi možnosti arheološkega najdišča na parceli gradnje, imamo po odstranitvi humusa tri možne poteke nadaljnega izkopa. To je v programu predstavljeno z verjetnostnim vejanjem (predstavljeno je na sliki 41, 42 in na blokovnem diagramu-priloga A). Najverjetneje je, da ne bomo naleteli na arheološke najdbine. Zato veji, ki predstavlja to možnost, predpišemo 75% možnosti. Druga veja predstavlja 15% možnosti, da bomo naleteli na najdbine, za odstranitev katerih bodo potrebni strokovnjaki-arheologi. Tretja veja pa predstavlja 10% možnosti, da bomo sicer naleteli na najdbine, a za njihovo odstranitev ne bo potrebna pomoč arheologov.



Slika 42: Verjetnostno vejanje zaradi možnega odkritja arheološkega najdišča



Slika 43: Verjetnost obstoja aktivnosti vdora vode v gradbeno jamo

Pri izkopu gradbene jame lahko pride še do nastopa negotovega dogodka-vdora vode v gradbeno jamo. To tveganje predstavimo s funkcijo verjetnost obstoja aktivnosti. Določimo, da obstaja 30% možnosti (slika 43), da pride do vdora vode v gradbeno jamo, kar pomeni za projekt dodatne stroške in podaljšanje zemeljskih del za dva dni.

Opomba: tveganja prisotna v vseh nadaljnjih fazah, so predstavljena v poglavju 7.2.3.

3) Temeljenje – združena aktivnost (najverjetnejši čas trajanja od 3. 10. 2006 do 8. 11. 2006).

Temeljenje je razdeljeno na aktivnosti:

- priprava terena,
- izvedba pilotov (prične se dan pred zaključkom priprave terena),
- podložni beton (pričetek dva dni pred končanjem pilotiranja),
- pasovni temelji (med pričetkom pasovnega temeljenja in končanjem betoniranja je en vmesni dan),
- zasip med temelji (pričetek dva dni pred končanjem pasovnega temeljenja) in
- AB talna plošča kleti.

4) Klet – združena aktivnost (najverjetnejši čas trajanja od 6. 11. 2006 do 26. 12. 2006).

Zidanje kleti je razdeljeno na aktivnosti:

- AB stene kleti, jašek dvigala,
- AB stropna plošča kleti,
- razopaženje stropne plošče kleti (prične se šest dni po končanem vlivanju AB stropne plošče),
- predelne stene,
- zasip in zaščita AB sten kleti (izvajati se prične ko se konča vlivanje AB stropne plošče),
- notranji ometi (pričetek po končanju postavitve predelnih sten) in
- notranji zidarski tlaki.

5) Pritličje – združena aktivnost (najverjetnejši čas trajanja od 28. 11. 2006 do 18. 1. 2007).

Zidanje pritličja je razdeljeno na aktivnosti:

- nosilne stene, jašek dvigala (pričetek dva dni po končanju vlivanja AB stropne plošče kleti),
- AB stropna plošča pritličja,

- razopaženje stropne plošče (prične se šest dni po končanem vlivanju AB stropne plošče),
- predelne stene,
- notranji ometi in
- notranji zidarski tlaki.

6) Prvo nadstropje (najverjetnejši čas trajanja od 19. 12. 2006 do 26. 1. 2007). Zidanje prvega nadstropja je razdeljeno na aktivnosti:

- nosilne stene, jašek dvigala (pričetek dva dni po končanju vlivanja AB stropne plošče pritličja),
- AB stropna plošča 1. nadstropja,
- razopaženje stropne plošče (prične se šest dni po končanem vlivanju AB stropne plošče),
- predelne stene,
- notranji ometi in
- notranji zidarski tlaki.

7) Drugo nadstropje (najverjetnejši čas trajanja od 9. 1. 2007 do 15. 2. 2007). Zidanje drugega nadstropja je razdeljeno na aktivnosti:

- nosilne stene, jašek dvigala (pričetek dva dni po končanju vlivanja AB stropne plošče prvega nadstropja),
- AB stropna plošča 2. nadstropja,
- razopaženje stropne plošče (prične se šest dni po končanem vlivanju AB stropne plošče),
- predelne stene,
- notranji ometi in
- notranji zidarski tlaki.

8) Streha – aktivnost (najverjetnejši čas trajanja od 30. 1. 2007 (dva dni po končanju vlivanja AB stropne plošče drugega nadstropja) do 12. 3. 2007).

9) Spremljevalne aktivnosti pri zidanju objekta:

- začetek montaže stolpnega žerjava – mejnik (najverjetnejši začetek 11. 10. 2006, in sicer pet dni pred končanjem izvajanja temeljev),

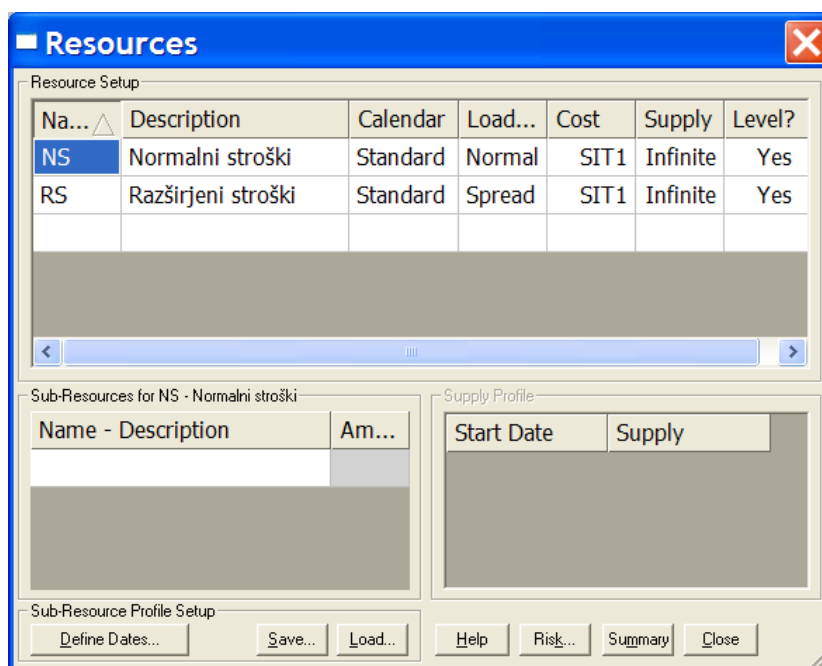
- montaža stolpnega žerjava – aktivnost (najverjetnejši čas trajanja od 11. 10. 2007 do 13. 10. 2006),
  - demoniranje stolpnega žerjava – aktivnost (najverjetnejši čas trajanja od 13. 3. 2007 (končanje strehe) do 15. 3. 2007),
  - konec demontiranja stolpnega žerjava – mejnik (najverjetnejši konec 15. 3. 2007, in sicer 2-3 dni po končanju strehe),
  - začetek montiranja fasadnega odra – mejnik (najverjetnejši začetek 28. 11. 2006, in sicer sočasno s pričetkom zidanja nosilnih sten in jaška dvigala pritličja),
  - montaža fasadnega odra – aktivnost (najverjetnejši čas trajanja od 28. 11. 2006 do 4. 12. 2006),
  - demoniranje fasadnega odra – aktivnost (najverjetnejši čas trajanja od 13. 3. 2007 (končanje strehe) do 16. 3. 2007) in
  - konec demontiranja fasadnega odra – mejnik (najverjetnejši konec 16. 3. 2007).
- 10) Inštalacijska dela – aktivnost (najverjetnejši čas trajanja od 13. 12. 2006 (končanje postavitve predelnih sten kleti) do 17. 4. 2007).
- 11) Obrtniška dela – aktivnost (najverjetnejši čas trajanja od 5. 1. 2007 (končanje predelnih sten pritličja) do 26. 4. 2007).
- 12) Zunanja ureditev (1. faza) – aktivnost (najverjetnejši čas trajanja od 9. 11. 2006 (konec temeljenja) do 20. 12. 2006).
- 13) Zunanja ureditev (2. faza) – aktivnost (najverjetnejši čas trajanja od 27. 2. 2007 (deset dni pred končanjem strehe) do 30. 4. 2007).
- 14) Priprava tehničnega poročila – aktivnost (najverjetnejši čas trajanja od 25. 4. 2007 (štiri dni pred končanjem urejanja okolice druge faze) do 3. 5. 2007).
- 15) Tehnični pregled – aktivnost (najverjetnejši čas trajanja je en dan, in to je 4. 5. 2007).

16) Odprava pomanjkljivosti – aktivnost (najverjetnejši čas trajanja od 7. 5. 2007 (po tehničnem pregledu) do 9. 5. 2007).

17) Predaja objekta oz. konec – mejnik (najverjetnejši konec 10. 5. 2007).

### 7.2.2 Stroški gradnje večstanovanjskega objekta (predpisovanje stroškov aktivnostim)

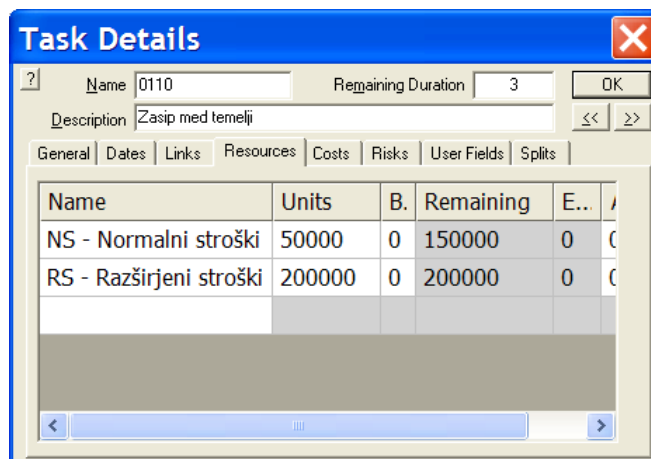
Stroški zidanja večstanovanjskega objekta so visoki kot pri večini gradbenih projektov. Skupni stroški gradnje so približno 75 milijonov tolarjev. V stroške ni vključena cena zemljišča.



