



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Počítačová simulace logistických procesů

Základy počítačové simulace

Jan Fábry

23.02.2023

Vymezení základních pojmů

Cíl přednášky

- Vymezit další pojmy, které souvisí s problematikou modelování.
- Ukázat možnosti využití diskrétních simulací v různých oblastech výroby a logistiky (vč. softwarových nástrojů), které lze k tomuto účelů použít.

Vymezení základních pojmů

Struktura přednášky

- **Vysvětlení základních pojmů počítačové simulace**
 - Analýza dat, What-if analýza.
 - Reálný systém vs. model, pojmový model, simulační model, layout.
 - Model, modelování, systémové hranice, míra detailnosti modelu.
 - Verifikace a validace.
 - Experiment, matice experimentů.
 - Vizualizace, prezentace, interpretace.
- **Možnosti aplikování simulace (ŠKODA AUTO a.s.)**
 - Lisovna, svařovna, lakovna, montáž.
 - Výrobní závod.
 - Logistika.
 - Nevýrobní oblast.
 - Doprava.

Vymezení základních pojmů

Struktura přednášky

- **Nejčastěji používané simulační nástroje**
 - PlantSimulation, SimPro, Witness, Simio, SimProcess, Arena, Simul8.
 - Volba vhodné simulační platformy.
 - Vazby na další software – digitální továrna.

Vymezení základních pojmů



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Analýza dat, syntéza dat

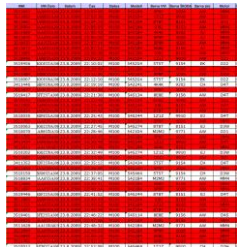
Analýza dat

- Jedná se o **dekompozici** složitějšího celku na jednodušší části.
- Správně provedená analýza dat je důležitým krokem k tomu, aby výsledný simulační model co **nejlépe zobrazoval reálný systém**.
- Vhodnými nástroji pro analyzování dat jsou **statistické charakteristiky, tabulky a grafické výstupy** ve formě grafů, diagramů a schémat.
- Z hlediska počítačové simulace je možné analyzovat jak **vstupní**, tak **výstupní** data.

Syntéza dat

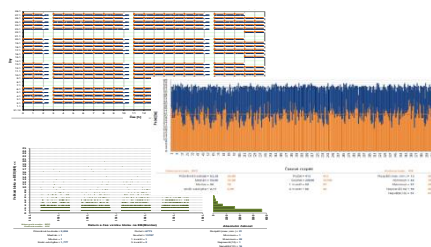
- Je **protikladem** analýzy. Tímto způsobem se snažíme **složit** více informací do **jednoho celku**. Často tak můžeme několik kusých informací povýšit na **znalost systému**.

Vstupní data



Analýza

Statistiky, grafy



Znalost systému



Syntéza

Vymezení základních pojmů



ŠKODA AUTO Vysoká škola

What-if analýza

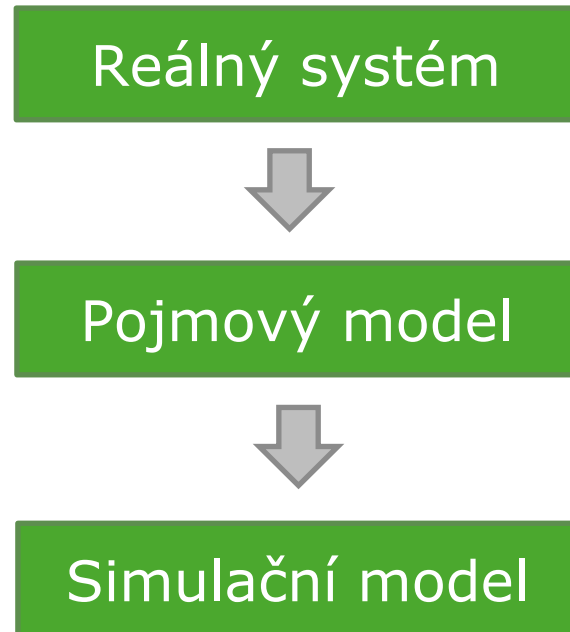
- Základní nástroj pro podporu manažerského rozhodování formou počítačové simulace.
- Snaží se odpovědět na otázku: „Co se stane, když ...?“
- Typickými příklady z oblasti výroby automobilů jsou:
 - Jaký musí být **takt výrobní oblasti**, abychom dosáhli plánované produkce?
 - Kolik musíme mít v jednotlivých oblastech **vyrovnávacích pozic**?
 - Jakých hodnot může dosahovat **poruchovost**, abychom dosáhli plánované produkce?
 - Jaký vliv bude mít **logika řízení zařízení** či oblasti na průchodnost systému?
 - Kolik **závěsů** (nebo skidů) musí čítat **dopravníkový systém**?
 - Kolik **přepavních prostředků** bude potřeba k **zásobování výrobní linky**?
 - Kolik **palet** bude potřeba k plynulému **zásobování výrobní linky**?

Vymezení základních pojmů



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Pojmový a simulační model



- **Pojmový model** je popis systému verbálními, schematickými nebo matematickými prostředky. Popis by měl obsahovat všechny **podstatné rysy chování systému**, to ale při zachování patřičné **srozumitelnosti** a **vypovídací schopnosti**.
- **Jak může vypadat pojmový model:**
 - Verbální popis.
 - Schéma.
 - Vývojový diagram.
 - Matematický popis.
- **Neměli bychom zapomenout na:**
 - Systémové hranice a rozhraní k okolí systému.
 - Prvky systému a jejich vzájemné vazby.
 - Chování prvků systému (vzhledem ke stupni abstrakce).
 - Definování klíčových parametrů systému.
- **Simulační model** je převedením myšlenek definovaných v pojmovém modelu do podoby virtuálního počítačového modelu. Simulační model je konkrétním obrazem pojmového modelu.

