



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Počítačová simulace logistických procesů

Struktura softwaru Plant Simulation

Jan Fábry

09.03.2023

Struktura softwaru Plant Simulation



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Cíl přednášky

- Představit simulační program Plant Simulation 16 a jeho základní strukturu.

Struktura softwaru Plant Simulation



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Struktura přednášky

- **Směrnice VDI** o simulačních studiích.
- Spuštění programu, úvodní stránka, úvodní programové okno.
- Dostupné **prvky, knihovny**.
- Nový model, objekty materiálového toku, zdroje, tok informací, uživatelské rozhraní, pohybující se objekty, nástroje.
- **Modely**, jmenná konvence.
- **Princip dědičnosti**, klíčové pojmy, třída a instance, třída a subtřída, identifikace a zobrazení struktury dědičnosti.
- Zobrazení **stavu objektů**, lišta se symboly, lišta s nástroji.
- **Strategie pro pohyb MUs**, strategie na výstupu z objektu.

Struktura softwaru Plant Simulation



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Směrnice VDI o simulačních studiích

- Průběh simulačních studií popisuje směrnice VDI* 3633. Ta rozděluje simulační projekt do třech fází:
 - **Příprava.**
 - Rozhodnutí o tom, zda je simulace vůbec vhodná pro realizaci daného projektu.
 - Formulace zadání a cílů studie.
 - Odhad náročnosti (náklady, čas).
 - Zajištění potřebných dat, jejich příprava a validace.
 - Hrubý analytický odhad.
 - Tvorba konceptuálního modelu a jeho verifikace.
 - Realizace.
 - Vyhodnocení.

Pozn. * - „VDI“ – Verein Deutscher Ingenieure – Sdružení německých inženýrů a přírodovědců, který metodicky zastřešuje řadu vědních oborů a disciplín. Čítá přes 150 tis. členů.

Struktura softwaru Plant Simulation



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Směrnice VDI o simulačních studiích

- Průběh simulačních studií popisuje směrnice VDI* 3633. Ta rozděluje simulační projekt do třech fází:
 - Příprava.
 - Realizace.
 - Tvorba virtuálního (simulačního) modelu a jeho validace.
 - Plánování simulačních experimentů.
 - Realizace experimentů.
 - Vyhodnocení.

Pozn. * - „VDI“ – Verein Deutscher Ingenieure – Sdružení německých inženýrů a přírodovědců, který metodicky zastřešuje řadu vědních oborů a disciplín. Čítá přes 150 tis. členů.

Struktura softwaru Plant Simulation



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Směrnice VDI o simulačních studiích

- Průběh simulačních studií popisuje směrnice VDI* 3633. Ta rozděluje simulační projekt do třech fází:
 - Příprava.
 - Realizace.
 - Vyhodnocení.
 - Zpracování výsledků.
 - Interpretace výsledků.
 - Dokumentace.

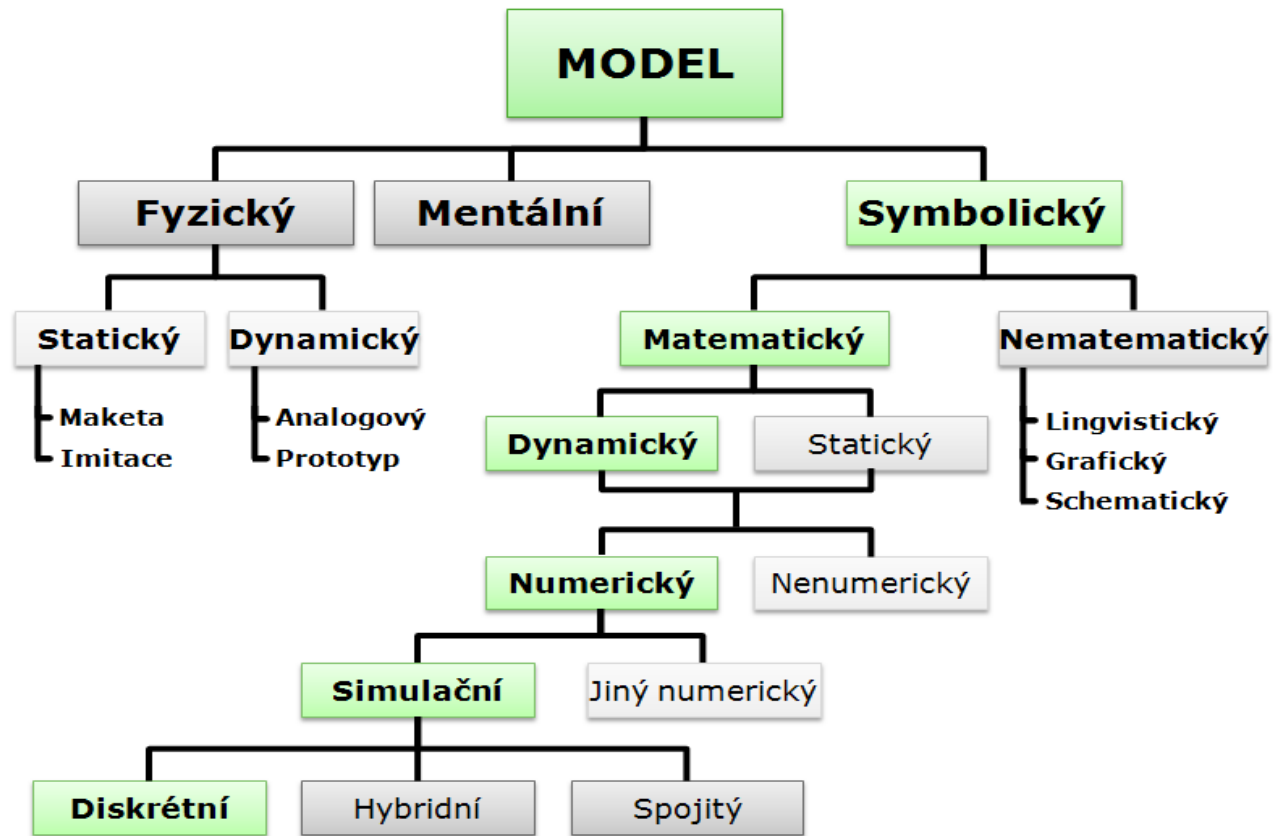
Pozn. * - „VDI“ – Verein Deutscher Ingenieure – Sdružení německých inženýrů a přírodovědců, který metodicky zastřešuje řadu vědních oborů a disciplín. Čítá přes 150 tis. členů.

Struktura softwaru Plant Simulation



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Klasifikace a začlenění popisovaného softwaru do struktury modelů



Zdroj: DANĚK, Jan. HUMUSOFT S.R.O. *Využití simulace jako inženýrského nástroje během životního cyklu výrobků a procesů*. Praha, 2007, 70 s.