Slika 44: Prikaz virov normalni in razširjeni stroški

Vsaka aktivnost (v predstavljenem primeru) ima posredno, preko virov, določene stroške. Vir so razdeljeni na normalne in razširjene vire oz. stroške (slika 44). Poimenovanje normalni in razširjeni stroški se navezuje na normalno in razširjeno obremenitev. Pri normalni obremenitvi skupno število enot vira narašča s podaljševanjem trajanja aktivnosti (uporablja se za ljudi, opremo,..). Dlje kot traja aktivnost, za toliko daljše časovno obdobje bomo mogli

plačati npr. stroške najema opreme. Stroški aktivnosti, ki se določajo posredno preko vira z normalno obremenitvijo, so odvisni od trajanja aktivnosti. Nasprotno pa so stroški aktivnosti, ki se določajo posredno preko vira z razširjeno obremenitvijo, neodvisni od trajanja aktivnosti. Pri razširjeni obremenitvi je število enot vira enakomerno razporejeno čez celotno aktivnost oz. ni odvisno od trajanja aktivnosti (uporablja se za materiale).



Name	Units	B.	Remaining	E..
NS - Normalni stroški	50000	0	150000	0
RS - Razširjeni stroški	200000	0	200000	0

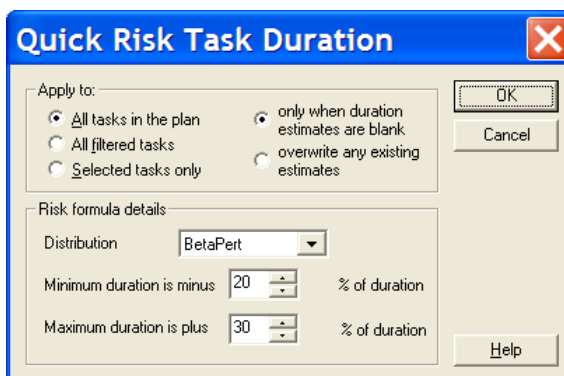
Slika 45: Aktivnost zasip med temelji z določenimi viri oz. stroški

Na sliki 45 je prikazana aktivnost »zasip med temelji«. Stroški te aktivnosti so določeni posredno preko virov. Vidimo lahko, da normalni stroški (stroški delovnih ur) obsegajo 50000 enot na dan, kar pomeni 50000 tolarjev na dan, saj znaša strošek ene enote vira normalni stroški 1 tolar (slika 44). Najverjetnejše trajanje te aktivnosti je 3 dni, zato znašajo najverjetnejši normalni stroški aktivnosti 150000 tolarjev. Razširjeni stroški (stroški materiala-peska) te aktivnosti pa znašajo 200000 tolarjev (200000 enot vira razširjeni stroški in strošek ene enote je 1 tolar) in niso odvisni od trajanja aktivnosti.

V predstavljenem planu gradnje večstanovanjskega objekta so pri vseh aktivnostih stroški podano posredno, preko vira kot normalni in/ali razširjeni stroški. Razdelitev stroškov aktivnosti po posrednih in normalnih je prikazana za vsako aktivnost posebej v pogovornem oknu (kot na sliki 45). V stolpcu oblikovnega diagrama pa so prikazani skupni stroški (normalni + razširjeni) vsake posamezne aktivnosti.

### 7.2.3 V plan gradnje večstanovanjskega objekta vključene komponente tveganja

Tveganje z največjim vplivom tako na trajanje, kot tudi na stroške predstavljenega plana gradbenega projekta, je gotovo tveganje pri trajanju aktivnosti. To tveganje je vključeno v predstavljen plan s pomočjo funkcije hitro tveganje trajanja aktivnosti (»quick risk task duration«). Ta možnost je izbrana za vse aktivnosti celotnega plana, lahko pa se izbere le za določene aktivnosti (slika 46). Za vse aktivnosti je izbrana BetaPert verjetnostna porazdelitev trajanja aktivnosti (slika 47). Na splošno je ta porazdelitev primerna za gradbene aktivnosti. Pri tej porazdelitvi je levo in desno od najverjetnejšega trajanja aktivnosti, relativno velik interval z le majhnimi odstopanji od najverjetnejšega trajanja aktivnosti. Zato se uporablja, kadar smo dokaj prepričani o najverjetnejšem trajanju aktivnosti.



Slika 46: Prikaz hitrega tveganja trajanja aktivnosti

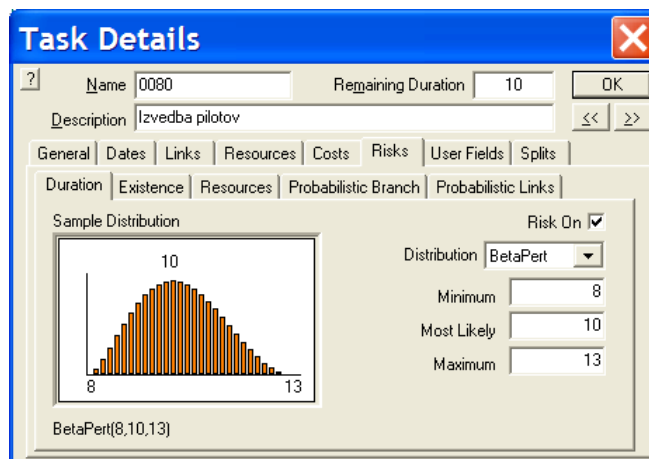
Pri definiranju tveganja s pomočjo t.i. »hitrega tveganja« določimo poleg funkcije verjetnostne porazdelitve in najverjetnejšega časa trajanja, še naslednje attribute:

- minimalno možno trajanje aktivnosti podano v odstotkih od najverjetnejšega trajanje aktivnosti,
- maksimalno možno trajanje aktivnosti podano v odstotkih od najverjetnejšega trajanje aktivnosti,

Pri planu večstanovanjskega objekta je izbrano minimalno možno trajanje aktivnosti, kot 20% krajše od najverjetnejšega trajanja aktivnosti. Maksimalno možno trajanje aktivnosti, pa kot



30% daljše od najverjetnejšega trajanja aktivnosti. Beta porazdelitev in izbrani odstotki so primerni glede na dejstvo, da je dejansko največ možnosti za najverjetnejši čas trajanja aktivnosti, nekoliko manj je možnosti daljšega trajanja aktivnosti, in najmanj je možnosti krajšega trajanja aktivnosti. Več je možnosti, da bo prišlo do zamude in/ali prekoračitve predpisanih stroškov, kot pa do predčasnega končanja in/ali cenejše izvedbe.



Slika 47: BetaPert verjetnostna porazdelitev

S podajanjem tveganja za trajanje aktivnosti avtomatično podamo tudi tveganje za normalne stroške (odvisni od trajanja aktivnosti), pri vseh aktivnostih s posredno podanimi stroški, preko vira z normalno obremenitvijo oz. normalnimi stroški. Na predstavljenem primeru je uporabljena ta možnost vključevanja tveganja pri stroških.

Lahko pa bi se ta posledica izključila z neposrednim določanjem normalnih stroškov aktivnostim. Lahko pa bi prisotnost tveganja pri stroških dosegli z vključevanjem tveganja pri virih, ki so dodeljeni aktivnostim. Potrebno bi bilo izbrati tip verjetnostne porazdelitve in oceniti minimalno, maksimalno in najverjetnejše število potrebnih enot vira pri izvajanju aktivnosti. Na takšen način bi lahko vključili tveganje tudi pri razširjenih virih oz. razširjenih stroških.

Komponento tveganja v obravnavanem planu večstanovanjskega objekta predstavljata tudi že v poglavju 7.1.1 opisano verjetnostno vejanje in verjetnost obstoja aktivnosti.

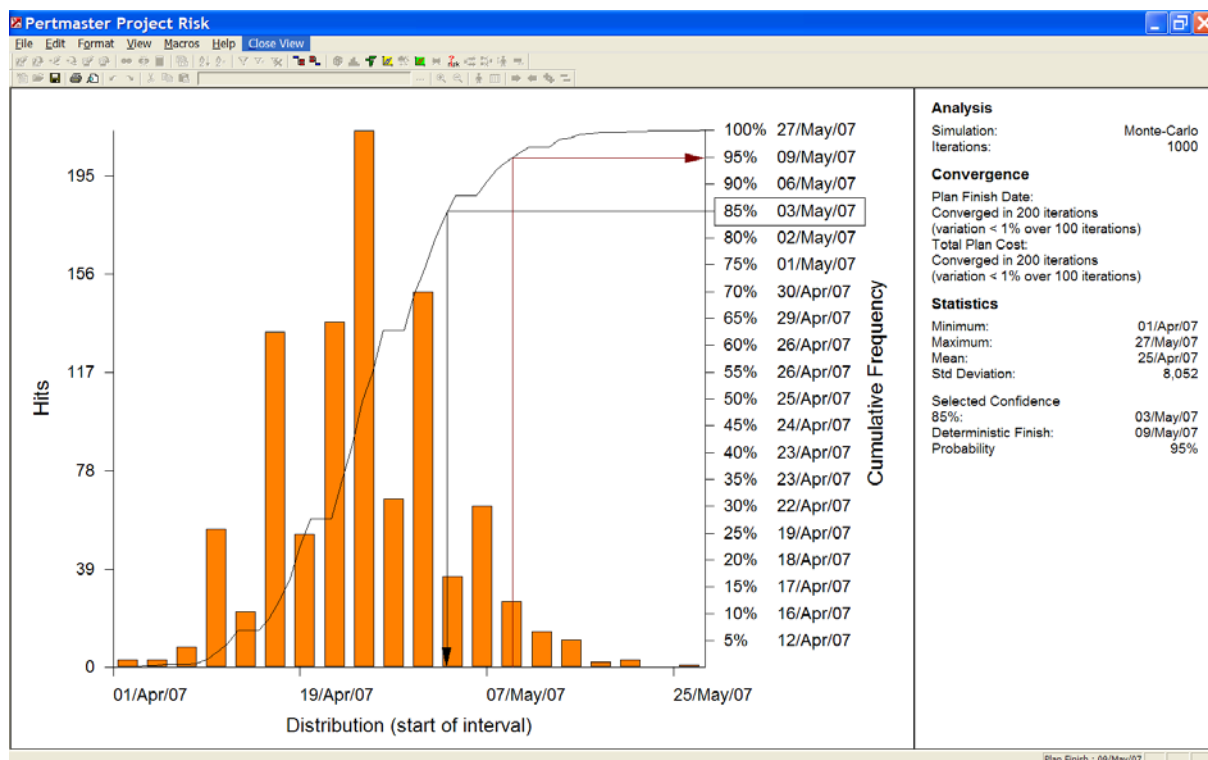
## **7.3 Rezultati analize tveganja – izhodni podatki plana gradnje večstanovanjskega objekta**