Vymezení základních pojmů



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Systémové hranice, layout, model

- **Layout** je základní vstupní materiál pro tvorbu simulační studie. Jedná se o **technický výkres** oblasti (obvykle půdorys), která je předmětem našeho zájmu. Při samotné simulační studii je pak zpravidla layout využit jako pozadí do simulačního modelu. Pro vytvoření layoutu se používá např. CAD.
- **Systémové hranice** vymezují **rozsah modelované oblasti**. Říkají nám tedy, kde model **začíná** a kde **končí**. Tím nám systémové hranice rovněž determinují **vstupy** a **výstupy** modelu.
- **Model** chápeme jako **zjednodušený obraz reality**. To jakým způsobem bude model vypadat, záleží do značné míry na analytikovi, který model vytvářel a stupni abstrakce, který zvolil.

Vymezení základních pojmů



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Modelování

- **Modelování** je napodobení reálného systému jeho **zjednodušeným virtuálním obrazem**. Klíčovou vlastností modelu je to, že se **v podstatných rysech chová stejně jako samotný reálný systém**.
- Abychom byli schopni toto napodobení provést, musíme vždy přistoupit na jistou míru **abstrakce**. Pokud bychom totiž chtěli systém modelovat se všemi vlivy, které na něj mohou působit, bylo by to časově velmi náročné a pravděpodobně by se nám to ani nepodařilo (nechceme vytvářet kopii reality, ale rychlý a operativní model).
- Vždy je třeba poměřovat simulační studie s ohledem na **požadované výstupy** a **zdroje** do nich investované (zejména čas a náklady).

Vymezení základních pojmů



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Míra detailnosti modelu

- **Míra detailnosti modelu** znamená jak „hluboko“ budeme modelovat jednotlivé procesy.
- Jednotlivou výrobní oblast můžeme např. simulovat jako:
 - jeden prvek – koncepční modelování,
 - více prvků se vzájemnými vazbami – detailní modelování,
 - každý z prvků ve velkém detailu – modelování s max. mírou detailnosti (až do úrovně sensorů na jednotlivých pracovištích).

Vymezení základních pojmů



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Verifikace a validace

- **Verifikace** je prověření toho, zda-li je virtuální **počítačový model v souladu s pojmovým modelem**, tzn. jestli jsme vše naprogramovali tak, jak jsme si vytýčili právě v pojmovém modelu.
- **Validace** prověřuje **soulad virtuálního modelu s reálným systémem**. Ideálním měřítkem pro vyhodnocování je srovnání výstupů z modelu s daty z reálného systému.

Vymezení základních pojmů



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Experiment

- **Experiment** je v prostředí simulací chápán jako **jeden simulační běh**, který má potvrdit nebo vyvrátit naše předpoklady o chování reálného systému.
- Pomocí simulačního experimentu se tak snažíme **verifikovat chování reálného systému**.
- Každý experiment je prováděn za určitých **předem definovaných podmínek**.
- Většinou se jedná o **konkrétní nastavení hodnot parametrů** jako je kapacita zásobníků, počet přepravních prostředků, průměrná poruchovost zařízení, počet pracovníků na pracovišti, kapacita vozidla apod.

Vymezení základních pojmů



Matice experimentů

- **Matice experimentů** je agregací všech simulačních experimentů do jednoho místa (tabulky). Využíváme ji z důvodů **přehlednosti**, **automatizace** a také proto, abychom na některý z experimentů případně nezapomněli (při testování desítek a stovek experimentů je tento scénář celkem reálný).
- **Plán experimentů** obsahuje různé **kombinace hodnot sledovaných parametrů**. Každý běh přináší výsledky v podobě **hodnot sledovaných veličin** (kritérií) jako jsou např. průměrná denní produkce, celkové skladovací náklady, efektivnost produkční linky aj.

Varianta/Parametr	Parametr A	Parametr B	Parametr C
Varianta 1	1	1	1
Varianta 2	2	1	1
Varianta 3	3	1	1

Vymezení základních pojmů



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Vizualizace, prezentace, interpretace

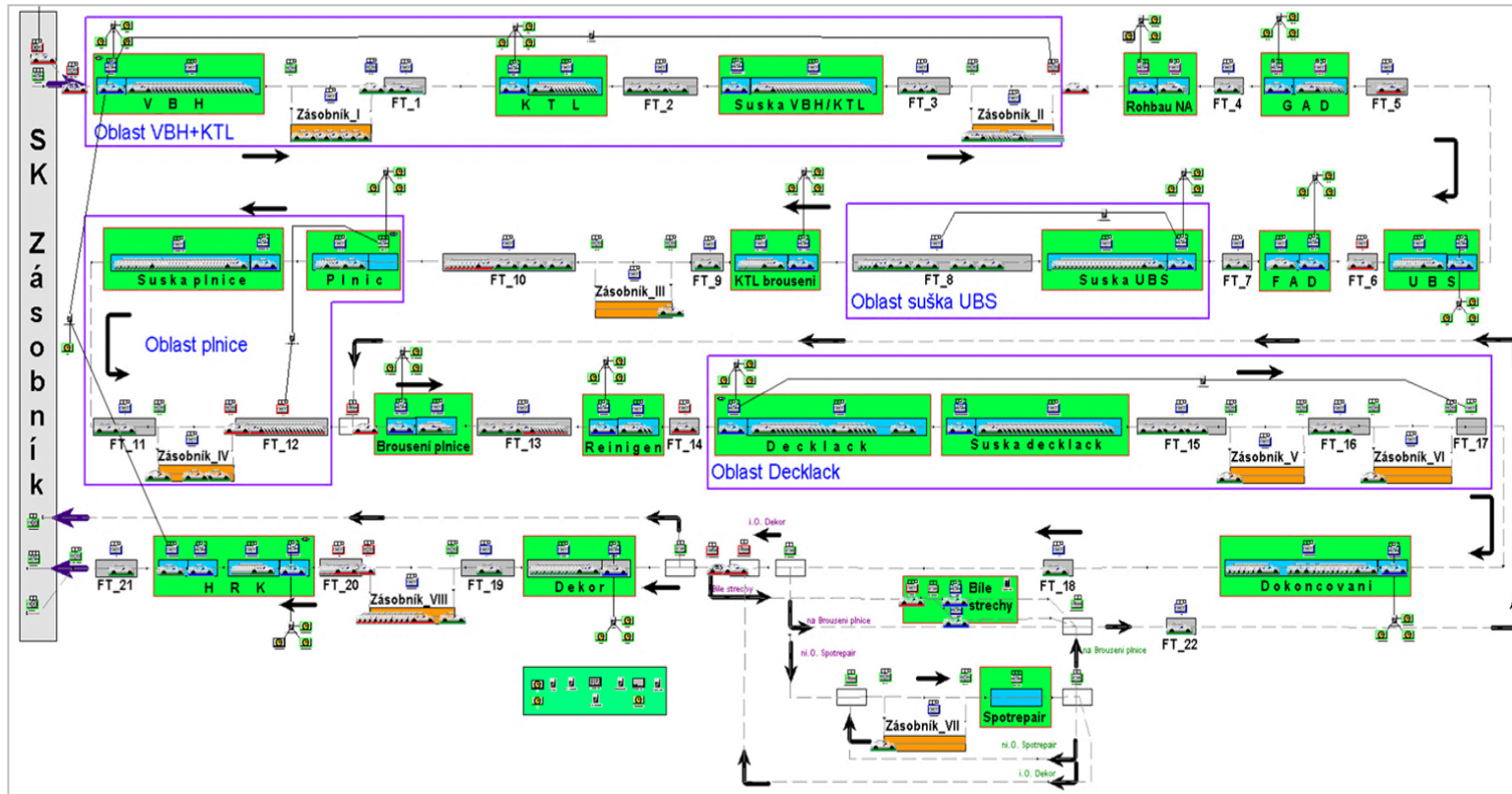
- **Klíčové součásti simulačního projektu.** Všechny tyto pojmy se vztahují k dokumentační části simulačního projektu (viz přednáška Metodika simulačního projektu).
- **Vizualizace** je znázornění výsledků simulací tak, aby byly co nejlépe **pochopitelné posluchačům**. Vhodnými nástroji jsou videa ze simulačních běhů (**2D a 3D animace**).
- **Prezentace** dokumentuje samotný **průběh simulačního projektu**. Vhodným prostředkem je např. **MS Powerpoint**.
- **Interpretace** je klíčová fáze prezentace výsledků. Jde o přesný **popis** toho, co **výsledky simulačních experimentů znamenají pro reálný systém** (jak se bude reálný systém chovat za podmínek testovaných v simulačních experimentech).

