

Technický popis TESTBEDU IDL

Obsah

I.	Testbed IDL (Inteligentní doprava a logistika).....	3
I.1	Klíčové funkce Testbedu IDL.....	3
I.2.	Konkrétně linku tvoří tyto části:	7
I.3.	Stručný popis modelu.....	8
I.4.	Další aspekty díla	8
I.5.	Legislativní požadavky	9
I.6.	Bezpečnost, analýza a posouzení rizik.....	11
I.7.	Základní popis a situační schéma	11
I.8.	Vstupní materiál	13
I.9.	Energie a tlaková/podtlaková media.....	13
I.10.	Další nezbytné vybavení dodávky	13
II.	Řídicí systém a další systémové nástroje	14
II.1.	Programové vybavení.....	14
II.2.	Minimální požadavky na Hardware.....	14
III.	Virtuální sklad	15
IV.	Parametrický modul	15
IV.1.	Parametrický modul – příklady nastavení	15
V.	Modul – MES systém	15
VI.	Ekonomicko-statistický modul.....	16
VI.1.	Výrobní statistiky	16
VI.2.	Souhrnné statistiky a ekonomické analýzy.....	16
VII.	Obchodní modul	16
VIII.	Závěrečná sumarizace	17
	Přílohy.....	18

I. Testbed IDL (Intelligentní doprava a logistika)

Tento dokument obsahuje technický popis požadavků na konstrukci a funkci Testbedu IDL pro demonstraci principů Průmyslu 4.0.

Testbed IDL bude součástí budované laboratorní infrastruktury budované v rámci projektu „Národní plán obnovy pro VŠB-TUO“, specifický cíl B: Akademicky zaměřený bakalářský studijní program Inteligentní doprava a logistika, registrační číslo NPO_VŠB-TUO_MSMT-16605/2022.

Testbed IDL bude využíván zejména v novém bakalářském studijním programu Inteligentní doprava a logistika.

Základem Testbedu IDL je linka pro automatickou kompletaci výrobků. Návrh, konstrukce, dodání a uvedení do provozu uvedené linky je předmětem zakázky.

Cílem linky je demonstrace základních principů konceptu průmysl 4.0 a to zejména:

- Interoperabilita – schopnost kyber-fyzických systémů komunikovat mezi sebou prostřednictvím informačních systémů.
- Virtualizace – virtuální kopie Testbedu IDL propojující data ze senzorů s virtuálními a simulačními modely továrny.
- Decentralizace – schopnost kyber-fyzického systému jednat v rámci Testbedu IDL autonomně.
- Práce v reálném čase – schopnost analyzovat v reálném čase získávaná data a zasahovat v reálném čase do výrobního procesu.
- Orientace na služby – kyber-fyzikální systémy nabízejí a poskytují služby vyráběným produktům či obsluze.
- Modularita – schopnost adaptace Testbedu IDL na změnu.

Zhotovitel Testbedu IDL musí přistoupit k návrhu s ohledem na uvedené principy, musí volit inovativní řešení a nejnovější technologie. Důraz musí být kladem na snadnou dostupnost a archivaci veškerých výrobních, provozních a diagnostických dat. Veškeré výrobní operace provedené subsystémy na montážní lince musí být archivovány a zpětně dohledatelné.

Fyzický model Testbedu IDL tvoří robustní základnu pro celý výukový systém. Jedná se o systém s uzavřeným oběhem, který zahrnuje **produkční část**, kde probíhá úprava dílů, **redistribuční část**, kde se opracovaný díl seskupuje dle požadavků na expedici, **kompletační část**, na níž probíhá ukládání dílů na dopravní platformy, a tím vzniká finální produkt. Poslední částí je **depaletizace dílů** a jejich roztřídění pro návrat do stavu dopravníkového zásobníku. Tím se celý výrobní okruh uzavře a může začít další „kolo“ výroby, kompletace a expedice.

I.1 Klíčové funkce Testbedu IDL

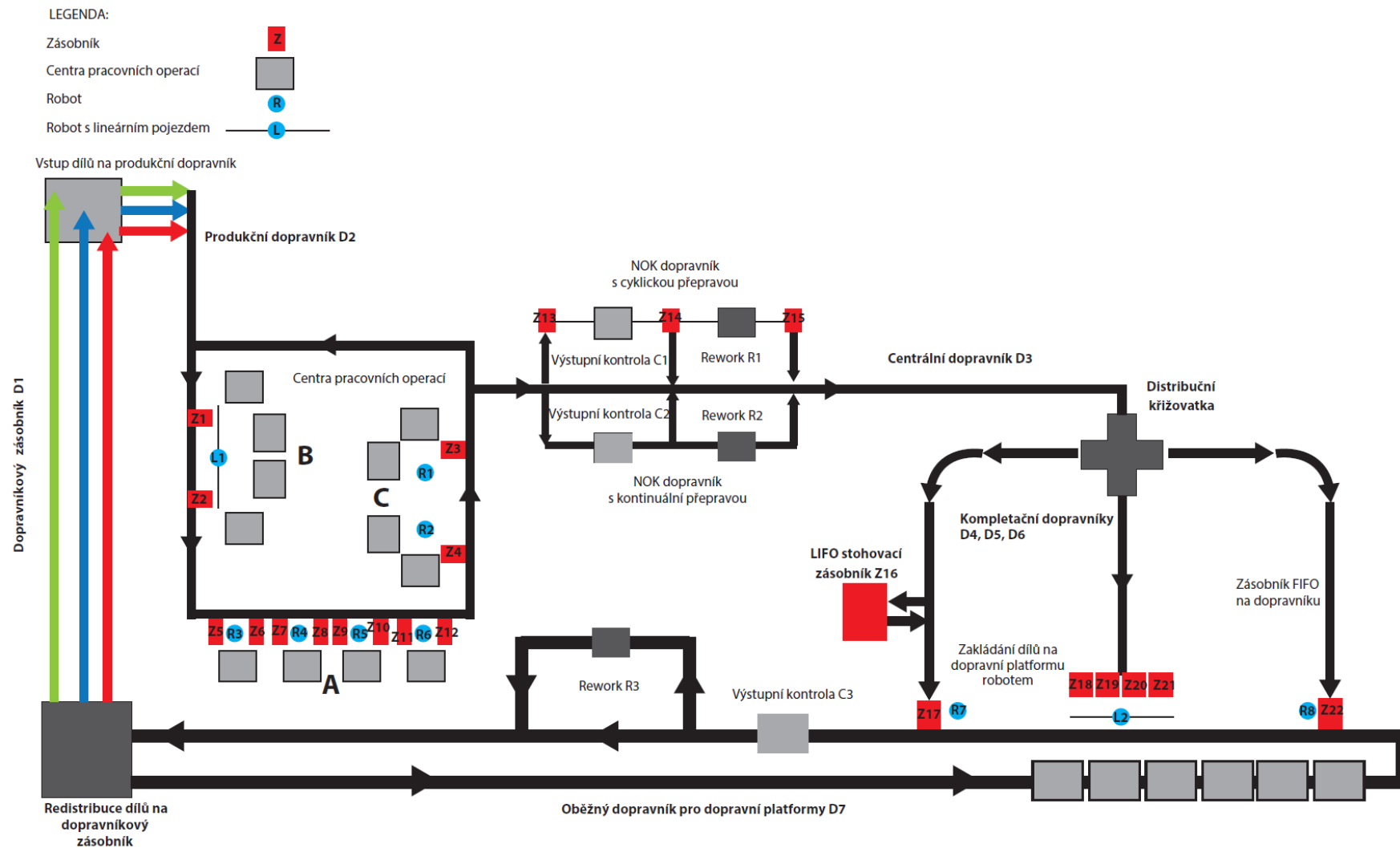
Testbed IDL (viz **Obr. 1**) musí zajišťovat následující základní funkce.