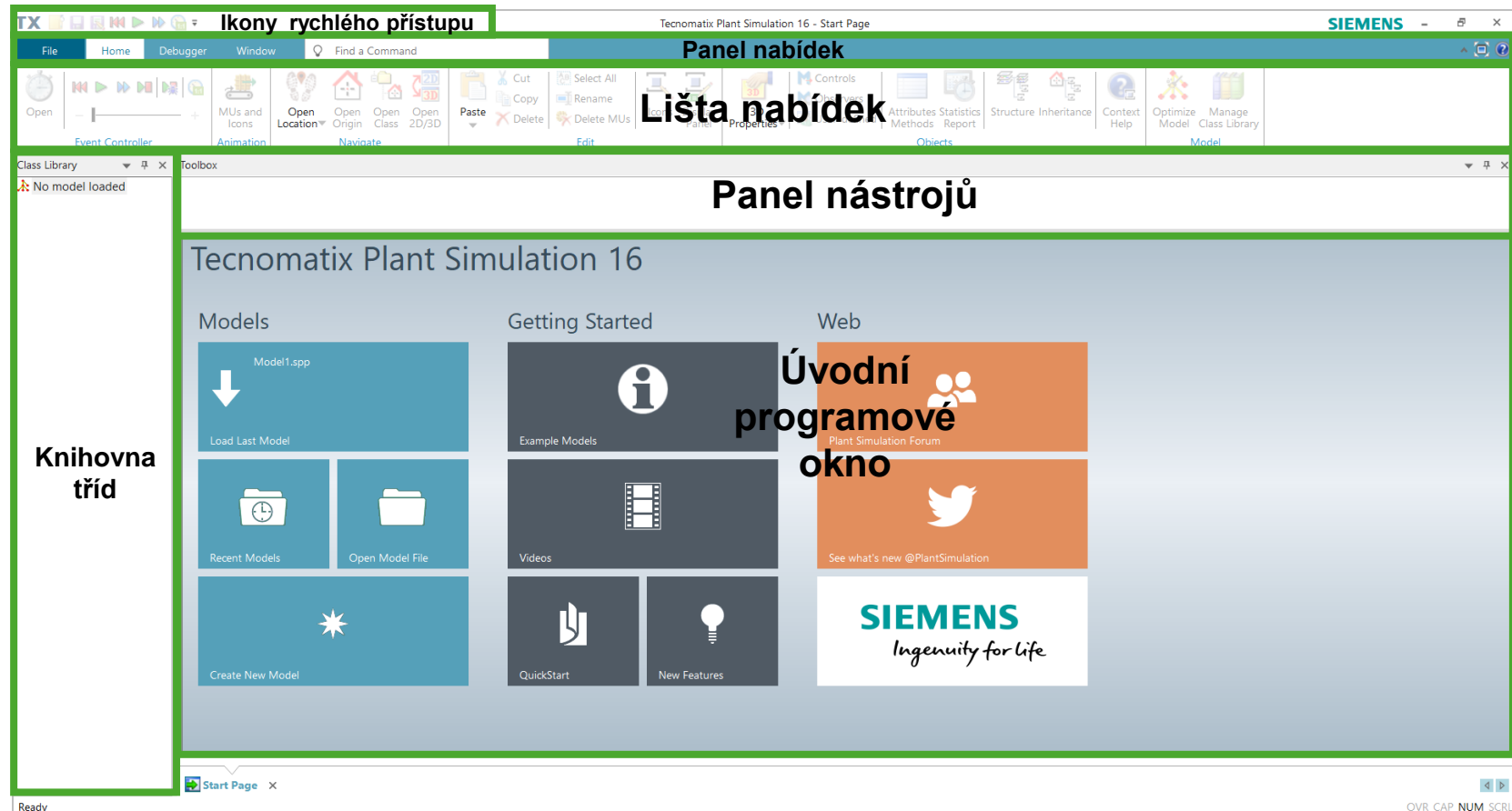
Struktura softwaru Plant Simulation



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Úvodní obrazovka

- Po spuštění softwaru se otevře toto programové okno. Jeho vzhled lze modifikovat pomocí voleb v záložce „Window”.



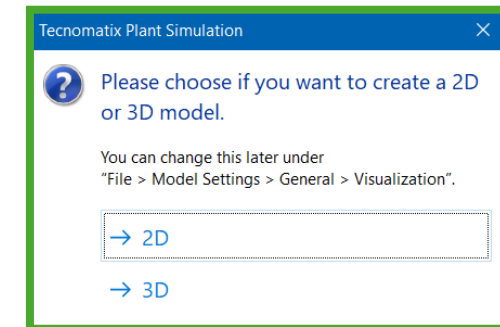
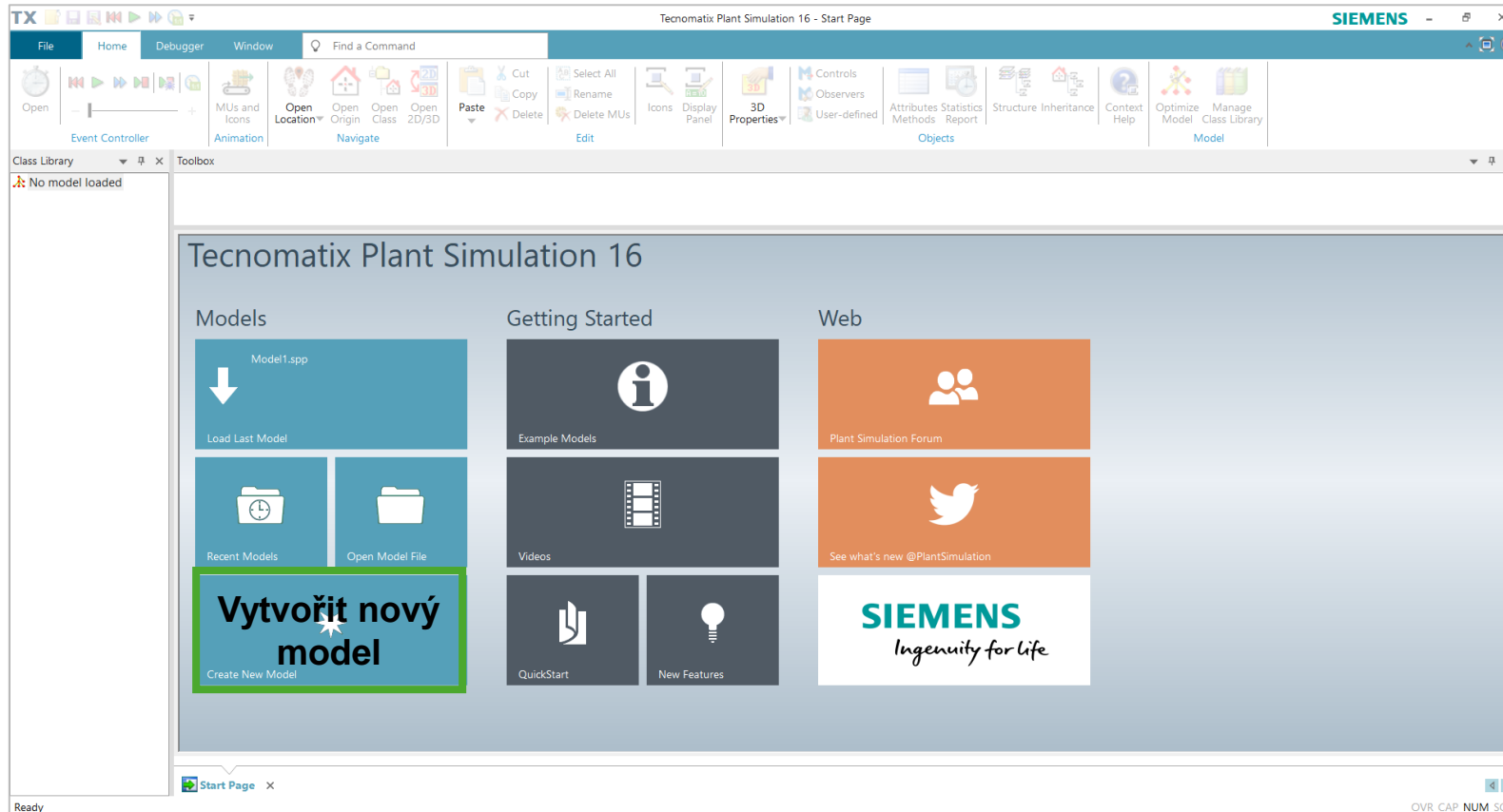
Struktura softwaru Plant Simulation



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Úvodní obrazovka

- Před samotným vytvořením nového modelu je uživatel dotázán zda chce tvořit model ve 2D či 3D prostředí.



