



Jan Fábry
ŠKODA AUTO Vysoká škola
Katedra řízení výroby, logistiky a kvality

15.2.2020

Počítačová simulace logistických procesů



Počítačová simulace logistických procesů

Obsah kurzu

1. Základy počítačové simulace

- definice simulace,
- výhody a nevýhody počítačové simulace,
- oblasti uplatnění simulace,
- náklady spojené s počítačovou simulací,
- fáze simulačního projektu.

2. Analýza dat – obecné principy

- význam analýzy dat pro parametrizaci modelu,
- základní nástroje pro analýzu dat,
- obecné metody zpracování dat,
- statistická analýza dat.





Počítačová simulace logistických procesů

Obsah kurzu

3. Seznámení s programem Plant Simulation (PS)

- vysvětlení základních prvků PS,
- tvorba jednoduchých modelů v PS,

4. Případová studie – výroba kol

- simulační model,
- vysvětlení jednotlivých částí modelu a použitých prvků,
- analýza dat, parametrizace modelu,
- identifikace úzkých míst v systému,
- realizace simulačních experimentů v PS, optimalizace systému.





Počítačová simulace

Základy počítačové simulace

Definice

- *Zobrazení reálného (ale i plánovaného, dosud neexistujícího) systému s jeho stochastickými a dynamickými procesy ve formě simulačního modelu.*
- *Základní myšlenkou je napodobit chování reálného systému prostřednictvím simulačního modelu a na základě experimentování s tímto modelem navrhnout změny, které fungování systému zlepší.*





Počítačová simulace

Základy počítačové simulace

Výhody počítačové simulace

- V podnikové praxi má počítačová simulace obrovský význam, podobně jako optimalizace. Výsledkem totiž často bývají *řešení*, která mají velmi *blízko k optimálním rozhodnutím*, které navíc často nelze určit vzhledem ke *složitosti probíhajících procesů*. Proto se někdy počítačová simulace považuje za *alternativu optimalizačních postupů* s tím, že je výhodné ji použít tam, kde *analytické optimalizační nástroje selhávají*.
- Pomocí *vizualizace* (animace) lze sledovat systém podobně jako samotný reálný systém.
- Pomocí *experimentů* lze sledovat *důsledky změn prakticky okamžitě*, v reálném systému by tyto změny byly tyto experimenty nemyslitelné z *časového i finančního hlediska*.





Počítačová simulace

Základy počítačové simulace

Nevýhody počítačové simulace

- Vytvoření kvalitního simulačního modelu představuje poměrně *vysoké časové nároky* (čas lze ušetřit vytvořenými knihovnamí objektů či celých modelů).
- *Vysoká finanční náročnost* (cena softwaru, případně vysoké výdaje konzultantské firmě).
- *Vysoké nároky na sběr dat*, navíc modely jsou často velice citlivé na přesnost a úplnost dat.





Počítačová simulace

Základy počítačové simulace

Oblasti uplatnění simulace

- Optimalizace rozsáhlých produkčních systémů.
- Analýza logistických procesů uvnitř podniku či celého dodavatelského řetězce.
- Optimalizace skladovacích procesů.
- Optimalizace rozvrhování výroby.
- Zlepšení fungování komunikačních systémů, optimalizace informačních toků.

Náklady spojené s počítačovou simulací

- Personální náklady na kvalifikovaného analytika a programátora.
- Náklady související s časem manažerů věnovaným komunikaci s analytikem v průběhu řešení projektu.
- Náklady na výkonnou výpočetní techniku (HW).
- Náklady na programové vybavení (SW).
- Náklady na sběr dat.





Počítačová simulace

Základy počítačové simulace

Simulační projekt

- Rozpoznání problému a stanovení cílů.
- Tvorba konceptuálního modelu (KM).
- Sběr dat a jejich analýza.
- Tvorba simulačního modelu (SM).
- Verifikace a validace modelu (ověření toho, zda SM je v souladu s původním KM a zda je SM ve shodě s realitou).
- Provádění experimentů.
- Analýza výsledků.
- Vytvoření dokumentace projektu.
- Implementace výsledků.





Počítačová simulace

Analýza dat – obecné principy

Základní analytické nástroje

- **Tabulky** (běžná, šachovnicová – vztahy mezi objekty, kontingenční – vztahy dvou statistických znaků aj.).
- **Diagramy** (Sankeyův – intenzita materiálového toku, P–Q diagram – souvislost produktů a velikosti produkce).
- **Grafy** (bodový, spojnicový, sloupcový, výsečový atd.).
- **Schémata** (vazby mezi oblastmi společnosti, dispoziční řešení, návaznost procesů).





Počítačová simulace

Analýza dat – obecné principy

Obecné metody zpracování dat

- **Seskupování** – cílem je roztrždit data do skupin tak, aby prvky každé skupiny sdílely společný atribut (typ automobilu, typ karosérie, barva).
- **Filtrování** – omezení skupiny výsledků pouze na prvky, které splňují zadané podmínky (jednoduché filtry, víceúrovňové filtry).
- **Řazení** – třídění dat podle hodnot jednoho či více atributů (tzv. klíč), výsledkem je pořadí prvků.
- **Párování** – spojování informací (hodnot znaků) z několika databází či seznamů získaných např. na základě průchodu produktů jednotlivými evidenčními body.

Software

- Access, Excel, SAS, SPSS, Gretl, Statgraphics, MATLAB, R.





Počítačová simulace

Analýza dat – obecné principy

Statistická analýza dat

- **Náhodný pokus** – je pokus, který může být opakován a jehož výsledek není znám předem.
- **Náhodná veličina** – proměnná, jejíž hodnota je dána výsledkem náhodného pokusu (diskrétní, spojitá).
- **Náhodný jev** – výsledek náhodného pokusu vyjádřený hodnotou náhodné veličiny.
- **Pravděpodobnost náhodného jevu** – číselné vyjádření míry možnosti nastoupení náhodného jevu.
- **Pravděpodobnostní rozdělení** – pravidlo, jež každé hodnotě nebo intervalu hodnot přiřadí pravděpodobnost, že náhodná veličina nabude této hodnoty nebo hodnoty z tohoto intervalu.





Počítačová simulace

Analýza dat – obecné principy

Statistická analýza dat

- **Distribuční funkce** náhodné veličiny $F(x)$ přiřazuje každému reálnému číslu x pravděpodobnost, že náhodná veličina X nabude hodnoty menší nebo rovné x , tj. $F(x) = P(X \leq x)$. Pro každé reálné číslo x je distribuční funkce neklesající a navíc platí $0 \leq F(x) \leq 1$.
- **Hustota pravděpodobnosti** spojité náhodné veličiny je funkce, pro kterou platí $f(x) = dF(x)/dx$. Pro všechna reálná čísla x je hodnota $f(x) \geq 0$ a platí $\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1$.
- **Pravděpodobnostní funkce** diskrétní náhodné veličiny je obdobou hustoty pravděpodobnosti spojité náhodné veličiny. Protože diskrétní náhodná veličina X může nabývat pouze diskrétních hodnot, pak pravděpodobnost, že nabyde hodnoty x je dána hodnotou pravděpodobnostní funkce $f(x) = P(X = x)$. Pro všechna reálná čísla x platí $f(x) \geq 0$ a $\sum_{x \in A} f(x) = 1$, kde A je množina všech náhodných jevů, tedy všech možností, kterých může náhodná veličina X nabývat.





Počítačová simulace

Analýza dat – obecné principy

Statistická analýza dat

- **Střední hodnota** náhodné veličiny je základní charakteristikou náhodné veličiny, která nás při analýze dat zajímá. Pokud diskrétní náhodná veličina X může nabývat n možných hodnot x_i ($i = 1, 2, \dots, n$), pak její střední hodnotu lze vyjádřit jako $E(X) = \sum_{i=1}^n x_i P(X = x_i)$. V případě spojité náhodné veličiny je střední hodnota $E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx$. V některých publikacích se střední hodnota označuje μ .
- **Rozptyl** náhodné veličiny je definován jako střední hodnota druhých mocnin odchylek od střední hodnoty. Rozptyl diskrétní náhodné veličiny je definován jako $\sigma^2 = \sum_{i=1}^n [x_i - E(X)]^2 P(X = x_i)$, rozptyl spojité náhodné veličiny pak $\sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} [x - E(X)]^2 f(x)dx$. V některých publikacích bývá rozptyl náhodné veličiny X označován jako disperze $D(X)$ či variance $\text{var}(X)$. Odmocnina rozptylu σ se nazývá **směrodatná odchylka**.





Počítačová simulace

Analýza dat – obecné principy

Statistická analýza dat

- **Aritmetický průměr** je hodnota, která v jistém smyslu vyjadřuje typickou hodnotu popisující soubor mnoha hodnot. Ovšem je potřeba zdůraznit, že taková hodnota v souboru ani nemusí existovat. Definice aritmetického průměru hodnot x_i ($i = 1, 2, \dots, n$) je $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$.
- **Modus** diskrétní náhodné veličiny X je hodnota \hat{x} , která se ve výběrovém souboru vyskytuje nejčastěji, tj. platí $P(X = \hat{x}) \geq P(X = x_i)$. Pro spojitou náhodnou veličinu X platí podmínka $f(\hat{x}) \geq f(x)$.
- **Medián** je hodnota \tilde{x} , která dělí řadu seřazených výsledků na dvě stejně početné podmnožiny. V případě lichého počtu prvků ve statistickém souboru se jedná o prostřední hodnotu, pokud je počet prvků sudý, pak se za medián většinou označuje aritmetický průměr dvou hodnot, které jsou v seřazeném souboru na místech $\left(\frac{n}{2}\right)$ a $\left(\frac{n}{2} + 1\right)$. Pro medián tedy obecně platí, že nejméně polovina hodnot je menších nebo rovna a současně nejméně polovina hodnot větších nebo rovna mediánu.





Počítačová simulace

Analýza dat – obecné principy

Statistická analýza dat

- **Náhodné číslo** je definováno jako hodnota rovnoměrného pravděpodobnostního rozdělení na intervalu $(0, 1)$. Pro generování náhodných čísel je vyvinuta celá řada generátorů, z nichž nejpoužívanějšími jsou aritmetické generátory. Náhodná čísla se získávají tak, že každé číslo se vypočítá za pomoci určité aritmetické operace z čísla předchozího. Protože jde o aritmetický výpočet, a nikoliv o náhodu, lze čísla takto získaná označit pouze za čísla **pseudonáhodná**. Vygenerovaná náhodná čísla jsou pak transformována pomocí různých metod na hodnoty náhodných veličin.
- **Metoda inverzní transformace**, která vychází z existence vzájemně jednoznačného přiřazení mezi hodnotami náhodné veličiny x a náhodnými čísly r , daného předpisem $r = F(x)$, kde $F(X)$ je distribuční funkce náhodné veličiny X . Vygenerováním náhodného čísla r jednoznačně určíme hodnotu $x = F^{-1}(r)$, kde $F^{-1}(X)$ je inverzní funkce k distribuční funkci $F(X)$. Problém nastává, pokud je inverzní funkce příliš komplikovaná nebo vůbec neexistuje.





Počítačová simulace

Analýza dat – obecné principy

Statistická analýza dat

- **Metoda inverzní transformace** pro rovnoměrné pravděpodobnostní rozdělení:

$$F(x) = \frac{x - a}{b - a} \quad \text{distribuční funkce na intervalu } (a, b)$$

$$r = \frac{x - a}{b - a} \quad \text{náhodné číslo}$$

$$x = a + r(b - a) \quad \text{hodnota náhodné veličiny s rovnoměrným rozdělením}$$





Počítačová simulace

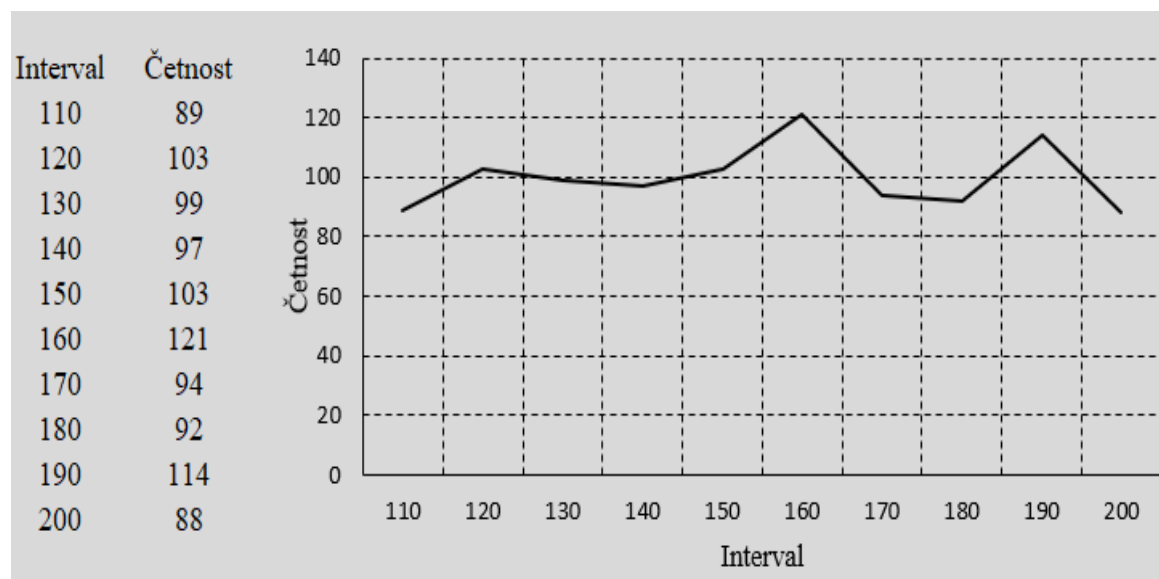
Analýza dat – obecné principy

Příklad

Budeme generovat hodnoty náhodné veličiny X s rovnoměrným pravděpodobnostním rozdělením na intervalu (100, 200), tj. každé hodnoty z tohoto intervalu může nabývat se stejnou pravděpodobností, která se vzhledem k tomu, že v intervalu je nekonečně mnoho hodnot, limitně blíží k nule.