- Konfigurace výrobku a způsob jeho kompletace bude zvolena na začátku výrobního cyklu pomocí grafického uživatelského rozhraní na operátorském panelu a na mobilním zařízení typu tablet („konfigurace produktu“).
- U všech zásobníků, včetně dopravníkových, bude možnost definovat jejich skladovací kapacitu.
- Na začátku cyklu budou na **Dopravníkovém zásobníku D1** připraveny barevné díly opatřené unikátním identifikátorem – QR kódem nebo RFID čipem.
- Identifikace dílu umožní definovat hmotnost, barvu, OK či NOK status dílu.

- Díly budou příslušným mechanismem přesunuty z **Dopravníkového zásobníku D1** na **Produkční dopravník D2**.
- Každý dílčí dopravník **Dopravníkového zásobníku D1** má svůj mechanismus k přesunu dílů na **Produkční dopravník D2**.
- **Produkční dopravník D2** dopraví díly do **Centra pracovních operací A, B, C**.
- Řídicí systém ověří, které z pracovišť **Centra pracovních operací A, B, C** má volnou výrobní kapacitu a tomuto pracovišti přidělí zpracování zakázky, tzn., dopraví díly danému předávacímu místu a zasune je do příslušného vstupního zásobníku, přemístí díl ze zásobníků pomocí robotů L1 nebo R1 až R6 do center pracovních operací a spustí sadu definovaných operací.
- Upravený díl je opět příslušným robotem (**L1, R1 až R6**) přemístěn na příslušný výstupní zásobník, odkud je přesunut na **Produkční dopravník D2** se statusem OK či NOK díl.
- Upravený díl se statusem OK či NOK dílu je přesunut na **Centrální dopravník D3** a prochází **Výstupní kontrolou C1** nebo **Výstupní kontrolou C2**.
- **Výstupní kontroly C1** a **Výstupní kontroly C2** testují díly dle zadaného klíče (všechny díly, namátkově, každý x-tý, v % vyjádření, aj.).
- Výstupní kontrola spočívá v ověření vlastností dílů (OK či NOK statusu).
- Doprava na **Výstupní kontrole C1** probíhá cyklicky, kde kontrolované díly jsou z **Centrálního dopravníku D3** umístěny do vstupního zásobníku **Z13** a cyklicky pracujícím dopravníkem dopraveny ke kontrole. Díly s OK statusem jsou poté přemístěny zpět na **Centrální dopravník D3**. Díly s NOK statusem jsou umístěny do zásobníku **Z14** a poté cyklicky dopraveny na pracoviště **Reworku R1**, kde získají OK status a jsou cyklicky uloženy do výstupního zásobníku **Z15**, odkud jsou poté přemístěny na **Centrální dopravník D3**.
- Doprava na **Výstupní kontrole C2** probíhá kontinuálně, kde kontrolované díly jsou z **Centrálního dopravníku D3** umístěny na kontinuálně pracující dopravník a dopraveny ke kontrole. Díly s OK statusem jsou příslušným mechanismem poté přemístěny zpět na **Centrální dopravník D3**. Díly s NOK statusem jsou dopraveny na pracoviště **Reworku R2**, kde získají OK status a poté přemístěny na **Centrální dopravník D3**.
- **Distribuční křižovatka** rozdělí díly z **Centrálního dopravníku D3** na **Kompletační dopravníky D4, D5 a D6** dle zadaného klíče nebo automaticky řídicí systém ověří, který z **Kompletačních dopravníků D4, D5 či D6** má volnou skladovací kapacitu.
- **Kompletační dopravník D4** má celkovou skladovou kapacitu složenou ze skladové kapacity **LIFO stohovacího zásobníku Z16**, zásobníku **Z17** a vlastní skladovací kapacity dopravníku **D4**.
- **Kompletační dopravník D5** má celkovou skladovou kapacitu složenou ze skladové kapacity zásobníků **Z18 až Z21** a vlastní skladovací kapacity dopravníku **D5**.
- **Kompletační dopravník D6** má celkovou skladovou kapacitu složenou ze skladové kapacity zásobníku **Z22** a vlastní skladovací kapacity dopravníku **D6**.
- Na začátku cyklu budou na **Oběžném dopravníku pro dopravní platformy D7** připraveny prázdné dopravní platformy opatřené unikátním identifikátorem – QR kódem nebo RFID čipem.
- Identifikace dopravní platformy umožní definovat hmotnostní (nosnost) a kusovou kapacitu každé platformy.
- Na základě konfigurace produktu zakládací roboti **R7, L2 a R8** vyskladní ze zásobníků **Z17 až Z22** díly zvoleného produktu a umístí je na dopravní platformy.
- Bude provedena **Výstupní kontrola C3** tak, že dopravní platforma obsahuje všechny požadované díly a získá tak status OK dopravní platformy nebo neobsahuje všechny požadované díly a získá NOK status dopravní platformy. Dopravní platformy s OK statusem

pokračují dále na **Redistribuci dílů na dopravníkový zásobník** a dopravní platformy s NOK statusem jsou odebrány příslušným mechanismem na **Rework R3**, kde jsou doplněny příslušným počtem a typem dílu a získávají OK status a pokračují dále na **Redistribuci dílů na dopravníkový zásobník**.