Vymezení základních pojmů



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Příklad – oblast lakovny



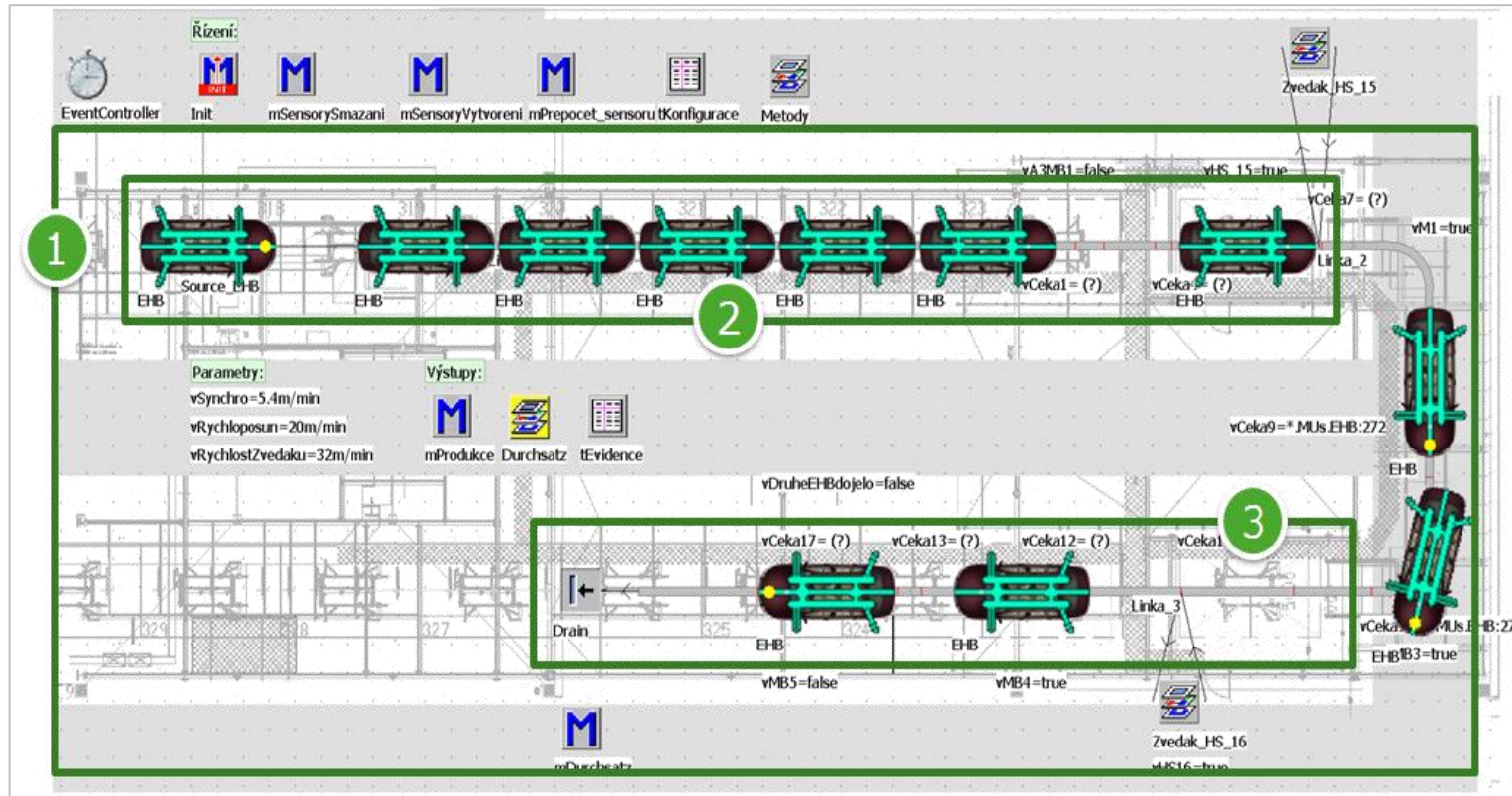
- Dosáhne lakovna jako celek při stanovených takttech plánovanou průchodnost?
- Dosáhneme dané průchodnosti při určitém podílu repasí karoserie?
- Jak velké musí být zásobníky mezi výrobními oblastmi, abychom dosáhli dané produkce?