r	x
0,928147	192,8147
0,849758	184,9758
0,395894	139,5894
0,646769	164,6769
0,673739	167,3739
0,369568	136,9568
0,062575	106,2575
0,11315	111,315
0,429406	142,9406
0,77667	177,667

Četnosti vygenerovaných hodnot rovnoměrného rozdělení

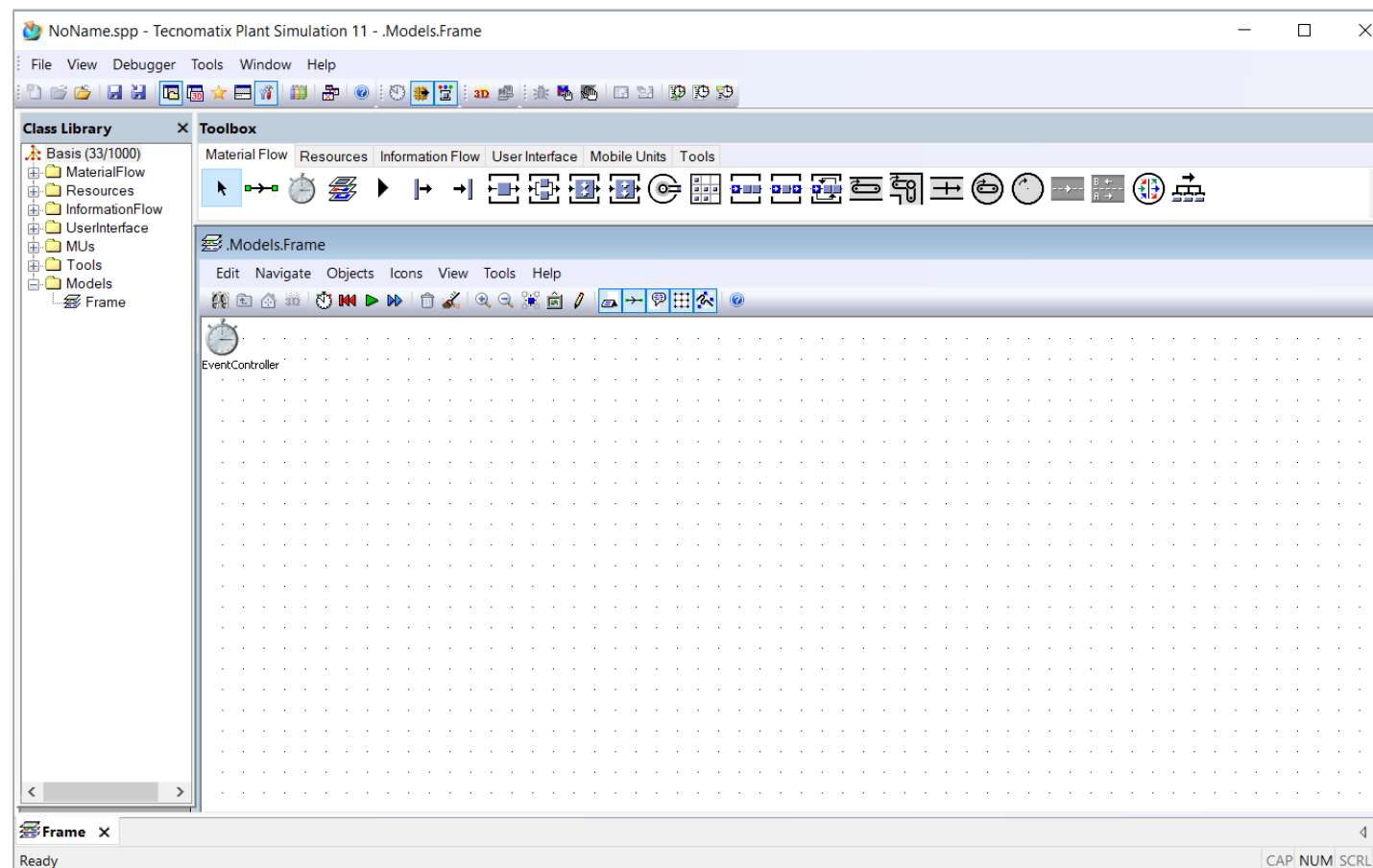




Počítačová simulace

Simulační software Tecnomatix Plant Simulation

Hlavní okno



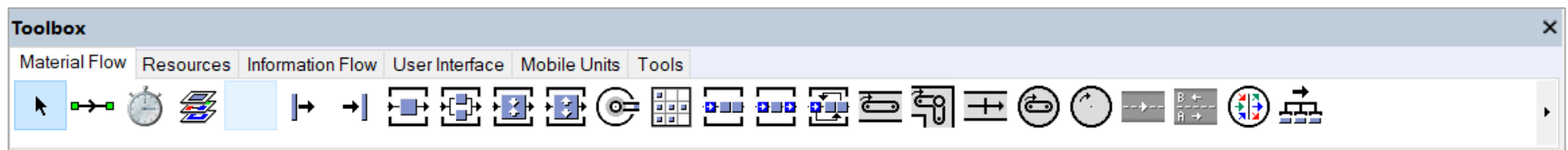


Počítačová simulace

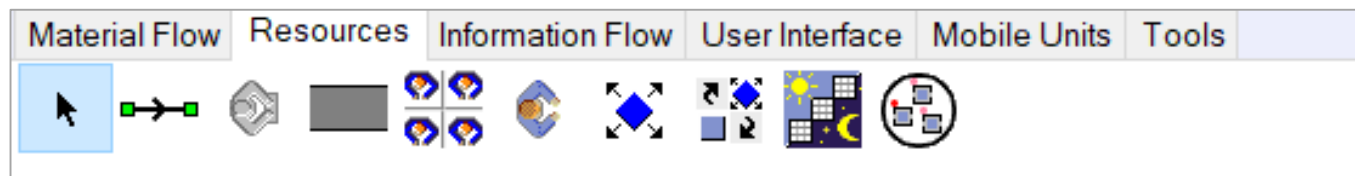
Simulační software Tecnomatix Plant Simulation

Základní prvky PS

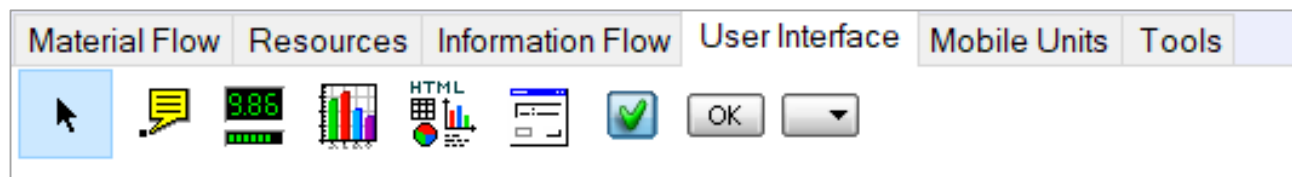
- **Material Flow (materiálový tok)**



- **Resources (zdroje)**



- **User Interface (uživatelské rozhraní)**



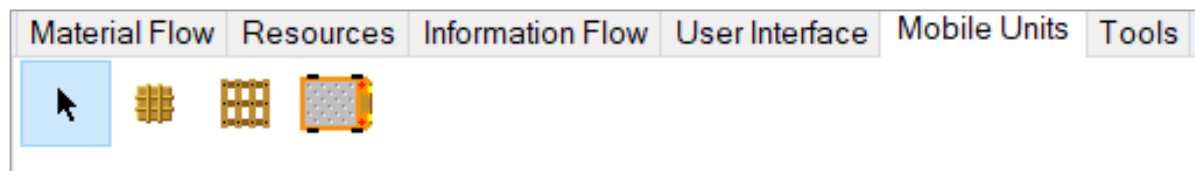


Počítačová simulace

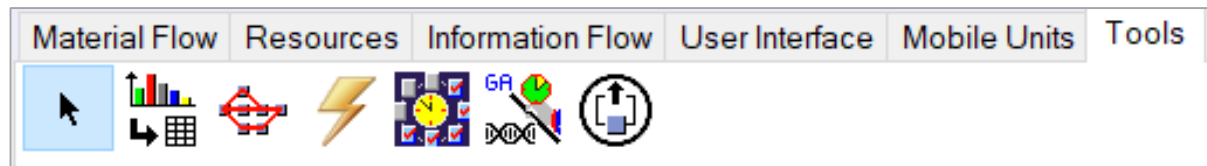
Simulační software Tecnomatix Plant Simulation

Základní prvky PS

- **Mobile Units (pohybující se objekty)**



- **Tools (nástroje)**



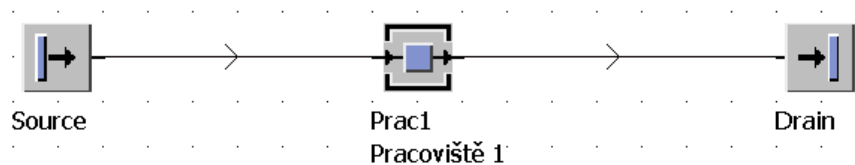


Počítačová simulace

Simulační software Tecnomatix Plant Simulation

Tvorba jednoduchých modelů v PS

- **Systemové hranice**



- **EventController (simulační čas, řízení simulace)**

EventController

...Model_V01.EventCo... ? x

Navigate View Tools Help

Time 0.0000

Controls Settings

Date: 2013/01/01 00:00:00

End: 125:00:00:00

Statistics: 5:00:00:00

Delete MUs on reset

Step over animation events

Show summary report

OK Cancel Apply

...Model_V01.EventCo... ? x

Navigate View Tools Help

Time út, 2013/01/01 00:00:00.0000

Controls Settings

Slower Faster

Real time x 10

OK Cancel Apply



Počítačová simulace

Simulační software Tecnomatix Plant Simulation

Tvorba jednoduchých modelů v PS

- Výrobní program

The screenshot displays the Tecnomatix Plant Simulation interface. The main workspace shows a production line model with three main components: 'Source', 'Prac1 Pracoviště 1', and 'Drain'. Below the workspace, there are three configuration windows:

- .Models.Frame11.Source**: Configuration for the Source component. It includes fields for Name (Source), Label, Operating mode (Blocking checked), Time of creation (Interval Adjustable), Interval (Const, 0), Start (Const, 0), Stop (Const, 0), MU selection (Sequence Cyclical), and Table (tSekvence).
- .Models.Frame11.Prac1**: Configuration for the Prac1 component. It includes fields for Name (Prac1), Label (Pracoviště 1), Processing time (Const, 0:43), Set-up time (List(Type), tPreserizeni), Recovery time (Const, 0), Recovery time starts (When part enters), and Cycle time (Const, 0).
- .Models.Frame11.tPreserizeni**: Configuration for the tPreserizeni component. It includes a table with columns 'string' and 'time'.