- Kompletní vedení skladového hospodářství bude realizováno MES systémem.
- Řídicí a informační systém bude archivovat veškeré výrobní informace produktu v databázovém úložišti a bude schopen je dále poskytovat ke zpracování do vyšších informačních vrstev.
- Systém bude provozován v nepřetržitém provozu, automatický režim výrobních operací bude spuštěn minimálně 24x za den.
- Systém bude provozován v uzavřeném cyklu bezobslužně tzn. bez nároků na přítomnost a zásahy obsluhy.
- Automatická montáž výrobku v tzv. módu „demonstračním“ bude probíhat v automaticky spouštěném pravidelném cyklu, bude zcela nezávislá na přítomnosti obsluhy a tento mód bude volitelným režimem ovládacího systému.



Obr. 1 – Příkladová topologie Testbedu IDL

I.2. Konkrétně linku tvoří tyto části:

Viz Obr. 1:

- **Dopravníkový zásobník D1** – je složen ze 3 dopravníků, kde na začátku dopravníkového zásobníku zajišťujeme řízenou redistribuci dílů dle barev v požadovaném taktu. Díly jsou na Dopravníkovém zásobníku D1 směřované na Produkční dopravník D2.
- **Produkční dopravník D2** spojuje centra pracovních operací a zajišťuje dopravu dílů v rámci Center pracovních operací A, B, C.
- **Centra pracovních operací A, B, C** – jsou tvořena 3 centry, kdy každé centrum tvoří vždy 4 pracoviště, která simulují provádění výrobních operací. Jednotlivá centra se od sebe liší počtem obsluhujících robotů. **Centrum pracovních operací A** má 4 roboty (R3, R4, R5, R6), kdy každý robot obsluhuje jedno pracoviště. **Centrum pracovních operací B** má 1 robota na lineárním pojezdu (L1), který musí zvládnout obsluhu všech 4 pracovišť. **Centrum pracovních operací C** má 2 roboty (R1, R2), kdy každý z nich obsluhuje dvě pracoviště. U každého robota je zásobník na vstupní materiál a zásobník na výstupní materiál. Vstup a výstup z Produkčního dopravníku D2 do vstupních a výstupních zásobníků (Z1 až Z12) je řízený automatizovaný proces.
- **Vstupní a Výstupní zásobníky Z1 až Z12** – slouží k uskladnění minimálně 1/6 z celkového počtu dílů, minimálně jeden zásobník je s funkcí FIFO (First In First Out).
- **Centrální dopravník D3** – který slouží k odebrání veškeré zpracované produkce z center pracovních operací a směřuje ji na Distribuční křižovatku.
- **Pracoviště výstupní kontroly C1 a C2** – dvě pracoviště výstupní kontroly, která jsou umístěná souběžně s Centrálním dopravníkem D3 provádějí kontinuální (každý díl), anebo namátkovou výstupní kontrolu dílů (dle zadaného klíče), které rozdělují na OK a NOK díly. Každé pracoviště výstupní kontroly má svůj dopravník a mechanismus, který odebírá a následně i vrací díly na Centrální dopravník D3. Pracoviště Výstupní kontroly C1 má cyklickou přepravu dílů a díly v průběhu přepravy skladuje na vstupu v zásobníku Z13, OK díly se z výstupní kontroly vrací rovnou na Centrální dopravník D3 a NOK díly se skladují v zásobníku Z14. Pracoviště Výstupní kontroly C2 má kontinuální přepravu dílů.
- **Vstupní a Výstupní zásobníky Z13 až Z15** – slouží k uskladnění NOK dílů.
- **Rework R1 a R2 pro NOK díly**, včetně dopravníků a mechanismu na vrácení opravených dílů na Centrální dopravník D3. Rework R1 navazuje na výstupní kontrolu C1 a pracuje také v cyklickém dopravním módu, což znamená, že cyklický pracující dopravník odebírá NOK díly ze zásobníku Z14 a jako opravený kus jej skladuje v zásobníku Z15, ze kterého je zpět vrácen na Centrální dopravník D3. Rework R2 navazuje na Výstupní kontrolu C2 a pracuje v kontinuálním módu, kde opravené kusy vrací také na Centrální dopravník D3. Rework R1 a R2 slouží ke změně statusu NOK dílů na status OK dílů.
- **Distribuční křižovatka** – plně automatizované zařízení, které umožňuje dle zadaného klíče nebo dle volné skladovací kapacity Kompletačních dopravníků D4, D5, D6 rozdělovat díly z 1 vstupu na 3 různé výstupy (různé typy skladů) a dopravovat je pomocí Kompletačních dopravníků D4, D5 a D6.
- **Kompletační dopravníky D4, D5 a D6** – kompletační dopravník D4 plní funkci dopravní a skladovací, když část dílů dopravuje, přemístí a skladuje v LIFO stohovacím zásobníku Z16, další část dílů dopravuje, přemístí a skladuje v zásobníku Z17 a zbytek dílů je uskladněn na samotném Kompletačním dopravníku D4. Kompletační dopravník D5 plní funkci dopravní a skladovací, když část dílů dopravuje, přemístí a skladuje v zásobnících Z18 až Z21 a zbytek dílů je uskladněn na samotném Kompletačním dopravníku D5. Kompletační dopravník D6 plní

funkci dopravní a skladovací, když část dílů dopravuje, přemístí a skladuje v zásobníku Z22 a zbytek dílů je uskladněn na samotném Kompletačním dopravníku D6.