### **7.3.1 Histogrami**

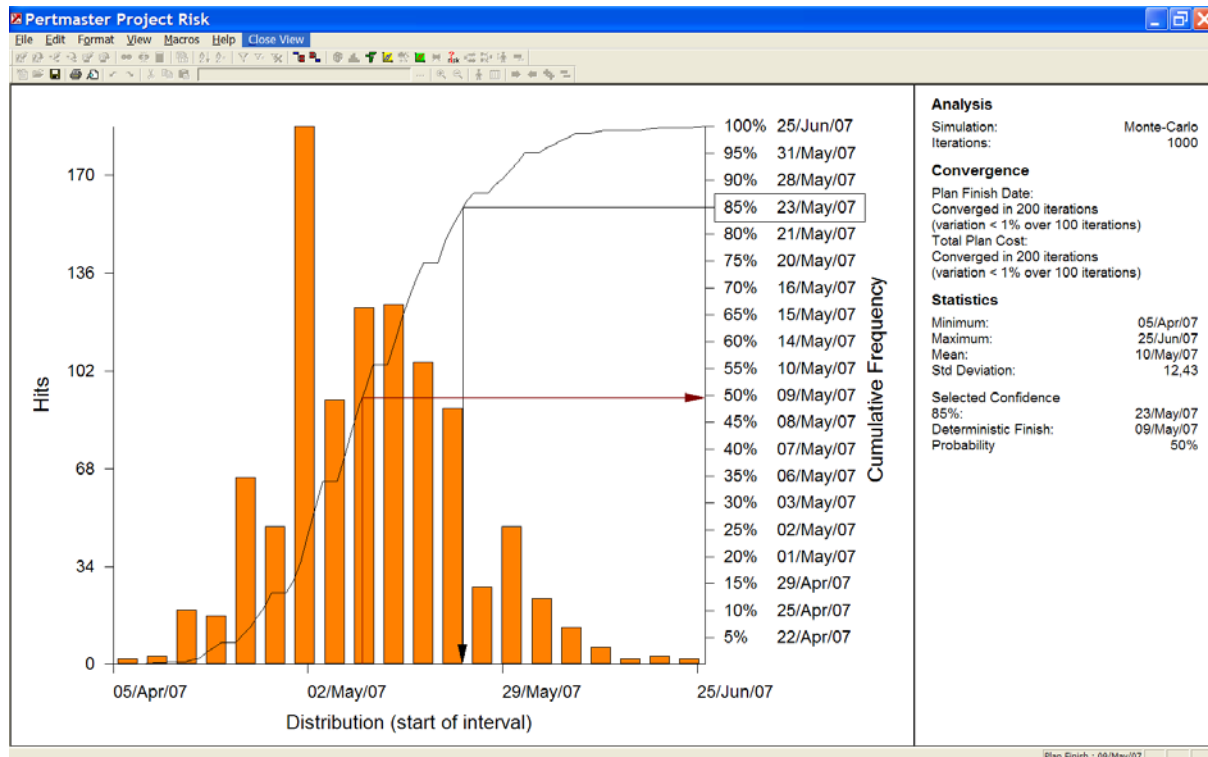
Histogram tveganja po različnih prikazih (prikaz po trajanju, po datumu začetka, po zaključnem datumu, po rezervnem času, po stroških, po porabljenih virih, po neto sedanji vrednosti (NPV) in po interni stopnji donosa (IRR)) prikazuje graf porazdelitve s pripadajočo S krivuljo - kumulativa. Lahko se ga prikaže za celoten projekt (razen pri datumu začetka) ali pa za posamezno aktivnost. Pri vseh histogramih so prikazane deterministične vrednosti (deterministični konec, trajanje, stroški, ...). Deterministične vrednosti, so tiste vrednosti, ki nastopijo takrat, ko imajo vse aktivnosti najverjetnejši čas trajanja.

#### **7.3.1.1 Histogram prikaza zaključnih datumov**

Na histogramu zaključnih datumov (slika 48) celotnega projekta lahko vidimo, kakšna (koliko procentov) je gotovost, da bo projekt zaključen, ob določenem roku? Projekt je lahko najprej končan 1. 4. 2007, a je gotovost tega datuma zaključka projekta zelo majhna (manj kot 1%). Najkasneje in z gotovostjo 100% se projekt konča 27. 5. 2007. Ostali zaključni datumi projekta in pripadajoči odstotki gotovosti njihove izpolnitve, so nekje vmes. Vidimo, da je npr. 85% možnosti, da bo projekt končan 3. 5. 2007. Determinističen datum zaključka je 9. 5. 2007 in z gotovostjo 95% bo takrat projekt tudi res končan. Ta odstotek je dokaj visok, kar pomeni da v projekt ni vključeno tveganje visoke jakosti z velikim vplivom na projektne cilje, da so komponente tveganja nastavljene na majhne razpone... S funkcijo hitrega tveganja trajanja aktivnosti izbrano minimalno možno trajanje aktivnosti, je namreč le 20% krajše od najverjetnejšega trajanja aktivnosti. Maksimalno možno trajanje aktivnosti, pa je le 30% daljše od najverjetnejšega trajanja aktivnosti. Na sliki 49 lahko vidimo, da se odstotek gotovosti končanja projekta na determinističen datum precej zmanjša, in sicer na 50%, če samo spremenimo maksimalno možno trajanje aktivnosti, iz 30% na 60% daljše od najverjetnejšega trajanja aktivnosti. V tem primeru pa vidimo, da bi se brez upoštevana tveganja trajanja aktivnosti precej zmotili, če bi se zanašali le na najverjetnejše trajanje aktivnosti.



Slika 48: Histogram prikaza zaključnih datumov celotnega projekta (-20% krajše in +30% daljše trajanje aktivnosti od najverjetnejšega trajanja aktivnosti)

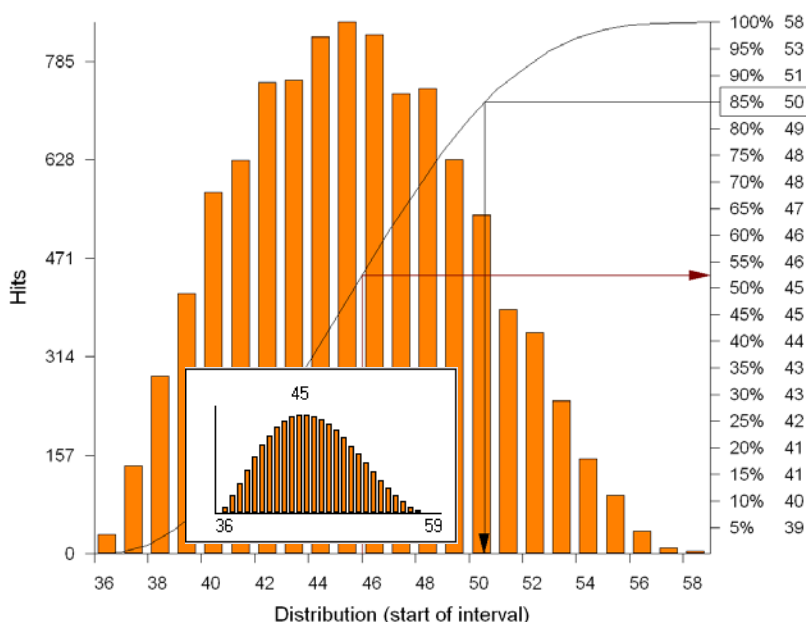


Slika 49: Histogram prikaza zaključnih datumov celotnega projekta (-20% krajše in + 60% daljše trajanje aktivnosti od najverjetnejšega trajanja aktivnosti)