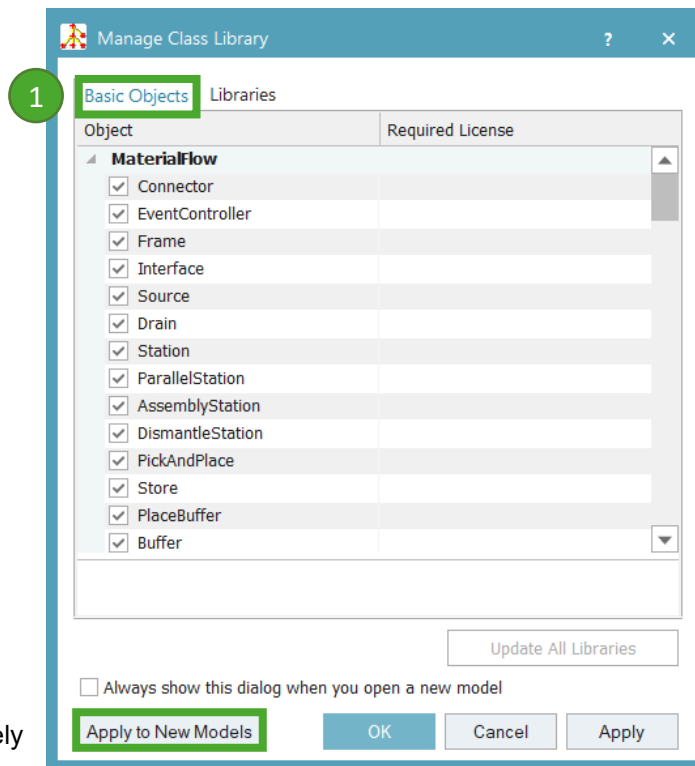
Struktura softwaru Plant Simulation



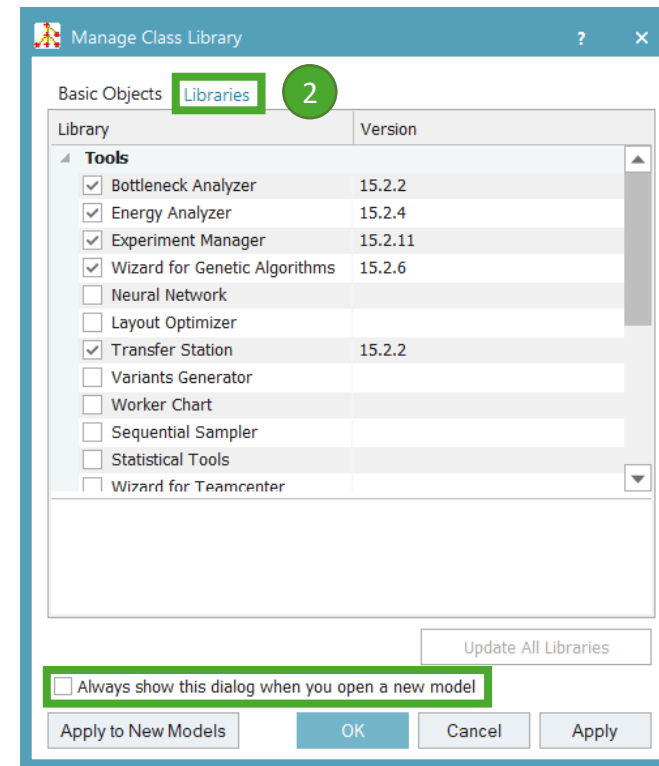
ŠKODA AUTO Vysoká škola

Dostupné prvky, knihovny

- Před samotným vytvořením nového modelu je uživatel dotázán na prvky, které si přeje standardně mít k dispozici záložka „Basic Objects“(1). Záložka „Libraries“(2) umožňuje rozšíření o další knihovny prvků, rozhraní, grafy apod.



Použij pro další nové modely



Zobraz tento dialog vždy při tvorbě nového modelu

Tlačítko „Apply“ slouží v Plant Simulation obecně k potvrzení voleb. Až poté stiskneme tlačítko „OK“. Tady ovšem zvolíme přímo tlačítko „OK“.

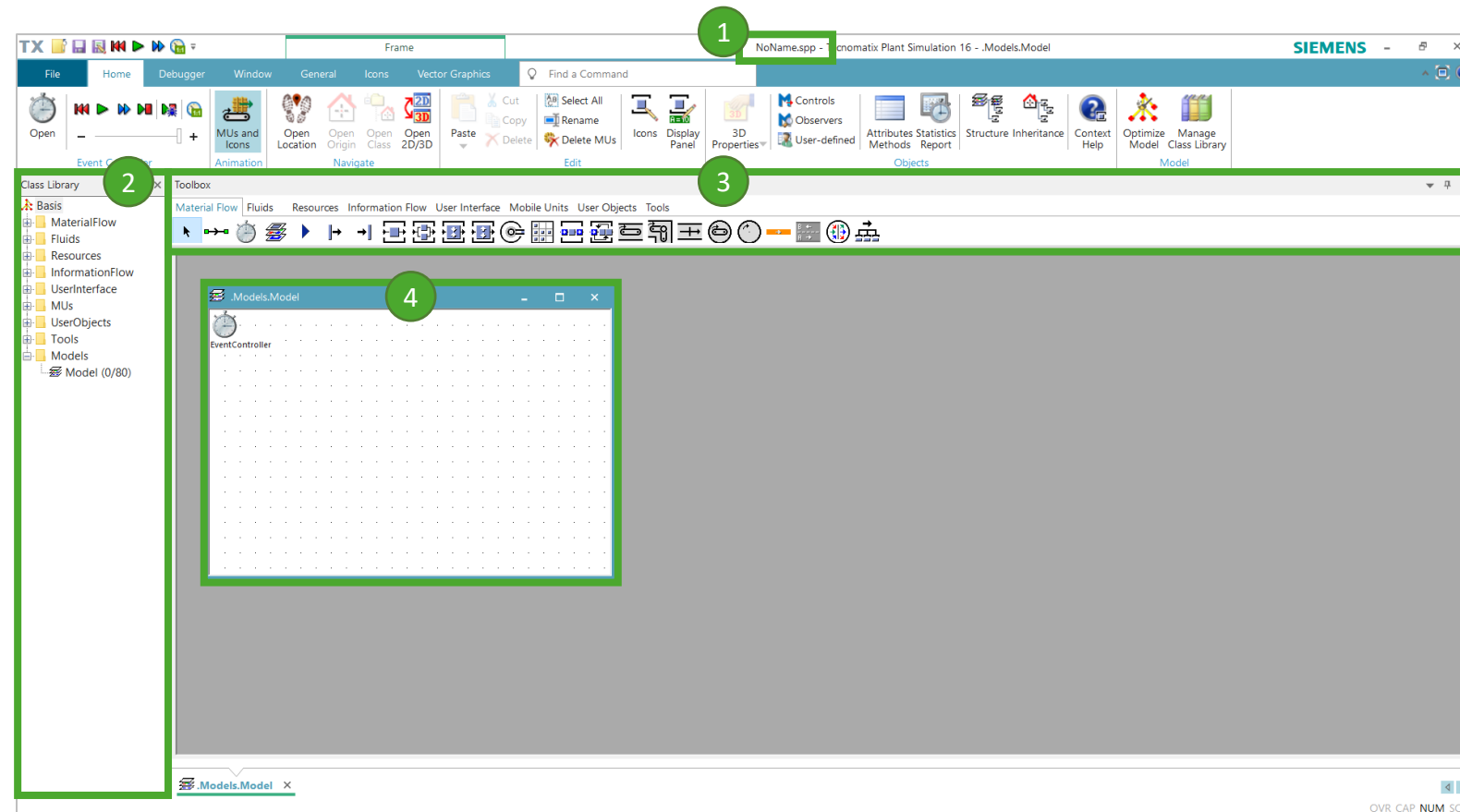
Struktura softwaru Plant Simulation



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Nový model

- Soubory programu Plant Simulation mají koncovku *.spp (1).
- Soubor obsahuje vždy hierarchicky uspořádanou knihovnu tříd (2) „Class Library“. Jednotlivé složky obsahují třídy objektů. Strukturu tříd lze libovolně upravovat a měnit.
- Některé třídy objektů lze nalézt rovněž v Toolboxu (3). Lze zde rovněž vytvářet nové složky pro uložení modelů či jejich částí.
- Každé nové síti náleží nové okno „Frame“ (4). Zde lze vytvářet prvek či model.



Struktura softwaru Plant Simulation

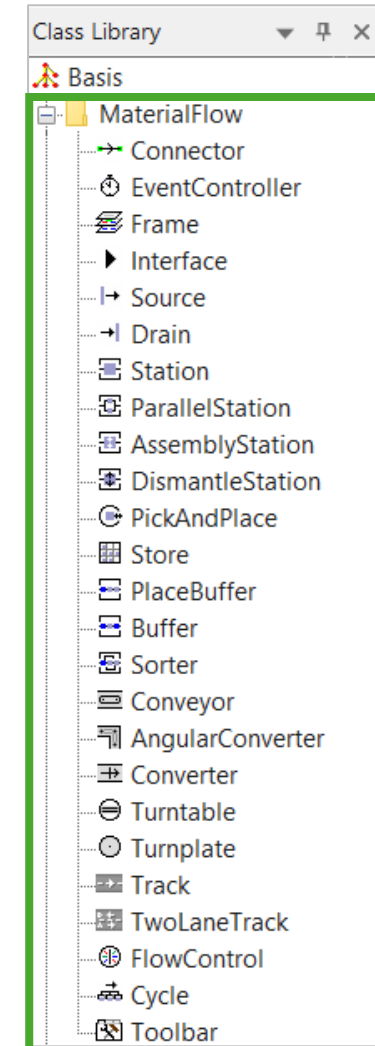


Objekty materiálového toku

- Objekty modelování materiálového toku „MaterialFlow“.
- Mezi objekty materiálového toku lze nalézt „aktivní objekty“ tzn. přepravují, zpracovávají nebo opracovávají pohybující se objekty (např. součásti výrobku v modelu).
- Proti tomu „pasívní objekty“ nic neopravovávají, spíše slouží jako prostředek pro pohyb (komunikace) nebo skladování (zásobníky).