- **Zásobníky Z17 až Z22** – slouží k uskladnění minimálně 1/6 z celkového počtu dílů, minimálně jeden zásobník je s funkcí FIFO a jeden zásobník je s funkcí LIFO.
- **LIFO stohovací zásobník Z16** na vyrobenou produkci – umožňující stohování dílů logistickou metodou LIFO (Last In First Out).
- **Robotická pracoviště R7, R8 a L2** slouží k zakládání dílů na dopravní platformy – zajišťují robotické zakládání 1 až 4 dílů na dopravní platformu. Kompletační roboti zakládají díly na každou dopravní platformu podle individuálního zadání z nadřazeného systému.
- **Oběžný dopravník pro dopravní platformy D7** – zajišťuje přepravu dopravních platform s díly z kompletace robotickým pracovištěm (R7, L2, R8) na poslední pracoviště, kterým je Redistribuce dílů na dopravníkový zásobník a přepravu prázdných dopravních platform zpět na kompletaci robotickým pracovištěm k dalšímu zakládání dílů.
- **Pracoviště výstupní kontroly C3** – ověří správnost a kompletnost kompletace dílů na dopravních platformách a rozdělí dopravní platformy s díly na OK a NOK. OK dopravní platformy postupují dále na oběžném dopravníku D7 k redistribuci. NOK dopravní platformy jsou zaslány na Rework R3.
- **Rework pro NOK dopravní platformy R3**, vč. dopravníku a mechanismu na vrácení opravených dopravních platform na oběžný dopravník D7. Rework R3 slouží ke změně statusu NOK dopravních platform na status OK dopravních platform.
- **Redistribuce dílů na dopravníkový zásobník** – má za úkol depaletizovat díly z dopravních platform a automatizovaně rozdělít díly podle barev a umístit jednotlivé barvy podle barev na příslušné dopravníky Dopravníkového zásobníku D1.

I.3. Stručný popis modelu

Celý proces výroby začíná **Vstupem dílů na Dopravníkový zásobník D1**, který tvoří tři dopravníky se 3 barvami dílů. Ty simulují vstupní materiál, který se bude dále opracovávat a kompletovat. Každý díl má své identifikační označení QR kódem nebo RFID čipem, ze kterého jsme schopni zjistit jeho základní vlastnosti (lze přiřadit informaci o barvě, tvaru, hmotnosti, zdali má status OK nebo NOK materiálu a jeho unikátní identifikaci). Můžeme tak každý díl individuálně sledovat při průchodu celou linkou.

Vstupní materiál je vydáván do oběhu na **Produkční dopravník D2**, který vede oběžným způsobem kolem **Center pracovních operací A, B, C**. Každé centrum pracovních operací tvoří vždy 4 pracoviště, přičemž jednotlivá centra se od sebe liší počtem obsluhujících robotů. **Centrum pracovních operací A** má 4 roboty (R3, R4, R5, R6), kde každý robot obsluhuje pouze jedno pracoviště. **Centrum pracovních operací B** má 1 robota na lineární pojezdu (L1), kde jeden robot obsluhuje 4 pracoviště. **Centrum pracovních operací C** má 2 roboty (R1, R2) obsluhující každý 2 pracoviště. Opracovaný díl putuje na **Centrální dopravník D3**, který vede přes **Výstupní kontroly C1 a C2** do **Distribuční křižovatky**. Zde podle zadaného klíče bude produkce rozdělena na tři různé **Kompletační dopravníky D4, D5 a D6**, ze kterých budou dle zadání odebírané zakládací roboty R7, R8 a L2 na dopravní platformu. Po založení 1 až 4 dílů na dopravní platformu, putují dopravní platformy na **Výstupní kontrolu C3** a na **Redistribuci dílů na dopravníkový zásobník**.

I.4. Další aspekty díla

Hlavní prioritou Testbedu IDL je demonstrace nejnovějších technologií a principů Průmyslu 4.0. Dílo se musí vyznačovat vysokou technickou úrovní a funkční spolehlivostí. Velmi důležitým aspektem

je propojení produkčního systému na vyšší informační vrstvy typu MES (Manufacturing Execution System), cloudové systémy pro sběr dat. Zhotovitel zajistí řídicí a informační vrstvy do úrovně MES systému a rozhraní pro přenos dat do cloudové vrstvy.

Zhotovitel je povinen budovat dílo podle standardních pravidel a postupů projektového managementu. Postup bude zahrnovat průběžné konzultace v postupu prací a návrhu systému a ve fázi výstavby systému kontrolní dny s objednatelem na týdenní bázi tak, aby bylo zajištěno dodání díla v plném souladu s předloženou technickou specifikací a technologickou konfigurací, vč. plnění definovaných technických parametrů a kritérií. Výsledné dílo bude objednatelem převzato jen a pouze v takové podobě, která bude plně odpovídat formě kompletního a funkční celku, odladěného výrobního systému vč. aplikačního testu funkčního výrobního cyklu s fungující IT infrastrukturou a řídicím systémem s připojenými datovými uložišti a datovými toky.

Vyrobený produkt musí být vyroben a otestován vč. výstupního reportu o správnosti provedení a výsledné funkcionalitě. Hlavní náročnost díla spočívá v precizním zvládnutí implementovaných technologií, v návrhu vyspělého řízení a vzájemné funkční komunikaci všech technologií a nových metodik Průmyslu 4.0. Klíčovým prvkem takové koncepce bude demonstrace těchto přístupů. Další klíčovou vlastností systému je veškeré traceability, komplexní sběr a záznam dat, a to jak v úrovni provozních, výrobních a diagnostických vč. např. detailního záznamů o průběhu životního cyklu produktu, jeho výroby.

Dodaný výrobní systém musí být navržen a funkčně odladěn. Během průběžného vývoje bude harmonogram projektu procházet standardními projektovými fázemi, kontrol plnění milníků jednotlivých etap projektu vč. FAT testů (funkční aplikační testy u zhotovitele) a po zprovoznění na místě implementace kompletními SAT testy (kompletní testy u objednatele po instalaci systému). Součástí fáze uvedení do provozu bude požadováno realizovat zahořovací zkušební provoz v intervalu stanoveném na 12 hodin bezporuchového provozu běžícího výrobního cyklu. Předmětem testování a zkušebního provozu bude také ověření veškeré funkcionality řídicích vrstev a nadřazených informačních systémů vč. databázových aplikací.

