

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA STROJNÍ**

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Možnosti vizualizace výrobního podniku pomocí Autodesk software

**2013/2014**

**Martin STRAPEK**



## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne: .....

.....  
podpis autora

## ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Strapek	<b>Jméno</b> Martin	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	2301R016 „Průmyslové inženýrství a management“		
<b>VEDOUČÍ PRÁCE</b>	<b>Příjmení</b> Ing. Hořejší, Ph.D.	<b>Jméno</b> Petr	
<b>PRACOVÍŠTĚ</b>	ZČU - FST - KPV		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Možnosti vizualizace výrobního podniku pomocí Autodesk software		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KPV	<b>ROK ODEVZD.</b>	2014
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	50	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	46	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	4
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b> <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	Tato bakalářská práce na téma „ <b>Možnosti vizualizace výrobního podniku pomocí Autodesk software</b> “ popisuje softwarový balík <b>Autodesk Factory Design Suite</b> pro tvorbu a analýzu layoutu digitálního podniku. Udává přehled funkcí jednotlivých softwarů obsažených v balíku a jejich použití při tvorbě referenčního modelu fiktivního výrobního podniku. Dále obsahuje zhodnocení analyzovaného softwaru z několika hledisek. V závěru je uvedeno tabulkové zhodnocení.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b> <b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	Digitální podnik, Autodesk Factory Design Suite, vizualizace výrobního podniku

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	<b>Surname</b> Strapek	<b>Name</b> Martin
<b>FIELD OF STUDY</b>	2301R016 "Department of Industrial Engineering and Management"	
<b>SUPERVISOR</b>	<b>Surname</b> Ing. Hořejší, Ph.D.	<b>Name</b> Petr
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KPV	
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Possibilities of manufacturing company visualisation using Autodesk software	

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Industrial Engineering and Management	<b>SUBMITTED IN</b>	2014
----------------	------------------------	-------------------	---------------------------------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	50	<b>TEXT PART</b>	46	<b>GRAPHICAL PART</b>	4
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	This bachelor thesis, entitled „ <b>Ways of manufacturing company visualizing with using Autodesk software</b> “, describes <b>Autodesk Factory Design Suite</b> software for creation and analysing digital factory layout. It contains summary of functions of individual softwares contained in the suite and their use in fictitious manufacturing company reference model creation. Next it contains evaluation of analyzed software from several aspects. Conclusion contains summary in tables.
<b>KEY WORDS</b>	Digital faktory, Factory Design Suite, AutoCad, manufacturing company visualizing

Úvod .....	10
1 Analýza současného stavu .....	11
1.1 Definice digitálního podniku .....	11
1.2 Přínosy digitálního podniku .....	12
1.3 Historický vývoj digitálního podniku .....	13
1.4 Vývoj nástrojů pro modelování digitálního podniku .....	13
1.5 Současné produkty pro tvorbu digitálního podniku .....	14
2 Přehled portfolia společnosti Autodesk .....	15
2.1 Factory Design Suite .....	15
2.2 AutoCAD .....	16
2.3 Inventor .....	16
2.4 Navisworks .....	17
2.5 3ds Max design .....	18
2.6 Showcase .....	18
3 Přehled rozšiřujících funkcí Factory Design Suite .....	19
3.1 Factory Design Suite Launchpad .....	20
3.2 Použití a rozšíření AutoCAD .....	21
3.2.1 FDS ACAD : Vkládání komponent .....	21
3.2.2 FDS ACAD: Tvorba materiálového toku .....	22
3.2.3 FDS – ACAD Analýza materiálového toku .....	25
3.3 Použití a rozšíření Inventor .....	28
3.3.1 FDS – Inventor Tvorba komponent .....	28
3.3.2 FDS – Inventor 3D Layout .....	29
3.4 Autodesk Navisworks .....	31

3.4.1	Navisworks – Detekce kolizí.....	31
3.4.2	Navisworks – Prohlídka layoutu.....	32
3.5	Showcase a 3Ds Max Design.....	32
3.5.1	Showcase .....	32
3.5.2	3Ds Max Design .....	33
4	Autodesk Vault a ReCap .....	34
4.1	Autodesk Vault .....	34
4.2	AutoDesk ReCap .....	35
5	Shrnutí zanalyzovaných funkcí .....	37
6	Zhodnocení Factory Design Suite .....	38
6.1	Zhodnocení vnějších faktorů Factory Design Suite.....	38
6.1.1	Potřebné dovednosti .....	38
6.1.2	Požadavky na hardware .....	38
6.1.3	Dostupnost Factory Design Suite .....	39
6.2	Zhodnocení práce ve Factory Design Suite .....	39
6.2.1	Uživatelské prostředí .....	39
6.2.2	Možnosti zobrazení.....	41
6.2.3	Knihovna zdrojů .....	41
6.2.4	Výstupy.....	41
6.3	Tabulkové zhodnocení Factory Design Suite .....	42
7	Závěr.....	44

## Seznam obrázků

Obr. 1.1 Úspora nákladu použitím digitální továrny .....	13
Obr. 2.1 Složení Factory Design Suite .....	15
Obr. 2.2 Ukázka AutoCAD .....	16
Obr. 2.3 Ukázka Inventor .....	17
Obr. 2.4 Ukázka Navisworks.....	17
Obr. 3.1 FDS Launchpad .....	20
Obr. 3.2 Layout v prostředí AutoCAD .....	22
Obr. 3.3 Možnosti nastavení pracovišť .....	23
Obr. 3.4 Zobrazení toku materiálu .....	24
Obr. 3.5 Možnosti nastavení toku materiálu .....	24
Obr. 3.6 Analýza materiálového toku - rozmístění 1 .....	25
Obr. 3.7 Analýza materiálového toku - rozmístění 2 .....	26
Obr. 3.8 Analýza pracoviště .....	26
Obr. 3.9 Tabulkový výstup analýzy .....	27
Obr. 3.10 Konektory.....	29
Obr. 3.11 3D layout v prostředí Inventor 1 .....	30
Obr. 3.12 3D layout v prostředí Inventor 2 .....	30
Obr. 3.13 Navisworks - detekce kolizí .....	31
Obr. 3.14 Prostředí prohlídky v Navisworks.....	32
Obr. 3.15 ReCap - Vkládání komponent do mračna bodů .....	35
Obr. 3.16 ReCap - Měření vzdáleností mračna bodů .....	36
Obr. 4.1 Uživatelské prostředí FDS AutoCAD .....	40
Obr. 4.2 Uživatelské prostředí FDS Inventor .....	40



## **Seznam zkratek**

SW – Software

FDS – Factory Design Suite

ACAD – AutoCAD

MRP – Material Requirements Planning

ERP – Enterprise Resource Planning

VZV – Vysokozdvížený vozík

NW – Navisworks

PDM – Product Data Management

DP – Digitální podnik

PLM – Product Lifecycle Management

MTM – Methods – Time Measurment

## Úvod

Vizualizace výrobního podniku a provádění analýz layoutu patří v dnešní době ke standardům každého moderního a fungujícího podniku. Hlavním nástrojem vizualizace je především modelování layoutů podniku. Digitalizace layoutu je nejvíce používána ještě před fyzickou realizací stavby podniku a zahájením jeho činnosti, kdy nám umožňuje reálnou představu o tom, jak budou jednotlivé komponenty podniku rozmístěny a jaké budou logické vazby mezi nimi, odhalit případné chyby dříve, než by mohly napáchat škody a především efektivní rozložení podniku. Po zahájení provozu podniku je dále digitalizace využitelná. Při přímém provozu se používá jako analytický nástroj ke zvýšení produktivity, odhalení plýtvání, k ergonomickým analýzám pracovišť nebo k aktualizaci komponent podniku, např. umístění nových zařízení do podniku co nejefektivněji.

V současnosti se k nám dostává moderních multifunkčních nástrojů pro modelování podniku. Papírové, tužkou kreslené, 2D návrhy a krabicové nebo dřevěné 3D modely layoutu kompletně nahradily počítačové softwary (SW). Tyto SW nástroje jsou nedílnou součástí průmyslového inženýrství a proto se ne jeden výrobce modelovacích a simulačních procesů rozhodl vydat i touto cestou, cestou SW pro tvorbu digitálního podniku.

Tato bakalářská práce navazuje na myšlenku práce Davida Šuláka, studenta Katedry průmyslového inženýrství a managementu Západočeské univerzity v Plzni, Porovnání softwarových nástrojů pro tvorbu layoutu z roku 2012. Srovnává dva SW používané na katedře, visTable a Tecnomatix. Jeho analýzy bude částečně využito pro srovnání jiného vizualizačně – analytického SW, Autodesk Factory Design Suite (FDS).

V úvodní části bude představen pojem digitální podnik, dále bude zanalyzován současný stav SW pro tvorbu layoutů, jejich vývoj a sním i požadavky na ně kladené.

Dále se bude práce věnovat části, kterou bude představení analyzovaného SW Factory Design Suite (FDS). Budou uvedeny základní informace, popsána jeho základní stavba, jeho vývoj, a na vytvořeném modelu layoutu budou vysvětleny jeho základní funkce a vybrané funkce pro tvorbu layoutu.

Poté se práce bude věnovat analýze tohoto produktu z hlediska požadavků na uživatele, na vybavení, bude zhodnocena složitost práce v tomto programu a závěrem krátké tabulkové zhodnocení produktu. Výstupem z této práce bude vhodnost použití FDS, jeho výhody a nevýhody.

# 1 Analýza současného stavu

V úvodu byl zmíněn pojem Digitální podnik. V následující kapitole bude tento pojem představen.

## 1.1 Definice digitálního podniku

Definice digitálního podniku je mnoho. V článku časopisu Automa [7] je např. tento pojem definován takto:

- Digitální továrna je zastřešující pojem pro rozsáhlou síť digitálních metod, modelů a nástrojů (včetně simulace a trojrozměrné vizualizace), které jsou integrovány v rámci průběžného řízení dat
- Cílem je komplexní a systémové plánování, projektování, ověřování a průběžné zlepšování všech důležitých struktur, procesů a zdrojů reálné továrny v souvislosti s jejími výrobky

V přednáškách předmětu CAD/CAM systémy Technické univerzity v Liberci [8] je uvedena obecnější definice, že digitální továrna ( digitální podnik, digitální fabrika,...) je virtuální obraz reálné výroby, který zobrazuje procesy ve virtuálním prostředí.

Oblasti využití systémů digitálního podniku (DP) jsou velmi široké a pokrývají všechny etapy plánování výroby, od převzetí modelů výrobků z CAD systémů až po poskytnutí dat potřebných k řízení výroby do ERP systémů. Obecněji DP může dokonce podporovat celý životní cyklus výrobku (PLM), a to od prvního návrhu prototypu až po ukončení prodeje a servisu produktu. Podle jejich zaměření lze systémy DP rozdělit do tří hlavních skupin:

Systémy DP pro **plánování výrobních procesů** představují podpůrné nástroje pro komplexní plánování výrobních procesů a zdrojů. Výsledné grafy procesů pak poskytují jasný přehled o návaznostech a vazbách mezi procesy, výrobky a zdroji už od raných koncepčních fází návrhu výrobků.

Systémy zaměřené na **ověřování výrobních procesů** využívají struktury a diagramy z fáze plánování v aplikacích specifických pro jednotlivé oblasti výroby. Slouží k ověřování procesních metod s využitím aktuálních modelů výrobků a k podrobnější specifikaci výrobních postupů.

Třetí skupina, systémy pro **simulaci výroby**, poskytují nástroje pro vývoj, tvorbu a nasazení výrobních zdrojů a simulaci jejich činnosti. Umožňují definovat zdroje, jako například roboty, stroje, nástroje, přípravky, prvky automatického řízení, osoby apod., a vytvářet komplexní výrobní scénáře. [6]

V těchto skupinách jsou obsaženy funkce digitální továrny:

- **Procesní plánování** tj. přehledné grafické uspořádání hrubého plánu výroby, jehož výstupem je pracovní postup výroby
- **Časové analýzy pracovního postupu s využitím MTM** ( Methods – Time Measurment – pomocí omezeného počtu pohybových prvků lze popsat každý manuální pracovní proces) tj. pomocí rozložení pracovního postupu do prvků pohybu, kterým je přiřazena časová hodnota
- **Ergonomie** – systémy umožňující uživateli umístit do virtuálního prostředí přesný biomechanický model člověka, přiřadit mu úkony a sledovat jeho výkonnost a vyčerpání
- **Robotika** – softwarové nástroje zabývající se robotizovanými pracovišti
- **Výrobní layout** – návrh prostorového uspořádání výrobní základny, tj. výrobního layoutu s cílem optimalizace materiálových toků, výrobních ploch, minimalizace pohybu pracovníků,...
- **Simulace** – experimentování se simulačním modelem za účelem zmapování pozorovaného systému v reakci na jednotlivé změny vstupních parametrů [8]

## 1.2 Přínosy digitálního podniku

- **Čas:** rychlost návrhu a jeho analýza probíhá ve virtuálním světě rychleji, jednou digitálně zachycená data je možné kdykoli opětovně využít, pomocí simulace je možné získat funkční prototyp mnohem dříve než při zkouškách s reálným prototypem
- **Náklady:** vlivem paralelnosti prací dochází ke snížení nákladů, odpadají náklady způsobené případnými chybami způsobenými v reálném provozu
- **Flexibilita:** simulací je možné ověřit varianty ještě před uvedením do provozu nebo ještě před nákupem strojů a zařízení [9]



Obr. 1.1 Úspora nákladu použitím digitální továrny [8]

### 1.3 Historický vývoj digitálního podniku

Dříve, než byl zaveden koncept digitální podnik, se digitalizace uplatnila jednotlivě v jeho součástech, jako jsou systémy konstrukčně – technologické CAD/CAM a při následné integraci informací v podnikových informačních systémech (PPS/ MRP/ ERP). Až kolem roku 2000 se objevuje první koncept s názvem digitální podnik, který jednotlivé komponenty propojuje. V počátcích byl zaveden pouze v nejsilnějších automobilových a leteckých podnicích. S postupem globalizace a počítačové provázanosti se začal rychle šířit i do ostatních odvětví průmyslu. S tímto rozšířením se zvyšuje počet instalací pořizovací náklady nástrojů digitální továrny klesají, čímž se k těmto nástrojům dostávají i střední podniky. [7]

### 1.4 Vývoj nástrojů pro modelování digitálního podniku

Vývoj nástrojů pro tvorbu digitální továrny by se dal těžko zastavit. Jako vývoj všeho je i vývoj těchto nástrojů ovlivněn stále nově přicházejícími technologiemi a s nimi souvisejícími požadavky zákazníků, v tomto případě uživatelů nástrojů. Starší verze produktů umožňovaly maximální počet funkcí limitující technologickou základnou dané doby v podobě 2D návrhů, 3D modelů, analýz materiálových toků, produktivity, vytíženosti pracovišť později i ergonomické analýzy pracovišť.

S nástupem technologie 3D projekcí a virtuální reality vývojáři těchto SW zareagovali a umožnili uživatelům lepší prezentaci a prodejnost jejich projektů pomocí těchto nástrojů. V současné době se velice rozšiřují 3D scannery jako HW nástroje pro tvorbu bodového mračka, které slouží jako podklad pro 3D modelování. Pro průmyslové inženýry to znamená zásadní zkrácení času, neboť oskenovat tovární halu odbourává čas potřebný pro přeměrování a zkracuje čas modelování. Tyto technologie využívá stále více podniků.

Technologie jde stále kupředu a tak se dříve nebo později opět objeví něco nového, co by obor průmyslového inženýrství mohl prohlásit za použitelné a efektivní při tvorbě digitální továrny.