The table in the tPreserizeni window is as follows:

string	time
1 Dil_01	25.0000
2 Dil_02	1:21.0000
3 Dil_03	12.0000
4	



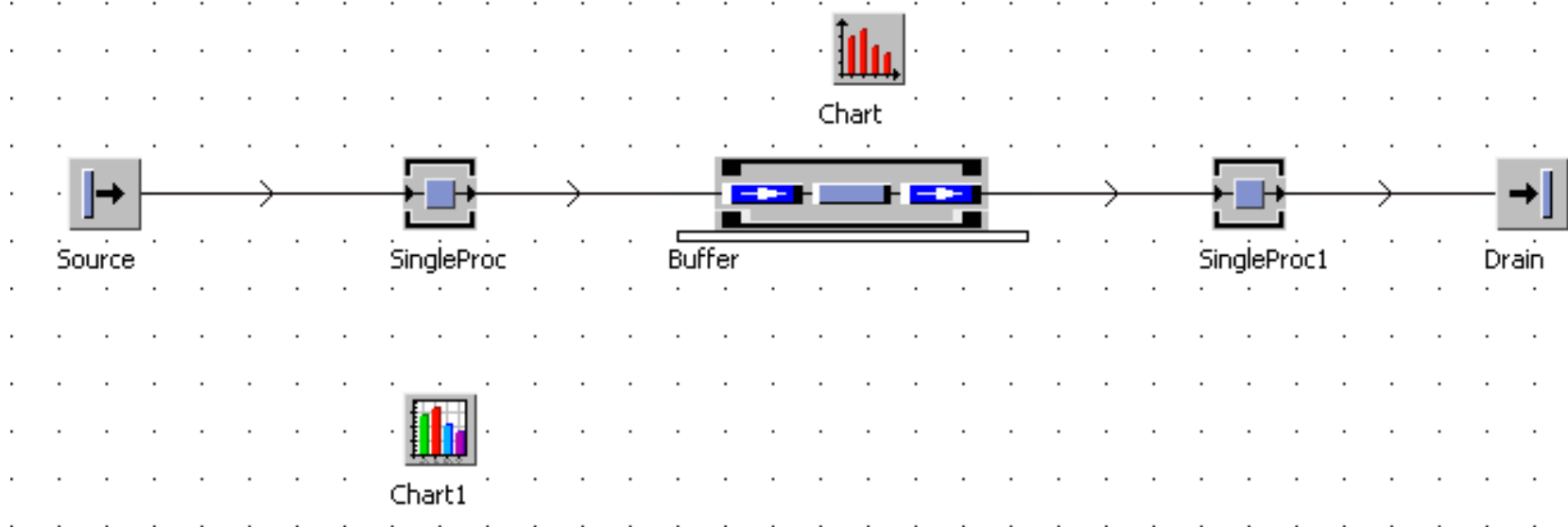


Počítačová simulace

Simulační software Tecnomatix Plant Simulation

Tvorba jednoduchých modelů v PS

- Mezioperační zásobník





Počítačová simulace

Simulační software Tecnomatix Plant Simulation

Tvorba jednoduchých modelů v PS

- Mezioperační zásobník

Využitelnost obou pracovišť a poruchy

Importer Failure Importer Energy User-defined Attributes
Times Set-Up Failures Controls Exit Strategy Statistics

Name: SingleProc Failed Entrance locked
Label: Planned Exit locked

Active

+ New... Edit... Delete

Active	Name	Availability	MTTR	Mode	Start	Stop	In
<input checked="" type="checkbox"/>	Failure	55.00%	1:00	SimulationTime	0	0	

Importer Failure Importer Energy User-defined Attributes
Times Set-Up Failures Controls Exit Strategy Statistics

Name: SingleProc1 Failed Entrance locked
Label: Planned Exit locked

Active

+ New... Edit... Delete

Active	Name	Availability	MTTR	Mode	Start	Stop	In
<input checked="" type="checkbox"/>	Failure	60.00%	1:00	SimulationTime	0	0	





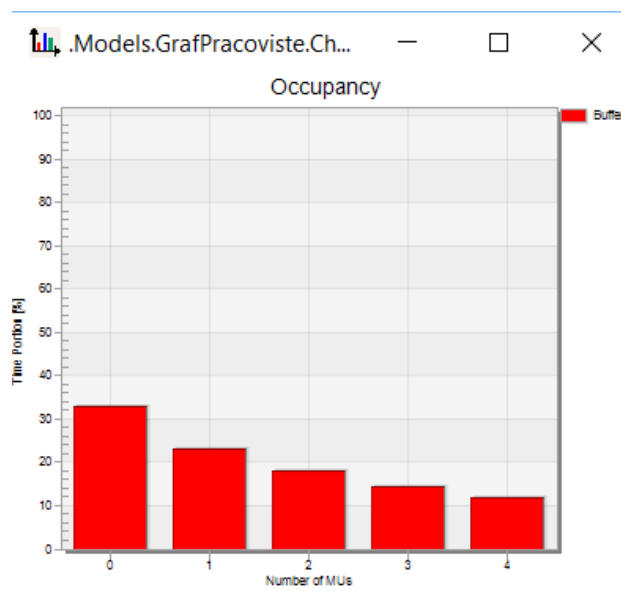
Počítačová simulace

Simulační software Tecnomatix Plant Simulation

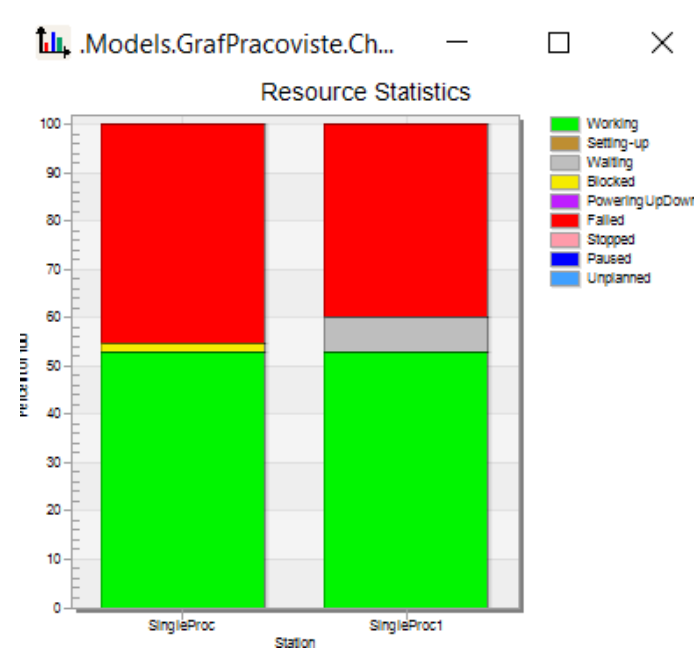
Tvorba jednoduchých modelů v PS

- Mezioperační zásobník

Obsazenost zásobníku



Stav pracovišť



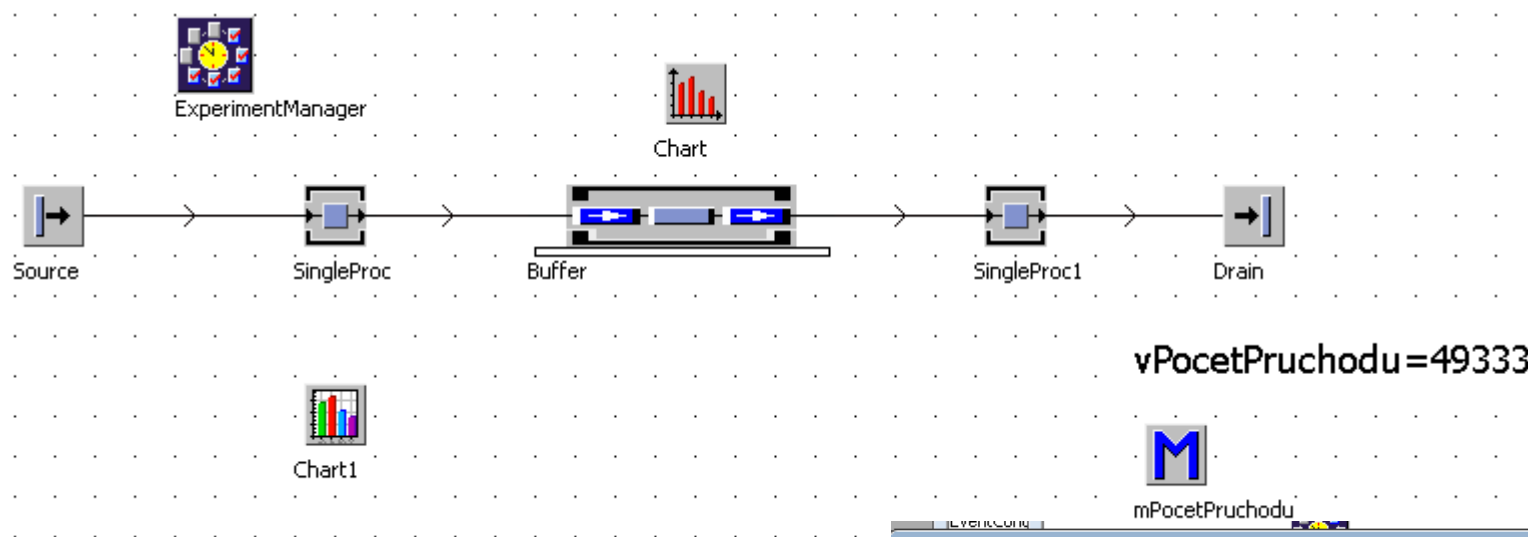


Počítačová simulace

Simulační software Tecnomatix Plant Simulation

Tvorba jednoduchých modelů v PS

- **Experimenty**



```

M .Models.Experimenty.mPocetPruchodu
File Edit Navigate Run Template View Tools Help
is
do
    vPocetPruchodu:=vPocetPruchodu+1;
end;