1.5. Legislativní požadavky

Dílo musí splňovat veškeré požadavky vyžadované platnou legislativou. Dílo musí být realizováno v souladu se zákonem 22/1997 Sb. v platném znění a dalšími souvisejícími předpisy, nařízeními vlády a českými technickými normami. Realizace díla bude probíhat v souladu a dle pokynů objednatele.

Projektová dokumentace bude zpracována samostatně pro jednotlivé inženýrské objekty a pro technologická zařízení do rozsahu dodavatelské (realizační) dokumentace. Realizační dokumentace objektů nebo zařízení je dokumentace zpracovávaná zhotovitelem, resp. její části, obsahující zejména dílenské a výrobní výkresy sloužící k realizaci objektů nebo zařízení.

Pro realizované řešení zhotovitel dodá kompletní výkresovou elektrickou i mechanickou dokumentaci v elektronické podobě. Pro návrh elektrické i mechanické dokumentace musí zhotovitel použít standardní CAD/CAE systémy. Součástí dokumentace strojírenských a elektro částí budou soubory v univerzálním STEP formátu + ve formátu CAD/CAE systému, ve kterém je dokumentace vytvořena. Kompletní dokumentace bude také ve formátu pdf.

Zadavatel hodlá využít dodanou projektovou dokumentaci k výuce studentů Fakulty strojní VŠB-TUO. Cílem je praktické využití a demonstrace pečlivě zpracované dokumentace, která umožňuje studentům vysvětlit proces samotného vzniku a následné správy dokumentace dané robotizované linky a celkové technologie zakomponované v dané stavbě.

Dokumentace musí mimo požadavků na věcný obsah splňovat i požadavky, které jsou kladeny na její technické a grafické provedení a to především:

- Forma zpracování tak, aby bylo dokumentaci možné využít ve výuce studentů Fakulty strojní VŠB-TUO.
- Racionální archivace a snadná provozní manipulace.
- Opětovná reprodukovatelnost s možností jednoduchých úprav a doplnění.
- Použitelnost pro zpracování navazujících druhů dokumentace.
- Kvalitní grafické zpracování, jednotný styl, přehlednost a systematičnost.

Dodaná dokumentace bude obsahovat kompletní výkresovou dokumentaci a specifikace navržených experimentálních pracovišť s roboty, popis pracovišť a použitých periférií. Základní rozsah jednotlivých oborových částí dokumentace musí vždy minimálně obsahovat:

- A Průvodní zpráva.
- B Souhrnná technická zpráva.
- C Situační výkresy.
- D Dokumentace technických a technologických zařízení.
- E Dokladová část.

Klíčové části dokumentace jsou:

- Přehledné dispoziční schéma technologie (rozmístění technologie, rozmístění jednotlivých rozváděčů, kabelové trasy, inženýrské sítě).
- Přehledné schéma vzájemných funkčních vazeb celé technologie.
- Posouzení rizik.
- Návrhy a ideová schémata zapojení systémů bezpečnostních obvodů.
- Schéma napojení technologie na dodávku elektrické energie.
- Jednopolová schémata.
- Obvodová elektrotechnická schémata.
- Další schémata (kinematická, hydraulická, pneumatická, energetická apod.).
- Návrhy rozváděčů – rozmístění komponentů v rozváděči.
- Výpisy specifikací – seznam materiálů (přístroje, motory, instrumentace apod.), seznam kabelů, seznam konektorů a svorkovnic, zapojovací schémata svorkovnic, přehledová schémata PLC karet, přehled proměnných PLC apod.
- Textová dokumentace – rozsah a formáty (textové dokumenty, seznamy, tabulky, výpočty apod.)
- Grafické dokumentace – rozsah a formáty (výkresy, schémata, vývojové diagramy, grafy, fotodokumentace, video, audio záznam apod.)
- Kompletní dokument management systém – provázanost všech dokumentů, propojení dokumentace s technologií.
- Dokumentace elektro, ŘS a MaR návrhu linky a souvisejících technologií.
- Dokumentace skutečného stavu (všechny výše uváděné dokumenty).

Součástí dodávky bude:

- Kompletní technická dokumentace strojní části Testbed IDL ve formě 3D CAD modelů, zdrojových dat těchto modelů a příslušného popisu.
- Virtuální návrh koncepce Testbedu IDL označovaný jako digitální dvojče.
- Kompletní technická dokumentace.
- Veškerá technická elektro dokumentace Testbed IDL zpracovaná ve vhodném inženýrském nástroji.

- Funkční analýza Testbed IDL, která bude zpracovaná ve spolupráci se zadavatelem.
- Veškeré vytvořené programové vybavení a jeho zdrojové kódy. Veškerý programový kód bude důsledně komentovaný.

I.6. Bezpečnost, analýza a posouzení rizik

Model plně automatizované továrny je určený pro výuku na vysoké škole. Dodavatel proto musí linku zabezpečit tak, aby k ní mohla mít přístup i laická veřejnost. Je nezbytné zajistit zakrytování všech míst, kde vedou el. rozvody, přívody energií a kde jsou umístěny pohony dopravníků, případně další technologické uzly a vybavení. Roboti i dopravníky na výukové lince musejí být zabezpečeny ochranou proti náhodnému kontaktu se studenty. Přímou na lince musí být minimálně jedno tlačítko TOTAL STOP.

Velice důležité ze strany zhotovitele této výrobní linky bude v úvodu návrhu řešení zpracovat precizní analýzu rizik. V plném souladu s výstupy této analýzy speciálně bude návrh a realizace řešení zajišťující plnou funkční bezpečnost pro jednotlivé subsystémy Testbedu IDL. Vypracování detailní analýzy a posouzení rizik bude součástí projektové dokumentace. Z pohledu bezpečnosti musí být celé dílo (systém) realizováno v souladu s příslušnými zákony, nařízeními vlády a normativními předpisy. V této souvislosti je nutné také dodat veškeré dokumenty týkající se požadavků na bezpečný provoz a používání strojů, technických zařízení, přístrojů a nářadí. Kromě jiného je třeba zajistit tyto minimální bezpečnostní požadavky:

- hladina hluku v prostoru výrobní linky < 70 dB,
- bezpečnostní opatření, které přispívají k omezení výkonu a síly.