Vymezení základních pojmů



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Příklad – detail montážní linky – EHB podvěsný dopravník



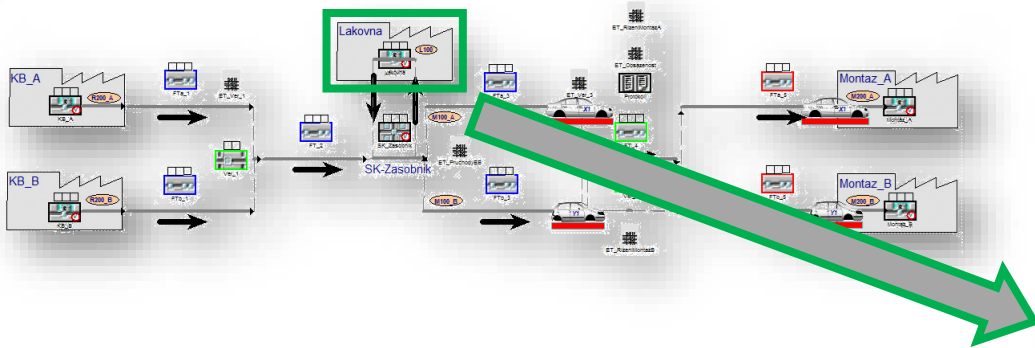
- Analýza **úzkého místa** – co je úzkým místem systému?
- Dosáhneme **cílovou produkci**?
- Můžeme si dovolit **zkrátit výjezd** ze zvedáků ve prospěch místa pro montážní takt?

Vymezení základních pojmů

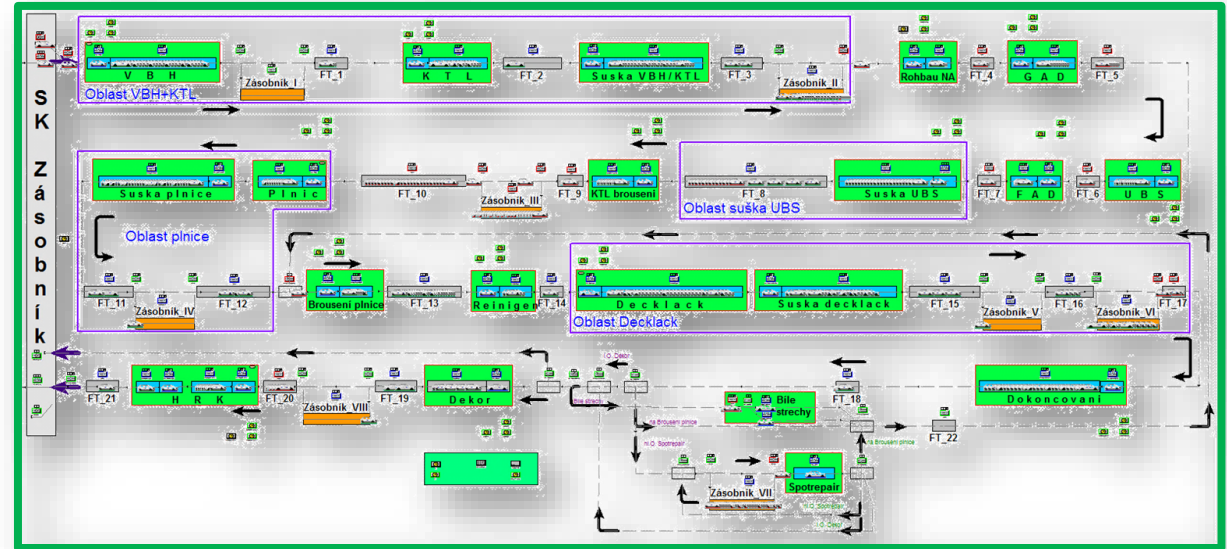


Příklad – výrobní závod

„Koncepční model závodu“



„Model lakovny“



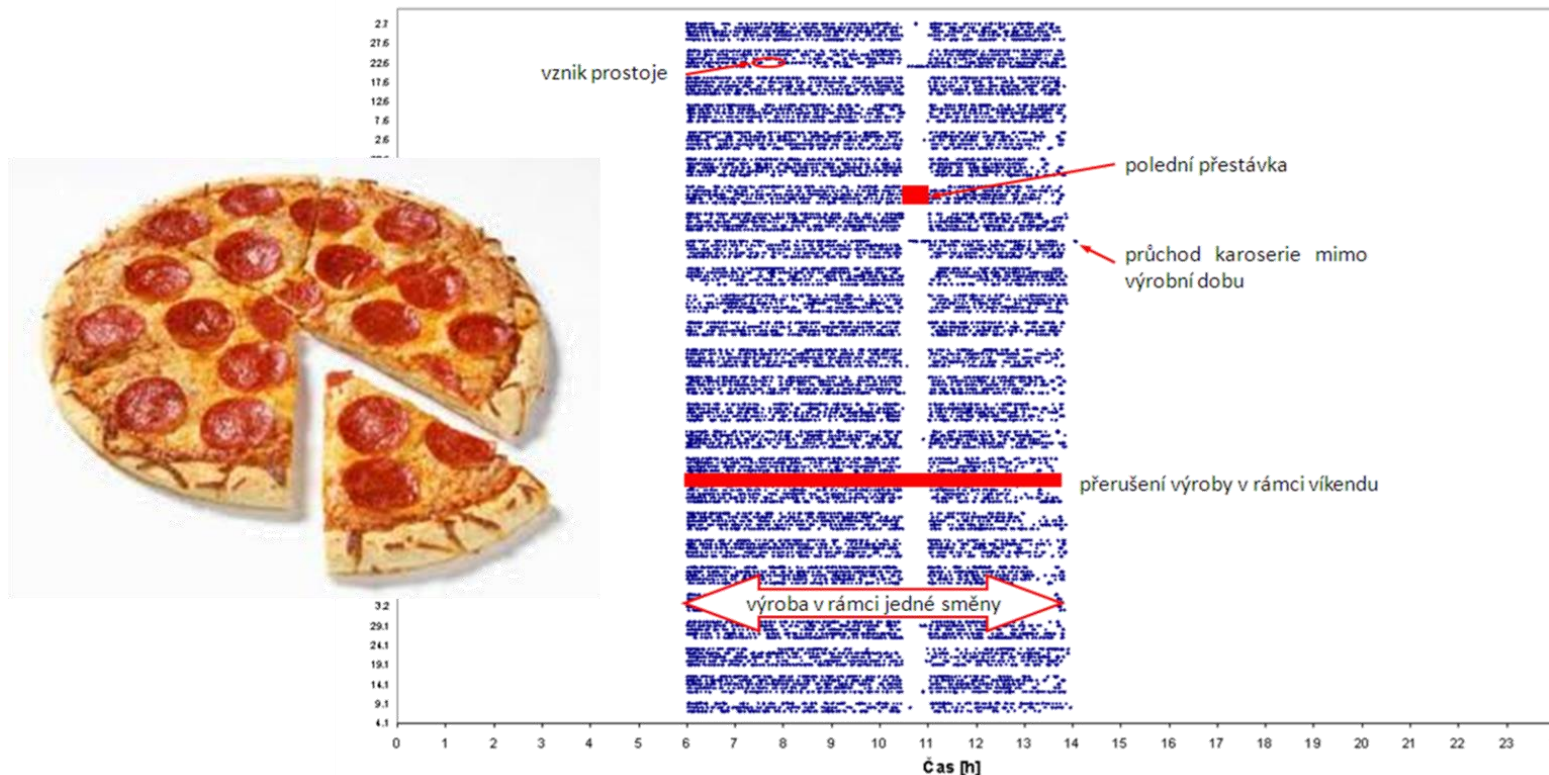
- Co se stane při změně směnového režimu v jedné z oblastí?
- Co se stane při změně navýšení produkce jednoho z vyráběných typů?
- Jak veliké zásobníky budeme potřebovat pro vyrovnání disproporcí mezi výrobními oblastmi?
- Jaký JIT/JIS čas budou mít k dispozici dodavatelé pro dodávky dílů?