## 1.5 Současné produkty pro tvorbu digitálního podniku

Dnes je na trhu několik společností, zabývajících se vývojem a produkcí nástrojů na modelování 3D modelů i procesů podniků. Některé produkty jsou vybaveny pouze těmi nejdůležitějšími funkcemi a jsou dokonce i zdarma. Vedle nich jsou tu tzv. velké a kompletní SW řešení.

Jedním z nejpoužívanějších je profesionální balík od společnosti **Siemens – Tecnomatix**. Tecnomatix je kompletní portfolio řešení digitální výroby, které přináší inovace tím, že propojuje všechny výrobní disciplíny s výrobním inženýrstvím, a to od návrhu a plánování, přes simulaci a ověřování až po samotnou výrobu. Tecnomatix je postaven na základech otevřené správy životního cyklu výrobku (PLM) nazvané Teamcenter™ manufacturing platform a poskytuje nejvšestrannější sadu výrobních řešení na dnešním trhu. Současná verze SW Tecnomatix 11. [5]

Dalším z nejpoužívanějších nástrojů je **SW Delmia**. Tento rozsáhlý alternativní balík nabízí také komfortní digitální řešení. Mimo jiné obsahuje modul Process Engineer (DPE). Modul DPE je nástroj, jehož funkce lze využít pro statické plánování, či optimalizaci výrobního layoutu podniku. Umožňuje modelovat celkový layout podniku. Ve chvíli, kdy je potřeba získat informace o správném objemu výroby za určitou dobu, či informace o procesech spojenou s přímou vizualizací, navržený layout poskytuje významné informace pro simulaci. K jeho funkcím patří zejména analýza vytíženosti pracovišť, zmapování materiálových toků a také modelování 3D layoutu. [14]

Vedle těchto rozsáhlých řešení lze pro modelování layoutu a některé základní analýzy využít SW visTable od německé firmy Plavis GmbH. Oproti Tecnomatixu a Delmii slouží pouze na statické řešení továrny. Umožňuje 2D rozložení továrny, 3D prohlížení, analýzu materiálových toků, transportační analýzy atd..[5]

V období 2011/2012 přišla s prvním SW na tvorbu layoutu i americká nadnárodní SW společnost, zaměřující se na 3D grafiku, Autodesk. Jejich produkt nese název Autodesk Factory Design Suite (FDS).

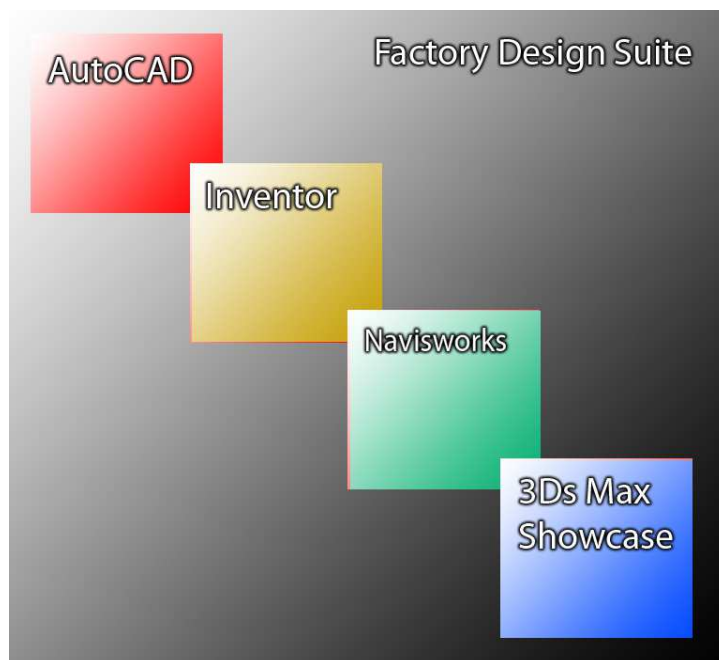
## 2 Přehled portfolia společnosti Autodesk

Americká společnost Autodesk, založená r. 1982 v Kalifornii, produkuje SW pro 2D a 3D modelování. Jejich světově nejznámějším a nejrozšířenějším produktem je Autodesk AutoCAD (ACAD). Působení společnosti se rozšířilo i do ostatních odvětví technického zaměření, zejména strojírenství a stavebnictví.

Jednou z novinek produktové řady Autodesk 2014+2013+2012 jsou sady kompletních řešení pro daný obor tzv. "Design Suite". Koupí jednoho produktu tak uživatel získá vzájemně se doplňující nástroje pokrývající všechny fáze (nebo alespoň významnou část) pracovního postupu projektanta nebo konstruktéra. A to vše od jednoho dodavatele, s jednotnou instalací, s jednotným licencováním a správou, a samozřejmě s datovou kompatibilitou. Design Suite jsou nabízeny ve třech edicích odstupňovaných podle úrovně - *Standard*, *Premium* a *Ultimate*. Jednotlivé verze se liší v počtu obsažených SW. Tyto úrovně je možné obdržet i v levnějších studentských verzích. [1]

### 2.1 Factory Design Suite

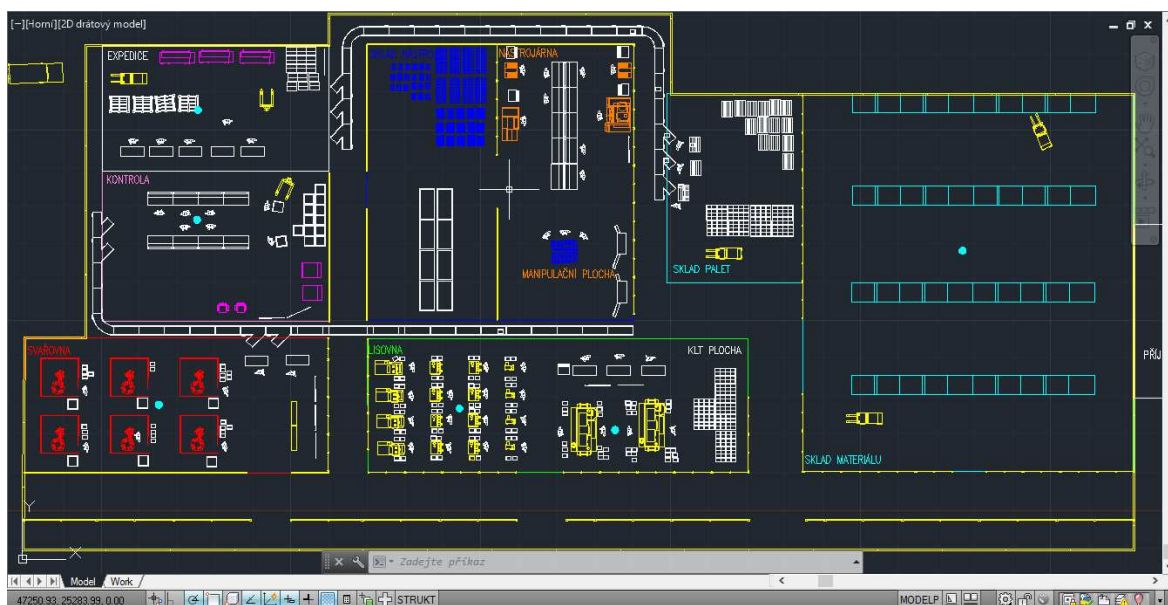
Autodesk Factory Design Suite 2014 (FDS) je SW balík určený pro efektivní navrhování továrních hal, výrobních linek, skladů nebo kanceláří (factory layout). Nabízí všechny potřebné návrhové a prezentační nástroje pro 2D a 3D, od schématu po vizualizace, včetně speciálních funkcí pro návrh výrobních linek. Hlavní součásti FDS uvádí Obr. 2.1 Složení Factory Design Suite [1]



Obr. 2.1 Složení Factory Design Suite

## 2.2 AutoCAD

AutoCAD (ACAD) je hlavním produktem firmy Autodesk pro tvorbu 2D a 3D konstrukčních prvků a výkresů. Můžeme nalézt jeho samostatnou verzi, avšak Autodesk dodává ve FDS jeho dvě rozšířené verze. První je ACAD Mechanical, který je zaměřen více na strojní a konstrukční výrobu. Díky knihovně již předdefinovaných, často používaných konstrukčních prvků a funkcím, které umožňují jejich rychlejší tvorbu, je velice vhodným pro konstruování strojních zařízení a mechanismů. Druhou verzí je ACAD Architecture, stavěný na stavební inženýrství. Obsahuje funkce pro rychlou tvorbu struktur jako například zdí, dveří, oken a další funkce urychlující práci stavebním inženýrům. Při tvorbě layoutů výrobního podniku je konstruování jak strojních tak stavebních prvků nedílnou součástí. Ukázka prostředí ACAD je na Obr. 2.2.

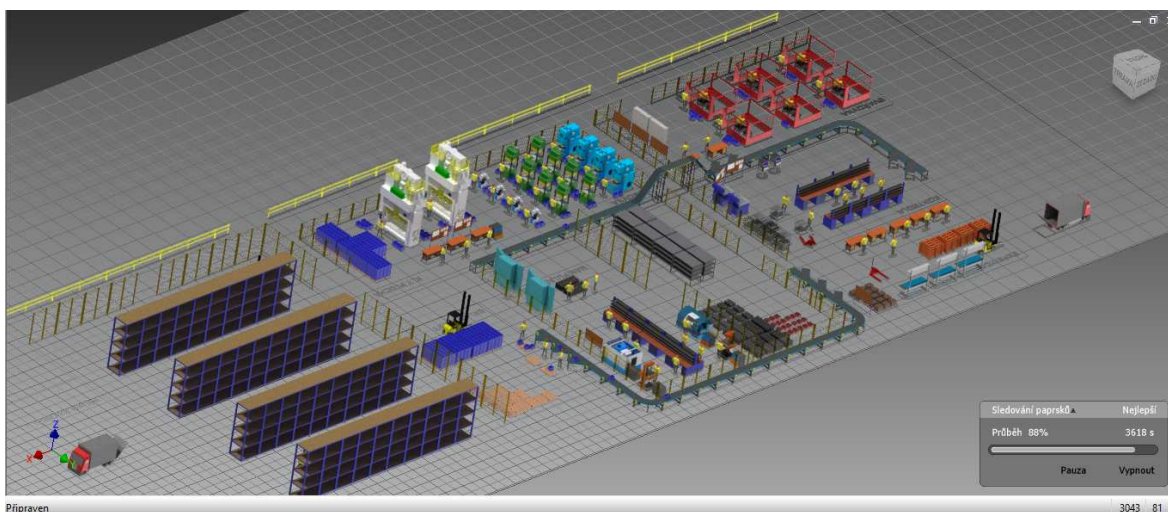


Obr. 2.2 Ukázka AutoCAD

## 2.3 Inventor

Autodesk Inventor je další konstrukční SW, který přešel z 2D filozofie kreslení do přímého 3D modelování. Pomocí náčrtů a prostorových funkcí je umožněno modelovat 3D modely a ty poté zakomponovat do 3D sestav. Novější verze nabízejí různé analýzy namáhání materiálů, výpočty a další funkce, které nejsou pro tvorbu layoutů využitelné. Pro účely modelování je přínosná rozsáhlá knihovna struktur a materiálů, která se s každou verzí rozšiřuje. Jelikož lze v Inventoru vymodelovat téměř cokoliv, je to hlavní pomocník při tvorbě 3D zobrazení layoutu. Ukázka Inventoru je na Obr. 2.3.

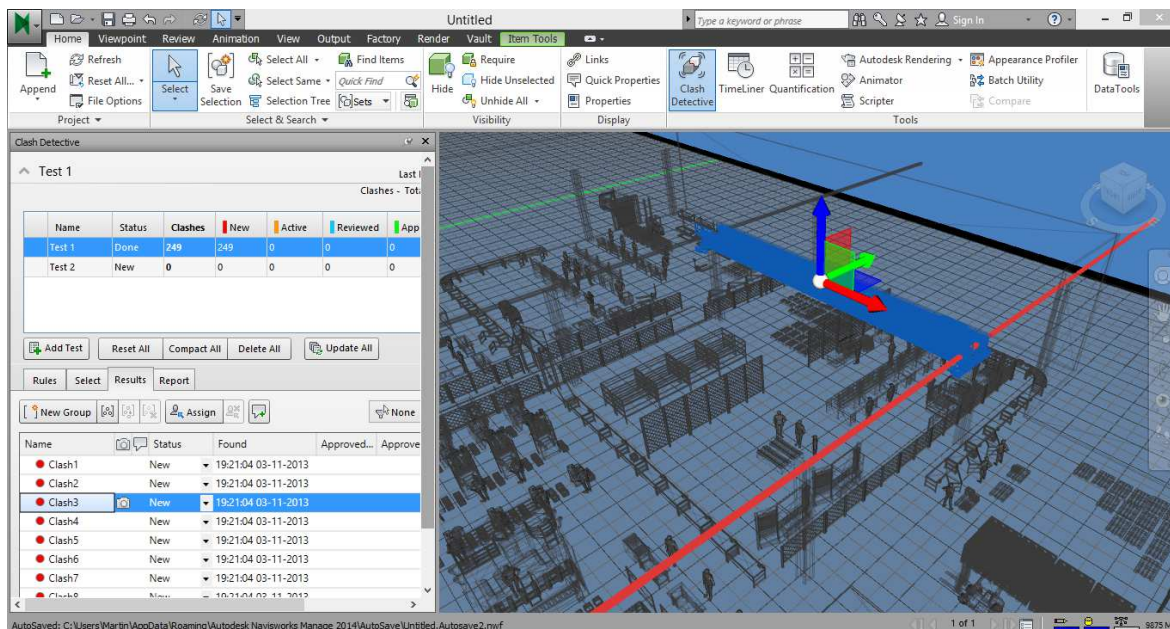




Obr. 2.3 Ukázka Inventor

## 2.4 Navisworks

Autodesk Navisworks již spadá do částečně analytické a částečně prezentační větve FDS. Jeho funkcí je sjednocení návrhových dat rozsáhlých 3D projektů, jejich koordinaci, analýzu a prezentaci. Pro tvorbu layoutů nejvíce využijeme funkcí detekce kolizí, možnost nahrání mračna bodů a 3D vizualizaci a prohlídku vytvořeného modelu. Podrobněji se těmito možnostmi budeme zabývat později. Ukázka viz Obr. 2.4. [1]



Obr. 2.4 Ukázka Navisworks

## **2.5 3ds Max design**

Autodesk 3ds Max design lze z hlediska digitální továrny použít pouze pro vizualizace. Sám o sobě je používán například tvůrci počítačových her a filmů. Z našeho pohledu je využitelných jen pár jeho základních funkcí, kterými vytvoříme animace v prostředí podniku a vdechneme mu trochu života. To vše je možno až ve filmové kvalitě.

## **2.6 Showcase**

Pomocí Autodesk Showcase lze prohlížet a prezentovat 3D modely v našem případě buď jednotlivých strojů, úseků podniku nebo layoutu podniku jako celku.

### 3 Přehled rozšiřujících funkcí Factory Design Suite

Všechny SW zmíněné v kapitole 2 nabízejí sice rozsáhlé množství možností pro tvorbu i analýzu layoutu, ale jeho tvorba pouze pomocí použití jednotlivých SW by byla zdlouhavá, nedostávalo by se nám výstupů, které bychom od vizualizačního SW očekávali a v některých případech by byla tvorba i nemožná. A právě proto jsou všechny tyto části propojeny a rozšířeny o nepostradatelné funkce pomocí FDS. Touto kapitolou začíná praktická část bakalářské práce, a věnuje se popisu hlavních funkcí FDS, které v jednotlivých samostatných SW společnosti Autodesk nenajdete, a jak tyto funkce použít při tvorbě modelu.