I.7. Základní popis a situační schéma

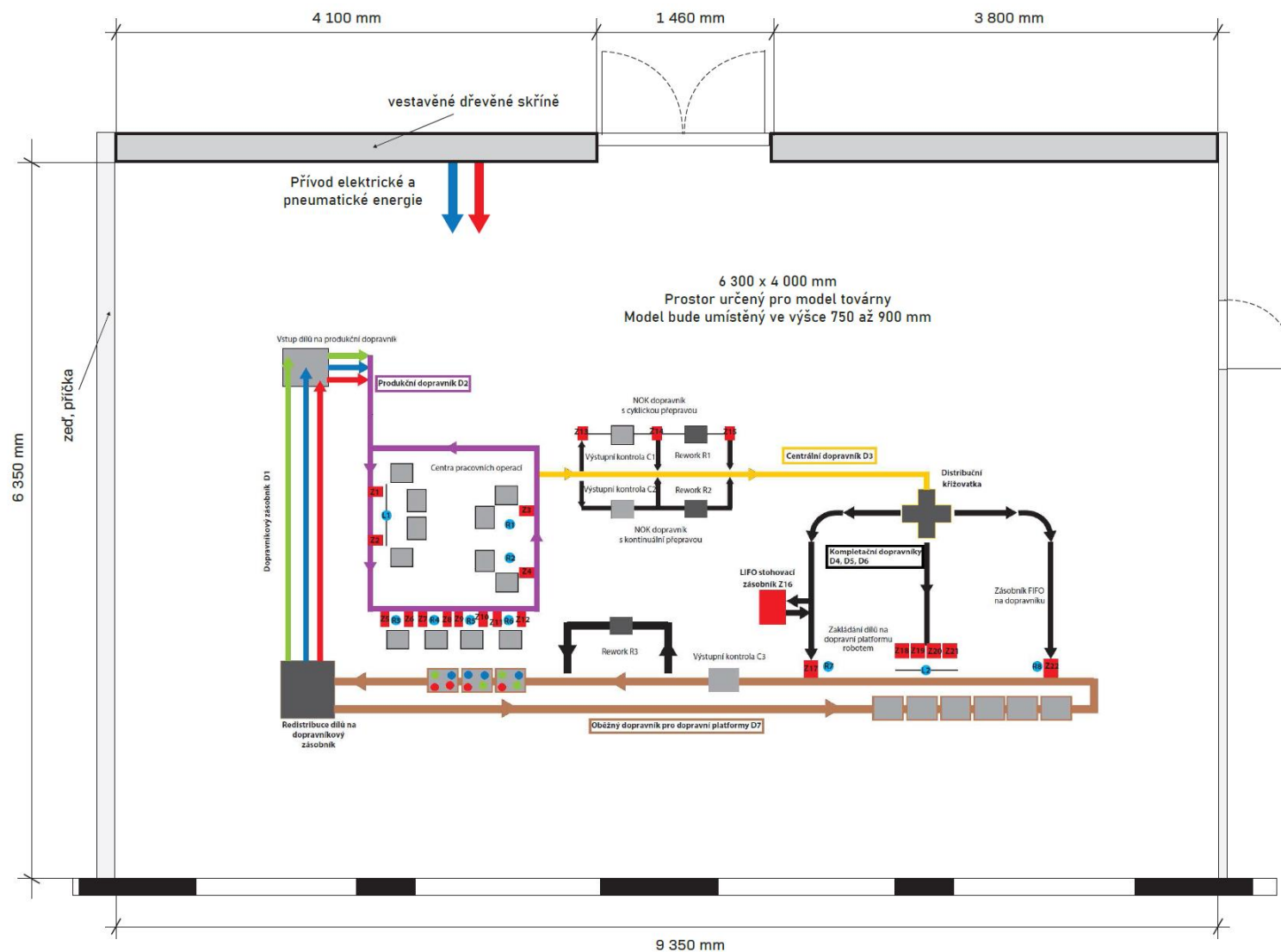
Celý fyzický Testbed IDL (viz **Obr. 2**) se musí vejít do prostoru vymezeného rozměry 6 300 x 4 000 mm. Model linky musí být dobře přístupný ze všech 4 stran. Veškerá kabeláž a napájení bude vedeno z kabelového koridoru v podlaze, který prochází středem místnosti, kde bude linka instalovaná. Model bude umístěn ve výšce 750 až 900 mm nad podlahou.

Co se strojního vybavení týče a implementovaných technologií, musí zhotovitel realizovat dílo tak, aby výsledný koncept umožnil aplikaci všech definovaných operací a funkcí.

Je nutno dodržet splnění podmínky, kdy jednotlivé funkční celky na sebe navazují a plně spolupracují v napojení na řídicí systém, aplikační servery, centrální databázový systém a další softwarové prostředky vyšších řídicích a informačních vrstev.

Testbed IDL musí být navržen tak, aby bylo možné jej dopravit a nainstalovat do požadovaného prostoru při respektování všech stavebních omezení budovy:

- Prostupy dveřmi pro dopravu zařízení na místo instalace – průchozí rozměry dveří jsou **1,3 m x 2,2 m**.
- Max. výška Testbedu IDL může být **2,9 m**.



Obr. 2 – Situační schéma Testbedu IDL

I.8. Vstupní materiál

Vstupní materiál tvoří díly a dopravní platformy. Díly jsou vyrobené z pevného trvanlivého materiálu ve třech barvách. Každý díl je označený jedinečným QR kódem/RFID čipem pro načítání a sledování jeho pohybu v lince. Dopravní platformy jsou z lehkého, ale trvanlivého a pevného materiálu. Každá dopravní platforma je označená jedinečným QR kódem/RFID čipem pro načítání a sledování jejího pohybu v lince. Slouží k umístění až 4 dílů do jedné dopravní platformy. Dodavatel musí zajistit dodání takového množství vstupního materiálu, které umožní plnit všechny požadované úlohy.