Vymezení základních pojmů



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Příklad spojení výroby s nevýrobní oblastí



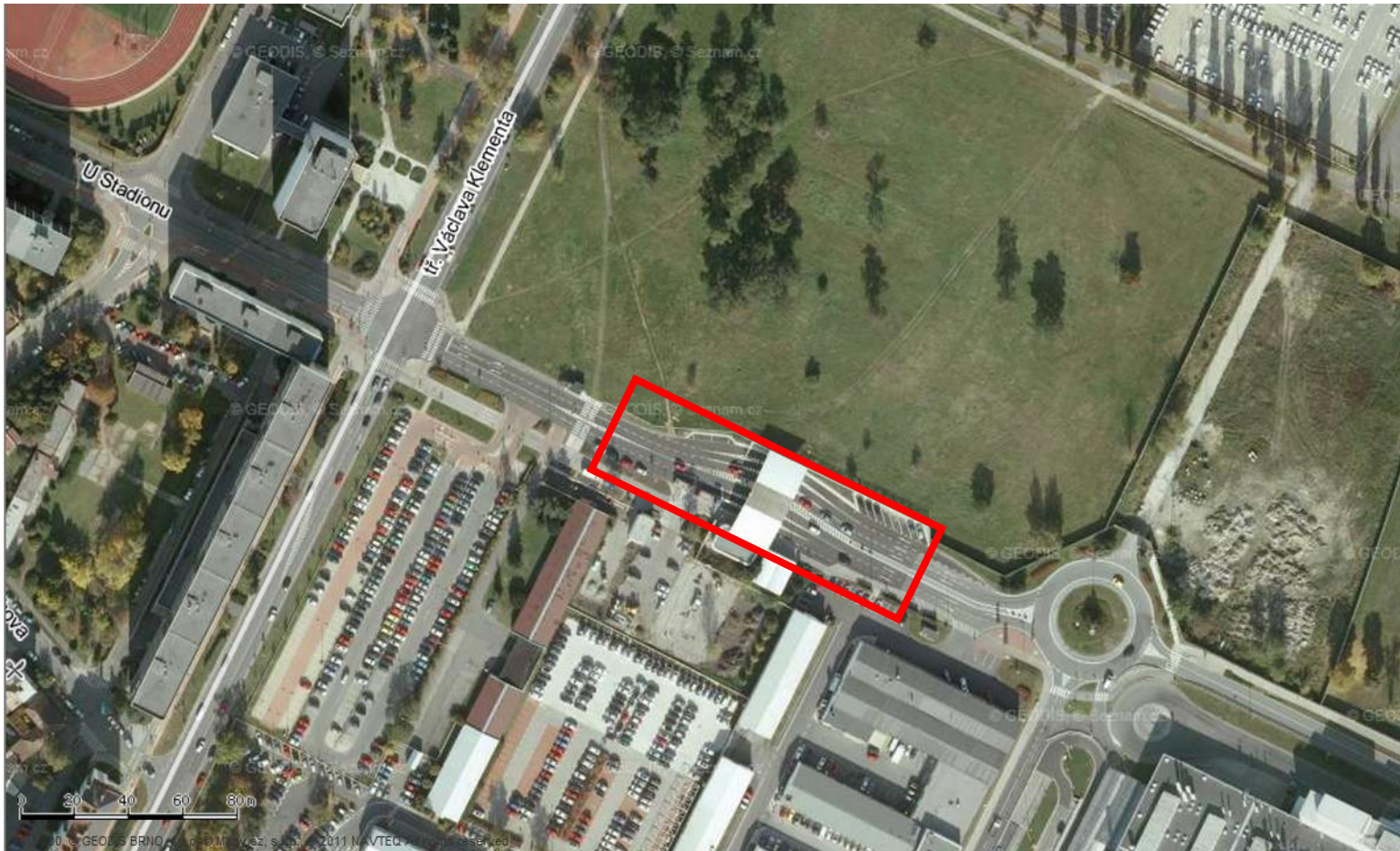
- Stihne jídelna **obsloužit zaměstnance v reálném čase** (obědová pauza)?
- Kolik potřebujeme **výdejních míst** či **pokladen**?
- Jak **velkou jídelnu** vlastně potřebujeme (plocha)?