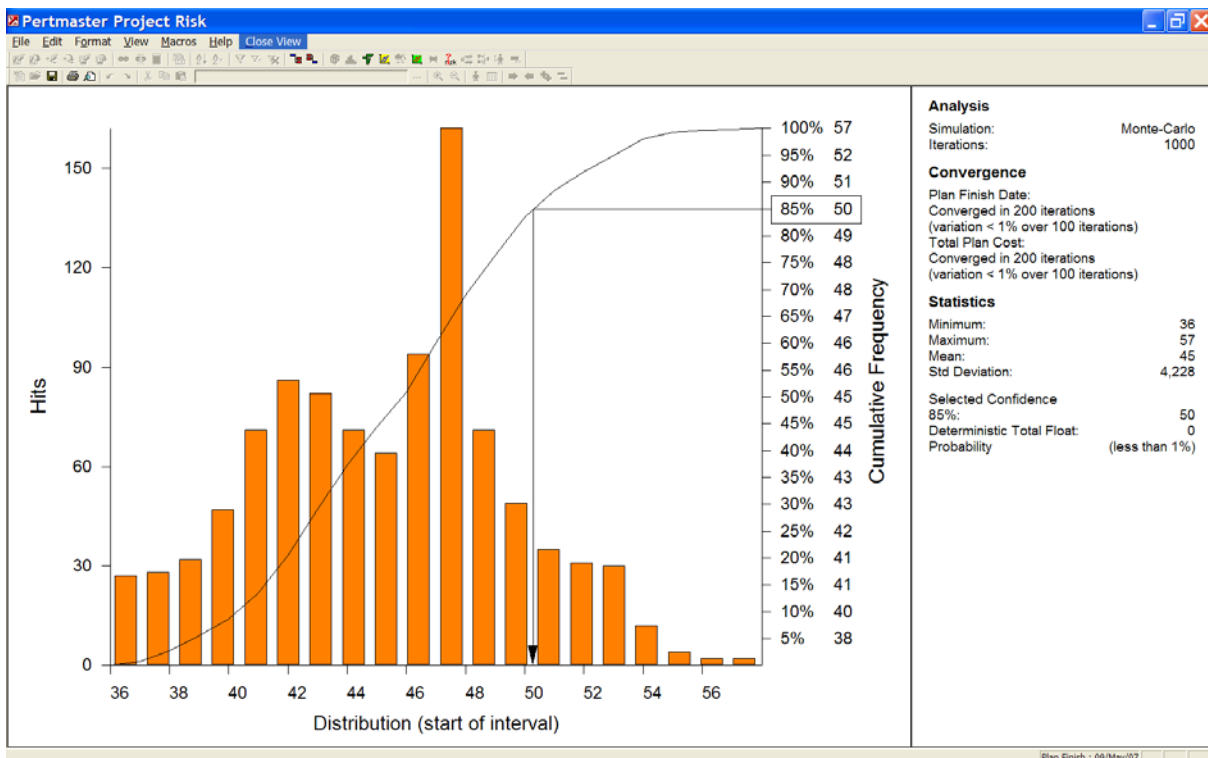
### 7.3.1.2 Histogram prikaza trajanja aktivnosti

Histogram prikaza trajanja aktivnosti je enak histogramu prikaza zaključnih datumov projekta, gre le za različni obliki zapisa podatkov na abscisni osi (zapis trajanja aktivnosti oz. projekta s številom dni trajanja, ali pa zapis trajanja aktivnosti oz. projekta z datumom).

Na slikah 50 in 51 lahko vidimo razliko v obliki histogramov, zaradi različnega števila iteracij. Pri 10.000-ih iteracijah so odstopanja dosti manjša, in oblika histograma bolj »gladka«, kot pa pri 1000-ih iteracijah.



Slika 50: Histogram prikaza trajanja aktivnosti za aktivnost zunanje urejanje (2. faza), 10.000 iteracij

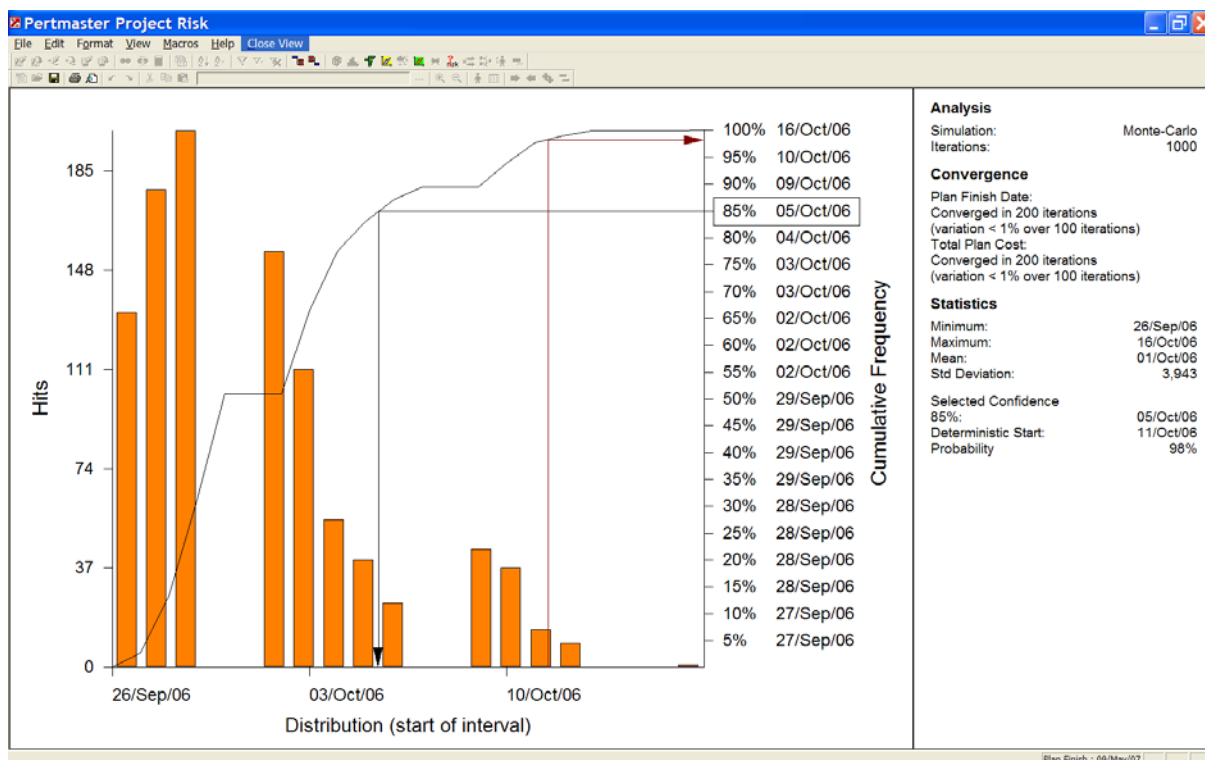


Slika 51: Histogram prikaza trajanja aktivnosti za aktivnost zunanje urejanje (2. faza), 1000 iteracij

### 7.3.1.3 Histogram prikaza datuma začetka aktivnosti

Na histogramu prikaza datuma začetka aktivnosti lahko vidimo ,kakšna (koliko procentov) je gotovost, da se bo posamezna aktivnost začela izvajati ob določenem datumu? Ta histogram se lahko prikaže za vsako posamezno aktivnost.

Na sliki 52 lahko vidimo, kdaj moramo najverjetneje planirati montažo stolpnega žerjava.

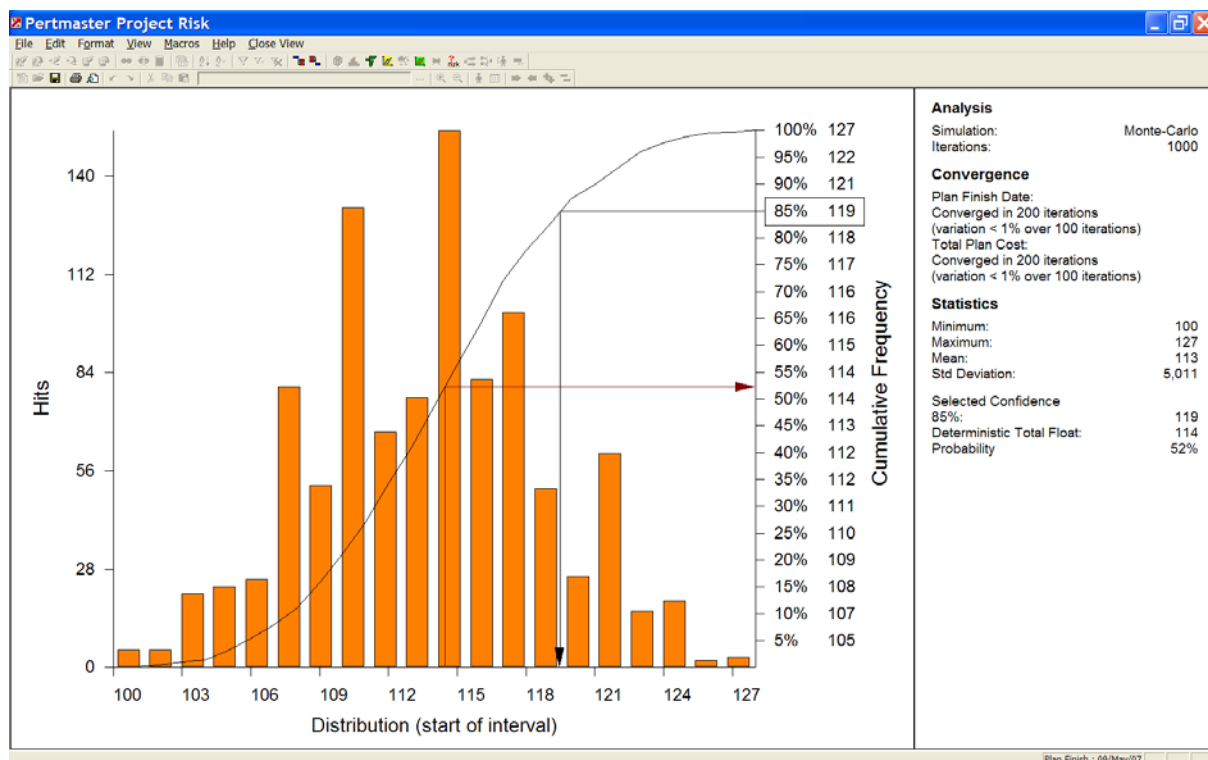


Slika 52: Histogram datuma začetka mejnika začetek montaže stolpnega žerjava

### 7.3.1.4 Histogram prikaza rezervnega časa

Histogram rezervnega časa prikazuje, kakšna (koliko procentov) je gotovost, da bo posamezna aktivnost imela določen rezervni čas trajanja. Prikaz tega histograma je smiseln le za aktivnosti, ki imajo rezervni čas (kritične aktivnosti ga nimajo).