Všechny dále popisované funkce byly testovány na příkladu. Všechny obrázky obsažené v této kapitole jsou původní.

Zaměříme se na funkce podporující koncept digitálního podniku zmíněné v kapitole 1.1 a zjistíme, kolik jich FDS nabízí a v jakém rozsahu a provedení:

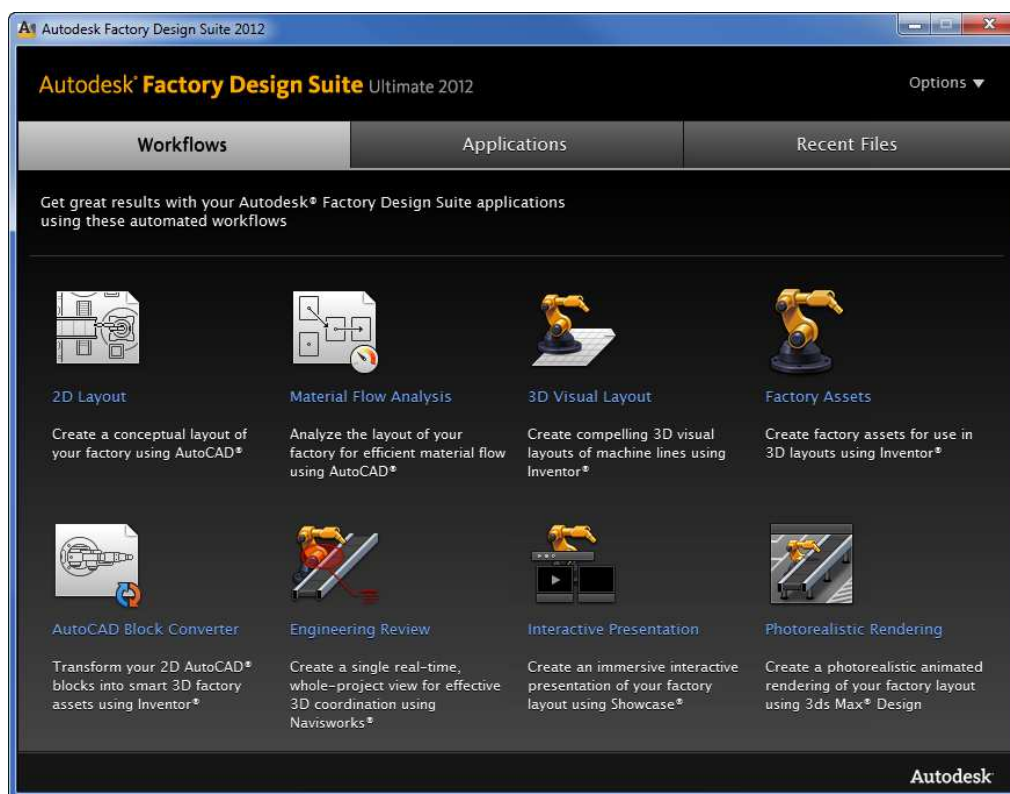
- **Procesní plánování** tj. přehledné grafické uspořádání hrubého plánu výroby, jehož výstupem je pracovní postup výroby
- **Časové analýzy pracovního postupu s využitím MTM** ( Methods – Time Measurment – pomocí omezeného počtu pohybových prvků lze popsat každý manuální pracovní proces) tj. pomocí rozložení pracovního postupu do prvků pohybu, kterým je přiřazena časová hodnota
- **Ergonomie** – systémy umožňující uživateli umístit do virtuálního prostředí přesný biomechanický model člověka, přiřadit mu úkony a sledovat jeho výkonnost a vytížení
- **Robotika** – softwarové nástroje zabývající se robotizovanými pracovišti
- **Výrobní layout** – návrh prostorového uspořádání výrobní základny, tj. výrobního layoutu s cílem optimalizace materiálových toků, výrobních ploch, minimalizace pohybu pracovníků,...
- **Simulace** – experimentování se simulačním modelem za účelem zmapování pozorovaného systému v reakci na jednotlivé změny vstupních parametrů [8]

**K popisu a prozkoumání funkcí byl použit workflow tvorby vlastního layoutu fiktivního výrobního podniku.** Model byl vytvořen ve zkušební verzi FDS. Některé použité modely jsou vlastní tvorby a některé byly převzaty z knihovny modelů FDS.

Tento fiktivní model zobrazuje malý výrobní podnik vyrábějící výrobky pomocí technologií lisování a svařování. Skládá se ze skladu materiálu (na obrázcích plocha vpravo), z výrobních stanišť lisovny a svařovny, z kontrolního a expedičního stanoviště, pomocného pracoviště nástrojárny. Dále jsou zde dvě pomocné skladovací plochy, a sice sklad lisovacích nástrojů a sklad palet. Logistika je zde zajištěna pomocí VZV a pásových dopravníků. Schéma je zobrazeno na Obr. 3.2

### 3.1 Factory Design Suite Launchpad

FDS je sada sestavená tak, aby logicky sledovala osvědčené a běžně využívané pracovní postupy při navrhování výrobních provozů. Celý proces tvorby digitální továrny je dobře viditelný hned na úvodní obrazovce po spuštění Factory Design Suite – tzv. launchpad viz Obr. 3.1. Uživatel si zde zvolí tu konkrétní aktivitu v procesu, které se bude právě věnovat, a launchpad se postará o spuštění toho správného programu. Významně se tím zjednoduší orientace v celé sadě FDS. [13]



Obr. 3.1 FDS Launchpad [13]

## 3.2 Použití a rozšíření AutoCAD

Celý návrh digitálního podniku začíná ve 2D prostředí, konkrétně základním rozložením pracovišť. Proto tvorba ve FDS začíná v prostředí ACAD. Uvažujme, že stavíme kompletní novou halu. Jako podklady nám poslouží například základní dostupné rozměry pro halu a tak můžeme vytvořit vnější ohraničení. Díky ACAD Architecture a jeho funkci Kreslení zdí nám k tomu postačí jen několik nakreslených základních čar. Zdi je možno parametrizovat od rozměrů až po materiály.

Dále budeme postupovat rozmístěním jednotlivých pracovišť uvnitř haly. Jestliže máme dostupná data o počtu a rozměru výrobních a skladovacích zařízení, můžeme definovat rozměry jednotlivých pracovišť a ty schematicky pomocí barevně odlišných a pojmenovaných ploch umístit do nákresu.

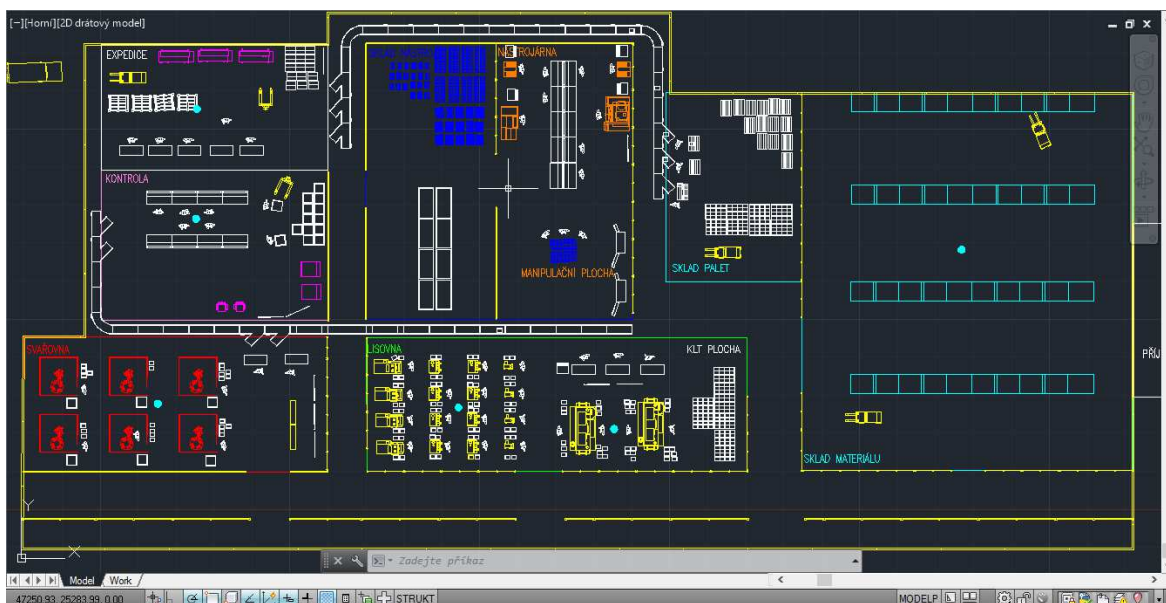
Již nyní můžeme využít prvních rozšíření FDS, které v samotné verzi ACAD nenajdeme, a sice vkládání komponent.

### 3.2.1 FDS ACAD : Vkládání komponent

Vkládání komponent je možno buď ve 3D prostředí Inventoru a nebo vkládání jejich 2D nákresů do prostředí ACAD. Současná verze FDS obsahuje několik předem instalovaných souborů komponent, rozdělených podle jejich druhu např. na architektonické, které obsahují 3D modely zdí, dále prvky nábytků apod., dále výrobní zařízení, bezpečnostní zařízení, modely osob atd. Těchto prvků však není v nabídce mnoho, ale další řada lépe zpracovaných komponent je dostupná ke stažení z cloudového prostředí Autodesku 360.

Autodesk 360 je platforma založená na web-cloud technologii, která představuje kybernetický úložný prostor. Veškeré projekty je tak možné nahrát do tohoto cloudového úložného prostoru, prohlížet je a zároveň sdílet s ostatními uživateli.

Pokud nám ani tyto sdílené komponenty nevyhovují, je možno vytvořit si vlastní uživatelské. Tvorbu jednoduchých komponent nebo sestav se základními možnostmi pohybu a využitím jejich stupňů volnosti zvládne mírně pokročilý uživatel Inventoru. Více o tvorbě komponent v kapitole 3.3.1 FDS – Inventor Tvorba komponent.



Obr. 3.2 Layout v prostředí AutoCAD

### 3.2.2 FDS ACAD: Tvorba materiálového toku

Když máme první návrh rozmístění pracovišť, ať už s komponentami nebo bez nich, jak je zobrazeno na Obr. 3.2, je možné zjistit, zda tento návrh vyhovuje daným parametrům. K tomu slouží např. rozšiřující funkce FDS pro ACAD – Analýza materiálových toků.

Smyslem této analýzy je graficky ukázat, jakým směrem a jakou intenzitou dochází k přeměně vstupního materiálu na hotový výrobek. V referenčním modelu byla zvolena výroba jednoduchého výrobku pomocí lisování a svařování.

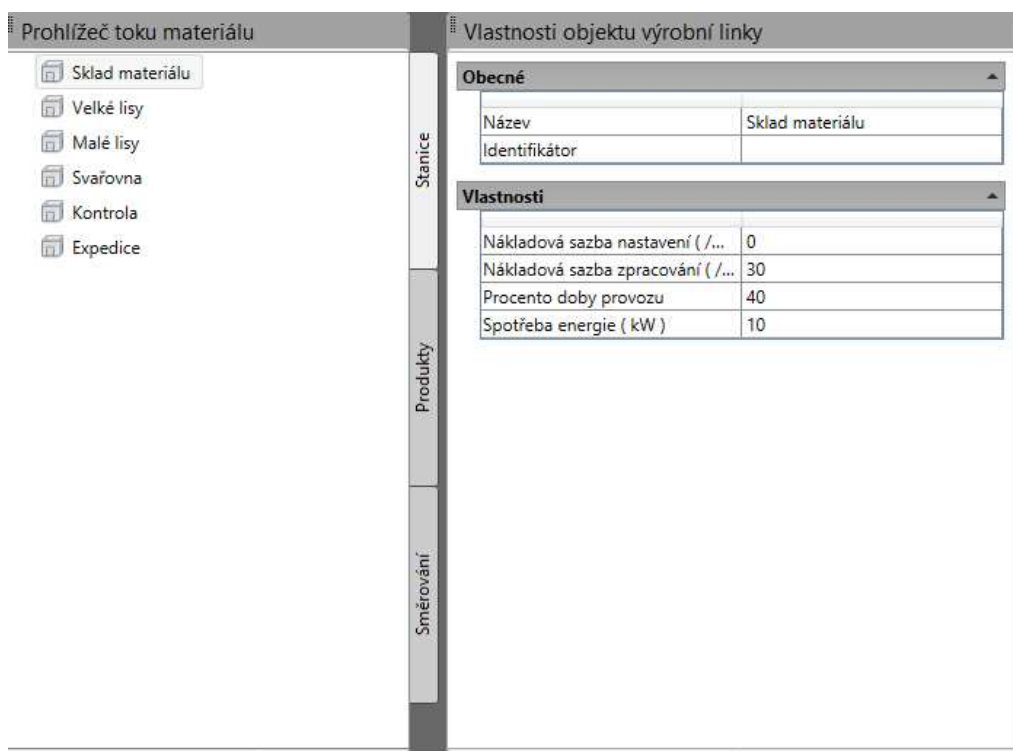
Tvorba materiálového toku ve FDS má několik částí:

#### a) Definování stanic

FDS nejprve vyžaduje vytvoření stanic, což je bod, do kterého materiálový tok vstupuje, nebo z něj vystupuje. Tento bod byl umístěn vždy doprostřed zvoleného pracoviště. Pro přesnější analýzy by bylo možné tyto body umístit např. do každého regálu s materiálem zvlášť, pokud by materiál pro každý materiálový tok měl svůj jedinečný regál. Stanice jsou zobrazeny např. na Obr. 3.2 tečkami uprostřed jednotlivých pracovišť.

Každá stanice má několik parametrů, které je možné u ní nastavit jak je patrné z Obr. 3.3. Nákladové sazby nastavení a zpracování udávají finanční hodnotu nastavení pracoviště pro úkon a zpracování úkonu na jednotku času. Dále můžeme nadefinovat kolik % celkové doby je toto pracoviště v provozu a jeho spotřebu energie na jednotku času.

Tímto způsobem byla v referenčním modelu nadefinována veškerá pracoviště, tj. Sklad materiálu, Pracoviště s velkými a malými lisy, svařovnu, kontrolní a expediční stanice.