Vymezení základních pojmů



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Nevýrobní oblast – doprava



Zdroj: <http://www.mapy.cz>

- **Analýza úzkého místa** – nedojde k úplnému zablokování komunikací vně a uvnitř firmy?
- **Počty proudů** na vstupní/výstupní komunikaci do firmy.
- **Vazba na informační systém** firmy (počty turniketů).

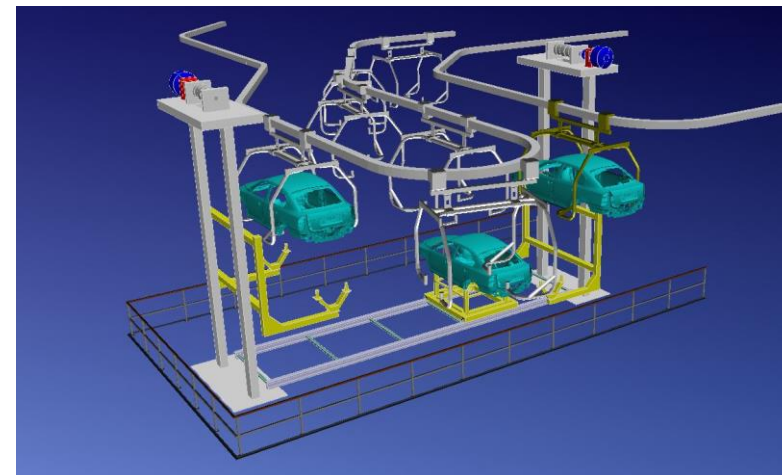
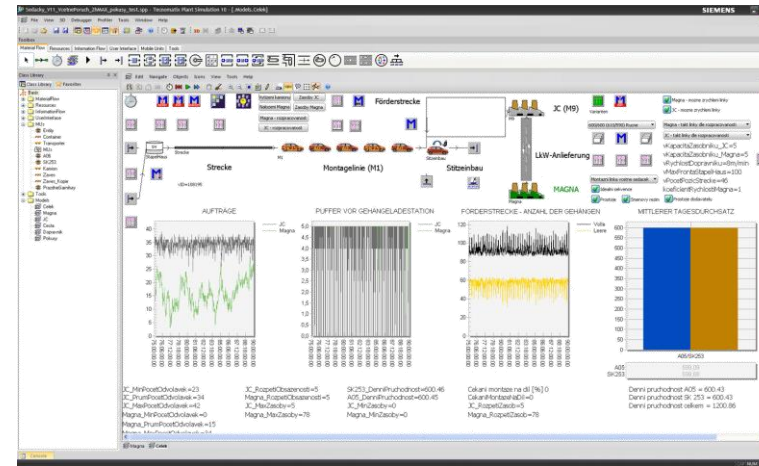
Vymezení základních pojmů



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Simulační software – PlantSimulation 16 (Siemens)

- Univerzální software.
- Podporován automobilkami VW, BMW, Mercedes-Benz.
- Současný VW standard.
- Velká skupina uživatelů.
- Řada nadstavbových knihoven (VDA, VDB).
- Integrovaný programovací jazyk Simtalk.
- Bližší informace získáte v rámci tohoto předmětu a na stránkách <http://www.tecnomatix.com>.



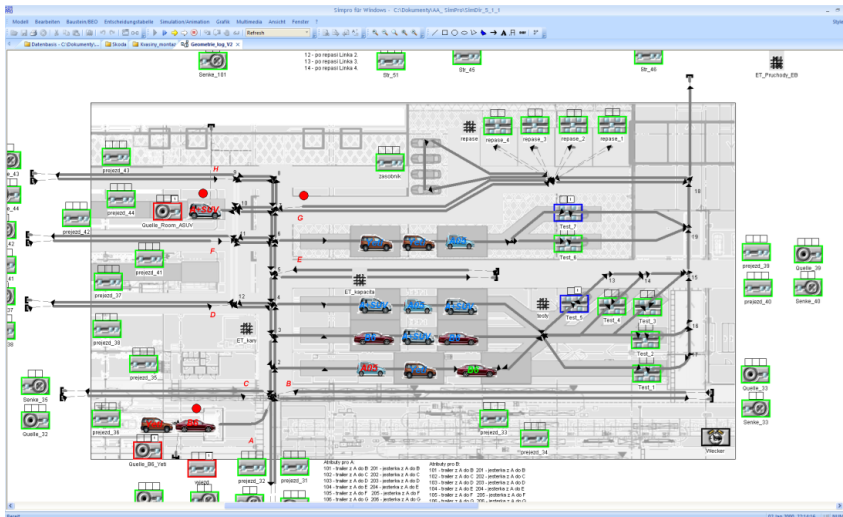
Vymezení základních pojmů



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Simulační software – SimPro 5 (SDZ)

- Univerzální simulační nástroj s prvky využitelnými v automobilovém průmyslu.
- Dříve byl používán jako standard VW.
- Relativně malé nároky na hardware.
- Uživatelsky náročnější rozhraní softwaru.
- Integrovaný programovací jazyk MODULA2.