```



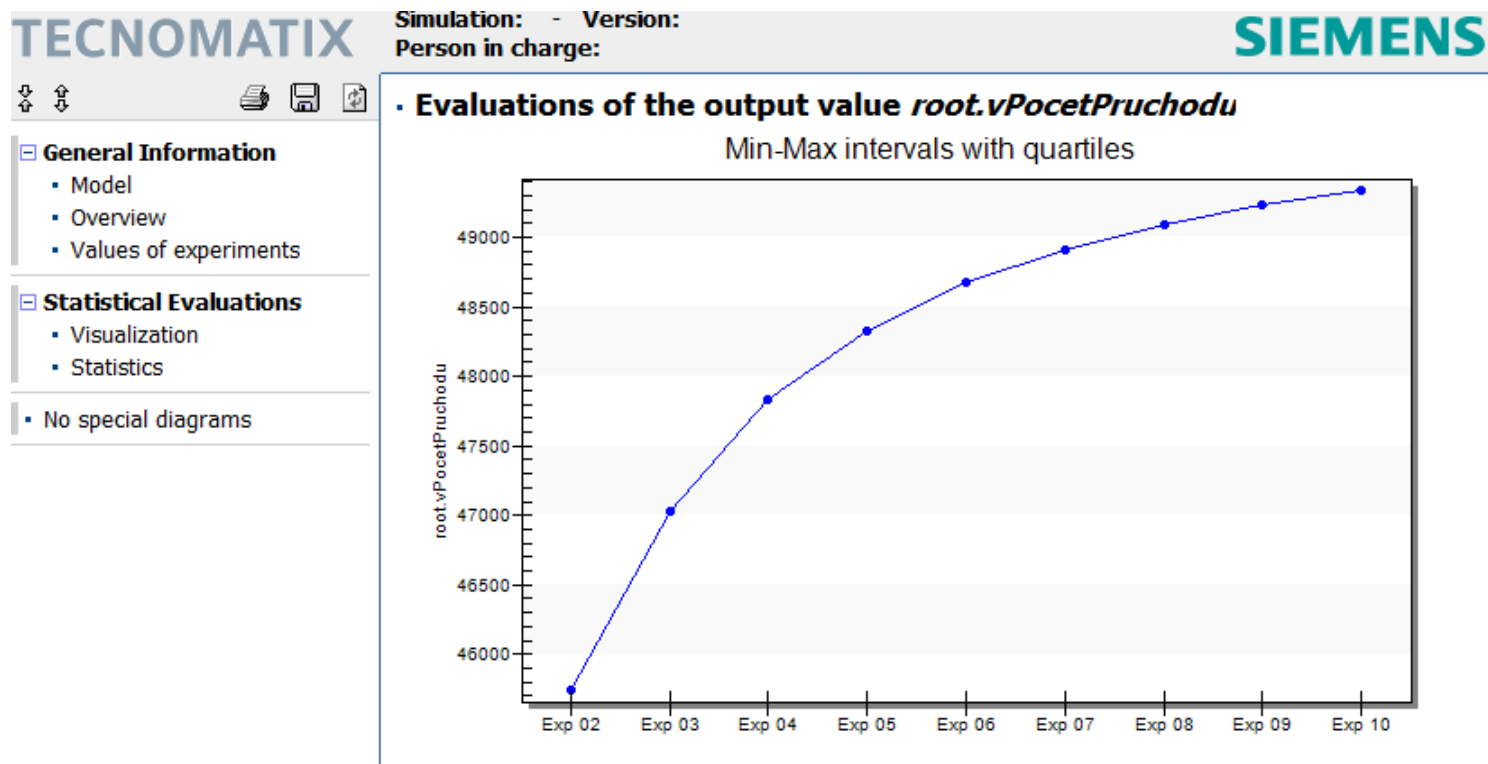


Počítačová simulace

Simulační software Tecnomatix Plant Simulation

Tvorba jednoduchých modelů v PS

- **Experiments**

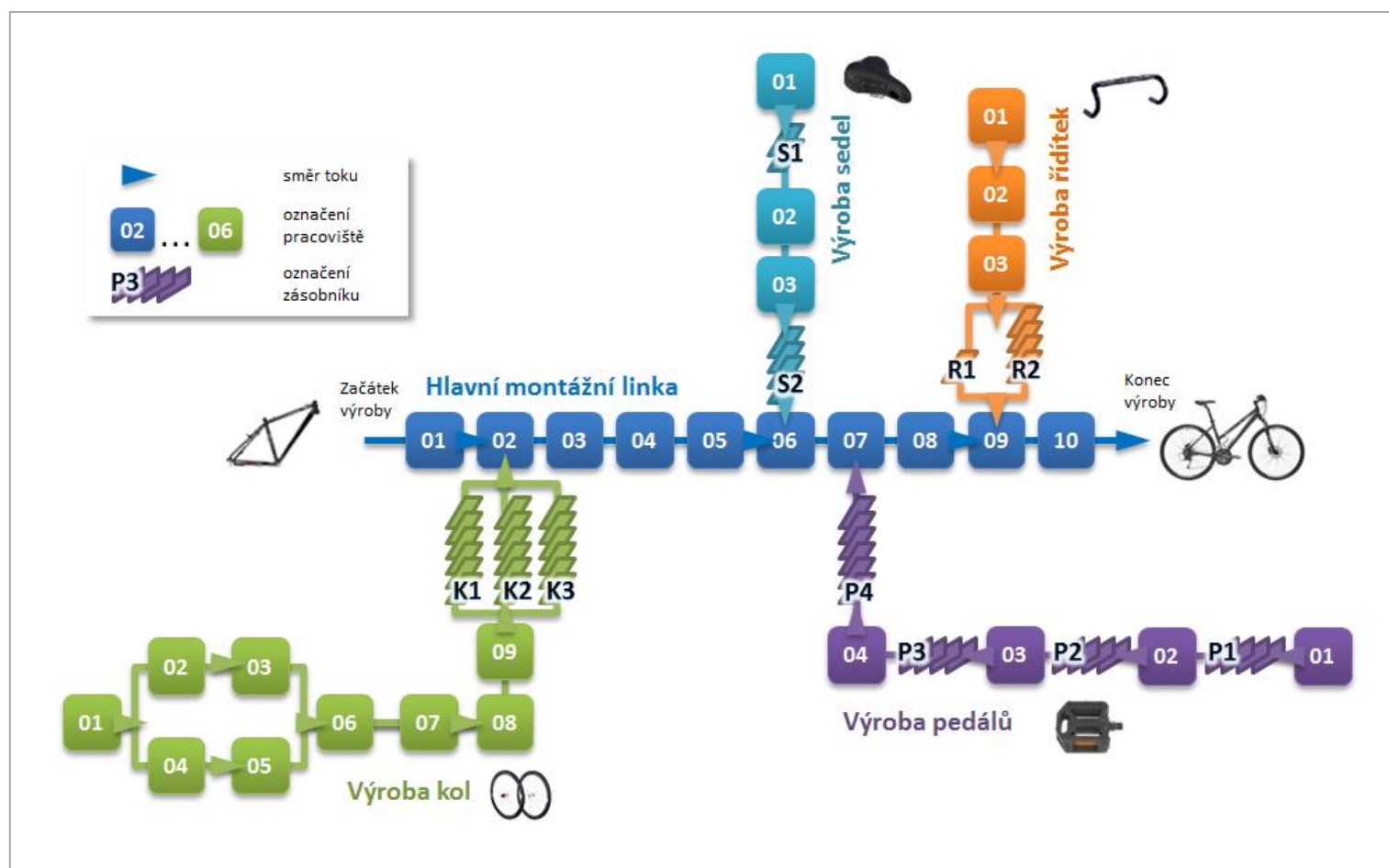




Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

Simulační model

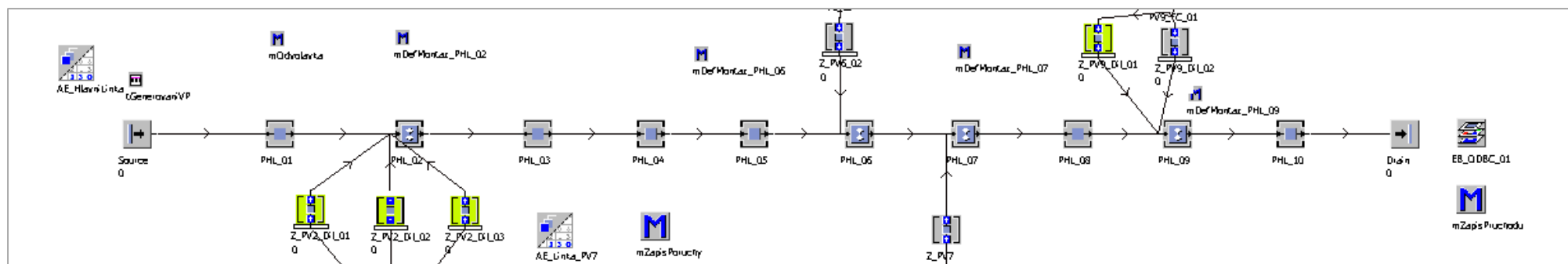




Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

Hlavní montážní linka



- Zásobníky – princip FIFO.

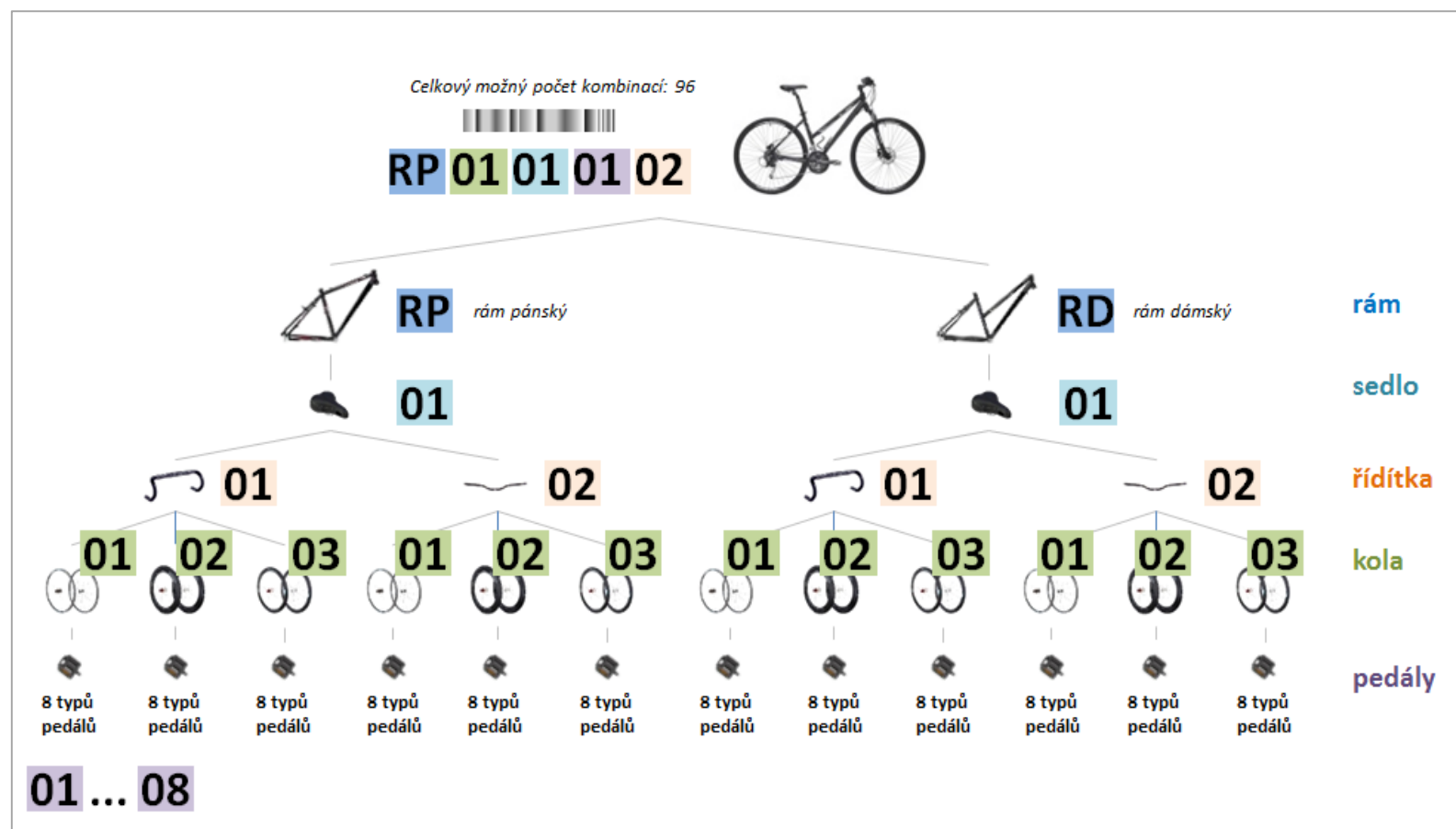




Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

Kódování zakázek

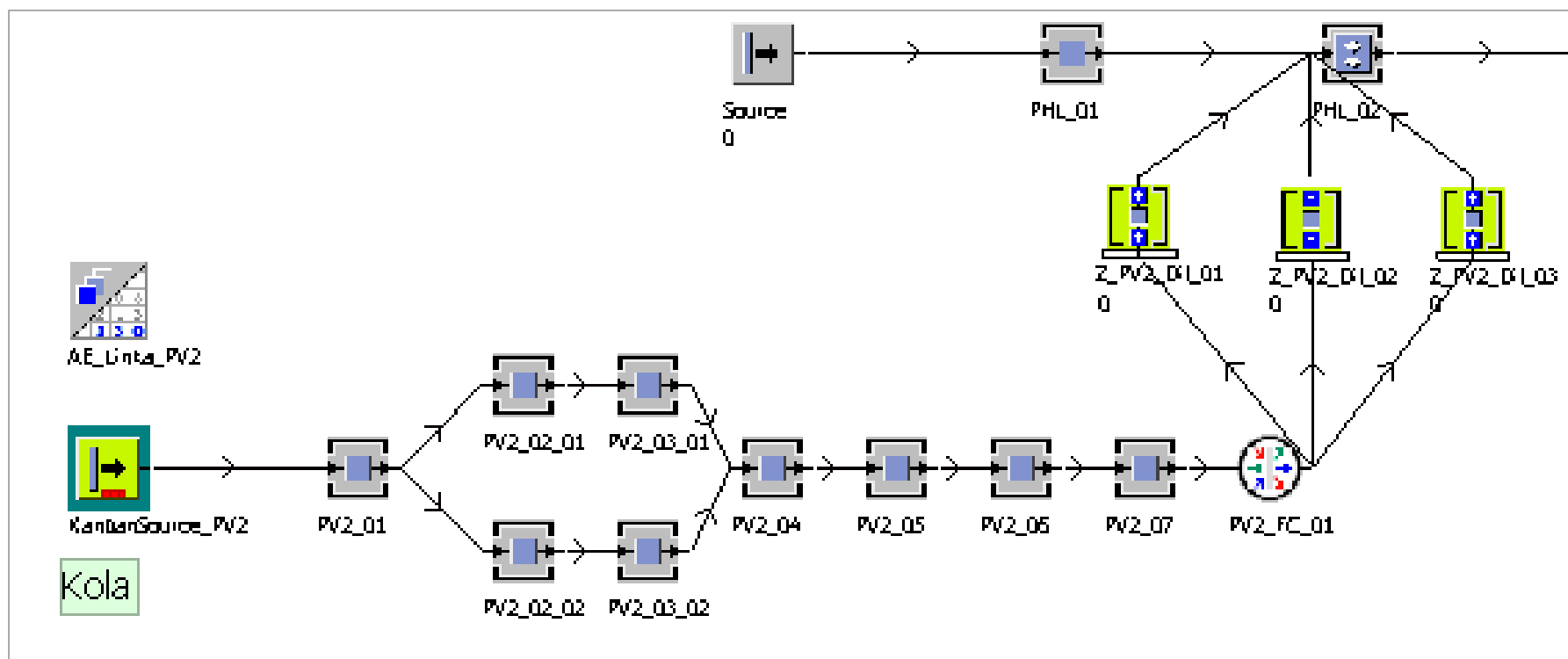




Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

Kanbanový systém řízení výroby předních a zadních kol



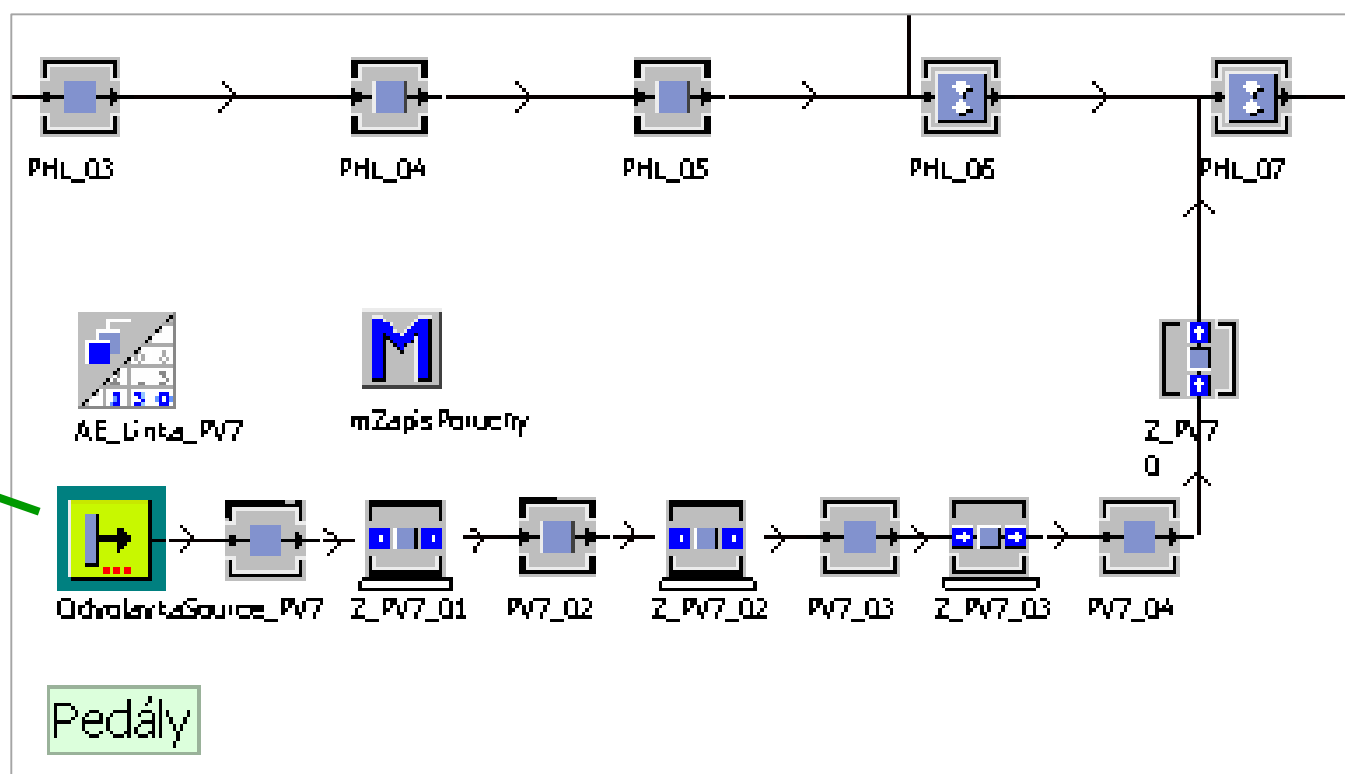


Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

Výrobní úsek pro výrobu pedálů

- Odvolávky ze začátku hlavní montážní linky podle typu jízdního kola.





Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

Prvek SingleProc (jednoduché pracoviště)

- Doba trvání operace

SingleProc configuration dialog box showing parameters for the 'PHL_03' work station. The 'Processing time' is set to 1:10. The 'Set-up time' is 0. The 'Recovery time' is 0. The 'Recovery time starts' is set to 'When part enters'. The 'Cycle time' is 0.

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} 100 \%$$

- Využitelnost pracoviště a střední doba trvání poruchy.

SingleProc configuration dialog box showing the 'Failures' tab. The 'Active' checkbox is checked. A table shows a failure with 93.00% availability and 5:00 MTTR. A green arrow points from the equation above to the 'Availability' column.

Active	Name	Availability	MTTR	Mode	Start	Stop	In
<input checked="" type="checkbox"/>	Failure	93.00%	5:00	SimulationTime	0	0	





Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

Prvek Assembly (montážní pracoviště)

- Montáž podle typu entity

Dialog box: .Models.Model_V01.PHL_02

Name: PHL_02

Label:

Failed Entrance locked

Planned Exit locked

Importer Failure Importer Energy User-defined Attributes

Attributes Times Set-Up Failures Controls Exit Strategy Statistics

Assembly table: MU Types

Main MU from predecessor: 1

Assembly mode: Delete MUs

Exiting MU: Main MU

Sequence: MUs then Services

OK Cancel Apply

- Montážní tabulka

Dialog box: .Models.Model_V01.PHL_02.As...

	MU Name	Number
1	Kola_02	1

OK Cancel Apply



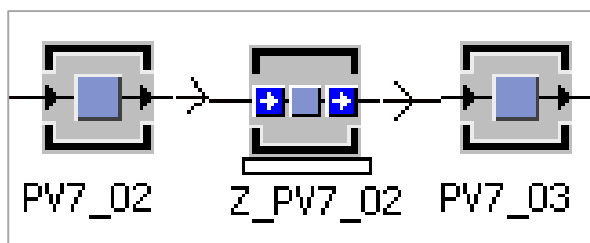


Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

Prvek **Buffer** (zásobník)

- Mezioperační zásobník



- Kapacita a typ zásobníku (FIFO)

.Models.Model_V01.Z_PV6_02

Navigate View Tools Help

Name: Failed Entrance locked

Label: Planned Exit locked

Statistics		Energy		User-defined Attributes	
Attributes	Times	Failures	Controls	Exit Strategy	
Capacity:	<input type="text" value="15"/>	<input type="checkbox"/>			
Buffer type:	<input type="text" value="Queue"/>	<input type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/> Show fill level		<input type="checkbox"/>			

OK Cancel Apply



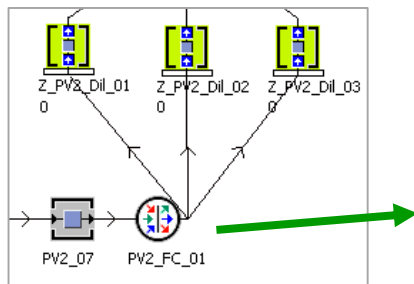


Počítačová simulace

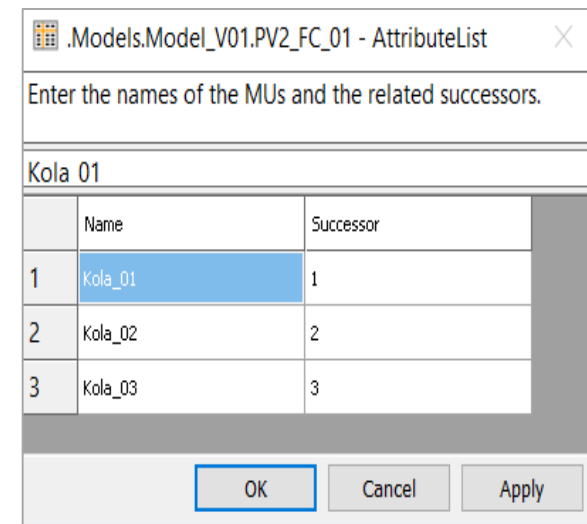
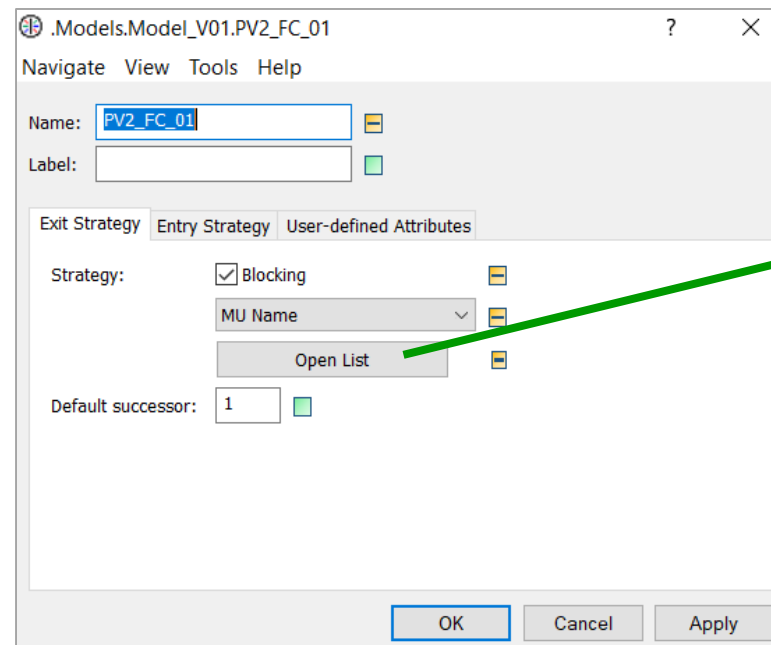
Případová studie – výroba jízdních kol

Prvek FlowControl (řízení toku)

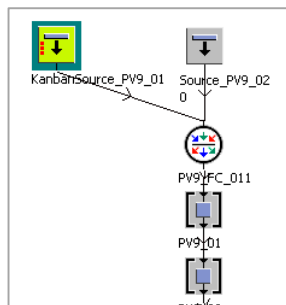
- Větvení



- Větvení podle typu entity



- Sloučení



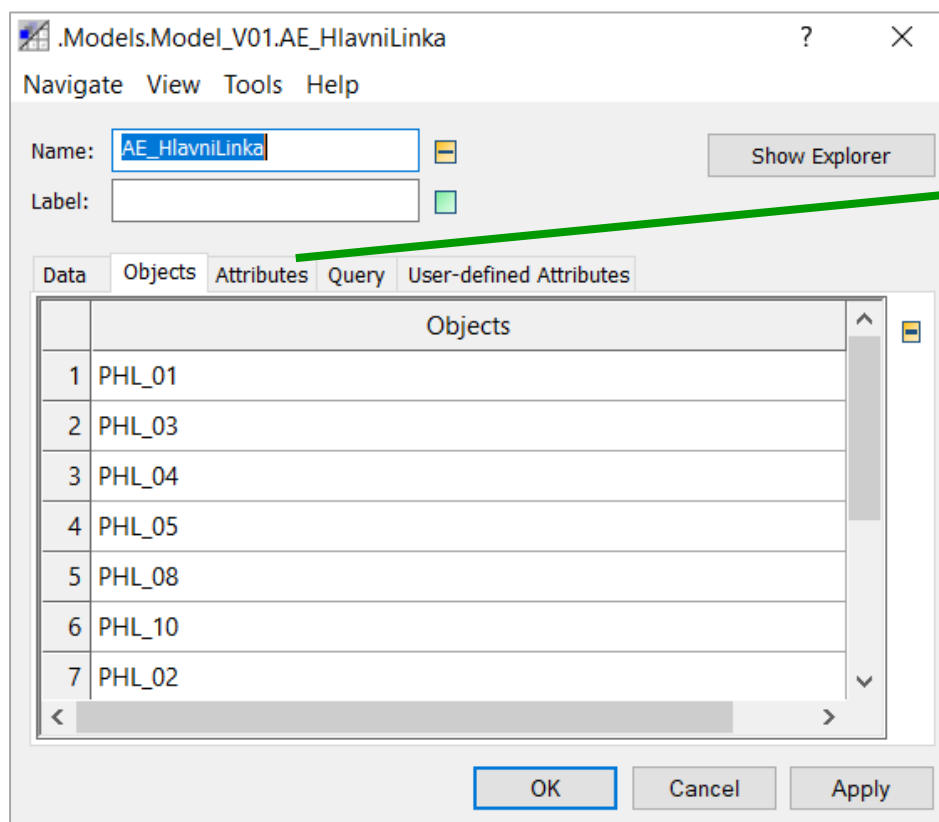


Počítačová simulace

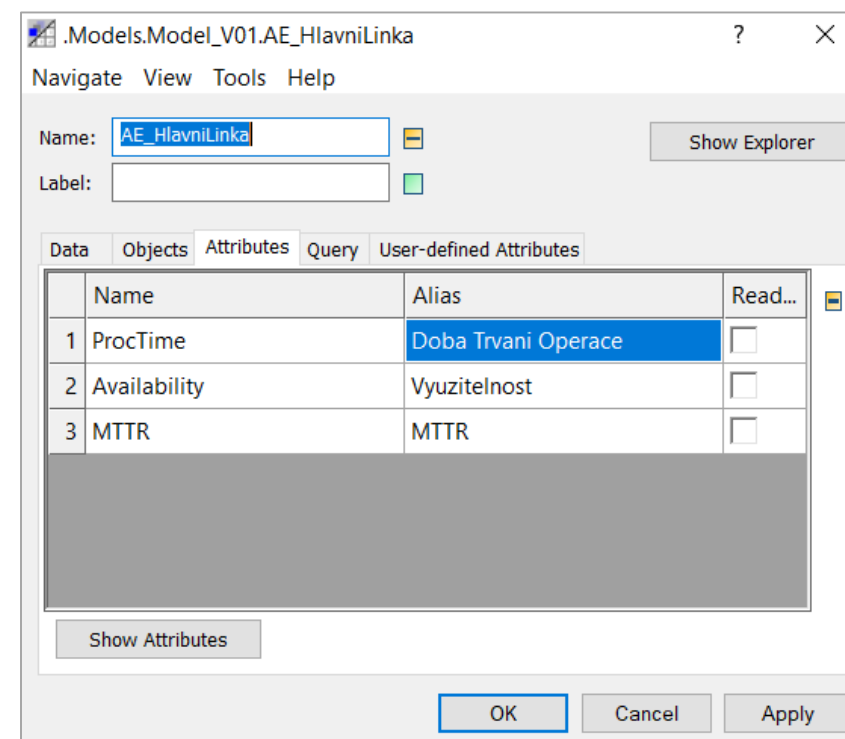
Případová studie – výroba jízdních kol

Prvek **AttributeExplorer** (sdružení podobných objektů)