Slika 53 prikazuje histogram rezervnega časa aktivnosti zasip in zaščita AB sten kleti. Vidimo lahko, da bo najverjetnejši (z visoko verjetnostjo) rezervni čas te aktivnosti dokaj velik, lahko celo 127 dni. To pomeni, da imamo precej časa, da se ta aktivnost izvede in konča, brez vpliva na zamujanje celotnega projekta. Vendar se v praksi to ne sme izvajati, saj bi kasnejše zasipanje in zaščitenje sten lahko povzročilo škodo na stenah kleti. Pri obravnavanju rezervnih časov je torej potrebna previdnost.



Slika 53: Histogram rezervnega časa aktivnosti zasip in zaščita AB sten kleti

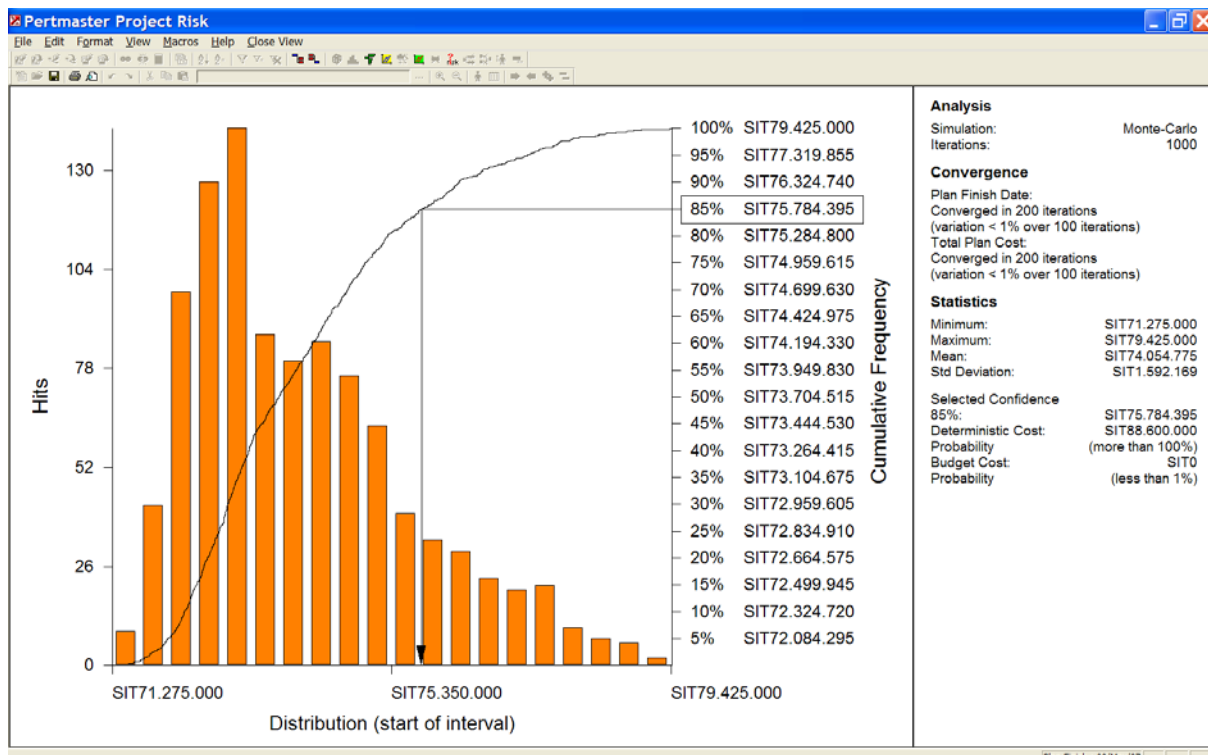
### 7.3.1.5 Histogram prikaza stroškov

Na histogramu stroškov celotnega projekta lahko vidimo, kakšna (koliko procentov) je gotovost določenega zneska stroškov celotnega projekta. Vidimo lahko, kolikšna je verjetnost, da stroški projekta ne bodo preseženi. Histogram prikaza stroškov se lahko prikaže tudi za posamezno aktivnost.

Na sliki 54 vidimo, da bodo stroški celotnega projekta znašali minimalno 71.275.000 sit (verjetnost te vrednosti je manjša od 1%). Maksimalni stroški projekta pa bodo znašali 79.425.000 sit (verjetnost te vrednosti je 100%). Stroški projekta torej predvidoma ne bodo presegali vrednosti 79.425.000 sit.

Možen je tudi prikaz histograma neto sedanje vrednosti (NVP), ki pa je v našem primeru enak histogramu na sliki 54, saj so vhodni podatki podani le kot stroški, in ne kot prilivi (pozitivna vrednost) in odlivi (negativna vrednost). Za prikaz histograma interne stopnje donosa (IRR)

pa bi bilo potrebno vnesti tudi podatke za diskontno stopnjo. Če smo seznanjeni z vsemi možnostmi, lahko s pomočjo histogramov denarnega toka pridobimo koristne podatke.



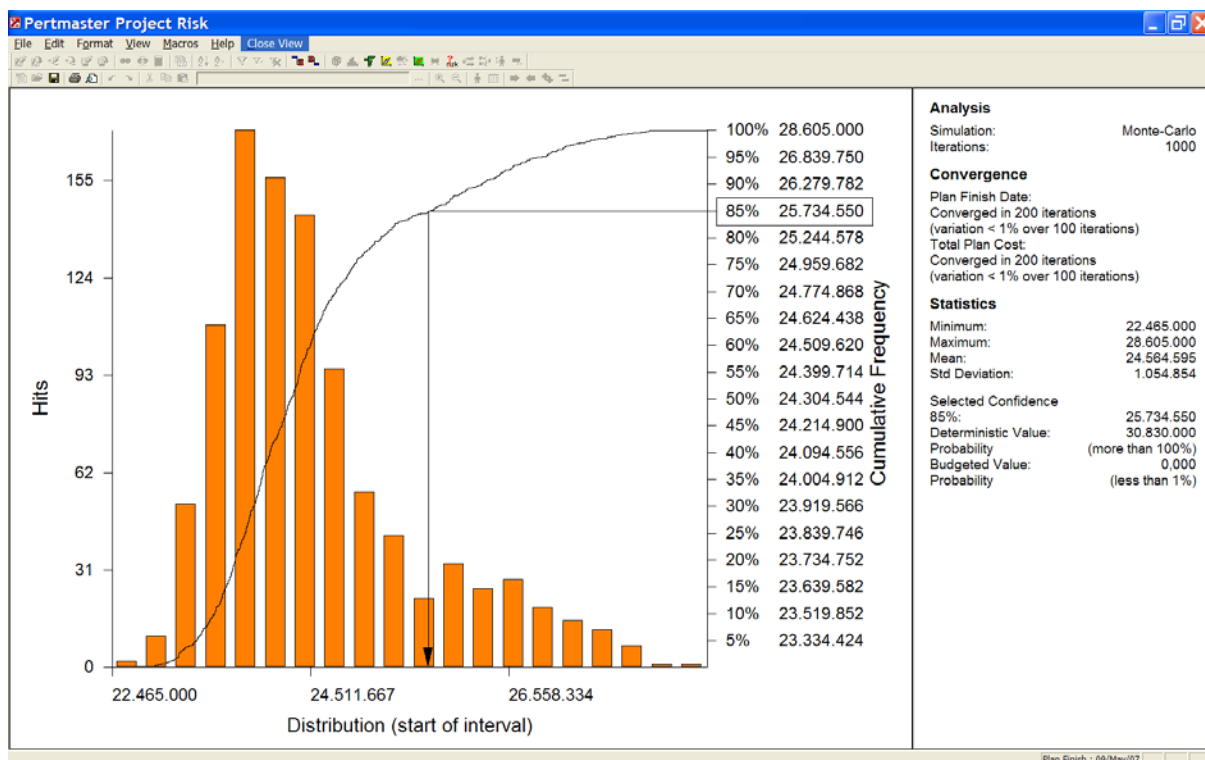
Slika 54: Histogram stroškov celotnega projekta

### 7.3.1.6 Histogram prikaza porabljenih virov

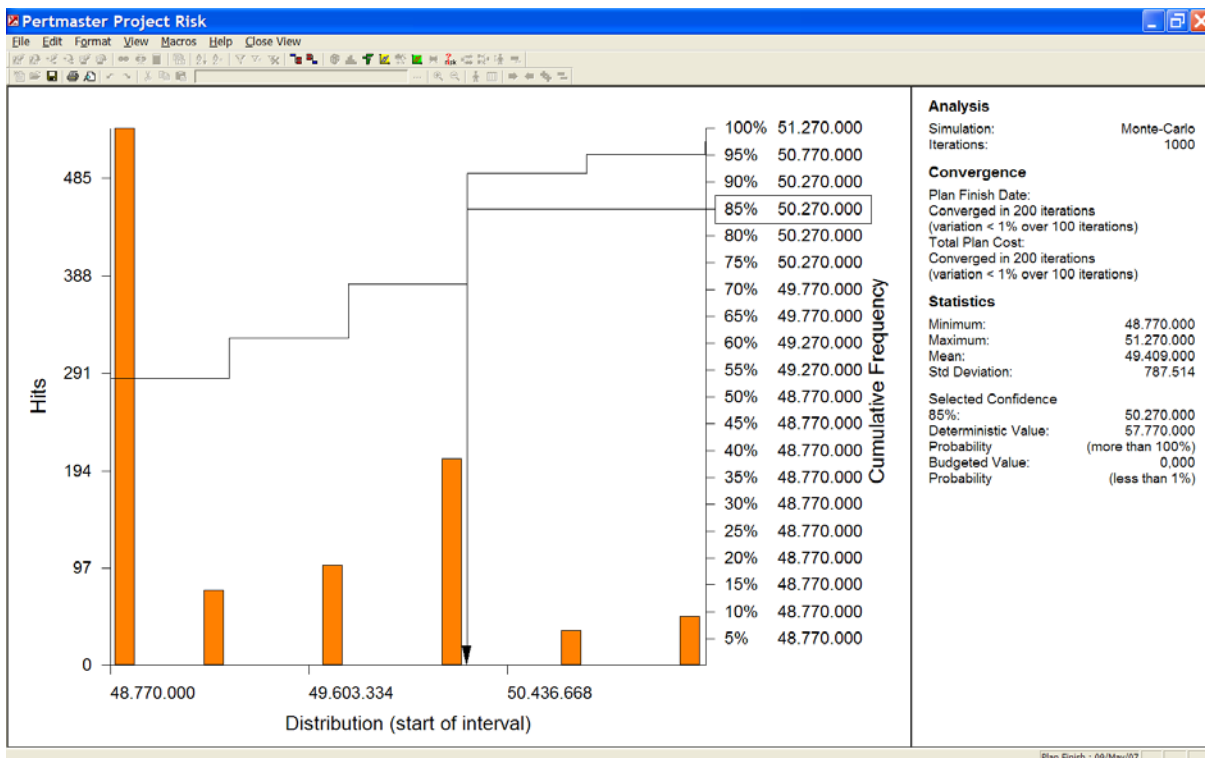
Histogram porabljenih virov prikaže, kakšna (koliko procentov) je gotovost, da bo porabljeno določeno število enot posameznega vira.