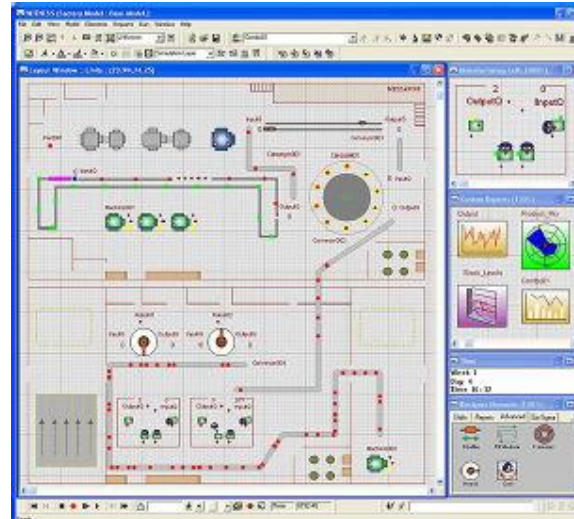
Vymezení základních pojmů



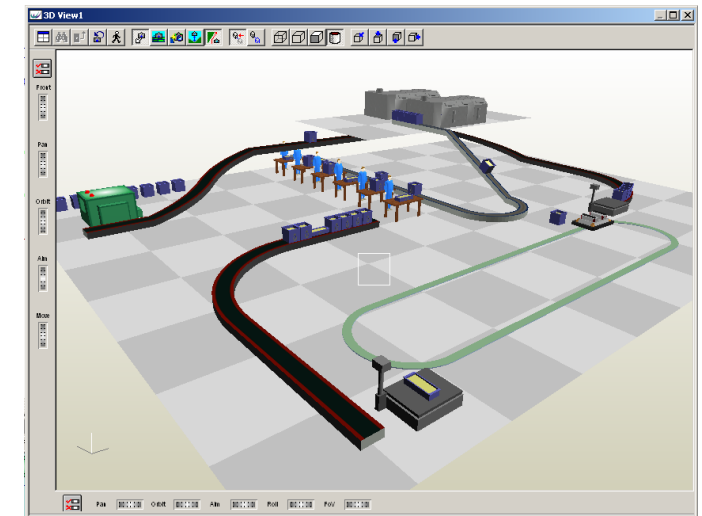
ŠKODA AUTO Vysoká škola

Simulační software – Witness (Lanner Group)

- Univerzální simulační nástroj.
- Užitečný zejména při simulaci a optimalizaci výrobních, obslužných a logistických systémů.
- Provázanost s optimalizačními nástroji, virtuální realita a Microsoft Visio.
- Integrovaný programovací jazyk WCL (Witness Command Language).
- Další informace <http://www.lanner.com>.



Zdroj: http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/wmg/ftmsc/content_store/outlines/so/witness-manu-model-1rg.jpg?maxWidth=309&maxHeight=277



Zdroj: http://www2.humusoft.cz/download/press/2009-22-4/witness/obrazky/W09_3D.png

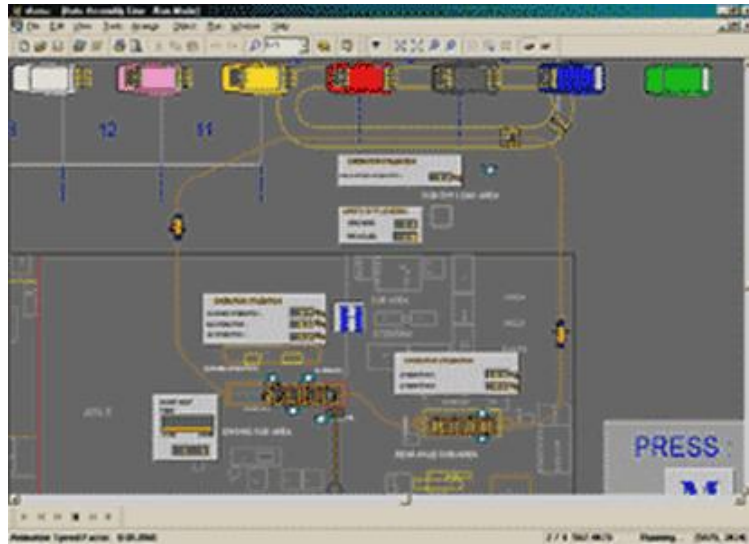
Vymezení základních pojmů



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Simulační software – Arena (Rockwell Automation)

- Obecný simulační jazyk integrovaný do nástroje pro manažerské rozhodování.
- Má grafickou a animační nadstavbu.
- Využívá principu hierarchického modelování.
- Další informace <http://www.arenasimulation.com>.



Zdroj: http://www.actsolutions.eu/img/varie/many_obj/Arena%20Simulation%20sample.gif



Zdroj: http://i.udm4.com/screenshots_u4win/549/549833_1.JPG

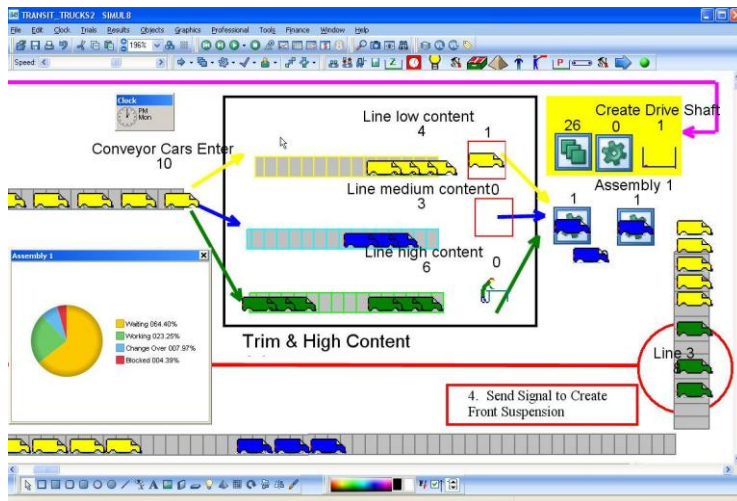
Vymezení základních pojmů



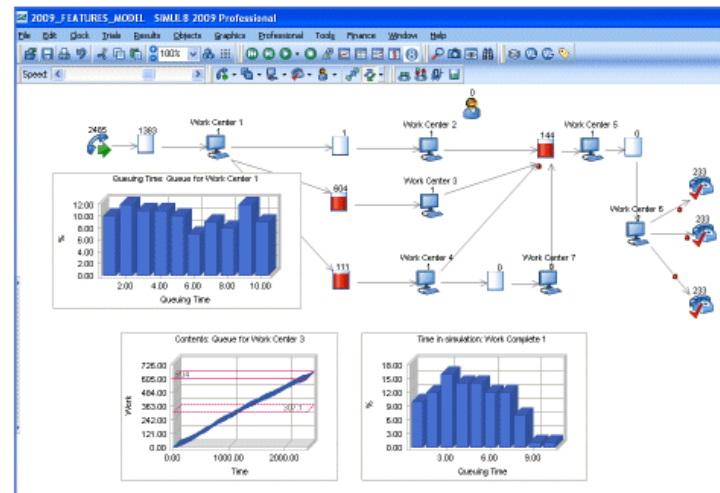
ŠKODA AUTO Vysoká škola

Simulační software – Simul8 (Simul8 Corporation)

- Univerzální nástroj pro simulování diskretních událostí.
- Nástroj se snaží být uživatelsky přívětivý a maximum práce s ním se odehrává nikoliv při programování, ale při vhodné parametrizaci modelu.
- Simul8 má příznivou cenovou politiku.
- Další informace <http://www.simul8.cz>.