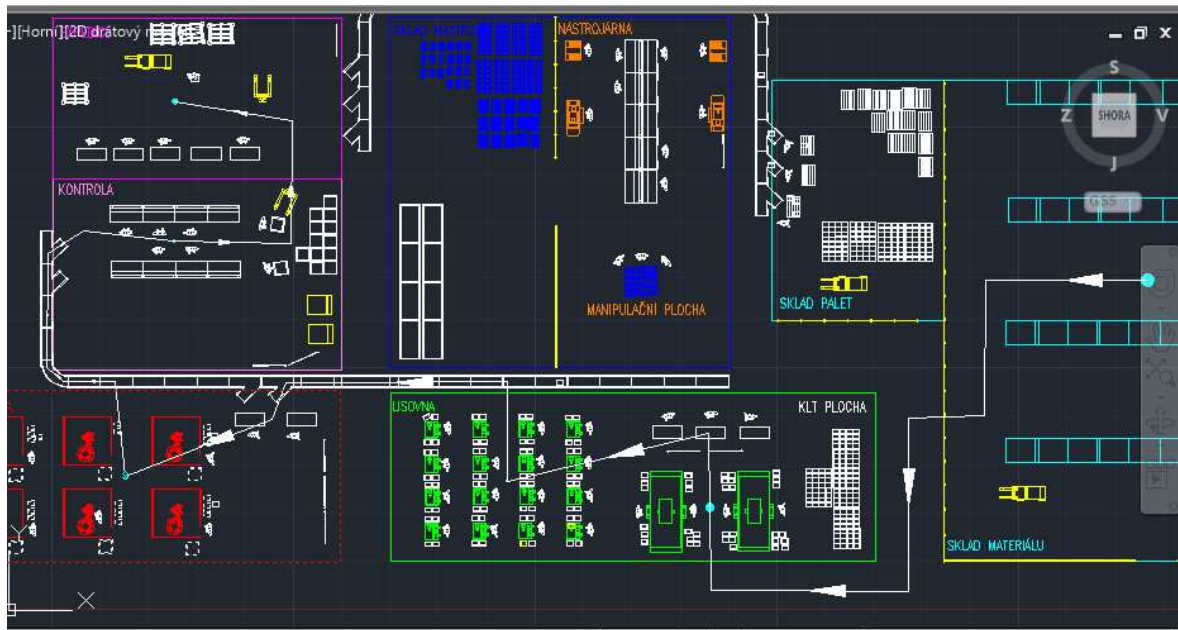
Obr. 3.3 Možnosti nastavení pracovišť

### b) Definování výrobků

Když jsou nastaveny záchytné body toku, nadefinujeme jaký dílčí výrobek nebo materiál má těmito body procházet. Pro referenční model je finálním produktem Výrobek A, který se získá svařením výlisků Aa a Ab, které byly předtím lisovány na velkých a malých lisech. V rámci této fáze je potřeba definovat názvy výrobků a z čeho se skládají.

### c) Definování směrování

Nyní víme, jaký výrobek prochází dílčími stanicemi, zbývá tedy definovat, jakým způsobem bude těmito stanicemi procházet. Pomocí funkce směrování vytvoříme materiálový tok postupným vybíráním pracovišť v pořadí, jakým výrobek putuje. ACAD propojí pracoviště přímočaře, což by nebylo vhodné a tak je možno definovat cestu jejím nakreslením pomocí čar s velkou přesností. Zobrazení materiálového toku má podobu čar a šipek směru toku, jak je vidět na Obr. 3.4



Obr. 3.4 Zobrazení toku materiálu

U směřování již máme k dispozici rozsáhlejší definování vlastností. Na Obr. 3.5 je vidět, že je možno nastavit dobu nastavení před operací a dobu provádění samotné operace, dále typ přepravy (VZV, Dopravník, Člověk,...), její rychlost a sazbu na přepravu, dobu nakládání a vykládání a nakonec zda se jedná o tok jedním směrem nebo je tok i vratný.

Prohlížeč toku materiálu

- ▼ Výroba Aa : Výrobek Aa
  - Doprava materiálu pro Aa na velké lisy : Sklad materiálu
  - Lisování Aa1-2 : Velké lisy
  - Lisování Aa2-2 : Malé lisy
  - Doprava Aa na svařovna : Svařovna
- ▼ Výroba Ab : Výrobek Ab
  - Doprava materiálu pro Ab na velké lisy : Sklad materiálu
  - Lisování Ab1-1 : Velké lisy
  - Doprava Ab na svařovna : Svařovna
- ▼ Výroba A : Výrobek A
  - Svařování Aa + Ab : Svařovna
  - Kontrola A : Kontrola
  - Balení a expedice A : Expedice

Vlastnosti objektu výrobní linky

Obecné	
Název	Doprava materiálu pro Aa na velk
Vlastnosti	
Typ operace	Výchozí
Doba zpracování ( min. )	5
Čas nastavení ( min. )	5
Připojení operace	
Počátek	Doprava materiálu pro Aa na velk
Konec	Lisování Aa1-2 : Velké lisy
Typ přepravy	Vysokozdvizný vozík
Rychlost pohybu ( stopy/min )	300
Nákladová sazba ( /min )	5
Doba nakládání ( min. )	1
Čas vykládání ( min. )	0,5
Směrnost	Jednosměrný
Typ toku	Diskrétní

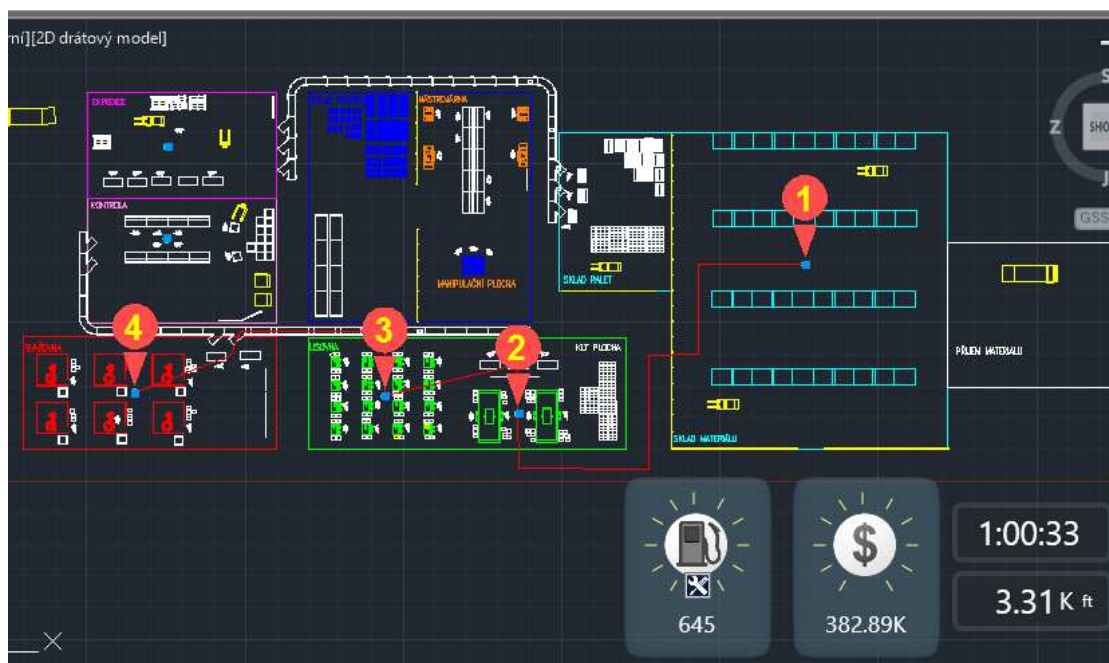
Obr. 3.5 Možnosti nastavení toku materiálu



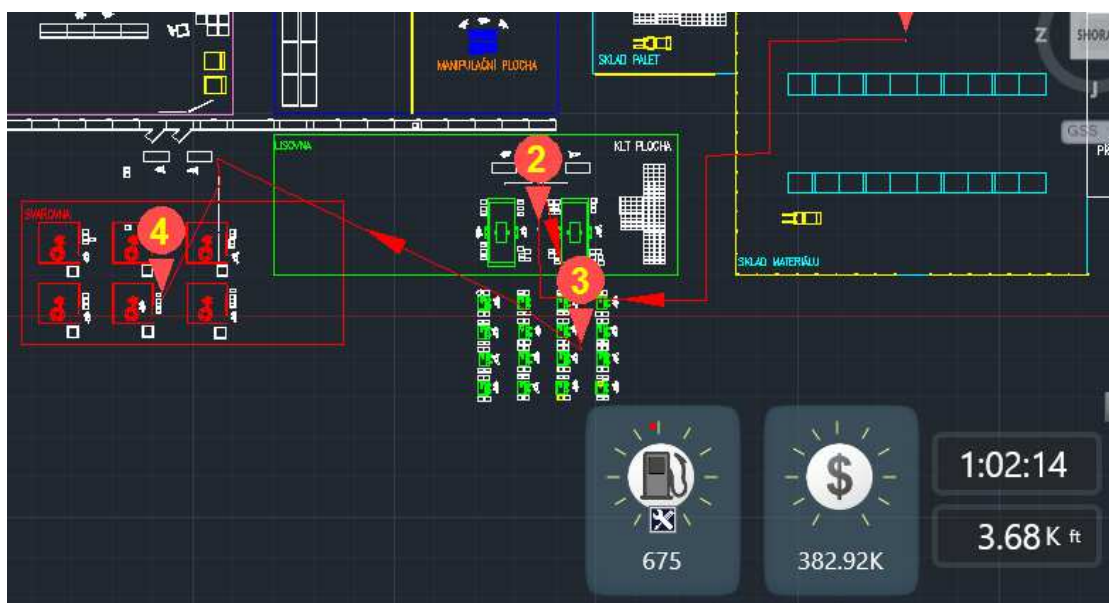
### 3.2.3 FDS – ACAD Analýza materiálového toku

Když máme materiálové toky vyřešeny, je potřeba provést jejich analýzu a získat výstupy na základě nakreslených a nadefinovaných vstupů. Funkce Analýza směrování poskytuje výstupní informace o délce procesu, dále o nákladech na tento proces a dobu průběhu procesu. Do této analýzy ještě uvádíme vstupy o množství vyráběných kusů v zakázce, požadavky na vyrobené množství a velikosti dávek

Jak je vidět z Obr. 3.6 a Obr. 3.7, je možno nyní volně manipulovat s jednotlivými stanicemi a cestami materiálu a okamžitě vidět, jak se výstupy změní, graficky i zda došlo ke zlepšení či zhoršení vůči předchozímu návrhu.

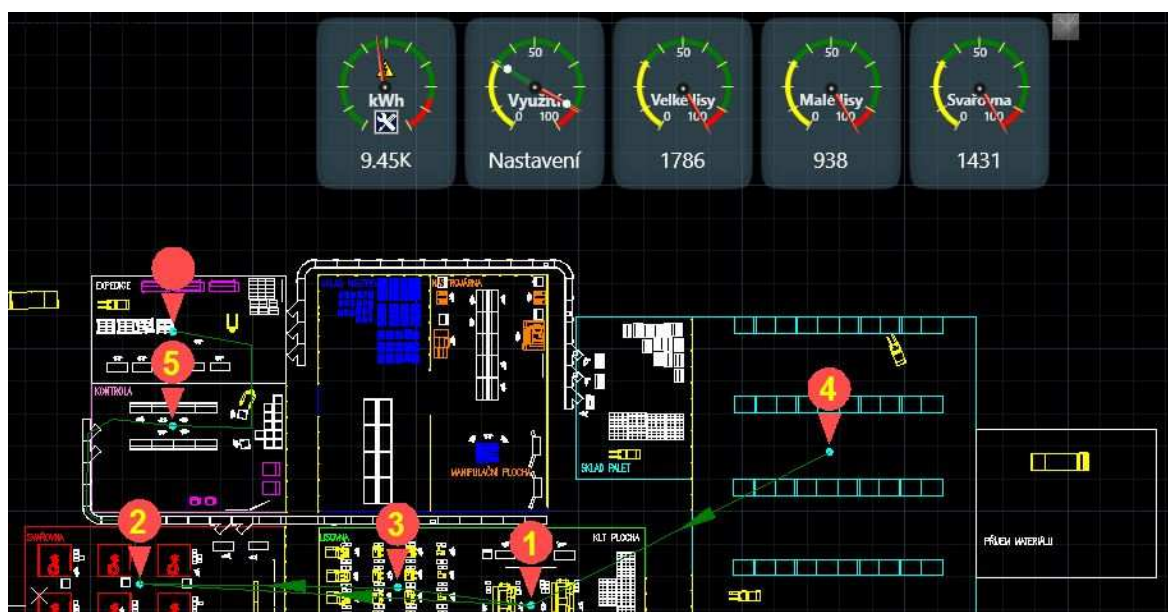


Obr. 3.6 Analýza materiálového toku - rozmístění 1



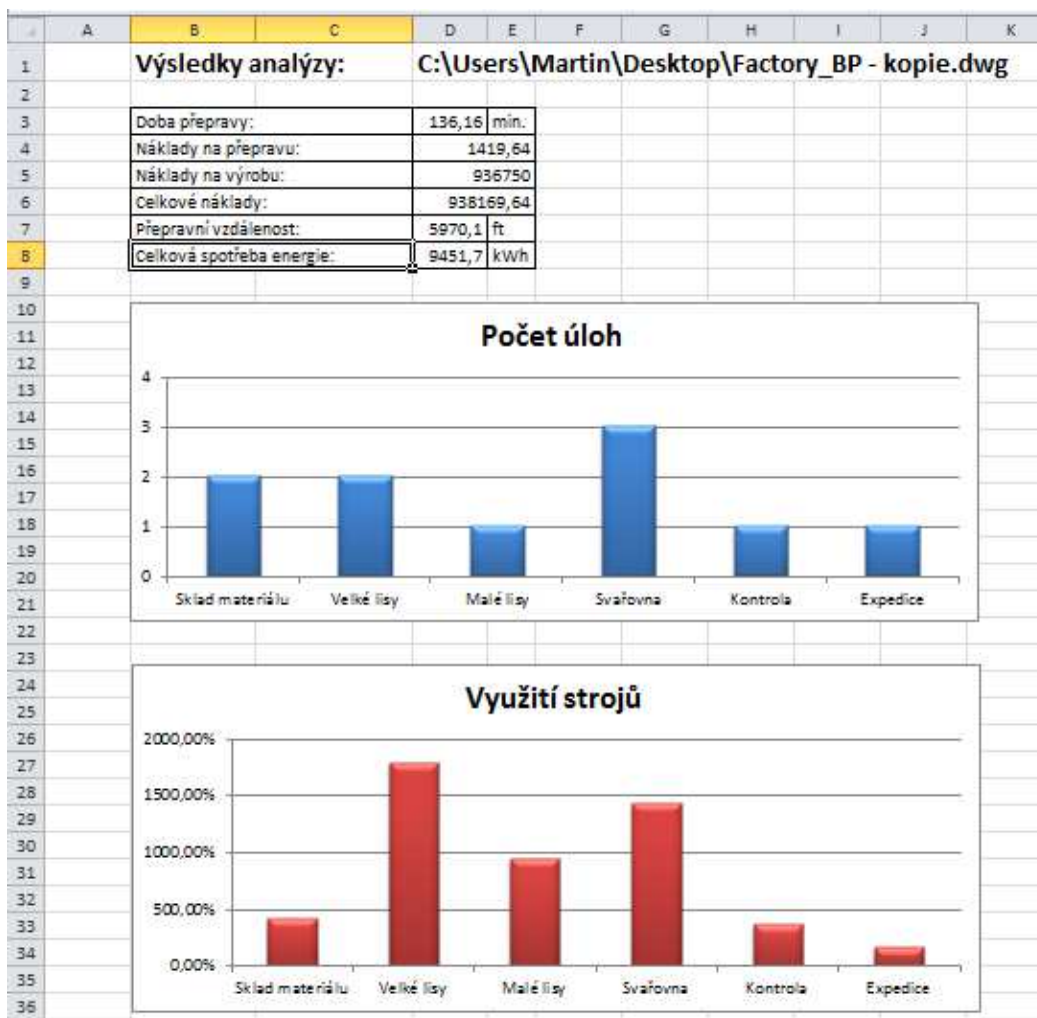
Obr. 3.7 Analýza materiálového toku - rozmístění 2

Analýzu směřování je možno ve FDS rozšířit o analýzu pracoviště zobrazenou na Obr. 3.8, kdy se nastaví požadovaná spotřeba energie či požadované využití pracovišť a opět se graficky zobrazí, zda pracoviště splňuje či nespĺňuje. Můžeme tak najít optimální rozvržení a nastavení pracovišť. FDS nedisponuje optimalizačními nástroji, a proto se optimální řešení musí hledat ručně předefinováním pracovišť a zadáváním jiných vstupních hodnot. V tomto případě je celková spotřeba energie provozu 9 450 kWh, využití jednotlivých pracovišť se pohybuje v nereálných číslech z důvodu náhodných vstupních dat.