Na sliki 55 in 56 lahko vidimo prikaz histograma vira normalni stroški (odvisni so od trajanja aktivnosti) in vira razširjeni stroški (niso odvisni od trajanja aktivnosti). Viri so v obravnavanem primeru razdeljeni na normalne in razširjene vire, oz. stroške. Vsaka aktivnost ima namreč posredno, preko virov, določene stroške. Histograma virov prikazujeta število porabljenih enot posameznega vira. Ker je podana vrednost ene enote 1 tolar, lahko rečemo, da gre za histograma normalnih in razširjenih stroškov, katerih vsota je enaka celotnim stroškom projekta.





Slika 55: Histogram porabljenih enot vira normalni stroški (za celoten projekt)



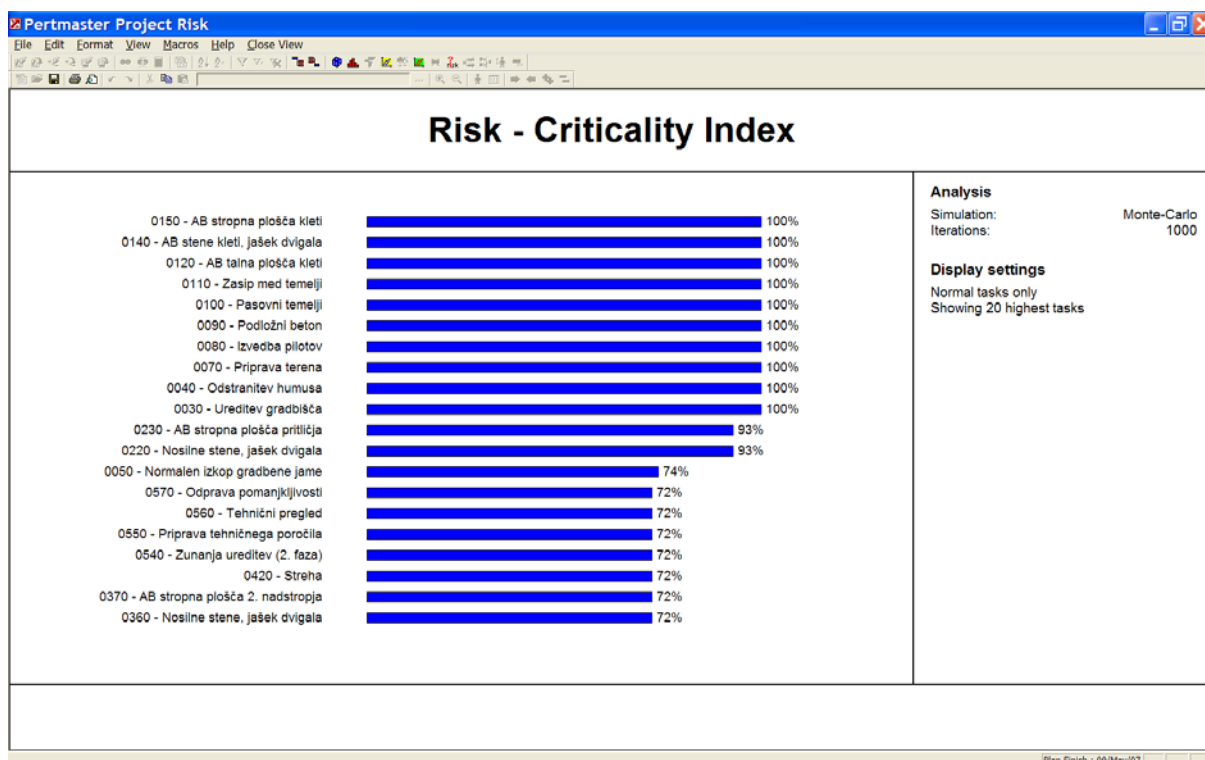
Slika 56: Histogram porabljenih enot vira razširjeni stroški (za celoten projekt)

## 7.3.2 Tornado grafi

Tornado graf prikazuje in rangira pomembnost, občutljivost in kritičnost trajanja (indeks kritičnosti) ter občutljivost stroškov. Vsi izračunani indeksi oz. vrednosti, so v tornadu grafu predstavljene z izpisanimi (tudi grafično predstavljenimi) odstotki indeksa oz. vrednosti za posamezno aktivnost.

### 7.3.2.1 Tornado graf indeksa kritičnosti

Indeks kritičnosti prikazuje, kako pogosto je med analizo bila aktivnost na kritični poti.

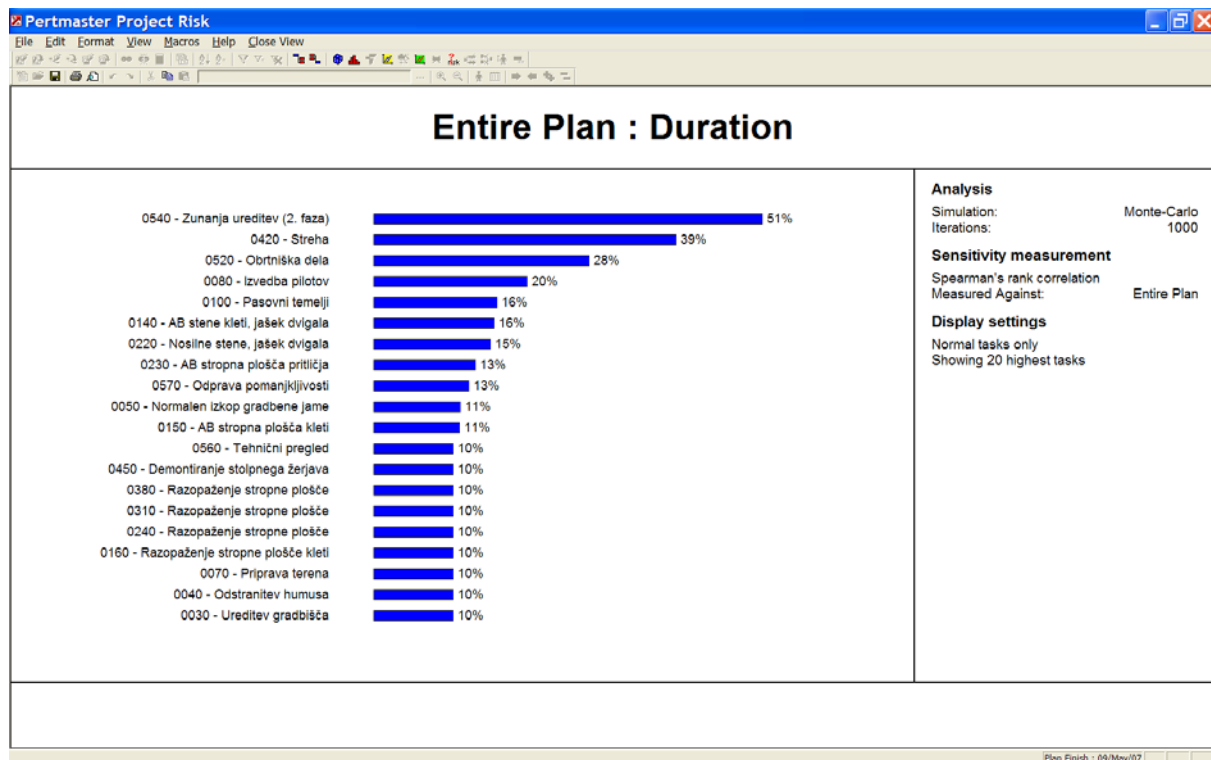


Slika 57: Tornado graf indeksa kritičnosti

Na sliki 57 lahko vidimo, da je kar nekaj aktivnosti z indeksom kritičnosti 100%, kar pomeni, da je med analizo tveganja kritična pot vedno vključevala te aktivnosti. Aktivnosti z višjim indeksom kritičnosti bodo najverjetneje vzrok za morebitno zamujanje projekta.

### 7.3.2.2 Tornado graf občutljivosti trajanja

Občutljivost trajanja prikazuje vrednost korelacij med trajanjem projekta in trajanjem aktivnosti.