Zdroj: http://img.informer.com/screenshots/2345/2345422_1.JPG



Zdroj: <http://www.simul8.cz/typy/on-screen-charts/>

Vymezení základních pojmů



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Simulační software – volba vhodného simulačního nástroje

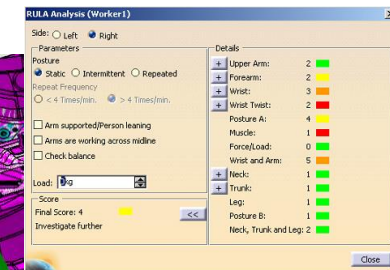
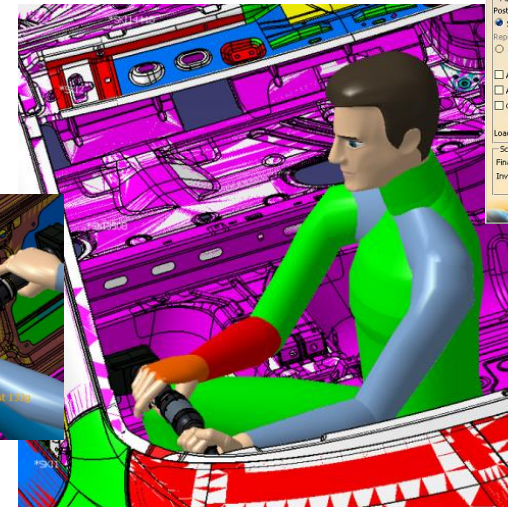
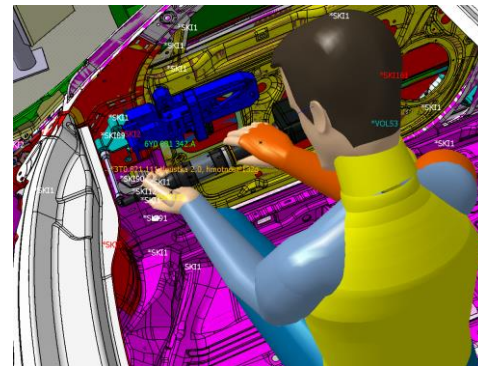
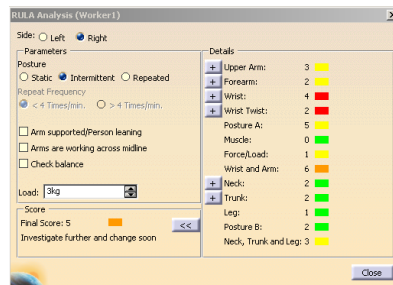
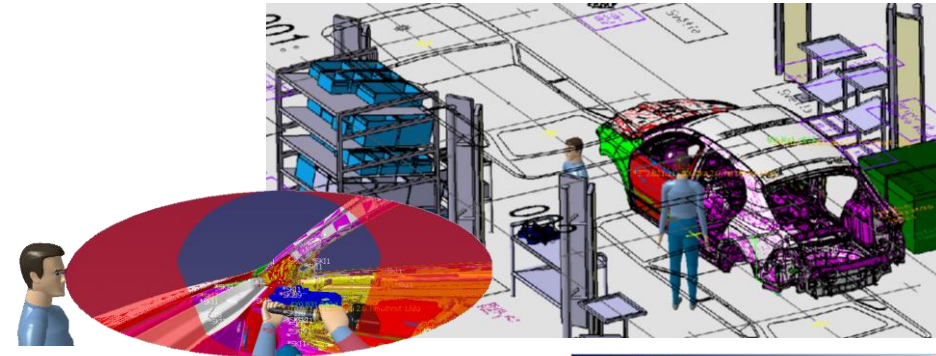
- **Nelze jednoznačně definovat**, který software je **nejlepší**. Spíše můžeme hovořit o tom, že za daných vstupních podmínek, nám jako uživatelům bude některý z nich nejvíce vyhovovat. **Obvykle se tak jedná o posledně užitý simulační nástroj**, neboť díky poslednímu projektu máme nejvíce osvojeny techniky modelování v konkrétních situacích.
- **Klíčové** pro rozhodování o volbě simulační platformy je:
 - **Oblast** podnikání společnosti.
 - **Cena** softwaru (od bezplatného software s omezenou funkcí až po řád miliónu korun za sofistikované řešení).
 - Možnosti **školení** a dostupné **výukové materiály** (manuály).
 - **Podpora společnosti**, která software vyvinula (aktualizace, nové verze, řešení nestandardních situací v prostředí modelu – „hotfix“).
 - **Komunita uživatelů** (setkávání uživatelů s cílem vyměňovat si dosavadní zkušenosti).
 - **Nadstavbové knihovny** (VDA, VDB).
 - **Komunikace s ostatním softwarem** (CAD systémy, databázové systémy).
 - **Integrace** v rámci vyšších celků (koncept digitální továrny).
 - **Adaptace softwaru** v akademickém prostředí (spolupráce s universitami).

Vymezení základních pojmů



Digitální továrna – oblasti simulací ergonomie

- Pomocí **simulace ergonomie** je možno podpořit vývoj projektování **montážních linek**.
- Hlavním cílem bude **optimalizace** činnosti při montáži a to již ve fázi detailního plánování při dodržení **bezpečnosti práce** a **ergonomie**.



Vymezení základních pojmů

Digitální továrna – oblasti simulací ergonomie

- Přínosy:
 - **Optimalizace** uspořádání pracovišť a pracovních postupů.
 - **Pochopení** prostorových vlivů na lidské tělo.
 - **Úspora časů** při projektování výroby.
 - **Včasné** zahrnutí lidských faktorů do výrobního cyklu.
 - **Realizace** rozsáhlých **ergonomických analýz**.
 - Tvorba **3D animačních pracovních postupů** a instruktážních návodů.



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Děkuji za pozornost

Jan Fábry

Katedra řízení výroby, logistiky a kvality

✉ fabry@savs.cz

🌐 www.janfabry.cz

www.savs.cz