Rozlišujeme tyto prvky materiálového toku:

▪ Connector	spojovník	▪ PlaceBuffer	zásobník s místy
▪ EventController	správce událostí	▪ Buffer	zásobník
▪ Frame	síť	▪ Sorter	třídič
▪ Interface	rozhraní	▪ Conveyor	dopravník
▪ Source	zdroj	▪ AngularConverter	rohový převaděč
▪ Drain	místo zániku	▪ Converter	převaděč
▪ Station	pracovní stanice	▪ Turntable	otočný stůl
▪ ParallelStation	paralelní stanice	▪ Turnplate	otočná plošina
▪ AssemblyStation	montážní stanice	▪ Track	komunikace, silnice
▪ DismantleStation	demontážní stanice	▪ TwoLaneTrack	dvouproudá silnice
▪ PickAndPlace	manipulační robot	▪ FlowControl	řízení toku
▪ Store	sklad	▪ Cycle	takt



Struktura softwaru Plant Simulation

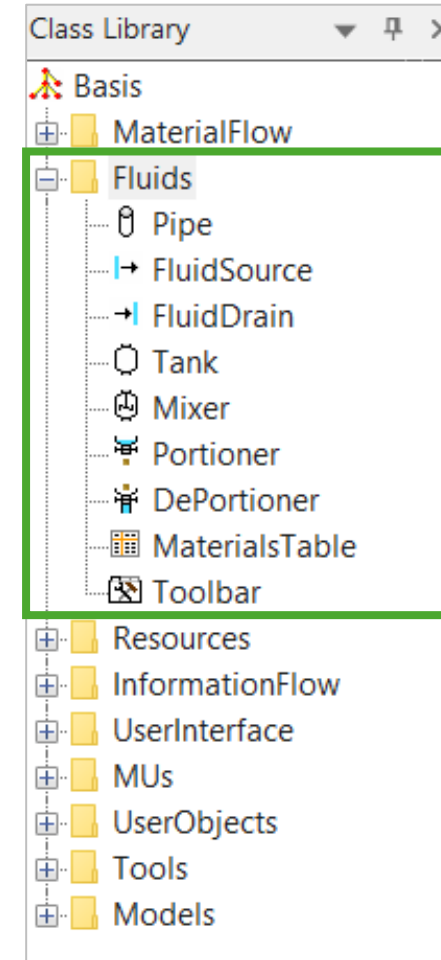


Kapaliny

- Složka „Fluids“ slouží k modelování toku kapalin.

Rozlišujeme tyto prvky toku kapalin:

- | | |
|------------------|----------------------|
| ▪ Pipe | trubka |
| ▪ FluidSource | zdroj kapalin |
| ▪ FluidDrain | místo zániku kapalin |
| ▪ Tank | nádrž |
| ▪ Mixer | směšovač |
| ▪ Portioner | porcovač |
| ▪ DePortioner | slučovač |
| ▪ MaterialsTable | tabulka materiálů |



Struktura softwaru Plant Simulation

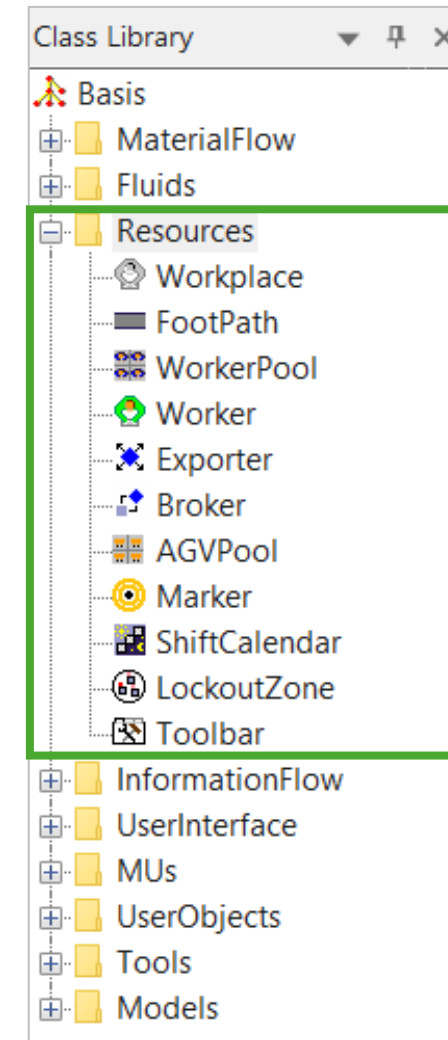


Zdroje

- Složka „Resources“ slouží k modelování pracovníků a jejich přiřazování jednotlivým pracovištím prostřednictvím „WorkerPool“ anebo k modelování automaticky řízených vozidel prostřednictvím „AGVPool“.

Rozlišujeme tyto typy zdrojů:

- | | |
|-----------------|--------------------------------------|
| ▪ Workplace | pracoviště |
| ▪ FootPath | cesta |
| ▪ WorkerPool | koordinátor pracovníků |
| ▪ Worker | pracovník |
| ▪ Exporter | exportér |
| ▪ Broker | zprostředkovatel |
| ▪ AGVPool | vytváří automaticky řízená vozidla |
| ▪ Marker | cesta pro automaticky řízená vozidla |
| ▪ ShiftCalendar | směnový kalendář |
| ▪ LockoutZone | zóna výluky (bezpečnostní okruh) |



Struktura softwaru Plant Simulation

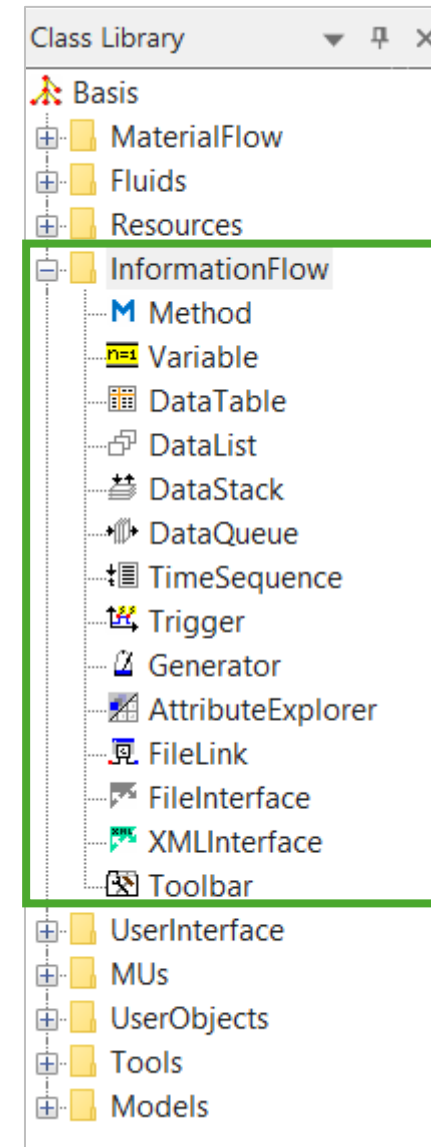


Tok informací

- Pomocí prvků z kategorie „**Information Flow**“ lze zajistit výměnu informací mezi jednotlivými prvky v modelu.
- Pomocí prvku „**Method**“ lze naprogramovat chování prvků v systému (při splnění definovaných podmínek). K tomuto účelu slouží vnitřní programovací jazyk „**SimTalk**“ (viz další přednášky).
- Prostřednictvím různých rozhraní je možná komunikace se soubory typu ***.xls**, ***.xml**, ***.txt** apod.
- **Seznamy** (fronta a stoh) a **tabulky** zajišťují výměnu informací mezi objekty navzájem.