- Seznam objektů



- Seznam atributů



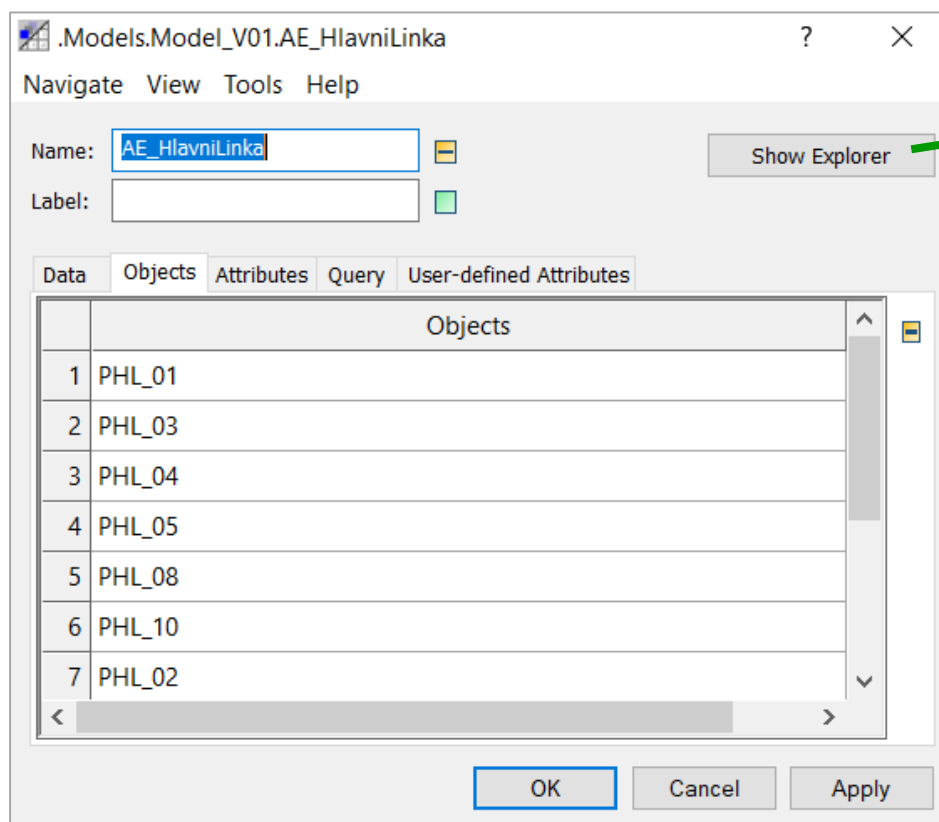


Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

Prvek **AttributeExplorer** (sdružení podobných objektů)

- Seznam objektů



- Hodnoty atributů

Attributes Explorer dialog box showing attribute values:

Attribute	Value	Unit
DobaTrva...	59.0000	
Vyuzitelnost	99	
MTTR	6:00.0000	



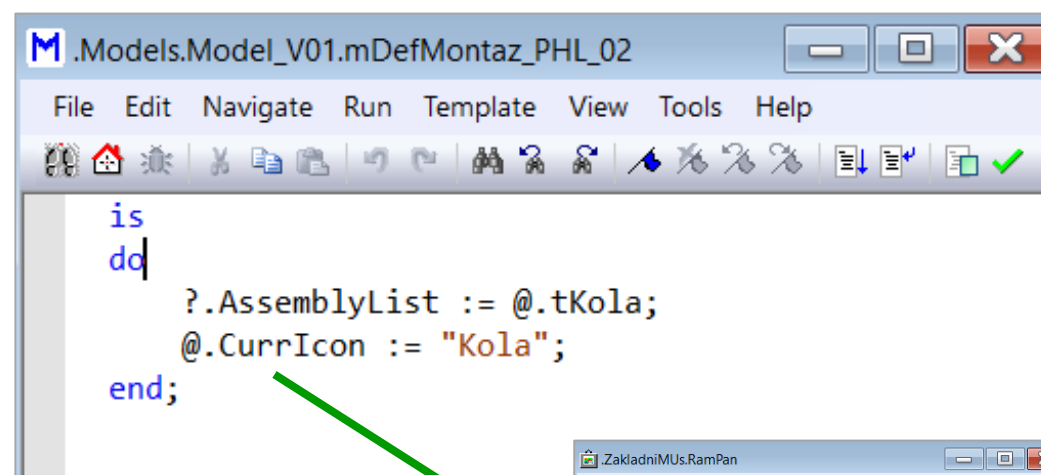
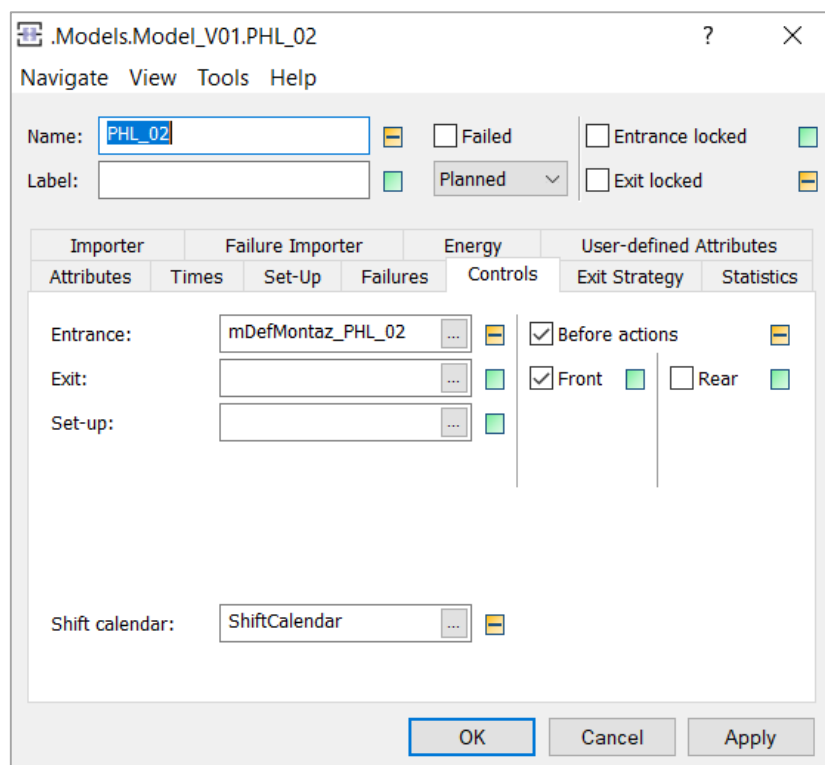


Počítačová simulace

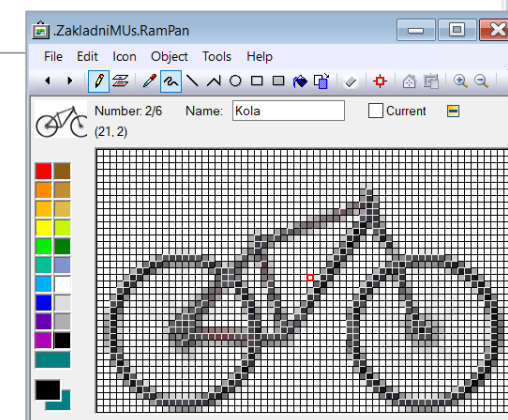
Případová studie – výroba jízdních kol

Prvek **Method** (metoda)

- Přirazení (navěšení) metody
- Metoda pro vytvoření montážní tabulky



- Ikona hlavního dílu nazvaná Kola





Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

Prvek ShiftCalendar (směnový kalendář)

- Směnový a přestávkový režim

Dialog box: .Models.Model_V01.ShiftCalendar

File Navigate View Tools Help

Name: ShiftCalendar Active

Label:

Shift Times Calendar Resources User-defined Attributes

Shift	From	To	M.	Tu	W.	Th	Fr	Sa	So	Pauses
1 Ranni	6:00	14:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9:00-9:15; 12:...
2 Odpoledni	14:00	22:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	18:00-18:30; ...
3 Nocni	22:00	6:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	02:00-02:30; ...

OK Cancel Apply





Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

Analýza dat – výrobní program

- Záznamy o vstupu zakázek na první pracoviště

Datum	Čas	EB	ID_zakázky	Kód_zakázky
1.1.2013	0:00:00	Vstup	RP01010102_1	RP01010102
1.1.2013	0:00:00	Vstup	RP01010102_2	RP01010102
1.1.2013	0:00:59	Vstup	RP01010102_3	RP01010102
1.1.2013	0:01:58	Vstup	RP01010102_4	RP01010102
1.1.2013	0:02:57	Vstup	RP01010102_5	RP01010102
1.1.2013	0:05:24	Vstup	RP01010102_6	RP01010102
1.1.2013	0:06:34	Vstup	RP01010102_7	RP01010102
1.1.2013	0:07:44	Vstup	RP01010102_8	RP01010102
1.1.2013	0:08:54	Vstup	RP01010102_9	RP01010102
1.1.2013	0:10:04	Vstup	RP01010102_10	RP01010102
1.1.2013	0:11:14	Vstup	RD02010202_1	RD02010202
1.1.2013	0:12:24	Vstup	RD02010202_2	RD02010202
1.1.2013	0:13:34	Vstup	RD02010202_3	RD02010202
1.1.2013	0:14:44	Vstup	RD02010202_4	RD02010202
1.1.2013	0:19:58	Vstup	RD02010202_5	RD02010202



F	G	H	I
	RP01010102	10	
	RD02010202	5	
	RP01010302	8	
	RD02010402	12	
	RP01010502	12	
	RD02010602	5	
	RP01010702	7	
	RD02010801	1	
	RP01010102	4	
	RD02010202	9	
	RP01010302	5	
	RD02010402	8	
	RP01010502	3	
	RD02010602	12	
	RP01010702	8	
	RD02010801	1	
	RP01010102	15	
	RD02010202	20	
	RP01010302	8	
	RD02010402	12	
	RP01010502	8	
	RD02010602	9	
	RP01010702	5	
	RD02010801	1	





Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdnicích kol

Analýza dat – průměrná denní produkce

- Záznamy o výstupu výrobků na posledním pracovišti

	A	B	C	D	E	F
1	Datum	Čas	EB	ID_zakázky	Kód_zakázky	
2	1.1.2013	0:09:45	Vystup	RP01010102_1	RP01010102	
3	1.1.2013	0:12:12	Vystup	RP01010102_2	RP01010102	
4	1.1.2013	0:13:22	Vystup	RP01010102_3	RP01010102	
5	1.1.2013	0:14:32	Vystup	RP01010102_4	RP01010102	
6	1.1.2013	0:15:42	Vystup	RP01010102_5	RP01010102	
7	1.1.2013	0:16:52	Vystup	RP01010102_6	RP01010102	
8	1.1.2013	0:18:02	Vystup	RP01010102_7	RP01010102	

- Každý záznam (řádek) tedy odpovídá jednomu vyrobenému jízdnicímu kolu
- Vybereme období, v němž není žádný státní svátek
- Zjistíme počet pracovních dní
- Podílem počtu výrobků a počtu pracovních dní získáme 508 ks





Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

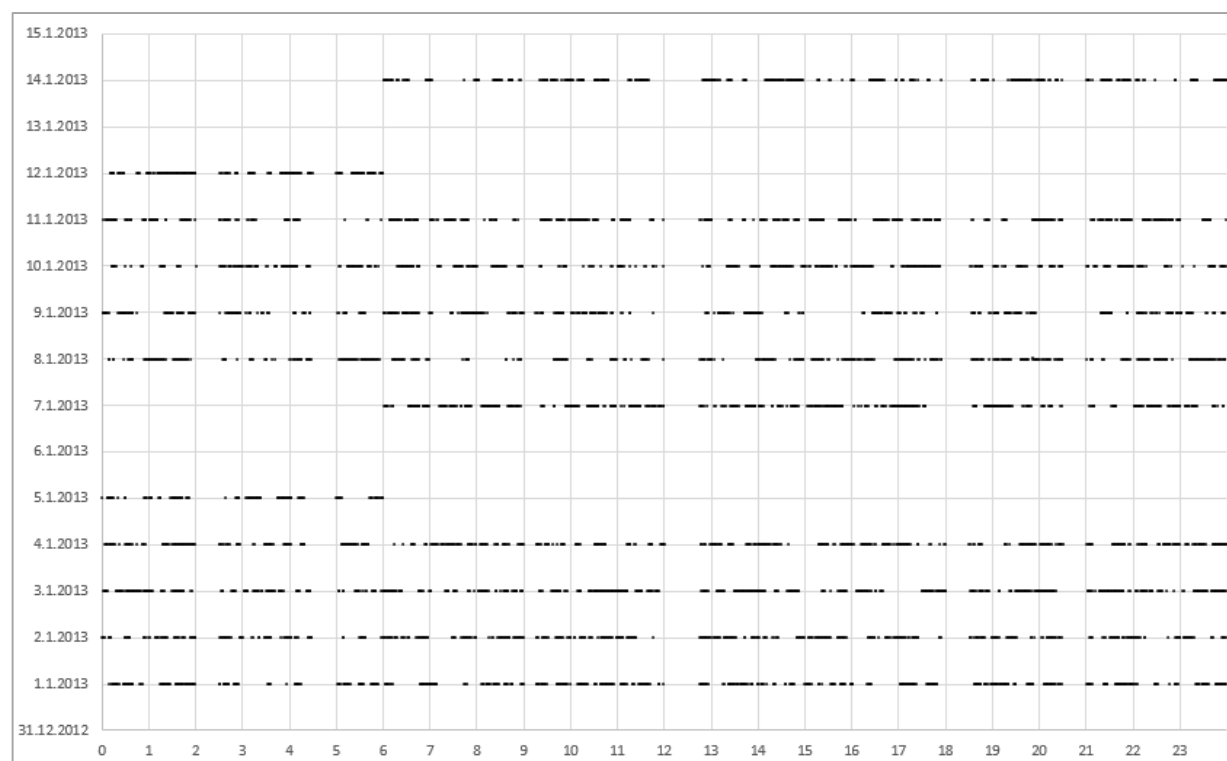
Analýza dat – směnový a přestávkový režim