I.9. Energie a tlaková/podtlaková media

Dodavatel bude mít k dispozici v učebně přípojný bod na třífázovou soustavu 400 V, pro nominální výkon 20 kW. Zapojení linky v učebně od tohoto bodu si zajišťuje dodavatel sám. Na napájení PC, serveru atd. bude mít dodavatel k dispozici klasické zásuvky na 240 V.

Pro použití pneumatických systémů v dodávaném modelu bude součástí dodávky malý, tichý kompresor, vhodný pro použití ve školních prostorách. Rozvody pro vzduch si rovněž zajišťuje dodavatel sám, jako nedílnou součást dodávky díla.

V případě použití podtlakového média pro uchopovací funkci efektorů bude součástí dodávky zdroj podtlaku.

I.10. Další nezbytné vybavení dodávky

1 ks server vč. záložního zdroje a interní sítě pro komunikaci v rámci linky a klientského PC

- **Minimální technické požadavky:**
 - Typ serveru – Tower
 - Procesor: **CPU MARK min. 18.227, Rank max. 483, CPU value min. 34.93**
 - Processor Kit
 - Možnost osazení druhého CPU
 - Interní paměť: 32 GB (1 x 32 GB) 2933MHz RDIMM
 - celkem 12 paměťových slotů na CPU
 - celkem 24 paměťových slotů při osazení obou CPU
 - Grafika: **Passmark G3D Mark min. 46, Rank max. 2098**
 - Síť: 1Gb Ethernet 4 - port Adapter + redundantní síťový zdroj
 - SSD disky pro data a databázi: 1TB
 - HDD disky pro zálohu: 3TB
 - Řadič pro servery: připojení jednotek bez obsazení PCIe slotu, podpora SAS a PCIe 3.0 až 12 Gb/s, podpora RAID 0, 1 (mirroring), 5 (striping), 10 (mirroring) a SDS; 8 interních SAS tras, 2 GB Cache, 2x interní Mini-SAS port, podpora pro 238 fyzických a 64 logických disků.
 - Napájecí serverový zdroj: min. 800 W s redundantním zdrojem
 - Vzdálená cloudová správa s funkcemi: např. vzdálený reset serveru, vzdálené zapnutí serveru, vzdálená systémová konzole s licencí pro pokročilé funkce, přístup k protokolu IML, SSH vzdálený síťový přístup, dvoufaktorové ověření, vzdálený syslog.
 - Licence OS kompatibilního s Microsoft Windows Server 2022 Standard.
 - Záložní zdroj s výkonem 500 W/750 VA, předpětová ochrana zásuvek, udržení v chodu min. 10 minut

1 ks klientské PC s monitorem a periferiemi

Minimální technické požadavky:

- Procesor: **CPU MARK min. 32,700, Rank max. 158, CPU value min. 155.72**
- Grafika: **Passmark G3D Mark min. 1807, Rank max. 698**
- Interní paměť: 32 GB 3200 MHz včetně chladiče
- SSD disk: 1 TB, rychlost čtení 3500Mb/s, rychlost zápisu 2100 Mb/s
- USB 2.0 min. 2
- USB 3.1 min. 4
- USB-C min. 2
- HDMI výstup min. 2
- Bluetooth
- DVD RW optická mechanika
- Bezdrátová klávesnice s myší
- Zdroj s chlazením – min. 450 W
- OS: Windows 11 s licencí
- LED monitor, 24'', rozlišení 1920 x 1210, kontrastní poměr 1000:1, jas 300 cd/m2, doba odezvy 8ms, 1x HDMI, 3x USB 3.0, výškově nastavitelný stojan
- Záložní zdroj s výkonem 500 W/750 VA, předpětová ochrana zásuvek, udržení v chodu min. 10 minut
- Síťový switch, 8x1Gbps + 2xSFP sloty, min. 20Gbps přepínací kapacita, cloudový přístup, webové rozhraní

1 ks Programovatelný logický automat

1 ks Centrální rozvaděč pro celou linku

1 ks Zdroj tlaku/podtlaku určený pro vnitřní prostory (snížená hluková zátěž)

II. Řídící systém a další systémové nástroje

II.1. Programové vybavení

Programové vybavení pro obsluhu výukové linky se skládá ze dvou částí: klientský software a serverový software. Řízení linky bude realizováno v ose klientský software, server, OPC server, PLC a fyzická linka. Mezi jednotlivými prvky musí být zajištěna dostatečná a spolehlivá konektivita.

Klientský software poběží na běžném kancelářském počítači formou webové aplikace a bude sloužit jako uživatelské rozhraní pro studenty a pedagogy. Poběží v dnes běžně používaných webových prohlížečích. V tomto výukovém systému jsou nastavené tři uživatelské role:

- Administrátor,
- Pedagog,
- Student.

Serverová část softwaru bude nainstalována na serverovém OS (kompatibilní s Microsoft Windows) a skládá se z databáze kompatibilní s Microsoft SQL Express (v poslední verzi) a web serveru kompatibilní s Microsoft Internet Information Services (v poslední verzi).

II.2. Minimální požadavky na Hardware

Pro klienty a serverovou část jsou minimální hardwarové nároky uvedené v kapitole I.10.

III. Virtuální sklad

Je modul pro testování možností skladové logistiky prostřednictvím 3D virtuálního modelu skladu materiálu a 3D virtuálního modelu skladu hotových výrobků. Díky tomuto modulu můžeme překročit hranice fyzického modelu a simulovat procesy, které předcházejí zahájení výroby, tj. naskladnění a výdej materiálu a procesy, které následují po ukončení výroby, tj. skladování hotových výrobků a jejich expedici dle požadavků z obchodního modelu.

Minimální požadavky:

- 3D vizualizace různých typů skladovacích prostor, nejméně 3 modely skladu HV a 3 modely skladu materiálu, které si může uživatel volitelně nahrát.
- Synchronizace virtuálního skladu s fyzickým chodem linky. Používáme reálná data z toku materiálu na lince.
- Online sledování skladů. Aktuální dění ve skladech můžete sledovat on-line na monitoru.