Rozlišujeme tyto prvky informačního toku:

▪ Method	metoda	▪ Trigger	spouštěč
▪ Variable	proměnná	▪ Generator	generátor
▪ DataTable	tabulka	▪ AttributeExplorer	průzkumník atributů
▪ DataList	kartotéka	▪ FileLink	propojení na soubor
▪ DataStack	stoh	▪ FileInterface	datové rozhraní
▪ DataQueue	fronta	▪ XMLInterface	xml-rozhraní
▪ TimeSequence	časová osa		



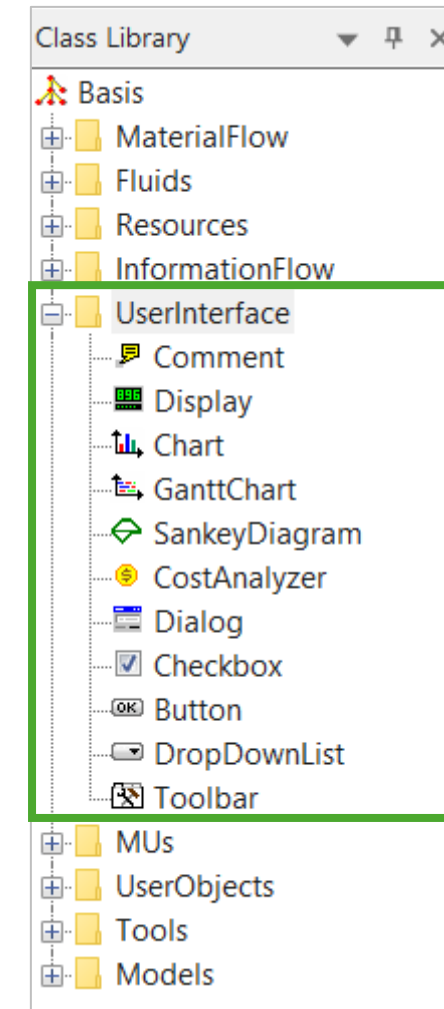
Struktura softwaru Plant Simulation



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Uživatelské rozhraní

- Položky ze skupiny „**UserInterface**“ slouží ke komfortnější práci se vstupy a výstupy modelů. Uživatel má díky těmto volbám řadu funkcionalit okamžitě dostupných na pracovní ploše.
- Položky jsou v průběhu simulace aktivní, tzn. např. graf „**Chart**“ je aktualizován v průběhu simulačního běhu.
- Pomocí **tlačítek** a k nim naprogramovaných metod je možné vytvořit např. uživatelsky snadno ovladatelné prostředí pro parametrizaci modelu.
- „**SankeyDiagram**“ slouží k efektivnějšímu vyhodnocování intenzity materiálového toku v modelu.



Rozlišujeme tyto prvky uživatelského rozhraní:

▪ Comment	komentář	▪ CostAnalyzer	analyzátor nákladů
▪ Display	displej	▪ Dialog	dialog
▪ Chart	graf	▪ Checkbox	zaškrťovací tlačítko
▪ Report	report	▪ Button	tlačítko
▪ SankeyDiagram	sankeyův diagram	▪ DropDownList	rolovací seznam

Struktura softwaru Plant Simulation



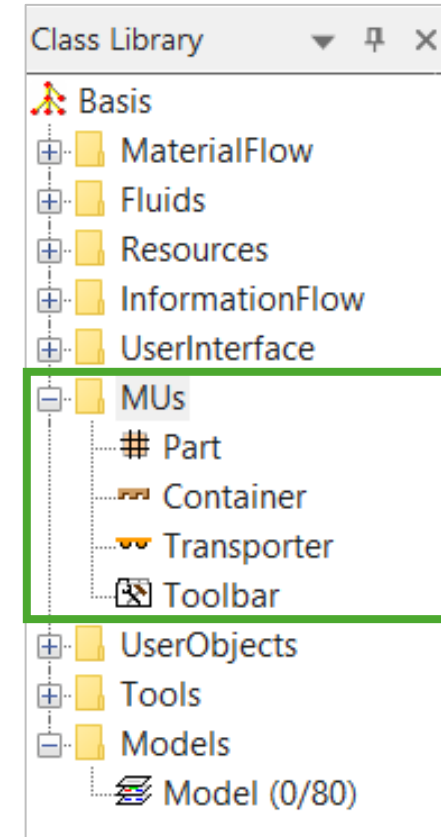
ŠKODA AUTO Vysoká škola

Pohybující se objekty

- Pohybující se objekty „MUs“ nejsou na rozdíl od objektů materiálového toku vázány na pevné místo. Během simulace se pohybují po objektech materiálového toku a tak vytvářejí diskretní materiálové toky. Po objektech se pohybují skokově (dle vlastností diskretních simulací).
- Pohybující se objekty mají podobné vlastnosti. Odlišují se především ve **schopnosti nést na sobě další pohybující se objekty**, případně **schopnosti pohybu samotného**.

Rozlišujeme tři základní typy MUs:

- Part přepravovaný předmět (*výrobek, zboží*)
- Container pomocný přepravní prostředek (*paleta, přepravka, přípravek*)
- Transporter vozidlo (*nákladní automobil, vysokozdvihný vozík*)



Struktura softwaru Plant Simulation



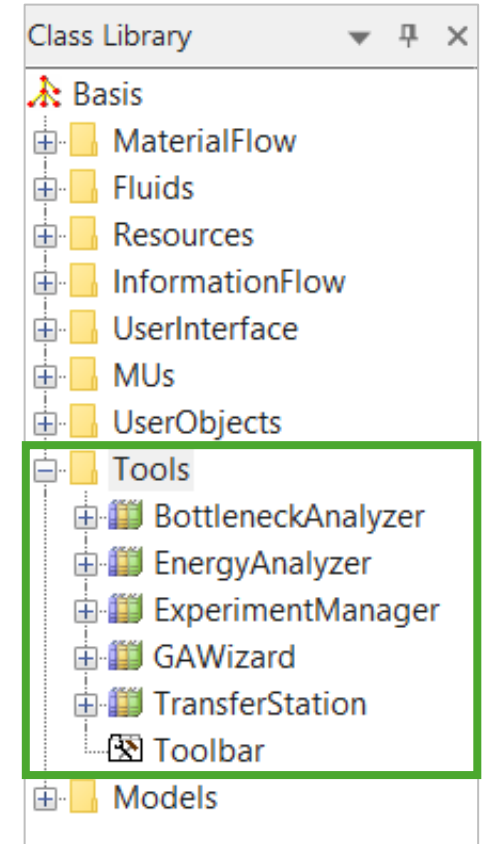
ŠKODA AUTO Vysoká škola

Nástroje

- Záložka „Tools“ obsahuje nástroje pro snadnější práci a vyhodnocování simulačních testů.
- Analýz „BottleneckAnalyzer“ slouží k efektivnějšímu vyhodnocování úzkých míst v modelu.
- Pro podporu přehledného a rychlého průběhu simulačních testů slouží „ExperimentManager“.
- Pomocí **manažera experimentů** jsme schopni definovat matici experimentů, kterou je možné v jedné smyčce provést.
- Pomocí „TransferStation“ lze nakládat, vykládat a přemísťovat MUs.

Rozlišujeme tyto typy nástrojů:

- | | |
|----------------------|--------------------------|
| ▪ BottleneckAnalyzer | analýza úzkých míst |
| ▪ EnergyAnalyzer | analýza spotřeby energie |
| ▪ ExperimentManager | manažer experimentů |
| ▪ GAWizard | genetické algoritmy |
| ▪ TransferStation | přemísťovací stanice |

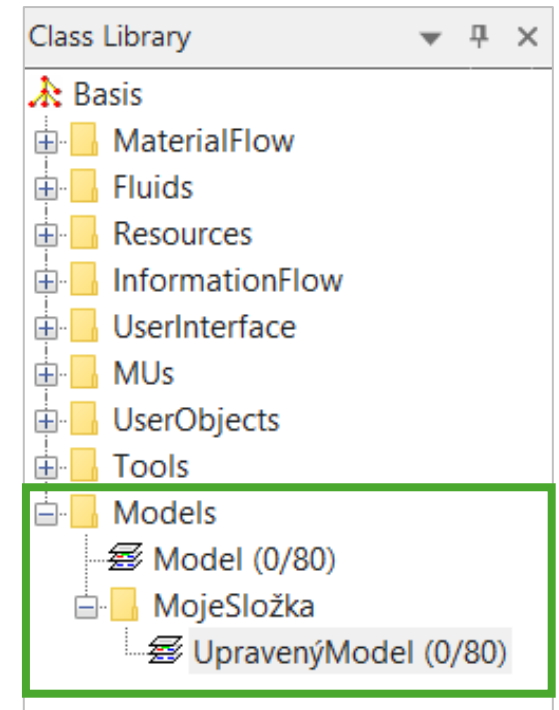
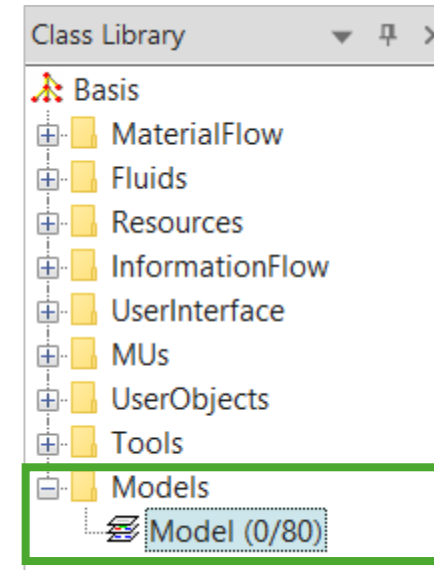


Struktura softwaru Plant Simulation



Modely

- Složka „Models“ slouží k ukládání vytvářených modelů.
- Strukturu knihovny tříd lze libovolně měnit. Lze tak vytvářet modely, dílčí modely, nástroje dle potřeb. Je však žádoucí, aby **struktura knihovny tříd byla přehledná**.
- Polohu jednotlivých složek a objektů lze v knihovně tříd měnit jejich označením a tažením myši na jiné místo v rámci jednoho hierarchického stupně („Drag&Drop“).
- Pro změnu polohy objektů a složek do jiného hierarchického stupně je potřeba držet „Shift“.
- **POZOR!!!** U stávajících modelů mohou **dodatečné změny struktury** a názvů složek vést k tomu, že simulační modely již **nebudou funkční**. Vyplývá to z toho, že odkazy na jednotlivé prvky již nebudou odpovídat novému stavu.