- Záznamy o výstupu výrobků na posledním pracovišti

	A	B	C	D	E	F
1	Datum	Čas	EB	ID_zakázky	Kód_zakázky	
2	1.1.2013	0:09:45	Vystup	RP01010102_1	RP01010102	
3	1.1.2013	0:12:12	Vystup	RP01010102_2	RP01010102	
4	1.1.2013	0:13:22	Vystup	RP01010102_3	RP01010102	
5	1.1.2013	0:14:32	Vystup	RP01010102_4	RP01010102	
6	1.1.2013	0:15:42	Vystup	RP01010102_5	RP01010102	
7	1.1.2013	0:16:52	Vystup	RP01010102_6	RP01010102	
8	1.1.2013	0:18:02	Vystup	RP01010102_7	RP01010102	



- Bodový graf





Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

Analýza dat – průběžná doba výroby

- Záznamy o vstupu zakázek na prvním pracovišti a výstupu výrobků na posledním pracovišti

	A	B	C	D	E	F	G	
1	Datum	Čas	Datum	Čas	Vstup	Výstup	Doba výroby	
2	1.1.2013	0:00:00	1.1.2013	0:09:45	01.01.2013 00:00:00	01.01.2013 00:09:45	0:09:45	
3	1.1.2013	0:00:00	1.1.2013	0:12:12	01.01.2013 00:00:00	01.01.2013 00:12:12	0:12:12	
4	1.1.2013	0:00:59	1.1.2013	0:13:22	01.01.2013 00:00:59	01.01.2013 00:13:22	0:12:23	
5	1.1.2013	0:01:58	1.1.2013	0:14:32	01.01.2013 00:01:58	01.01.2013 00:14:32	0:12:34	
6	1.1.2013	0:02:57	1.1.2013	0:15:42	01.01.2013 00:02:57	01.01.2013 00:15:42	0:12:45	
7	1.1.2013	0:05:24	1.1.2013	0:16:52	01.01.2013 00:05:24	01.01.2013 00:16:52	0:11:28	
8	1.1.2013	0:06:34	1.1.2013	0:18:02	01.01.2013 00:06:34	01.01.2013 00:18:02	0:11:28	
9	1.1.2013	0:07:44	1.1.2013	0:19:12	01.01.2013 00:07:44	01.01.2013 00:19:12	0:11:28	
10	1.1.2013	0:08:54	1.1.2013	0:20:23	01.01.2013 00:08:54	01.01.2013 00:20:23	0:11:29	
11	1.1.2013	0:10:04	1.1.2013	0:21:32	01.01.2013 00:10:04	01.01.2013 00:21:32	0:11:28	
12	1.1.2013	0:11:14	1.1.2013	0:26:46	01.01.2013 00:11:14	01.01.2013 00:26:46	0:15:32	
13	1.1.2013	0:12:24	1.1.2013	0:27:56	01.01.2013 00:12:24	01.01.2013 00:27:56	0:15:32	
14	1.1.2013	0:13:34	1.1.2013	0:29:06	01.01.2013 00:13:34	01.01.2013 00:29:06	0:15:32	
15	1.1.2013	0:14:44	1.1.2013	0:30:16	01.01.2013 00:14:44	01.01.2013 00:30:16	0:15:32	
16	1.1.2013	0:19:58	1.1.2013	0:31:26	01.01.2013 00:19:58	01.01.2013 00:31:26	0:11:28	
17	1.1.2013	0:21:08	1.1.2013	0:32:36	01.01.2013 00:21:08	01.01.2013 00:32:36	0:11:28	





Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

Analýza dat – kapacita zásobníku

- Záznamy ze dvou evidenčních bodů zásobníku

	A	B	C	D
1	1.1.2013	0:02:44	R2_Vstup	
2	1.1.2013	0:03:42	R2_Vstup	
3	1.1.2013	0:04:40	R2_Vstup	
4	1.1.2013	0:05:38	R2_Vstup	
5	1.1.2013	0:06:36	R2_Vstup	
6	1.1.2013	0:07:34	R2_Vstup	
7	1.1.2013	0:07:57	R2_Vystup	
8	1.1.2013	0:08:32	R2_Vstup	
9	1.1.2013	0:09:30	R2_Vstup	
10	1.1.2013	0:10:24	R2_Vystup	
11	1.1.2013	0:10:28	R2_Vstup	



	A	B	C	D	E
1	1.1.2013	0:02:44	R2_Vstup	1	0
2	1.1.2013	0:03:42	R2_Vstup	2	
3	1.1.2013	0:04:40	R2_Vstup	3	
4	1.1.2013	0:05:38	R2_Vstup	4	
5	1.1.2013	0:06:36	R2_Vstup	5	
6	1.1.2013	0:07:34	R2_Vstup	6	
7	1.1.2013	0:07:57	R2_Vystup	5	
8	1.1.2013	0:08:32	R2_Vstup	6	
9	1.1.2013	0:09:30	R2_Vstup	7	
10	1.1.2013	0:10:24	R2_Vystup	6	
11	1.1.2013	0:10:28	R2_Vstup	7	
12	1.1.2013	0:11:26	R2_Vstup	8	

Maximum





Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

Analýza dat – doba trvání operace (takt)

- Záznamy z EB na výstupu z pracoviště

	A	B	
1	Datum a Čas		
2	01.01.2013 00:00:00		
3	01.01.2013 00:01:15		
4	01.01.2013 00:02:30		
5	01.01.2013 00:03:45		
6	01.01.2013 00:05:00		
7	01.01.2013 00:06:15		
8	01.01.2013 00:07:30		
9	01.01.2013 00:08:45		
10	01.01.2013 00:10:00		
11	01.01.2013 00:11:15		



	A	B	C	D
1	Datum a Čas	Doba operace		
2	01.01.2013 00:00:00	-		
3	01.01.2013 00:01:15	00:00:01:15	Modus	00:00:01:15
4	01.01.2013 00:02:30	00:00:01:15	Min	00:00:01:15
5	01.01.2013 00:03:45	00:00:01:15	Max	02:00:01:15
6	01.01.2013 00:05:00	00:00:01:15		
7	01.01.2013 00:06:15	00:00:01:15		
8	01.01.2013 00:07:30	00:00:01:15		
9	01.01.2013 00:08:45	00:00:01:15		
10	01.01.2013 00:10:00	00:00:01:15		
11	01.01.2013 00:11:15	00:00:01:15		
12	01.01.2013 00:12:30	00:00:01:15		

- Lze zjistit nejčtenější hodnotu (vyskytuje se v 88 % všech hodnot)





Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

Analýza dat – střední doba trvání poruchy

- Záznamy z pracoviště

	A	B	C	D	E
1	Datum	Čas	Pracoviště	Stav poruchy	
2	1.1.2013	0:45:43	PHL_04	Start	
3	1.1.2013	0:49:28	PHL_04	Konec	
4	1.1.2013	1:01:08	PHL_04	Start	
5	1.1.2013	1:03:39	PHL_04	Konec	
6	1.1.2013	1:21:55	PHL_04	Start	
7	1.1.2013	1:27:24	PHL_04	Konec	
8	1.1.2013	3:42:36	PHL_04	Start	
9	1.1.2013	3:49:41	PHL_04	Konec	
10	1.1.2013	7:18:32	PHL_04	Start	
11	1.1.2013	7:24:13	PHL_04	Konec	

- Určení chybových hlášení poruch

	A	B	C	D	E	F	G
1	Datum	Čas	Stav poruchy	Chyba 1	Chyba 2	Datum a Čas	Trvání poruchy
2	1.1.2013	0:45:43	Start	0	0	1.1.2013 0:45	
3	1.1.2013	0:49:28	Konec			1.1.2013 0:49	00:00:03:45
4	1.1.2013	1:01:08	Start	0	0	1.1.2013 1:01	
5	1.1.2013	1:03:39	Konec			1.1.2013 1:03	00:00:02:31
6	1.1.2013	1:21:55	Start	0	0	1.1.2013 1:21	
7	1.1.2013	1:27:24	Konec			1.1.2013 1:27	00:00:05:29
8	1.1.2013	3:42:36	Start	0	0	1.1.2013 3:42	
9	1.1.2013	3:49:41	Konec			1.1.2013 3:49	00:00:07:05
10	1.1.2013	7:18:32	Start	0	0	1.1.2013 7:18	
11	1.1.2013	7:24:13	Konec			1.1.2013 7:24	00:00:05:41
12	1.1.2013	8:29:16	Start	0	0	1.1.2013 8:29	
13	1.1.2013	8:37:07	Konec			1.1.2013 8:37	00:00:07:51
14	1.1.2013	9:24:07	Start	0	0	1.1.2013 9:24	
15	1.1.2013	9:36:00	Konec			1.1.2013 9:36	00:00:11:53

	A	B	C	D
1	Trvání poruchy	Součet	Počet poruch	MTTR
2	00:00:28:42	06:08:11:16	1500	00:00:06:05
3	00:00:28:27			
4	00:00:28:19			
5	00:00:27:44			
6	00:00:26:13			
7	00:00:24:49			
8	00:00:24:49			
9	00:00:24:36			
10	00:00:24:32			
11	00:00:23:33			
12	00:00:23:22			
13	00:00:23:04			

Chyba 1 – vznik poruchy mimo směny

Chyba 2 – vznik poruchy během přestávky



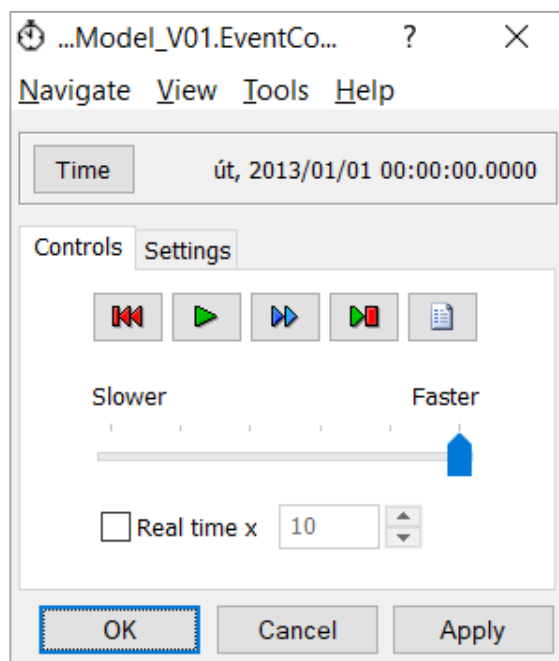
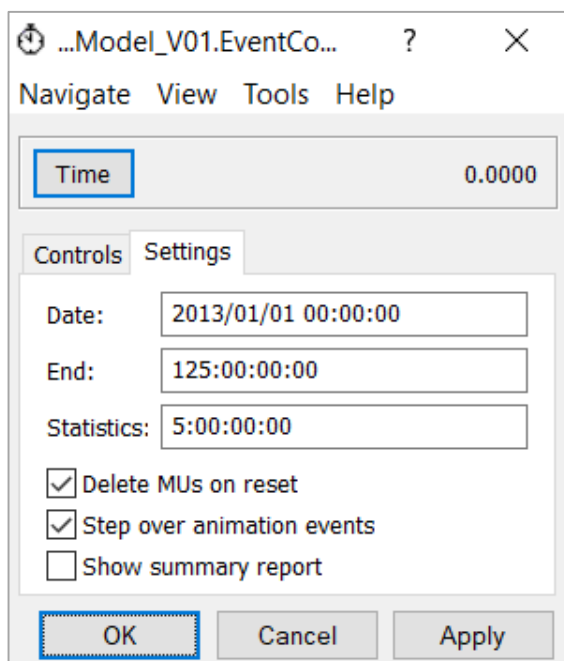


Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

Simulace – nastavení simulačního času a řízení simulace

- EventController



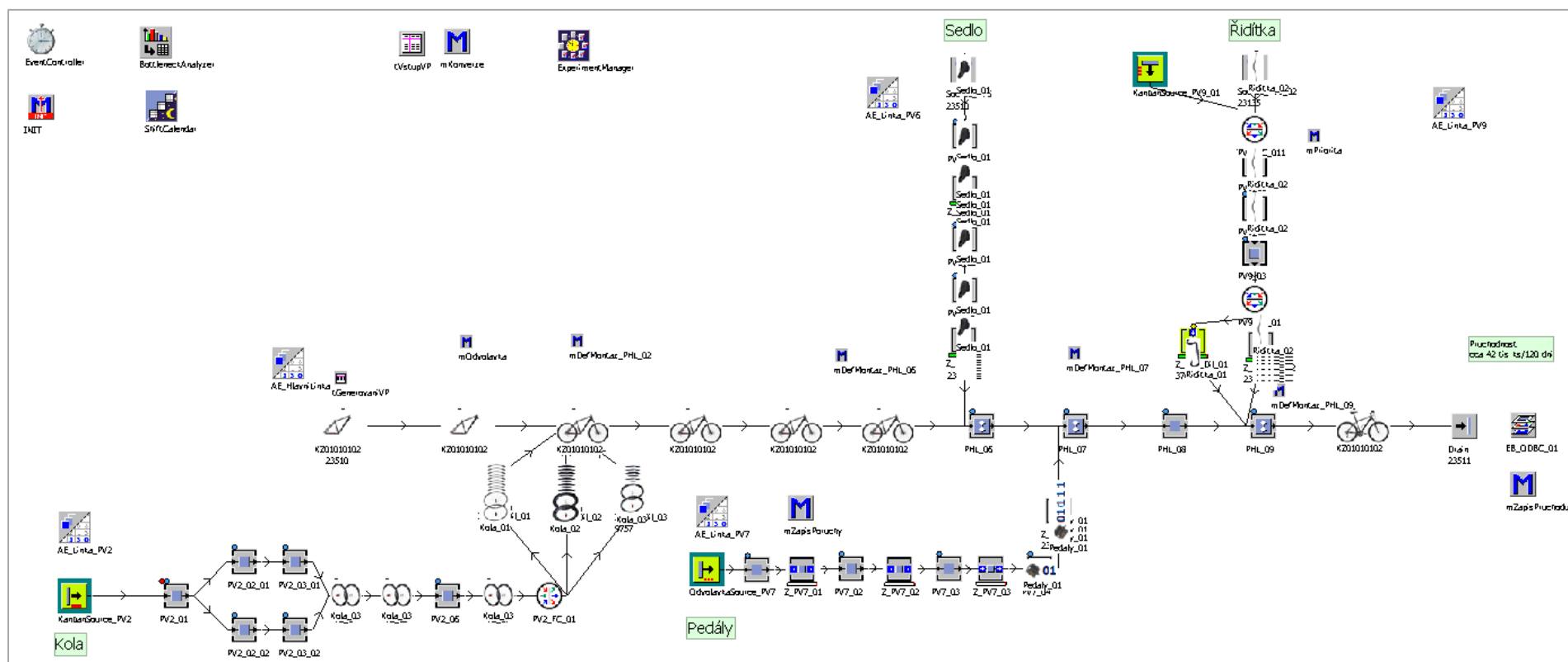


Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

Simulace – spuštění simulace

- Model po skončení simulačního běhu





Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

Simulace – spuštění simulace

- Statistika v objektu **Drain**

→ .Models.Model_V01.Drain ? X

Navigate View Tools Help

Name: Drain Failed Entrance locked

Label: Planned

Times Set-Up Failures Controls **Statistics** Type Statistics User-defined Attributes

Resource type: Production

Resource statistics

Working:	0.00%	Rel. occupation:	0.00%	Contents:	0
Setting-up:	0.00%	Rel. empty:	100.00%	Minimum contents:	0
Waiting:	100.00%			Maximum contents:	1
Blocked:	0.00%			Entries:	23511
P. up/down:	0.00%			Exits:	23511
Failed:	0.00%				
Stopped:	0.00%				
Paused:	0.00%				
Unplanned:	0.00%				

OK Cancel Apply



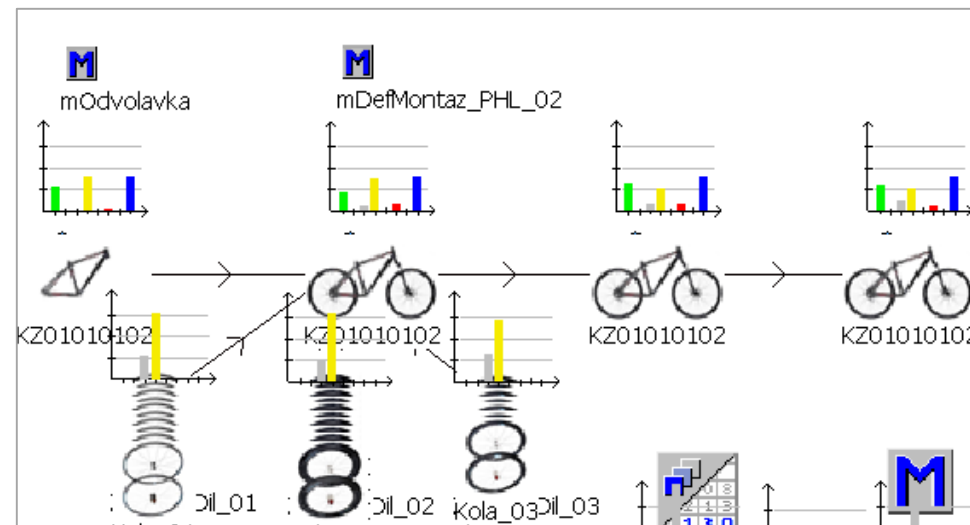
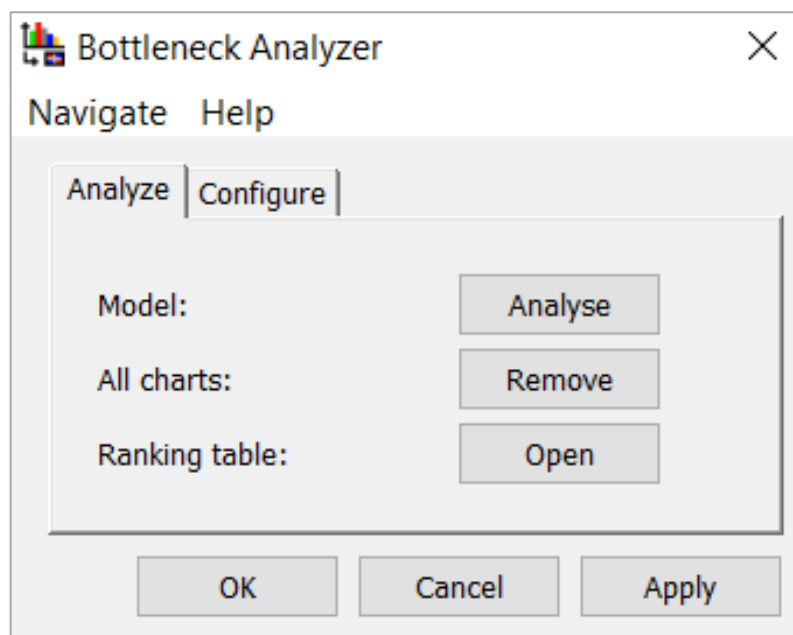


Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

Simulace – analýza úzkých míst

- Prvek BottleneckAnalyzer



- **zelená** – prvek pracuje (working),
- **šedá** – prvek čeká (waiting),
- **žlutá** – prvek je blokován (blocked),
- **červená** – prvek je v poruše (failed),
- **tmavě modrá** – prvek nepracuje, je v čase definované přestávky (paused),
- **světle modrá** – prvek nepracuje, je v čase mimo vyhrazené směny (unplanned).



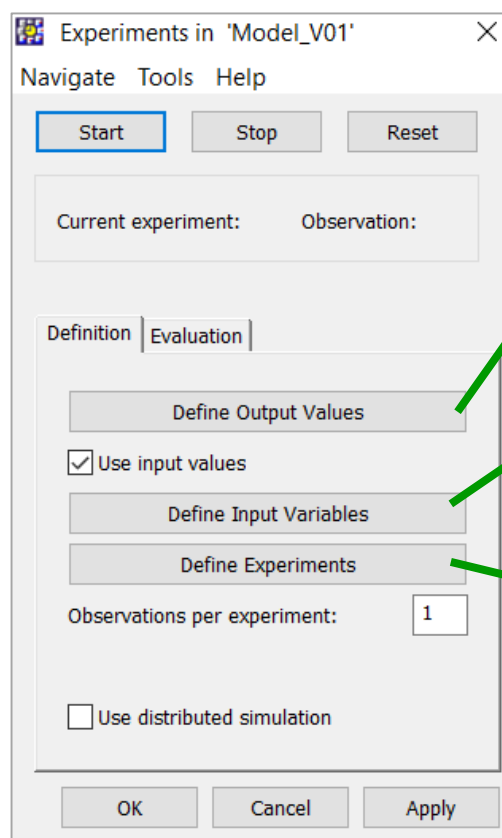


Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

Simulace – simulační experimenty

- Prvek **ExperimentManager**



Seznam výstupních hodnot

V rámci realizace experimentů sledujeme vliv změny hodnot vstupních proměnných na hodnoty důležitých veličin, které se tak stávají kritérii pro závěrečné rozhodnutí o implementovaných změnách.

Seznam vstupních proměnných

Jedná se o parametry či atributy, jejichž hodnoty se budou měnit v jednotlivých experimentech. V experimentech jsou tedy tyto parametry a atributy proměnnými.

Matice experimentů

Každý experiment je definován vektorem hodnot vstupních proměnných. Soustava všech experimentů tudíž tvoří matici, která je zpracována automaticky jediným kliknutím na tlačítko Start.





Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

Simulace – simulační experimenty

- Definice vstupních proměnných – kapacita zásobníků

Specify the input values for the simulation study.

root.Z_PV7_01.Capacity

	Input Values	Description
1	root.Z_PV7_01.Capacity	Z1
2	root.Z_PV7_02.Capacity	Z2
3	root.Z_PV7_03.Capacity	Z3

OK Cancel Apply





Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

Simulace – simulační experimenty

- Definice výstupního kritéria – celková dosažená produkce

	Output Values	Description
1	root.Drain.statNumOut	Produkce





Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

Simulace – simulační experimenty

- Definice matice experimentů – změna kapacity prvního zásobníku

.Models.Model_V01.ExperimentManager.ExpTable

Enter the input values for each experiment.

true

	Active	Z1	Z2	Z3
1	true	1	100	100
2	true	2	100	100
3	true	3	100	100
4	true	4	100	100
5	true	5	100	100
6	true	6	100	100
7	true	7	100	100
8	true	8	100	100
9	true	9	100	100
10	true	10	100	100

OK Cancel Apply



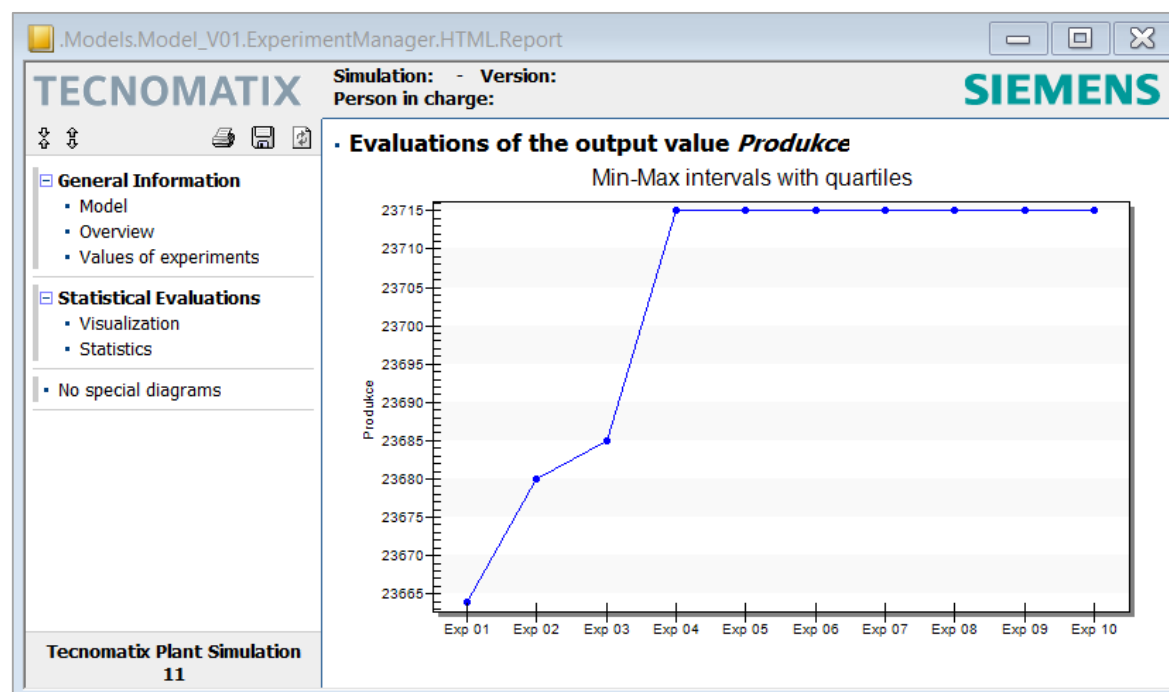


Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

Simulace – simulační experimenty

- Výsledek experimentů – vizualizace a hodnoty



		Z1	Z2	Z3	Produkcce
1	Exp 01	1	100	100	23664
2	Exp 02	2	100	100	23680
3	Exp 03	3	100	100	23685
4	Exp 04	4	100	100	23715
5	Exp 05	5	100	100	23715
6	Exp 06	6	100	100	23715
7	Exp 07	7	100	100	23715
8	Exp 08	8	100	100	23715
9	Exp 09	9	100	100	23715
10	Exp 10	10	100	100	23715

OK Cancel Apply





Počítačová simulace

Případová studie – výroba jízdních kol

Simulace – simulační experimenty

- Výsledek experimentů – optimální varianta

		Z1	Z2	Z3	Produkce
1	Exp 01	4	4	1	23667
2	Exp 02	4	4	2	23684
3	Exp 03	4	4	3	23685
4	Exp 04	4	4	4	23711
5	Exp 05	4	4	5	23715
6	Exp 06	4	4	6	23715
7	Exp 07	4	4	7	23715
8	Exp 08	4	4	8	23715
9	Exp 09	4	4	9	23715
10	Exp 10	4	4	10	23715





Děkuji.