Obr. 3.8 Analýza pracoviště

Veškerá získaná data, tj. analýza materiálového toku a vytíženost pracovišť, je možné ihned (jedním kliknutím) převést do obecnější formy Excel tabulky, viz Obr. 3.9. Zobrazená data opět ukazují nereálné výsledky, veškerá nastavení byla zadána náhodně z důvodu vyzkoušení funkcí.



Obr. 3.9 Tabulkový výstup analýzy

Jakmile najdeme nejoptimálnější řešení rozvržení výrobní haly a získáme potřebná data, je základní práce v ACADu ukončena. Pokud nemáme umístěné komponenty, můžeme tak provést. Jejich umístění ve 2D je méně pracné než ve 3D, zejména pokud nedisponujeme „silnější“ HW sestavou. Dále můžeme doplnit Architecture struktury pro zbylé části továrny.

### 3.3 Použití a rozšíření Inventor

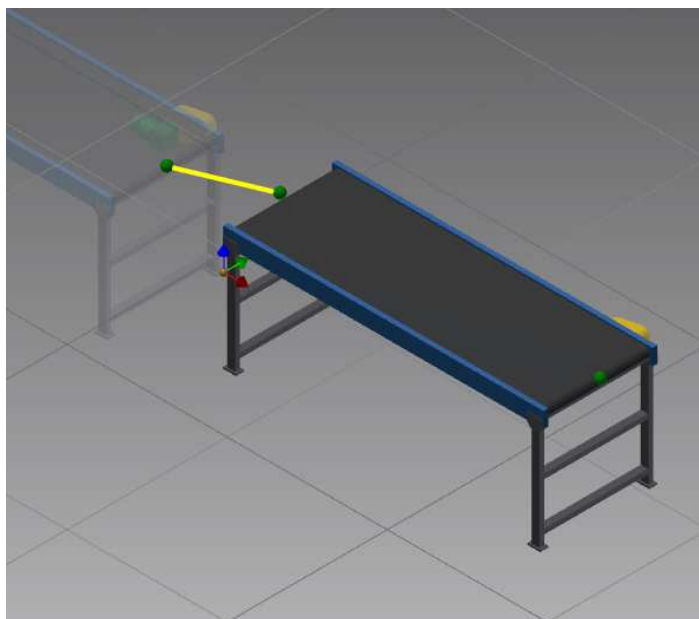
Když je vše ve 2D připraveno, je možno okamžitě převést CAD výkres do 3D prostředí SW Inventor. Zdrojové ACAD soubory pro Inventor a soubor sestavy Inventor jsou přímo propojeny vazbou, tedy cokoliv v našem návrhu změníme, se automaticky aktualizuje v druhém souboru. Změna neprobíhá v reálném čase, program při ukládání projektu vyzve, zda se má aktualizovat propojený soubor. Můžeme tedy pracovat jak s 2D návrhem tak 3D rozložením otevřenými současně.

#### 3.3.1 FDS – Inventor Tvorba komponent

Jak bylo uvedeno v 3.2.1, je možné tvořit vlastní komponenty továrny v Inventoru. Jejich detailnost a stupeň reálnosti záleží na úrovni uživatelských dovedností se SW Inventor. Současná verze 2014 obsahuje rozsáhlou knihovnu materiálů, tudíž nemusíme snadno vytvářet jen schematické „krabicové“ modely. Zároveň Inventor nabízí možnost reálného zobrazení, kdy se modely svým vzhledem velice přibližují reálným protějškům.

Rozšiřující funkcí FDS pro Inventor, co se tvorby komponent týče, je tzv. generátor komponent. Tento generátor převádí vytvořený dílčí model do formátu komponent, které poté lze rychle a snadno umístit do modelu továrny. Je zde i několik nastavení, které vkládání komponent značně urychlí.

Jedním z těchto nastavení jsou konektory. Konektory jsou body, které se zvolí kdekoliv na modelu, a při vkládání komponent do sestavy Inventor automaticky nabídne možnost uchycení dvojic těchto bodů. Konkrétní použití je na Obr. 3.10, kde je pásový dopravník. Ten se obvykle neskládá z jednoho na míru sestaveného kusu, ale ze svých dílčích částí, např. 2 metry dlouhých. Je-li potřeba umístit několik těchto dopravníků za sebou pro vytvoření např. 10ti metrového řetězce, práci urychlí právě konektory. Místo toho, aby se umístění jednotlivých částí dopravníkového řetězce zadávalo číselně nebo pomocí vazeb, pomocí konektorů se pouze umístí dvě části do své blízkosti a Inventor sám tyto dvě části přiřadí k sobě. Tímto způsobem se umístí veškeré řetězové komponenty jako oplocení, soustavy skříní v šatnách apod..

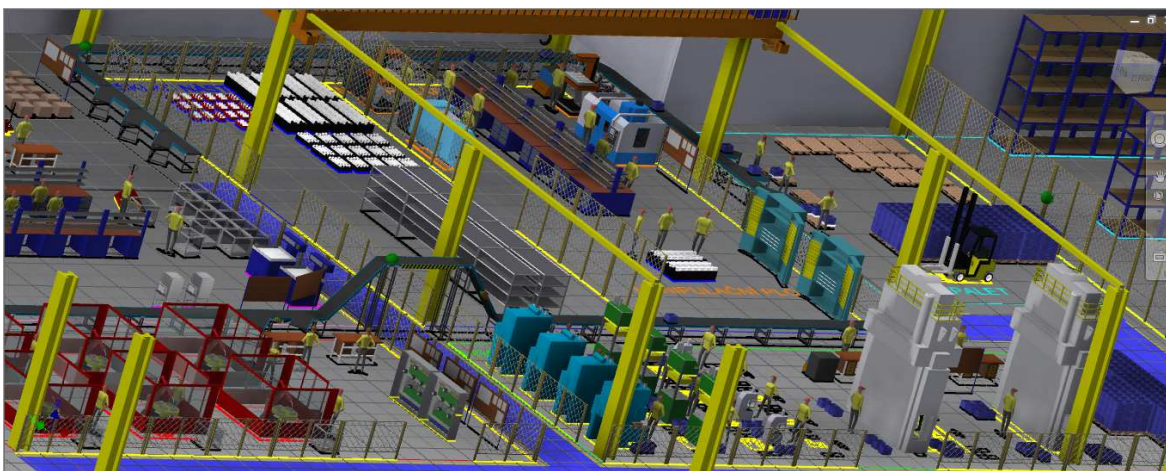


**Obr. 3.10 Konektory**

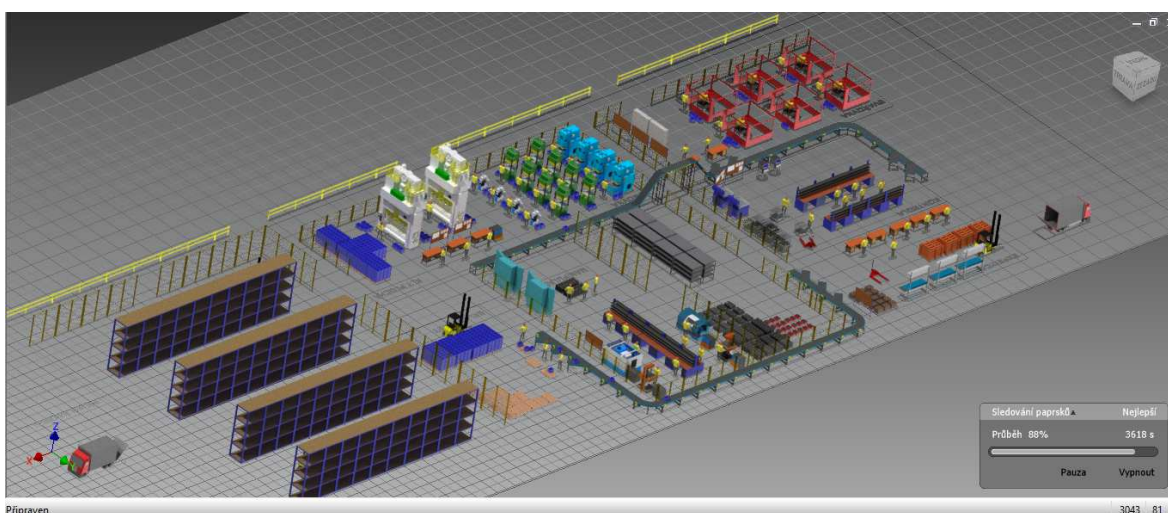
Dalším velice užitečným nastavením je funkce Parametry komponent. Tato funkce umožňuje definovat rozměry uživatelského modelu, které je možné v podobě komponenty měnit. Například je potřeba do haly umístit stropní jeřáb. V nabídce je dostupný pouze v základním rozpětí 10 metrů, avšak pro halu je zapotřebí 15,5 metru. Proto při tvorbě modelu použijeme funkci parametry a nastavíme, že hodnota rozpětí jeřábu může být proměnná. A místo hledání modelu jeřábu, hledání příslušného náčrtu v Inventoru, předělávání rozměrů a následného generování nového jeřábu stačí umístit předdefinovaný jeřáb do modelu a ve vlastnostech upravit proměnné hodnoty podle potřeb. Také se nabízí funkce Varianty komponent, kdy předdefinujeme několik variant komponenty (např. dopravník 1m, dopravník 2m, dopravník 5m ) a při umístění do layoutu bude k dispozici výběr varianty.

### **3.3.2 FDS – Inventor 3D Layout**

3D zobrazení layoutu se nám automaticky vygeneruje, pokud jsme příslušné komponenty přidali již v ACADu. Rovněž čáry, které v ACADu představovaly zdi, se transformují na prostorové hmotné objekty. Layout se chová úplně stejně jako sestava v Inventoru, tudíž jsou plně využitelné jeho funkce, jako jsou vazby komponent, které se při jejich umístění určitě hodí. Ukázky vytvořeného layoutu jsou na Obr. 3.11 a Obr. 3.12.



Obr. 3.11 3D layout v prostředí Inventor 1



Obr. 3.12 3D layout v prostředí Inventor 2

Za zmínku určitě stojí nastavení hladin, které je možné jak v ACAD tak v Inventoru. Jedná se o sjednocování komponent stejného druhu. Pokud hladina ponese název Struktura, umístí se do této hladiny veškeré zdi, okna, schodiště. Do hladiny Výrobní zařízení se umístí veškeré stroje měnicí polotovary na výrobky. Všechny části modelu se takto dají rozřadit do kategorií a poté se pracuje s těmito kategoriemi jako celkem. Tyto hladiny se pak dají zneviditelnit, což usnadňuje práci a přehlednost např. pokud je požadováno vidět vnitřek továrny, jednoduše se zneviditelní hladina Struktury. Hladin lze využít také při tvorbě prezentace.

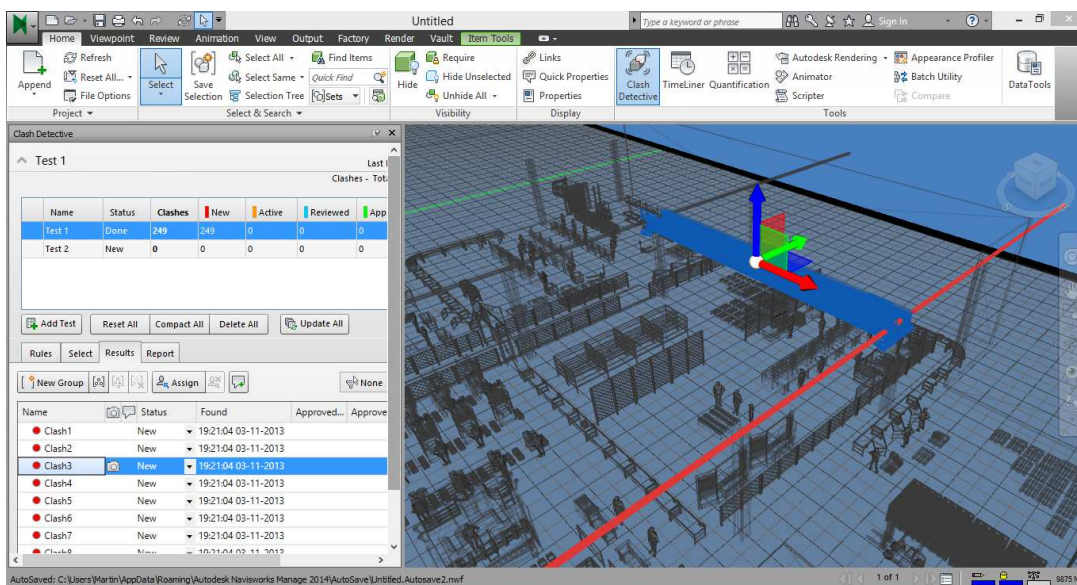
### 3.4 Autodesk Navisworks

Tento program již nemá FDS rozšíření, které by bylo vyžadováno pro jeho využití. To znamená, že pro použití jeho funkcí využitelných při analýze layoutu nepotřebujeme nadstavbu FDS. Navisworks (NW) umožňuje 2 základní funkce – detekce kolizí a prohlídku layoutu v reálném čase.

#### 3.4.1 Navisworks – Detekce kolizí

Detekce kolizí je silným nástrojem, který eliminuje případné problémy ještě před jejich vznikem. Při modelování rozsáhlých projektů se velice snadno stane, že se některá součást umístí tak, že způsobuje kolizi s jinou součástí přímo, a nebo ji způsobí při svém pohybu. Tyto kolize nám analýza v NW snadno odhalí.

Do prostředí NW se přímo importuje soubor 3D layoutu, takže není potřeba tento zdrojový soubor převádět na jiný formát. Spuštěním nástroje Detekce kolizí proběhne analýza. Na Obr. 3.13 vidíme příklad výstupu této analýzy. NW podle nastavené tolerance detekuje veškeré kolize dvou součástí, které nejsou stejného původu, a nebo je možno nastavit detekce součástí, které nejsou stejné barvy, pokud uvažujeme rozdělení každé součásti jinou barvou. Na Obr. 3.13 je zobrazena jasná kolize stropního jeřábu a vedení, po kterém se měl pohybovat. Veškeré kolize je potřeba prozkoumat. Při citlivém nastavení detekce se jako kolize zobrazí i nepodstatné kolize jako například monitor počítače se stolem.



Obr. 3.13 Navisworks - detekce kolizí

Použití detekce můžeme použít i při instalování nových zařízení do haly a ještě před jejich spuštěním zjistit, zda nezpůsobí toto umístění škody.