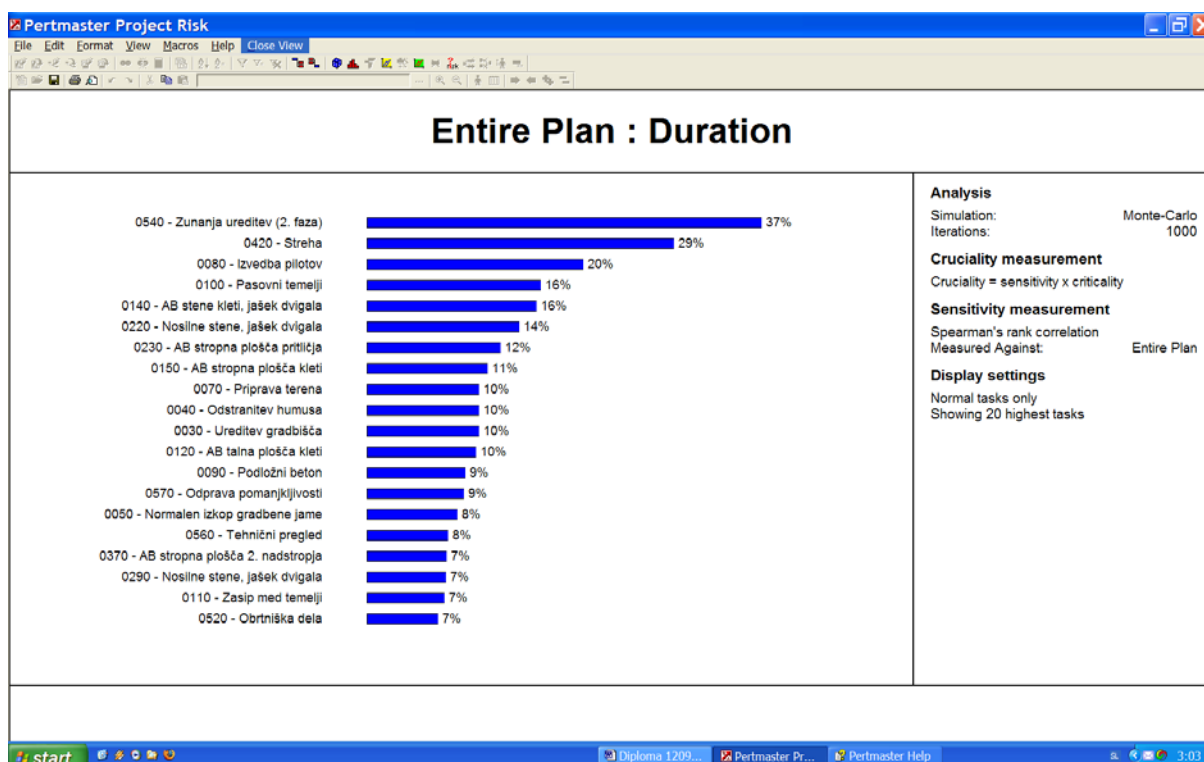


Slika 58: Tornado graf občutljivosti trajanja

Na sliki 58 so prikazane aktivnosti z najvišjimi vrednostmi občutljivosti trajanja. Aktivnost z najvišjo občutljivostjo trajanja, to je aktivnost zunanja ureditev (2. faza), bo najverjetneje vzrok za morebitno zamujanje projekta. Večja kot je vrednost občutljivosti trajanja, bolj je namreč verjetno, da projekt ne bo končan pravočasno. Opazimo lahko tudi to, da so aktivnosti z najvišjimi vrednostmi občutljivosti trajanja, uvrščene tudi na tornado diagramu indeksa kritičnosti. To je razumljivo, saj obe vrednosti vplivata na trajanje celotnega projekta oz. na morebitno zamujanje.

### 7.3.2.3 Tornado graf pomembnosti trajanja

Pomembnost trajanja je zmnožek indeksa kritičnosti in občutljivosti trajanja. Na sliki 59 vidimo, da je trajanje aktivnosti zunanja ureditev (2. faza), najpomembnejša za trajanje celotnega projekta in morebitno prekoračenje zaključnega datuma. Ta rezultat je pričakovan, saj je to aktivnost z najvišjo občutljivostjo trajanja in z visokim indeksom kritičnosti. Tudi na blokovnem planu projekta je razvidno, da je ta aktivnost kritična in med najdlje trajajočimi aktivnostmi. Kritična pa je prav tako tudi njena predhodna in naslednja aktivnost.

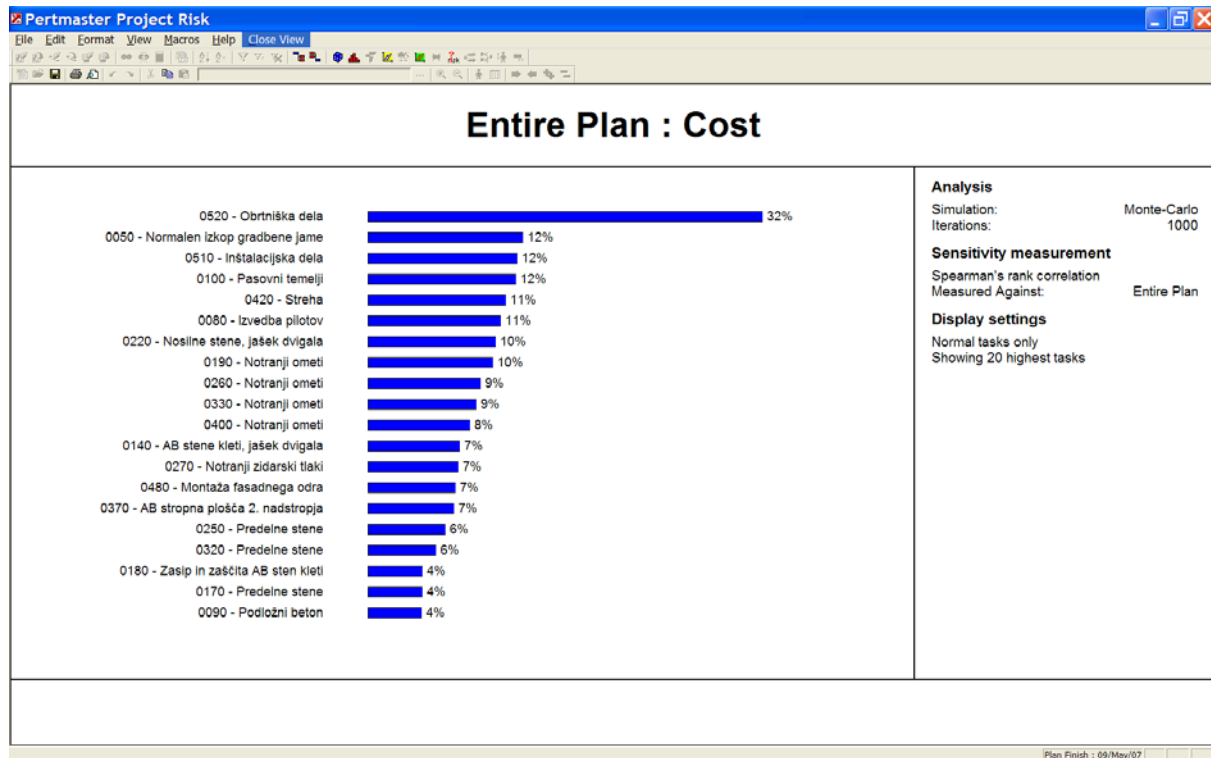


Slika 59: Tornado graf občutljivosti trajanja

### 7.3.2.4 Tornado graf občutljivosti stroškov

Občutljivost stroškov prikazuje vrednost korelacij med stroški projekta in stroški aktivnosti. Na sliki 60 vidimo, da ima aktivnost obrtniška dela dokaj visoko občutljivostjo stroškov in bo zato verjetno vzrok za morebitno preseganje predpisanih stroškov projekta. Večja kot je vrednost občutljivosti stroškov, bolj je namreč verjetno, da bodo ob zaključku projekta stroški preseženi. Obrtniška dela so skoraj najdlje trajajoča aktivnost v projektu in normalni stroški

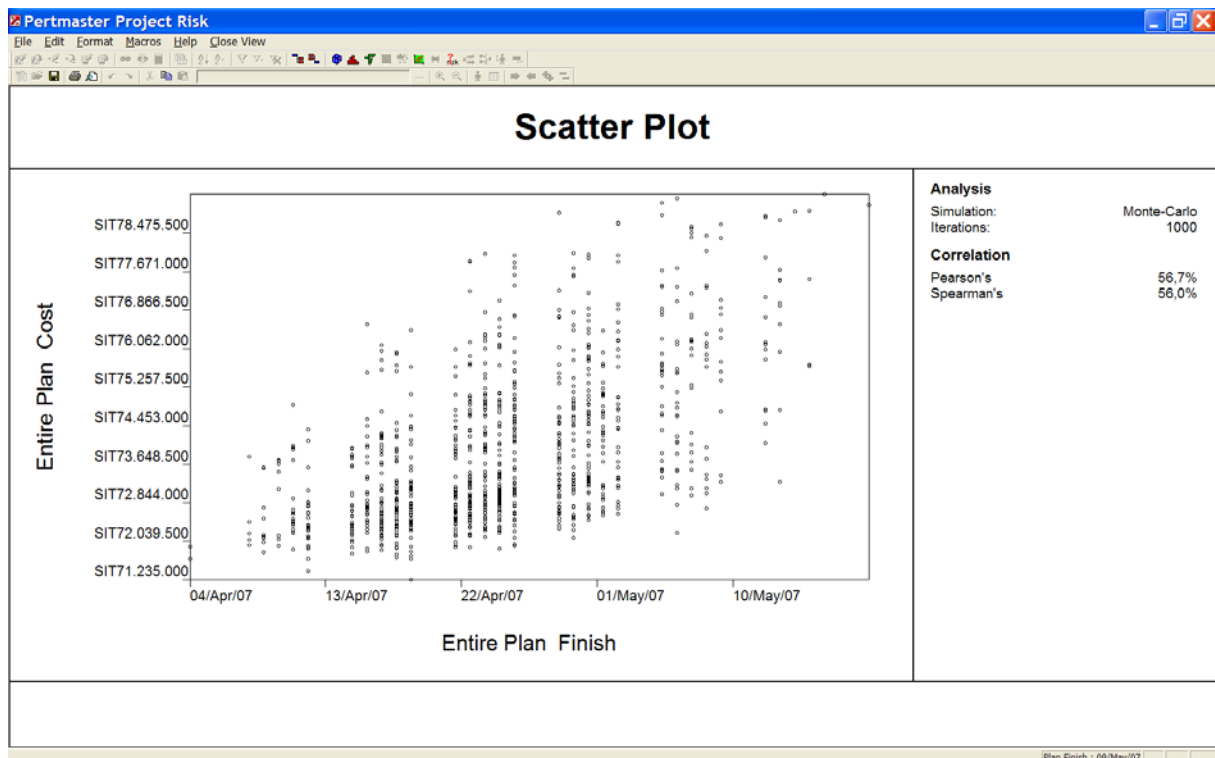
(stroški odvisni od trajanja aktivnosti) so v primerjavi z normalnimi stroški ostalih aktivnosti, najvišji. Zato se lahko vrednost celotnega projekta opazno spremeni, v primeru podaljšanja ali skrajšanja, trajanja obrtniških del. Tudi vrednost razširjenih stroškov obrtniških del je med najvišjimi v projektu. Torej je povsem razumljivo, da imajo obrtniška dela najvišjo vrednost občutljivosti stroškov.