Struktura softwaru Plant Simulation



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Jmenná konvence

- **Názvy musí začínat písmenem**, dále smí následovat písmena nebo číslice, ze znaků smí být použito pouze podtržítko „_“, např. „Pracovní_stanice_1“, naopak nelze „~~1_pracovní_stanice~~“.
- **Názvy nesmí být klíčová slova** (např. if, then, else, from, until, loop, result atp.).
- V rámci jedné skupiny názvů (např. v jedné síti) se **nesmí opakovat shodné názvy**.
- **Nerozlišuje se mezi malými a velkými písmeny** (tzn., že se v jedné síti např. nesmí objevit „SinglProc1“ a „SINGLPROC1“ – to vede ke kolizi).

Struktura softwaru Plant Simulation



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Princip dědičnosti

- **Princip dědičnosti** je velice výhodnou vlastností **objektově orientovaných systémů**, jakým je i Plant Simulation.
- Objekty v **knihovně tříd / Class Library** jsou třídy, předlohy objektů, které se používají pro tvorbu modelů.
- Při používání objektů tříd můžeme princip dědičnosti využít, protože **objekty odvozené z třídy dědí všechny její vlastnosti**. Změníme-li nějaký znak objektu ve třídě, přejde tato změna automaticky na všechny objekty od této třídy odvozené.
- **Třídy** můžeme dále více rozpracovat a vytvářet další odvozené třídy. Při tomto postupu se opět všechny vlastnosti zdědí.
- Mechanismus **dědění** funguje na **principu jednosměrky** – dědí se pouze ze třídy na odvozené objekty, nikdy obráceně (pouze „shora dolů“).

Struktura softwaru Plant Simulation



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Princip dědičnosti

- **Třída**
Všechny objekty v knihovně tříd se označují jako „třídy“, slouží v podstatě jako předloha nebo vzor pro instance, které se vkládají do sítí - např. stroj.
- **Subtřída**
Objekt v knihovně tříd, který na základě své struktury dědičnosti zdědí své nejdůležitější znaky z třídy, jiné znaky se však změní - např. různé stroje.
- **Instance**
Instancí se rozumí objekt v simulačním modelu, který byl odvozen od nějaké třídy z knihovny tříd.
- **Dědičnost**
Třída předává všechny své vlastnosti na subtřídy, popř. instance od ní odvozené, tento mechanismus funguje pouze ve směru ze třídy na subtřídu/instanci - ne obráceně!
- **Změny, které mají být platné pro všechny exempláře jednoho objektu, musí být provedeny ve třídě objektu!**

Struktura softwaru Plant Simulation



Princip dědičnosti

- **Příklad** využití dědičnosti „třídy“ z knihovny tříd při vytváření modelů formou „instance“.

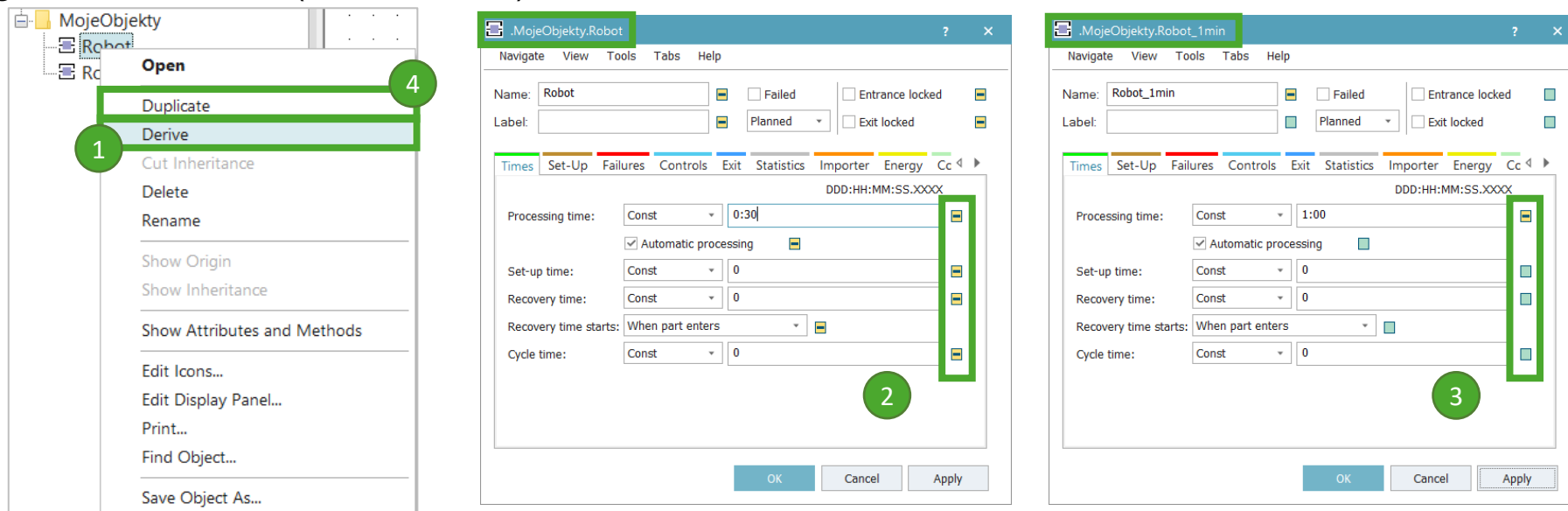
The screenshot displays the Siemens Plant Simulation software interface. On the left, the Class Library shows a hierarchy of classes, with 'Zařízení' and 'Svarovna' highlighted. The main workspace is divided into two panes. The left pane, labeled '1', shows a simple process flow: Entry -> Station -> Exit. The right pane, labeled '2', shows a more complex process flow: Source -> Lakovna -> Svarovna -> Lisovna -> Drain. The 'Svarovna' component in the right pane is highlighted with a green box, indicating it is an instance of the class defined in the left pane. A green text box at the bottom left states: 'Třída „Svarovna“ vytvořená v knihovně tříd'. Another green text box at the bottom right states: 'Odvozená instance „Svarovna“ využitá v síti „UpravenýModel“ ve složce „MojeSložka“'. The software title bar indicates 'NoName.spp - Tecnomatix Plant Simulation 16 - Zařízení.Svarovna (150%)' and the Siemens logo is visible in the top right corner.

Struktura softwaru Plant Simulation



Třída, subtřída

- Příkazem „Derive“ (1) je možné ze třídy (2) vytvořit subtřidu (3). Je to účelné zejména tehdy, když potřebujeme vytvořit několik typů stejných zařízení s např. rozdílným časem opracování na každém z nich (proškrtnuté pole). Dědičnost je přerušena pouze pro tento znak (pole dědičnosti se deaktivuje). Pro všechny ostatní znaky je ale dědičnost vůči originálu zachována (třída „Robot“).



- Příkazem „Duplicate“ (4) je možné ze třídy (2) vytvořit identický klon, bez vazby na originál. Pokud bychom pak chtěli z toho klonu vytvořit „subtřidu“ příkazem „Derive“, bude opět zachován princip dědičnosti mezi klonem a jeho subtřidou.