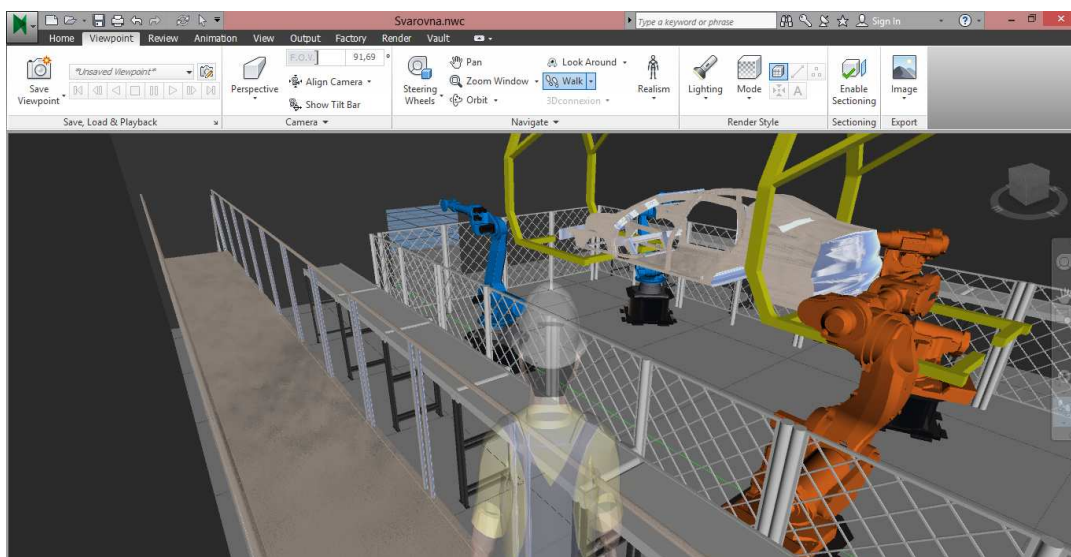
Do prostředí NW lze také nahrát data mračna bodů ze 3D scanneru a po následném umístění nových zařízení opět zanalyzovat, zda nedojde ke kolizi nových zařízení s nahaným mračnem bodů.

### 3.4.2 Navisworks – Prohlídka layoutu

Prohlídka vytvořeného layoutu v reálném čase je opět nepostradatelná funkce. Prohlídku můžeme uskutečnit leteckým pohledem nebo pohledem třetí osoby, viz Obr. 3.14.

Kontrolní funkce nabízí cokoli kdykoliv změřit což se uplatní především při procházení nahaného mračna bodů. Nemusíme tedy vzít metr, dojít na určené místo a přeměřovat ho, nýbrž si přímo ve 3D modelu potřebnou vzdálenost změříme.

Veškeré akce a pohyby při prohlížení je možné nahrát a později exportovat do fotografií nebo video souborů.



Obr. 3.14 Prostředí prohlídky v Navisworks

## 3.5 Showcase a 3Ds Max Design

Součástí Showcase a 3Ds Max již nejsou jakkoliv potřebné co se tvorby nebo analýzy týče. Jsou to profesionální prezentační a animační programy, které mohou vyzdvihnout finální podobu a představení projektu na vysokou úroveň.

### 3.5.1 Showcase

Autodesk Showcase je přehledný a snadno ovladatelný program pro detailnější a realističtější prezentaci výrobků či vytvořených modelů. Používá pouze několik základních funkcí jako je nastavení světla, úroveň realističnosti zobrazení, pozadí atd..



### **3.5.2 3Ds Max Design**

Program Autodesk 3ds Max je světově nejrozšířenějším animačním a vizualizačním programem. Je určen pro tvorbu vizuálních efektů, animaci postav a tvorbu počítačových her, jeho verze 3ds Max Design pak pro architektonické a designerské vizualizace a animace. Nabízí interaktivní prostředí, rychlý rendering. Pro FDS je určen právě kvůli tvorbě animací, kdy můžeme celou naši továrnu rozpohybovat a prezentovat ji tak dynamicky. [1]

## 4 Autodesk Vault a ReCap

Tato kapitola se věnuje dvěma SW, které nebyly použity při tvorbě referenčního modelu, ale jsou obsaženy v balíku FDS, protože poskytují opravdu užitečné funkce pro obor průmyslového inženýrství.

### 4.1 Autodesk Vault

Autodesk Vault, ač již nemá konstrukční, analytické ani prezentační upotřebení při samotné tvorbě layoutu, určitě stojí za zmínku, neboť je také součástí balíku FDS a řada společností na filozofii, na které je založen, přechází. Autodesk Vault je systém pro správu dat v pracovních skupinách určený pro aplikace CAD, Inventor a další produkty Autodesku. Umožňuje rychlé a přesné sdílení návrhových dat v konstrukčním či projekčním týmu. Představuje praktický přístup k Product Data Management (PDM). Zjednodušuje práci, zkracuje konstrukční cyklus a zlepšuje kvalitu produktu. Jednoduše řečeno umožňuje více lidem ve stejném čase pracovat na stejném projektu. [1]

Úkolem systému Vault je zajistit efektivní sdílení dat v týmu. Vault každou změnu v těchto datech zaznamenává a tuto historii úprav dokáže zobrazit v samostatném okně. Do jakéhokoliv stádia změn je možné se kdykoliv přepnout a tím jednoduše skočit do libovolného kroku, provést změnu a uložit ho jako nový stav. Zobrazení historie revizí a přepínání kroků je možné jak pro celou sestavu, tak třeba jen pro vybraný díl. Data jednotlivých kroků Vault ukládá na centrálním úložišti, které může být umístěno na serveru a může být společné pro více uživatelů.

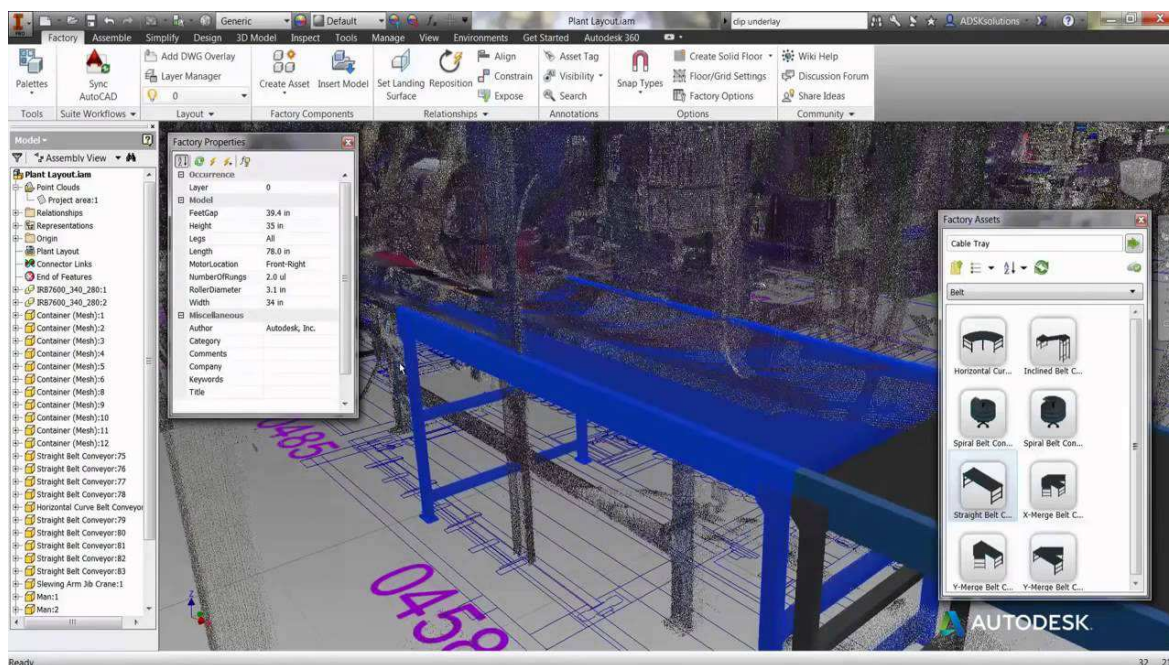
Uživatelské rozhraní Vaultu je na serveru realizováno speciálním prohlížečem, samotná služba pak jako SQL server se zabezpečeným přístupem. Jednotliví klienti správu změn provádějí například přímo v prostředí Inventoru, pomocí prohlížeče stromové struktury, podobné struktuře dílů sestavy. Zde je u jednotlivých součástí graficky znázorněno, zda jsou zahrnuty ve správě Vaultu a pak jejich stav, tedy jestli byla provedena modifikace dílů a kterých, zda byly změny uloženy jen v Inventoru, nebo i Vaultu. Ke každé změně je možné doplnit vlastní komentář, případně přesně specifikovat úpravu kterého dílu do Vaultem registrované změny zahrnout a kterou nikoliv.

Podporována je samozřejmě i práce více uživatelů na jednom projektu, která je řízena vydáním a zařazením příslušného dokumentu (souboru). Pokud je úložiště dat na serveru, vydání dokumentu probíhá vždy na lokální disk, respektive jednotliví uživatelé mají vytvořeny lokální projekty. V úložišti Vaultu mohou být umístěny nejen datové soubory Inventoru, ale i jiné soubory, čímž je možné sledovat i technické zprávy, poznámky, nabídky, zkrátka vše ostatní co k projektu patří. K provozování Vaultu samozřejmě není nutné mít server s úložištěm, v případě lokální instalace může být úložiště na stejném počítači jako data Inventoru, pouze v jiném adresáři. SQL server pak běží lokálně. [15]

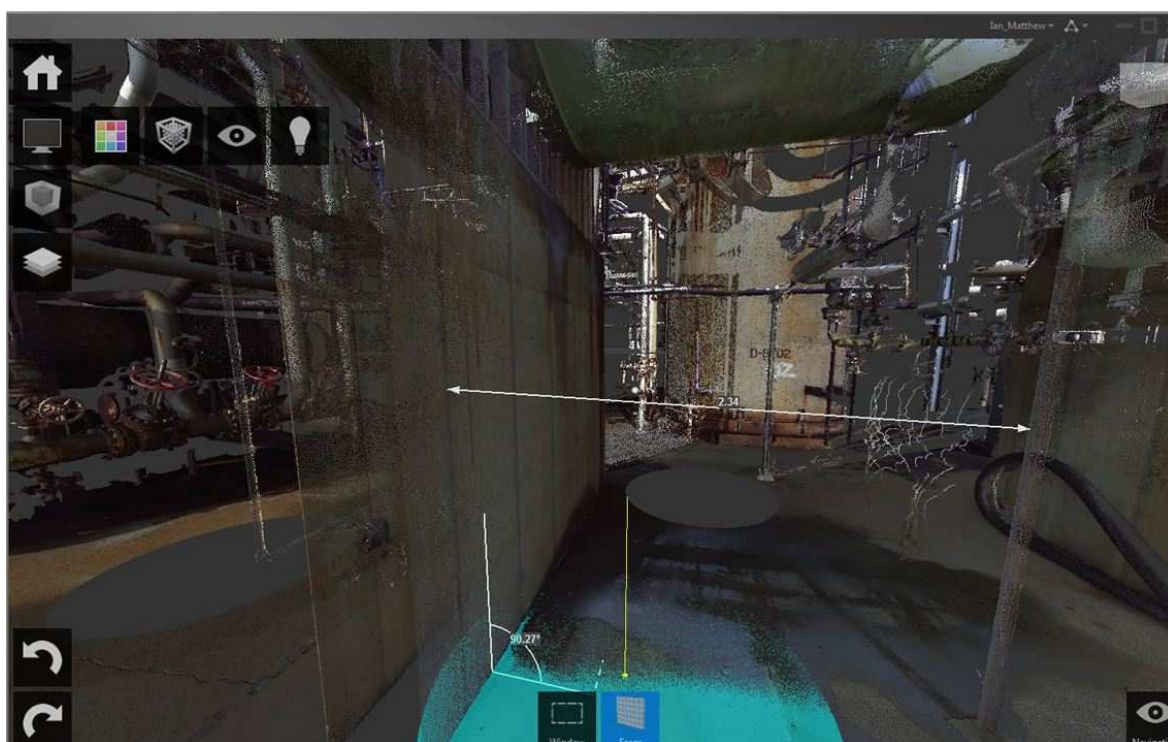
## 4.2 AutoDesk ReCap

Sada nástrojů Reality Capture (ReCap) umožňuje využití tzv. mračen bodů jako podkladů pro tvorbu modelů existujících objektů. Mračna bodů představují velmi rozsáhlé množiny bodů, které jsou výstupem laserového skenování nebo mohou být vytvořeny pomocí nástrojů fotogrammetrie, tedy pořízením a následným zpracováním fotografií existujícího objektu. [16]

Ukázka naskenovaného mračna bodů je na Obr. 4.1, kde je zobrazeno vkládání komponent do naskenovaného obrazu a na Obr. 4.2, kde je zobrazeno měření délek naskenovaného obrazu. Toto mračno je možno importovat do SW Inventor nebo ACAD a pracovat s ním (vkládání modelů, detekce kolizí, přeměrování vzdáleností...)



Obr. 4.1 ReCap - Vkládání komponent do mračna bodů



Obr. 4.2 ReCap - Měření vzdáleností mračna bodů [17]

## 5 Shrnutí zanalyzovaných funkcí

V této kapitole jsou přehledněji shrnuty zanalyzované funkce a vstupy a výstupy jednotlivých programů. Tab. 5.1 uvádí přehled zjištěných funkcí, které obsahuje sada FDS pro tvorbu layoutu. Detaily jednotlivých funkcí včetně použití byly popsány v předchozích kapitolách. Tab. 5.2 uvádí vstupy a výstupy z jednotlivých softwarů.

Software	Funkce
AutoCAD	Rychlá tvorba struktur Tvorba hladin Tvorba a analýza materiálového toku Analýza vytíženosti pracovišť
Inventor	Tvorba 3D modelů a 3D rozložení layoutu Generátor komponent
Navisworks	Detekce kolizí v modelu Virtuální prohlídka v reálném čase
3ds Max Design	Tvorba animací a pohybů v 3D modelu
Showcase	Prezentace 3D modelů

Tab. 5.1 Přehled softwarů Factory Design Suite a jejich funkcí

Vstupy	Software	Výstupy
-Naměřená data ( rozměry, časy, spotřeba energie, rychlosti dopravníků,...)	AutoCAD	-2D layout formátu DWG -2D výkres rozložení -Data o časové náročnosti procesů -Data o finanční náročnosti -Data o vytíženosti pracovišť
-2D layout formátu DWG -3D modely komponent	Inventor	-3D layout formátu sestava Inventor
-3D layout formátu sestava Inventor -Mračna bodů z 3D scannerů	Navisworks	-Detekované kolize v modelu -Screenshotsy z virtuální prohlídky -Videa z virtuální prohlídky
-3D layout formátu sestava Inventor	3ds Max Design	- Dynamický model layoutu

Tab. 5.2 Přehled vstupů a výstupů jednotlivých softwarů

## 6 Zhodnocení Factory Design Suite

Po prostudování dostupných podkladů a po vyzkoušení práce v samotném softwaru lze přejít k jeho hodnocení, kterému se tato kapitola věnuje.

### 6.1 Zhodnocení vnějších faktorů Factory Design Suite

Hodnocení bylo provedeno podle následujících faktorů

#### 6.1.1 Potřebné dovednosti

První bodem zhodnocení budou určitě potřebné dovednosti a znalosti k práci ve FDS. Pro tvorbu digitálního podniku v této sadě jsou nutné alespoň základní dovednosti v programech ACAD a Inventor, protože FDS je na těchto nástrojích postaven. V programu ACAD je potřebné ovládat alespoň princip kreslení 2D výkresu, nastavování vzdáleností a popř. i práci s vrstvami kvůli přehlednosti. Co se týče Inventoru zde je zapotřebí ovládat problematiku tvorby sestav. Potřebné je minimálně umět pracovat s jednoduchými sestavami tj. zvládat funkce typu uložení komponent do sestav (pokud chceme například vkládat do modelu několik stejných strojů, které jsou od sebe konstantně vzdáleny). Pro běžné uživatele těchto softwarů, funguje FDS jako nadstavba jejich dovedností a není problém se relativně rychle naučit s tímto SW pracovat. Ovládnutí výše zmíněných základních funkcí je otázkou několikahodinového cvičení. Pro začínající CAD uživatele je nutné toto cvičení rozšířit o několik hodin na ovládnutí potřebných funkcí ACAD a Inventor.