Slika 60: Tornado graf občutljivosti stroškov

### 7.3.3 Graf razpršenosti

Graf razpršenosti prikazuje odnos med datumom končanja projekta in projektnimi stroški. Na sliki 61 lahko vidimo, da je čas končanja projekta v korelaciji s stroški projekta. Ko se podaljšuje čas končanja projekta, se namreč povečujejo stroški projekta. Takšen odnos je pri projektih običajen in logičen, saj se normalni stroški večajo s podaljševanjem trajanja aktivnosti.



Slika 61: Graf razpršenosti (prikaz odnosa med časom zaključka projekta in projektnimi stroški)

## 8 ZAKLJUČEK

Management in upravljanje s tveganji v gradbenem projektu ima izjemno velik vpliv na doseganje ciljev gradbenega projekta. S procesom upravljanja s tveganji lahko namreč zmanjšamo, ali celo odpravimo, negativni vpliv tveganja na čas, stroške in kvaliteto gradbenega projekta. V slovenski gradbeni praksi se upravljanje s tveganji ne pojavlja rutinsko. Gradbena podjetja se še vedno v veliki meri zanašajo na izkušnje zaposlenih, kar pa pogosto ni dovolj. Eden izmed razlogov takšnega odnosa gradbenih podjetij do upravljanja s tveganji, je gotovo konkurenčnost na gradbenem tržišču. Ponudbe, ki ne upoštevajo tveganja, so cenovno ugodnejše od ponudb, ki vključujejo tveganje. Ob tem se moramo zavedati, da obstaja pri planu dela, ki vključuje tveganja, večja verjetnost, da bo izpolnjen, kar bi moralo biti v interesu naročnika. Drug razlog, da se upravljanje s tveganji ne uporablja rutinsko, je potreba po hitrem in cenovno ugodnem planiranju, proces upravljanja s tveganji pa zahteva svoj čas, dodatno izobrazbo kadra in s tem povezane stroške. V nalogi je zato predstavljen program Pertmaster, ki računalniško podpira projektni management in upravljanje s tveganji, ter omogoča lažje planiranje in analiziranje tveganja.

Pri uporabi programa Pertmaster smo se seznanili z elementi programa, ki omogočajo številne možne povezave med aktivnostmi, določevanje virov in stroškov za aktivnosti, izenačevanje preobremenjenih virov, številne korelacije, verjetnostno vejanje, podajanje verjetnosti obstoja posamezne aktivnosti ali posamezne povezave, podajanje tveganja trajanju aktivnosti in številu enot vira ter stroškom,...Skratka omogoča natančno in pregledno planiranje poteka aktivnosti, njihovih stroškov in potrebnih virov za njihovo izvajanje, ter ponuja številne možnosti vključevanja tveganja v projekt. Za simulacijo projekta se uporablja metoda Monte Carlo, s katero se izračuna verjetnost rezultatov, ki se lahko prikažejo v obliki histograma, tornado grafa in grafa razpršenosti. S histograma lahko razberemo najverjetnejši datum zaključka projekta in najverjetnejše stroške projekta. Ugotovili smo, da lahko s pomočjo programa hitro ugotovimo tudi vpliv posamezne spremembe na projekt in najverjetnejše vzroke za prekoračenje roka ali stroškov projekta. Program je primeren tudi za velike gradbene projekte, saj z naborom različnih aktivnosti in povezav omogoča razdelitev na podprojekte. Pomanjkljivost programa je v vnaprej določenih lastnostih elementov. Problem je, če le teh ne definiramo sami oz. če nanje pozabimo. Program nas pri zagonu simulacije na

to ne opozori, saj prevzame vnaprej določeno lastnost, ki pa lahko v veliki meri vpliva na rezultate (npr. če pozabimo določiti vrsto obremenitve vira).

Lastnosti računalniškega programa Pertmaster so nas prepričale o ustreznosti tega programa za računalniško podporo projektne managementu in upravljanju s tveganji. Seveda pa je še vedno potrebno pred analiziranjem tveganja identificirati vsa potencialna tveganja, ter proučiti njihov vpliv in verjetnost, preden pričnemo z analiziranjem tveganja z računalniškim programom.

Ustreznost predstavljene računalniške podpore projektne managementu in upravljanju s tveganji v gradbenih projektih se lahko dejansko pokaže le v gradbeni praksi. Zato bi bilo potrebno testirati različna računalniška orodja, ki so na voljo na tržišču, jih primerjati in podati ocene njihove ustreznosti za uporabo v praksi.



## **UPORABLJENI VIRI**

Baker, R. W., 1986. Handling – Uncertainly, *International Journal of Project Management*, Vol. 4, No. 4, 1986, str. 205 – 210.

Burcar I., 2005. Struktura registra rizika kod upravljanja gradževinskim projektima, Magistarski rad, Zagreb, Gradževinski fakultet: 124 str.

Burke R., 1997. *Project Management – Planning & Control Techniques and insights*, England, John Wiley & Sons Ltd.

Carter, B., Hancoc, T., Morin, J-M. and Robins, N., 1994. *Introducing RISKMAN – The European Project Risk Management Methodology*, NCC Blackwell.

Dimovski V., 2002. *Gradivo pri predmetu: Poslovođenje malega podjetja*, Ljubljana, Ekonomska fakulteta.

Hauc A., 1982. *Projekti v organizacijah združenega dela*, Ljubljana, Gospodarski vestnik.

Haveys, R. W., Perry, J. G., Thompson, P. A., Willmer G., 1986. *Risk Management in Engineering Construction*, An SERC Project Report.

Jerenjc G., 2002. *Upravljanje s tveganji pri gradbenih projektih – predlog metodologije*, Diplomaska naloga, Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 137 str.

Loch C. H., DeMeyer A., Pich M.T, 2006. *Managing the Unknown (A new Approach to Managing High Uncertainly and Risk in projects)*.

Mawdesley M., Askew W., O'Reilly M., 1997. *Planning and Controlling Construction Projects*, England, Longman & The Chatered Institute of Building.

Nikič R., 1998. Upravljanje rizicima kot gradjevinskih projekta zemlje u tranziciji, magistrski rad, Zagreb: 127 str.

Perry, J. G. & Hayes, R. W., 1985. Risk and its Management in Construction Projects, Proceedings of Civil Engineers, Engineering Management Group, Patr 1 Vol. 78.

Pertmaster, 2006. <http://www.pertmaster.com/> (25.7.2006).

Petrič M., 2005. Notranje podjetništvo in projektni management v slovenskih gradbenih projektih, Magistrsko delo, Ljubljana, Ekonomska fakulteta: 106 str.

PMI Standards Comite, Duncan W. R. 1996. A Guide to Project Management Body of Knowledge, USA; Sylva: 176 str.

Prelec M. 2005. Obvladovanje tveganj projektov v podjetju Iskratel, Diplomsko delo, Kranj, Fakulteta za organizacijske vede: 84 str.

Radujković M., 2000: Upravljanje s tveganjem pri gradbenih projektih, Gradbeni Vestnik, Januar, str. 2 – 10.

Raziskovalna naloga, 2000. Upravljanje z rizikom pri gradbenih projektih v cestogradnji, izvajalec – Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za operativno gradbeništvo, naročnik – Ministrstvo za promet in zveze.

Rodošek E., 1985. Operativno planiranje, Ljubljana, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo: 237 str.

Rodošek E., 1998. Organizacija gradbenih del I, Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 67 str.

Slana M., 2002. Investicijski procesi in vodenje projektov, Ljubljana, IZS – seminarsko gradivo: 48 str.

Srdić A., 2005. Doktorska disertacija, Uporaba teorije mehke logike za modeliranje negotovosti pri vodenju projektov v gradbeništvu, Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Stare A., 2001. Zaključno poročilo, članek, Projektna mreža Slovenija, Letn. 4, št. 2, str. 11 - 14.

Tekavčič M., 2006. Uvod v poslovanje, Ljubljana, Ekonomska fakulteta.

Zupančič D. Srdić A., 2000. Izvajanje dejavnosti nadzora pri gradnji AC, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo – Prometnotehniški inštitut.

## **OSTALI VIRI**

Chapman C. & Ward S., 1997. Project Risk Management, (Processes, Techniques and Insights).

Hauc A., 2002. Projektni management, Ljubljana, GV Založba:331 str.

Kliem R. L., Ludin I. S., 1997. Reducing Project Risk.

Smith, P. G., Merritt G. M., 2002. Proactive Risk Management (Controlling Uucertainly In Product Development).

## **PRILOGE**

### **Priloga A: Blokovni diagram plana (večstanovanjski objekt)**