Struktura softwaru Plant Simulation

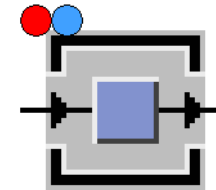


ŠKODA AUTO Vysoká škola

Zobrazení stavu objektů pomocí LED symbolů

- Stav objektů materiálového toku lze znázornit pomocí LED-symbolu na horním okraji ikony objektu
- Je možné zároveň znázornit více stavů:

- Stavem objektu se rozumí následující:
 - **červená** objekt má poruchu - **failed**
 - **modrá** objekt má přestávku - **paused**
 - **zelená** objekt pracuje - **working**
 - **žlutá** objekt je blokován - **blocked**
 - **hnědá** objekt se seřizuje - **setting-up** (setUp)
 - **světle modrá** objekt se „zotavuje“ - **recovering** (no_entry)
 - **oranžová** objekt čeká na zdroje



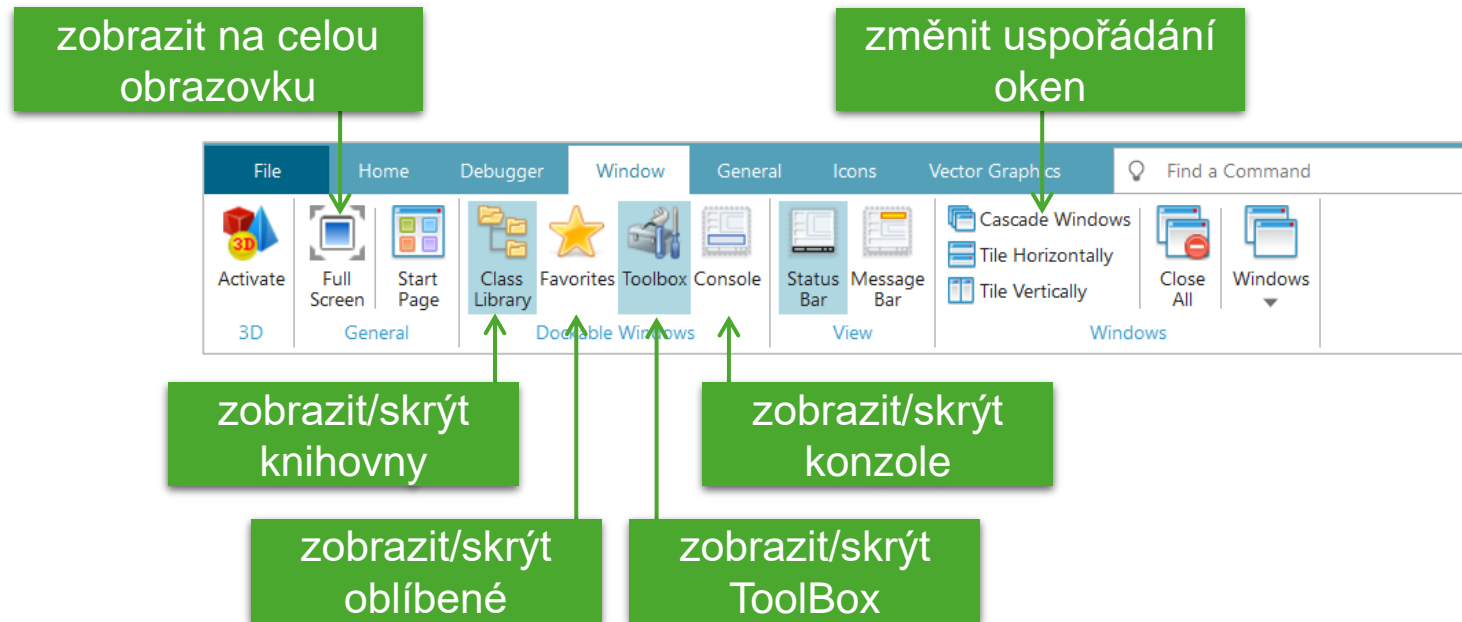
- Stav „operational“ - připraven - nemá žádný LED symbol

Struktura softwaru Plant Simulation



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Lišta nabídek v panelu „Window“

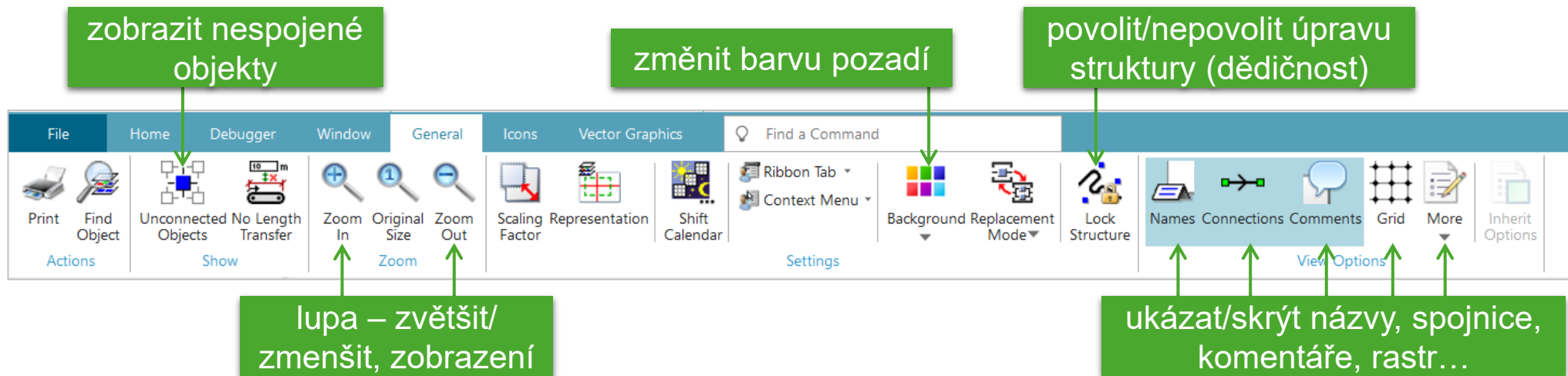


Struktura softwaru Plant Simulation



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Lišta nabídek v panelu „General“

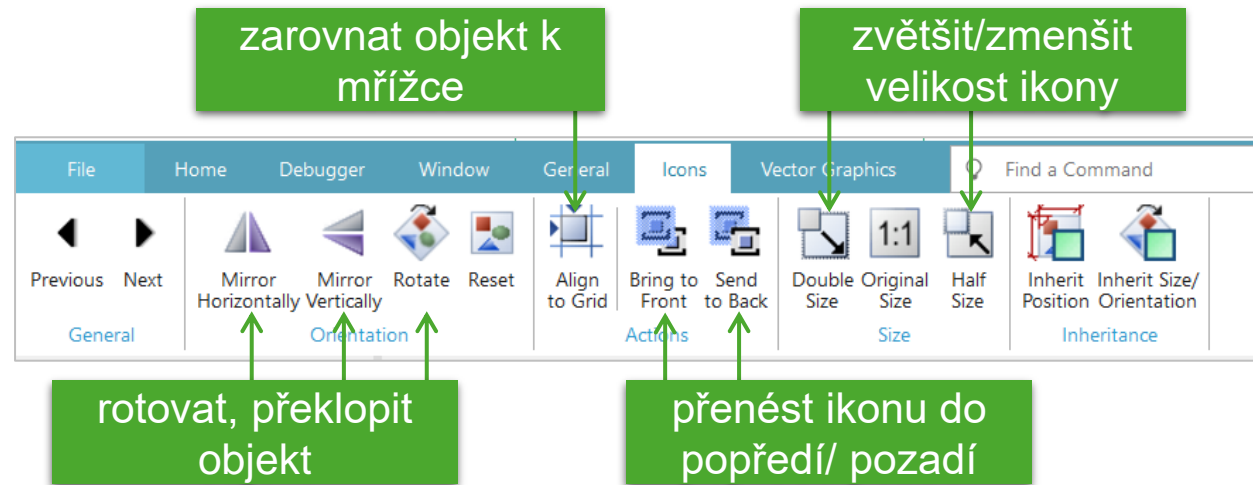


Struktura softwaru Plant Simulation



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Lišta nabídek v panelu „Icons“