#### 6.1.2 Požadavky na hardware

Toto jsou HW požadavky, které uvádí přímo společnost Autodesk: [12]

Operační systém : Windows 7,8 64-bit. 32-bit verze OS nejsou podporovány

Podporované CPU :

AMD Athlon™ 64 with SSE2 technology

AMD Opteron™ with SSE2 technology

Intel® Xeon® with Intel EM64T support and SSE2 technology

Intel Pentium 4 with Intel EM64T support and SSE2 technology

Požadovaná operační paměť : doporučená 4 GB RAM, pro rozsáhle komplexy (Autodesk uvádí projekty s více jak 1000 komponenty) doporučená 8 GB RAM

Grafický adaptér: Autodesk uvádí seznam podporovaných karet Nvidia a ATI s minimální pamětí 1024 GB.

Kapacita HDD: min 60 GB.

Referenční model popisovaný v kapitole 3 byl vytvořen na sestavě s procesorem 2,5 GHz, 4 GB RAM operační paměti, a grafickou kartou nVidia s pamětí 1024 GB. Modelování jednodušších modelů bylo bez problémů, avšak při zavedení všech strojů do 3D modelu již bylo velmi obtížné s modelem pracovat. Generování komponent a modelu v realistickém zobrazení bylo sice možné, ale velmi realistický vzhled jediného stroje v modelu trval přibližně 15 minut.

### **6.1.3 Dostupnost Factory Design Suite**

Ačkoliv Autodesk nabízí k většině svých softwarů bezplatnou studentskou licenci na 3 roky, studentská verze FDS oficiálně k dispozici není. Na svých stránkách nabízí 30ti denní zkušební bezplatnou verzi Ultimate.

Studentské verze jsou v ČR k dispozici například u společnosti Computer agency a jejich cena se pohybuje kolem 2000,- Kč za začátečnickou licenci i za přídatnou licenci. [10]

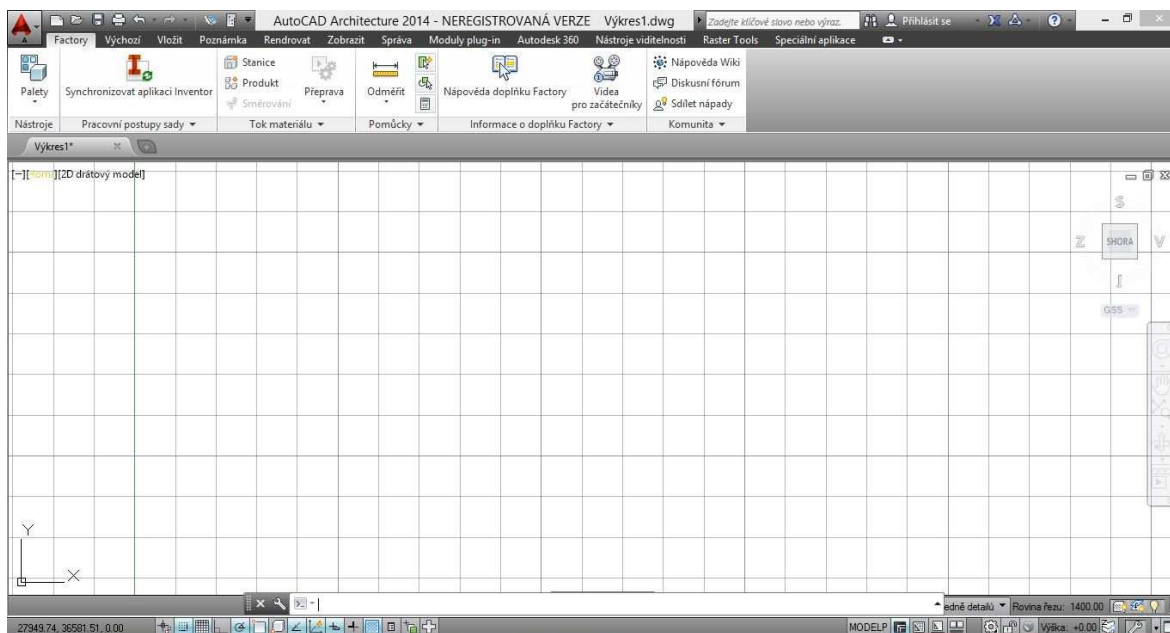
Aktuální ceny na oficiálních stránkách k únoru 2014: Samostatná licence přímo u společnosti Autodesk je dostupná za 6000€/7250€/11000€ (verze Standart/Premium /Ultimate), měsíční licence 690€ a roční licence 5500€ pro verzi Ultimate. [11]

## **6.2 Zhodnocení práce ve Factory Design Suite**

Práce byla hodnocena jako průměrným uživatelem Autodesk softwarů, čili jsem nepotřeboval učení se základů těchto softwarů.

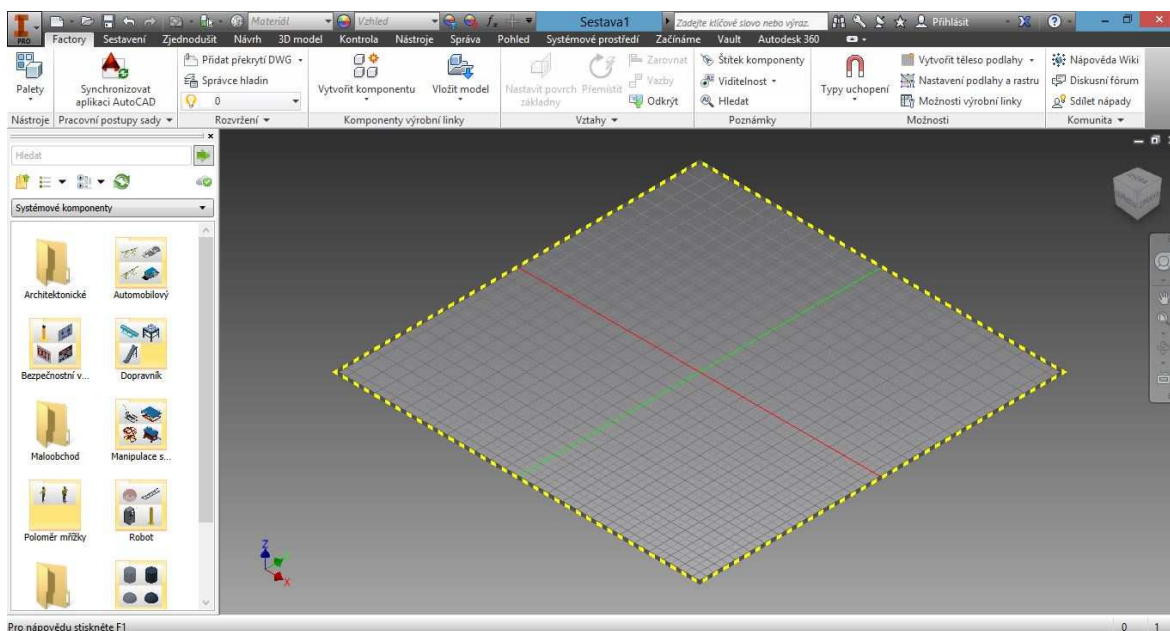
### **6.2.1 Uživatelské prostředí**

Uživatelské prostředí je totožné s prostředími jednotlivých SW. Veškeré funkce, které FDS nabízí každému SW, byly seskupeny pod společnou záložku na liště „Factory“. Tudíž vše, co potřebujeme k modelování layoutu je přehledně u sebe. Protože jsou zde k dispozici i veškeré funkce ACADu, pro nezkušeného uživatele může být prostředí trochu chaotické a nepřehledné, pokud bychom srovnali prostředí s například jednodušším SW visTable. Uživatelské prostředí FDS AutoCAD je zobrazeno na Obr. 6.1



Obr. 6.1 Uživatelské prostředí FDS AutoCAD

Factory prostředí Inventoru je zobrazeno na Obr. 6.2. Pracovní plochou je základna, na kterou se přetahováním z knihovny vlevo umisťují jednotlivé komponenty. Výhodou například oproti zmiňovanému visTable je, že můžeme pracovat přímo s 3D modelem, kdežto visTable nabízel pouze prohlídku tohoto modelu bez možného zásahu do něj.



Obr. 6.2 Uživatelské prostředí FDS Inventor



Ve zbývajících softwarech NW, 3ds max Design, Showcase se již funkce neřadí pod záložku Factory, jelikož nejsou součástí tohoto rozšíření, ale patří k programům jako jejich vlastní funkce. Proto i když se nabízí celá řada funkcí, zejména u 3ds max design, pro analýzu a prezentování modelu výrobního podniku postačí znát pouze funkce, které jsou v naší úloze potřebné.

### 6.2.2 Možnosti zobrazení

Vhodnost zobrazení je opět vázána na zkušenosti uživatele s ACAD SW. K hodnocení bych však použil zobrazení analýzy materiálového toku. To je ve FDS realizováno tenkou šipkou, u které jediný možný atribut nastavení je barva. Ve spleti čar zejména u rozsáhlých podniků se orientuje obtížně. Rovněž ostatní SW mají možnost přímého zobrazení intenzity toku materiálu, FDS tuto možnost nemá. Okamžité grafické zobrazení délky toku, nákladů a jejich stav vůči předchozímu je užitečné. Další výhodou je určitě i možnost barevného rozdělení a práce s vrstvami, opět velmi užitečné u rozsáhlých podniků.

3D model v Inventoru nabízí různé úrovně zobrazení. Od obyčejných vygenerovaných modelů až k velmi realistickému zobrazení se stíny, odlesky, nastavením světla,... Toto zobrazení je zejména u velkých modelů podniků poměrně náročné na HW vybavení. Pomáhá však v určité míře zvýšit prodejnost projektu právě díky realitě podobnému zobrazení, které nabízí jen málokterý konkurenční SW.

### 6.2.3 Knihovna zdrojů

FDS nabízí rozsáhlou knihovnu s integrovanými, velmi často používanými prvky ve výrobních podnicích. Nalézají se zde komponenty jako dopravníky, roboti, zařízení pro manipulaci s materiálem, výrobní stroje a zařízení, architektonické komponenty, nábytek, potrubí, elektrické komponenty a řada dalších, které umožňují model vypracovat do nejjemnějších detailů. Samozřejmě je tuto knihovnu možno rozšířit o vlastní vytvořené komponenty či o sdílené komponenty z cloudového prostředí. Zde se uplatňuje možnost FDS otevřít jakýkoliv CAD formát souboru.

Jak bylo zmíněno v kapitole 3.3.1, velkou výhodou je možnost předdefinování několika verzí jedné komponenty nebo u jednodušších komponent, jako jsou dopravníky, ohraničení, regály apod., nastavení přímých rozměrů, potřebných v našem modelu.

### 6.2.4 Výstupy

Po modelovací a prezentační stránce FDS poskytuje velmi pěkné výstupy, výsledné modely ve fotorealistické grafice a zobrazení průběhu výroby ve filmové kvalitě. Co se týče analytických výstupů, musíme se spokojit s výstupy, které nabízí AutoCAD a Navisworks. Jak bylo zmíněno v 3.2.2, jedná se o základní výstupy spojené především s uspořádáním layoutu, délka a doba trvání výroby, vytíženost pracovišť, finanční a energetická náročnost.

Výstup detekce kolizí v NW se uplatní zejména, pokud máme k dispozici skenovaný obraz továrny a chceme umístit nová zařízení.

### 6.3 Tabulkové zhodnocení Factory Design Suite

Na závěr analýzy přidám tabulkové zhodnocení a shrnutí výhod a nevýhod produktu Factory Design Suite.

<b>Výhody</b>
Díky ACAD Architecture je možno vytvořit strukturální prvky pomocí pár tahů a ty pak přímo převést na 3D objekty.
Optimalizace uspořádání pracovišť je velice rychlá díky přímému zobrazení výsledných hodnot
Do analýzy materiálového toku a vytíženosti pracovišť je možno zadat mnoho druhů vstupů
Kompatibilita se všemi druhy ACAD souborů
Okamžité převádění mezi 2D a 3D zobrazením a aktualizace souborů ACAD a Inventor
Rozsáhlá knihovna komponent výrobní linky a napojení na cloudové prostředí
Generátor komponent a funkce s ním spojené - konektory, přemodelování komponent pro naši potřebu pouze přepsáním hodnot, vytvoření více verzí pro určitou komponentu
<b>Fotorealistické zobrazení komponent a modelů</b>
<b>Zpracování naskenovaného obrazu a souborů mračna bodů a jejich integrace do modelů</b>
Detekce kolizí dvou komponent
Prohlídka modelu z pohledu třetí osoby a možnost v tomto pohledu měření délek
<b>Nízká pořizovací cena ve srovnání se SW Delmia a Tecnomatix</b>
<b>Prezentace výsledného modelu ve velmi vysoké grafické kvalitě</b>

Nevýhody
Je zapotřebí dovedností v programech ACAD a Inventor
Zobrazení materiálových toků je nepřehledné
Vysoká náročnost na HW vybavení u velkých projektů
Balík nenabízí ergonomické analýzy
Balík neobsahuje MTM analýzy
Není dostupná studentská free licence

## 7 Závěr

V rámci této práce proběhlo analyzování softwarového balíku pro tvorbu a analýzu layoutů digitálního podniku. Byla představena základní skladba nástrojů obsažených v tomto balíku a na referenčním modelu layoutu ukázáno jejich použití při tvorbě layoutu a jeho analýzy.

Z produktů společnosti Autodesk je pro tvorbu a analýzu layoutů používáno softwarů AutoCAD, Inventor, Navisworks. V těchto nástrojích byl vytvořen referenční model, na kterém byly představeny modelovací a analytické funkce, kterými Factory Design Suite disponuje. Výstupy použitelné v oblasti optimalizace procesů poskytují funkce pro tvorbu a analýzu toku materiálu a vytiženosti pracovišť získaná z AutoCADu. Inventor je obohacen o funkce urychlující vytváření 3D modelu a nabízí velmi vysoký stupeň reálnosti modelu díky grafickým možnostem. V modelu je možná detekce kolizí komponent a jeho prohlídka v reálném čase díky funkcím software Navisworks. Stupeň reálnosti modelu je možno ještě zvýšit použitím nástrojů Showcase a 3Ds Max Design, které pomohou zvýšit prodejnost finálního projektu.

Velký potenciál Factory Design Suite může být skryt v možnosti zpracovávat bodová mračna získaná z 3D laserových scannerů, jelikož velice málo softwarů je schopno tento typ dat v současné době zpracovat. Tyto scannery jsou průlomovou technologií v oboru průmyslového inženýrství a digitálního podniku.

Silnou stránkou je použití nástroje Autodesk Vault, který sjednocuje projektanty a softwary z různých technických oborů a umožňuje jim v reálném čase pracovat na stejném projektu, což značně zvýší kvalitu projektů a sníží jejich časovou a finanční náročnost.

V závěru práce byl Factory Design Suite zhodnocen z hlediska používání a dostupnosti a byly shrnuty jeho největší výhody a nedostatky.

Největší přednosti Factory Design Suite vidím v míře používání softwarů od společnosti Autodesk a tedy vysokou kompatibilitu. Dále určitě v možnostech zpracování bodových mračen, pozitivními ohlasy v používání Autodesk Vault a v neposlední řadě i pořizovací cenu, která je ve srovnání s ostatními používanými nástroji nízká.

Na tuto práci by mohlo být navázáno detailnějším prozkoumáním možností zpracování dat ze 3D scannerů a jejich využití v reálné praxi a také použití Autodesk Vault při reálném projektu.