IV. Parametrický modul

Jeho prostřednictvím pedagog nastavuje základní parametry jak v chování linky, tak pro obchodní, nebo ekonomicko-statistický modul. V posledně zmiňovaném určuje základní vstupy pro ekonomické modelování chodu automatizované továrny.

IV.1. Parametrický modul – příklady nastavení

- Rychlosti jednotlivých dopravníků.
- Kapacitu jednotlivých zásobníků.
- Cycle time strojů.
- Variabilní náklady na kus.
- Fixní náklady na kus.
- Nastavení periody servisů a poruch.
- Náklady na zmetky.
- Dostupnost zdrojů.
- Cena lidské práce.

V. Modul – MES systém

Představuje v požadovaném modelu informační systém, jehož primárním cílem je řízení výroby. Modul poskytuje informace umožňující optimalizovat výrobní aktivity počínaje odesláním výrobního požadavku a konče finálním produktem. Poskytuje operativní informace pro okamžité řízení výrobních procesů.

Prostřednictvím modulu učíme studenty:

- Garantovat termíny plnění zakázek.
- Optimalizovat stav výroby.
- Optimalizovat logistické procesy.
- Zkrátit dobu průchodu výrobku výrobou na minimum.
- Snižovat náklady na výrobu jednoho kusu.

MES systém bude zajišťovat zejména:

- Veškeré nadřazené řízení Testbedu IDL.
- Sledování skladu (zásobníků) a řešení skladového hospodářství.

- Sledování objednávek, vyrobených produktů a jejich historii.
- Sledování toku všech dílů.
- Sledování historie všech výrobních operací.

VI. Ekonomicko-statistický modul

Tento modul můžeme rozdělit na následující 2 podsystémy

VI.1. Výrobní statistiky

Výrobní statistiky budou zahrnovat přehledy všech reálně naměřených a získaných dat z provozu fyzického modelu Testbedu IDL, jako jsou časy jednotlivých operací, délka celého výrobního cyklu, nucené odstávky (ve špatně nakonfigurovaném prostředí budou probíhat kolize) atd.

VI.2. Souhrnné statistiky a ekonomické analýzy

Souhrnné statistiky a ekonomické analýzy tvoří předdefinovanou nadstavbu, pro interpretaci dat získaných v předchozích dvou podsystémech.

Minimální požadované výstupy:

- Plánování zásob.
- Plánování skladování hotových výrobků.
- Ekonomické výsledky.
- Plánování údržby.
- Počítání zmetkovitosti.
- Průmysl 4.0 – výrobní linka automotive.
- Dávková výroba.
- Plánování Just In Time.
- Výběr výrobní technologie (ruční, robotická, robotická na lineárním pojezdu).
- Plánování výrobních dávek.

VII. Obchodní modul

Slouží zejména pedagogovi pro definování „obchodních požadavků“ na vyráběnou produkci v plně automatizované továrně. Možnosti jsou velmi široké, a to jak ve skladbě a složitosti poptávaného sortimentu, tak v požadavcích na termín dodání. Součástí obchodního modulu je i řízení virtuálního expedičního skladu, včetně dopadu různých variant skladování do hospodaření plně automatizované továrny.

VIII. Závěrečná sumarizace

Název položky	ks	roboti	dopravníky	zásobníky
FYZICKÝ MODEL	1	10	14	22
Vstup dílu na Produkční dopravník D2	3			
<i>Dopravníkový zásobník D1</i>	3		3	
Centrum pracovních operací A	1			
<i>robot R3, R4, R5, R6</i>	4	4		
<i>zásobník vstupní Z5, Z7, Z9, Z11</i>	4			4
<i>zásobník výstupní Z6, Z8, Z10, Z12</i>	4			4
<i>výrobní pracoviště</i>	4			
Centrum pracovních operací B	1			
<i>robot L1</i>	1	1		
<i>lineární pojezd</i>	1			
<i>zásobník vstupní Z1</i>	1			1
<i>zásobník výstupní Z2</i>	1			1
<i>pracoviště</i>	4			
Centrum pracovních operací C	1			
<i>robot R1, R2</i>	2	2		
<i>zásobník vstupní Z4</i>	1			1
<i>zásobník výstupní Z3</i>	1			1
<i>pracoviště</i>	4			
Produkční dopravník D2	1		1	
Centrální dopravník D3	1		1	
Výstupní kontrola C1	1			
<i>zásobník vstupní Z13 kontroly C1</i>	1			1
<i>cyklická přeprava výstupní kontroly C1</i>	1		1	
Reworky R1	1			
<i>zásobník výstupní Z14 reworku R1</i>	1			1
<i>cyklický dopravník na NOK kusy reworku R1</i>	1		1	
<i>zásobník výstupní Z15 reworku R1</i>	1			1
Výstupní kontrola C2	1			
<i>dopravník na výstupní kontrolu C2</i>	1		1	
Reworky R2	1			
<i>dopravník na NOK kusy reworku R2</i>	1		1	
Distribuční křižovatka	1			
Kompletační dopravníky D4, D5, D6	3		3	
LIFO stohovací zásobník Z16	1			1
Zakládání dílů na dopravní platformu robotem R7, L2, R8	3	3		
<i>zásobníky Z17, Z18, Z19, Z20, Z21, Z22</i>	6			6
Oběžný dopravník pro dopravní platformy D7	1		1	

Výstupní kontrola C3	1			
Reworky R3	1			
<i>dopravník na NOK kusy reworku R3</i>	1		1	
Redistribuce dílů na dopravníkový zásobník	1			
Vstupní materiál díly – sada	1			
Dopravní platformy – sada	1			
Server	1			
Klientské PC s monitorem a periferie	1			
Displej pro virtuální sklad	2			
VIRTUÁLNÍ SKLAD	1			
PARAMETRICKÝ MODUL	1			
MES SYSTÉM	1			
EKONOMICKO-STATISTICKÝ MODUL	1			
OBCHODNÍ MODUL	1			

Přílohy

Příloha 1.1 – Technická specifikace kompletního systému řešení „Testbed IDL“

Příloha 1.2 – Technická specifikace PC hardware