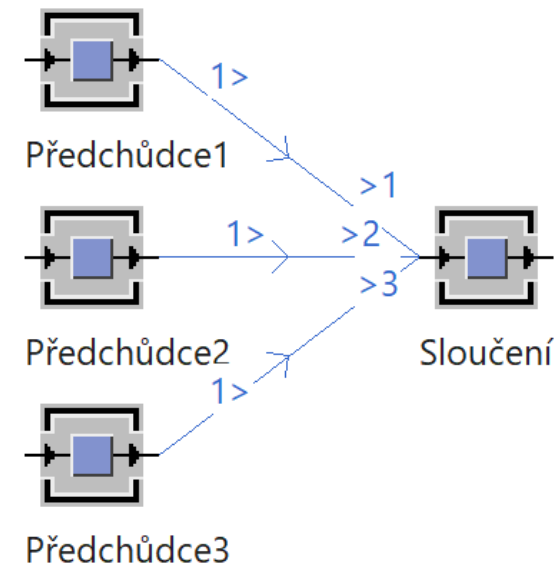
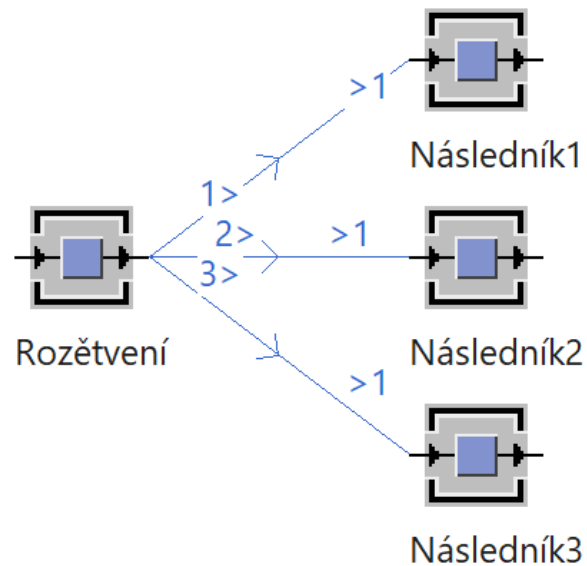
Struktura softwaru Plant Simulation



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Implementované strategie pro pohyb MUs z objektu na objekt

- Výchozím chováním na místech **rozvětvení** je **popořadě/diverging**, tzn., že se MUs předávají po řadě na všechny následující objekty.
- Pro **slučování** platí pravidlo **FIFO - first in first out**. Je-li následující objekt obsazený, zapíše MU svůj pokus o přesun u následníka do seznamu blokováných MU zpředu.



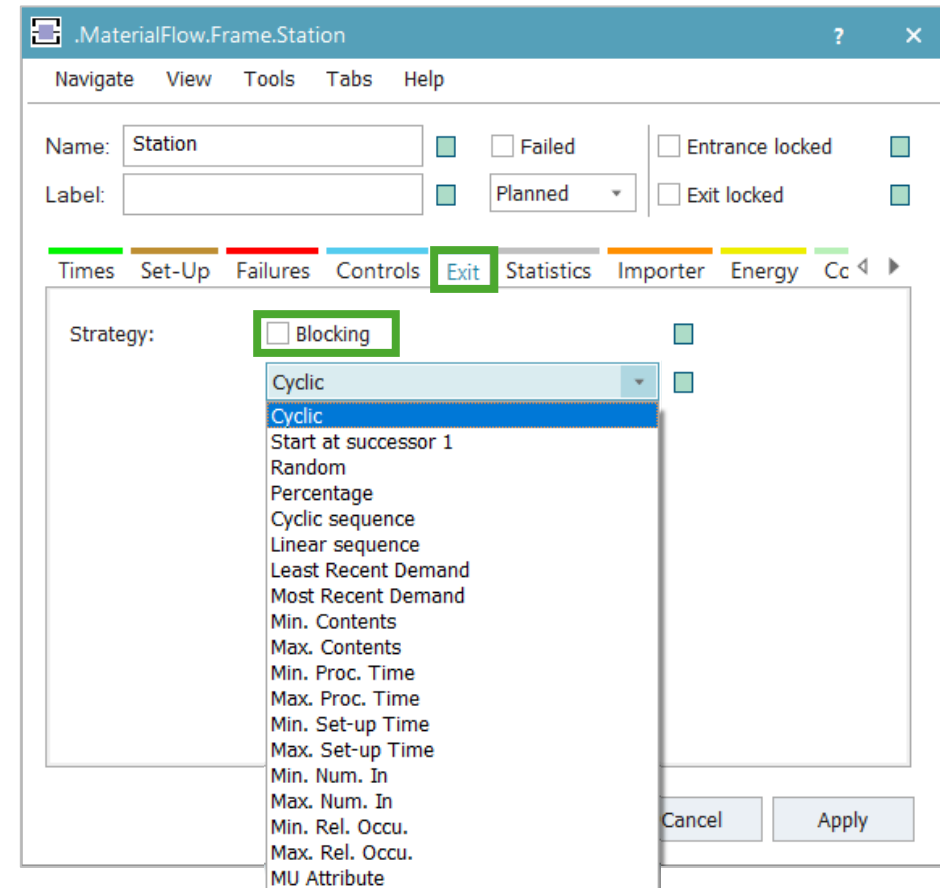
Struktura softwaru Plant Simulation



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Strategie na výstupu z objektu

- V záložce „Exit“ u objektů materiálového toku se nastavuje typ předávání nebo strategie předávání MUs na následující spojené objekty.
- Standardním nastavením je **Cyclic/popořadě**.
- Políčko **Blocking** určuje, zda se počítá s blokováním předávání MU dále nebo ne. Pokud je pole neaktivní, znamená to, že pokud právě přiřazený následník MU přijmout zrovna nemůže, protože je např. obsazený, otestuje se další následník v řadě. Pokud je pole aktivní, čeká se s předáním až do doby, kdy bude tento následník schopen MU přijmout.

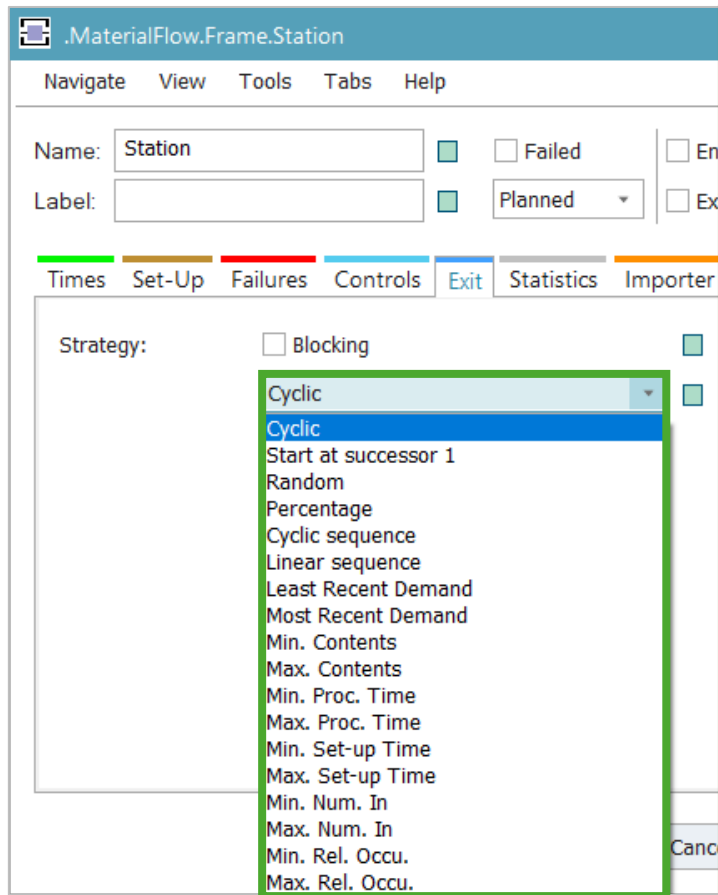


Struktura softwaru Plant Simulation



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Strategie na výstupu z objektu



- **Cyclic** – přesun v pořadí spojení objektů.
- **Start at successor 1** – pokus o přesun začíná vždy u následníka 1.
- **Random** – následník je vybrán náhodně.
- **Percentage** – umožňuje procentuální rozdělení.
- **Cyclic sequence** – následník je vybrán z řady určené tabulkou, další následník při pokusu o předání je určen dalším řádkem v tabulce.
- **Linear sequence** – následník se začíná vybírat vždy od prvního řádku v tabulce.
- **Least/Most Recent Demand** – nejstarší/nejmłodší požadavek, následníkem je ten objekt, který na MU čekal nejdelší/nejkratší dobu.
- Ostatní možnosti berou v úvahu nastavené nebo statistické parametry (např. následníkem je objekt s **minimálním/maximálním obsahem**, **minimálním/maximálním časem** zpracování atp.)



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Děkuji za pozornost

Jan Fábry

Katedra řízení výroby, logistiky a kvality

✉ fabry@savs.cz

🌐 www.janfabry.cz

www.savs.cz