## Použité zdroje

- [1]. CADstudio. [Online] 2013. [Citace: 15. Říjen 2013.] <http://www.cadstudio.cz/>.
- [2]. Siemens. [Online] 2013. [Citace: 2. Listopad 2013.] [http://www.plm.automation.siemens.com/cz\\_cz/products/tecnomatix/](http://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/products/tecnomatix/).
- [3]. CADforum. [Online] 2013. <http://www.cadforum.cz/>.
- [4]. **Autodesk.** Autodesk. [Online] 2011. <http://usa.autodesk.com/>.
- [5]. **ŠULÁK, David.** *Porovnání softwarových nástrojů pro tvorbu layoutu : Bakalářská práce.* Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní : Vedoucí bakalářské práce Doc. Ing. Jana Kleinová CSc., 2012.
- [6]. *Virtuální simulace výroby aneb Digitální továrna.* **MAREČEK, Petr.** 9, místo neznámé : CCB, s.r.o., 2006, stránky 19-20. ISBN/ISSN: 1802-002X.
- [7]. *Automa - Digitální továrna - mocný nástroj pro průmyslovou výrobu.* **LEEDER, Edvard.** 7, Západočeská univerzita v Plzni : FCC Public, 2008, AUTOMA, stránky 56-58. ISSN 1210-9592.
- [8]. Technická univerzita v Liberci. [Online] 2011-2012. [http://www.kod.tul.cz/predmety/CAD/prednasky/prednasky\\_2011\\_2012/prednaska\\_2012\\_jine\\_systemy\\_witness\\_13\\_3\\_2012\\_1.pdf](http://www.kod.tul.cz/predmety/CAD/prednasky/prednasky_2011_2012/prednaska_2012_jine_systemy_witness_13_3_2012_1.pdf).
- [9]. **KOPENEC, Jíří. Bc.** *SIMULACE VYBRANÉ VÝROBNÍ LINKY KLIMATIZACE JAKO KOMPONENTA* . [Online] 2011. [http://old.fst.zcu.cz/\\_files\\_web\\_FST/\\_SP\\_FST\(SVOC\)/\\_2011/\\_sbornik/PapersPdf/Mgr/Kopenec\\_Jiri.pdf](http://old.fst.zcu.cz/_files_web_FST/_SP_FST(SVOC)/_2011/_sbornik/PapersPdf/Mgr/Kopenec_Jiri.pdf).
- [10]. Computer Agency. [Online] 2014. [Citace: 16. Únor 2014.] <http://www.c-agency.cz/produkty/software/autodesk/factory-design-suite-ultimate-2014-edu-1-additional-licence#bmParameters>.
- [11]. AUTODESK Store. [Online] 2014. [Citace: 16. únor 2014.] [http://store.autodesk.eu/store/adsk/en\\_IE/html/pbPage.All-Product-Listing\\_en\\_IE](http://store.autodesk.eu/store/adsk/en_IE/html/pbPage.All-Product-Listing_en_IE).
- [12]. AUTODESK Knowledge Network. [Online] 2014. [Citace: 16. únor 2014.] <http://knowledge.autodesk.com/support/factory-design-suite/troubleshooting/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/System-requirements-for-Autodesk-Factory-Design-Suites-2014.html>.
- [13]. *Autodesk Factory Design Suite pro návrh výrobních linek.* **CEJPEK, Kamil.** 10, místo neznámé : FCC Public, 2011, stránky 70-71. ISSN 1210-9592.

[14] Digital Factory. [Online] 2014. [Citace: 16. březen 2014.]

<http://digipod.zcu.cz/index.php/cs/oblasti-nasazeni/tvorba-prostoroveho-usporadani/delmia-process-engineer>

[15] Adeon. [Online] 2014. [Citace: 25. březen 2014.] <http://www.adeon.cz/2-obecne/393-autodesk-vault>.

[16] AutodeskCLUB. [Online] 2014. [Citace: 25. březen 2014.]

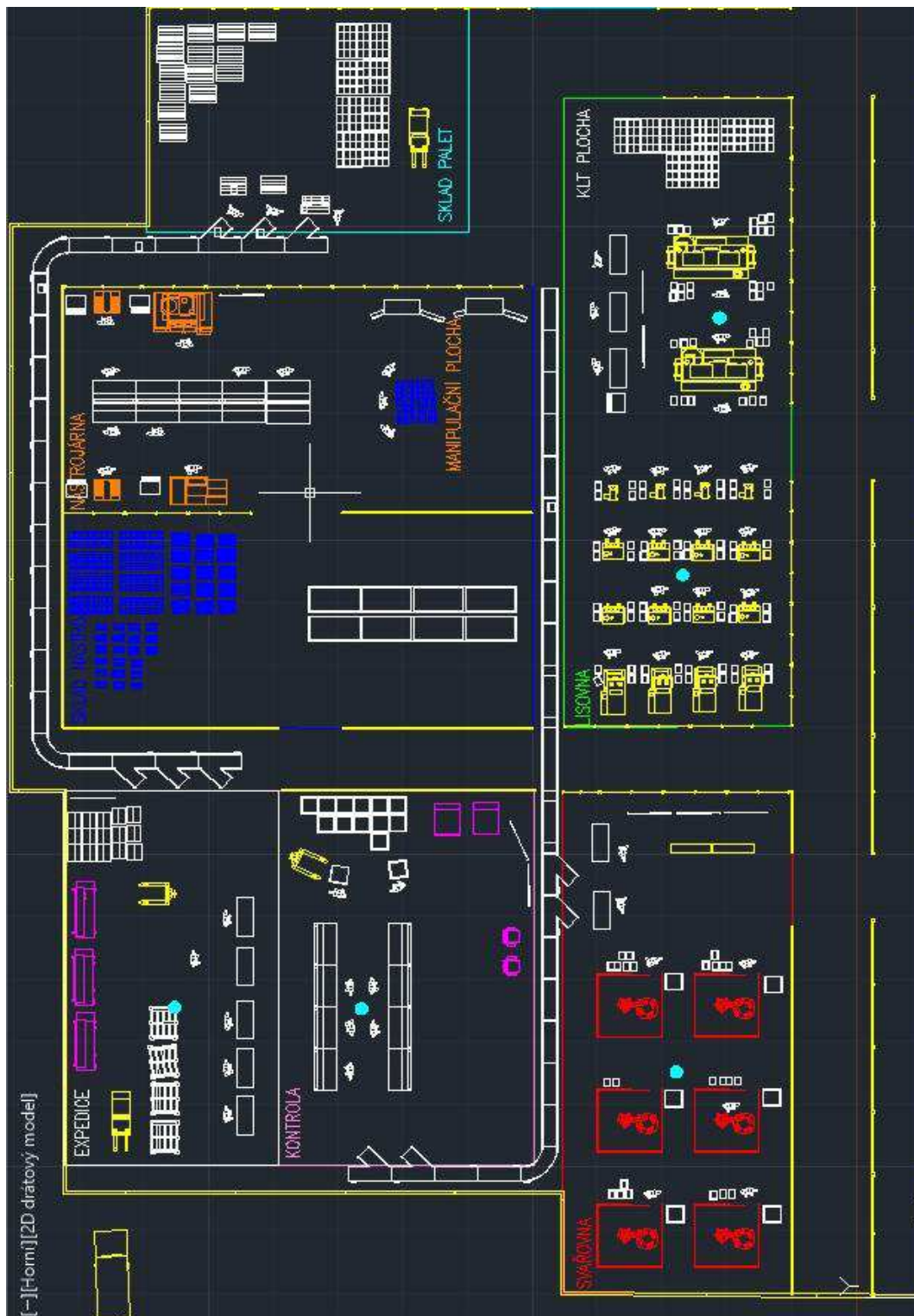
<http://www.autodeskclub.cz/clanek/6349-jak-funguje-autodesk-reality-capture>.

[17] PROCAD. [Online] 2014. [Citace: 25. březen 2014.]

<http://www.procad.pl/pf/upload/recap.JPG>

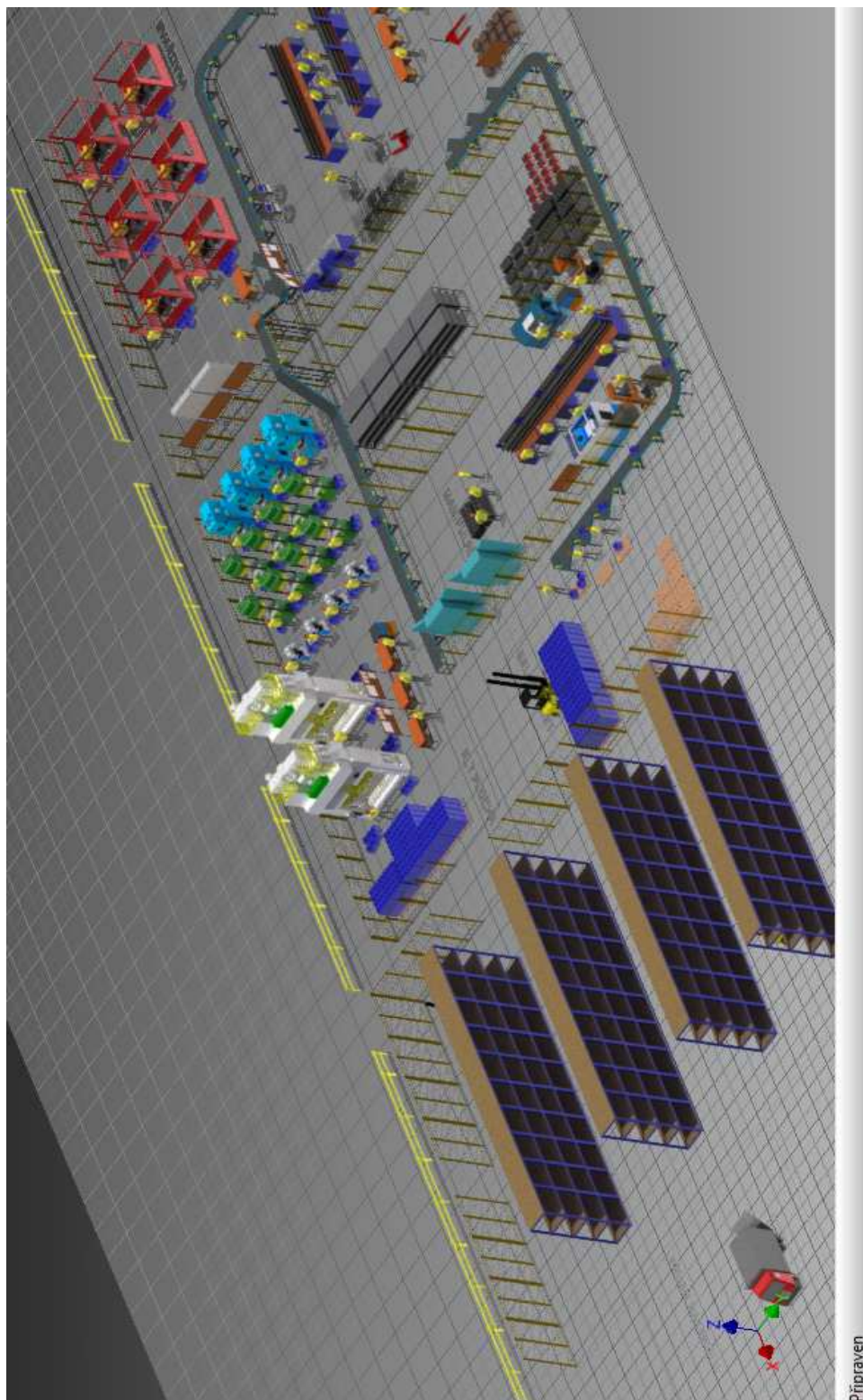
Příloha č. 1

2D layout referenčního modelu v prostředí AutoCAD



**Příloha č. 2**

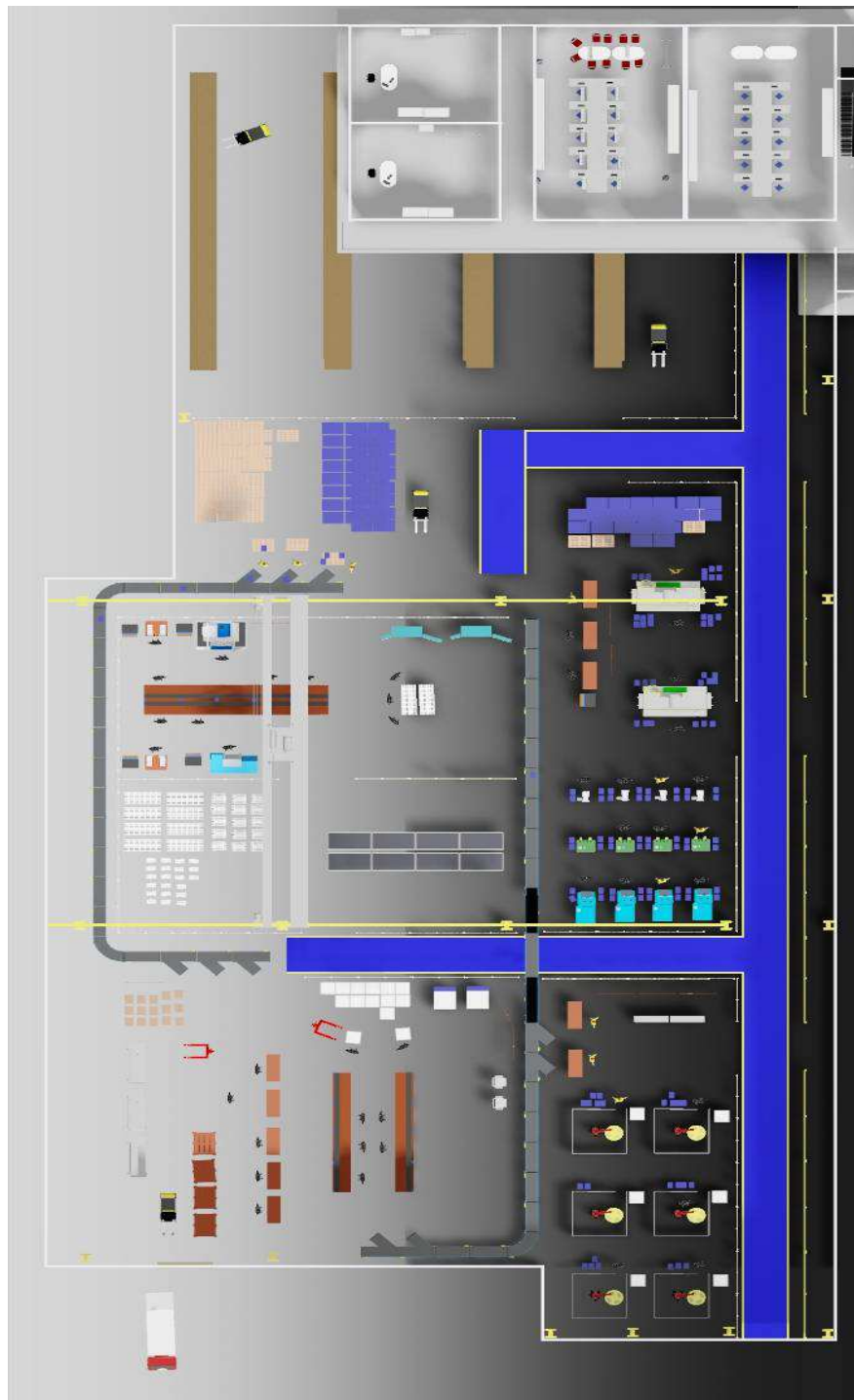
**3D layout referenčního modelu v prostředí Inventor**





**Příloha č. 3**

**Horní pohled na 3D referenční model v Inventoru**



**Příloha č.4**

**Ukázka zobrazení modelu při nejvyšším stupni grafického nastavení**

