

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Brno, 2019

Bc. Monika Nevřelová



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

DATOVÁ KONTINUITA V PROJEKTOVÁNÍ

DATA CONTINUITY IN PROJECT DESIGN

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Monika Nevřelová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Mgr. Ing. Pavel Šeda

BRNO 2019

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor **Telekomunikační a informační technika**

Ústav telekomunikací

Studentka: Bc. Monika Nevřelová

ID: 139286

Ročník: 2

Akademický rok: 2018/19

NÁZEV TÉMATU:

Datová kontinuita v projektování

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Práce se bude zabývat datovou kontinuitou a konzistencí v projektování. Bude analyzovat ušetřený čas, náklady a snížení chybovosti prostřednictvím automatizování projekčních činností, předávání dat mezi profesemi, tvorby výrobní dokumentace a výroby samotné.

Cílem práce bude analýza zjednodušení a zautomatizování projekční činnosti napříč obory od zadání investora až po samotný výstup projektu pro výrobu včetně všech náležitostí (sdílení dat pro další profese, modely rozvaděčů, projektová a výrobní dokumentace).

Teoretická část bude zaměřena na efektivní přístup k projektování využívající přístupů Industry 4.0, Industry IoT, OPC foundation a bude diskutovat výhody a nevýhody použití projekčního systému (EPLAN) pro všechny profese a změnová řízení.

V praktické části bude zpracován reálný projekt návrhu a zpracování čistírny odpadních vod, který bude plně využívat platformu EPLAN pro porovnání s konvenčním způsobem projektování, kdy každá profese používá oborový systém a projektová a výrobní data jsou vytvářena ručně. Součástí praktické části bude také ukázka online monitoringu na projektovém zařízení MaR. To bude realizováno distribuovaným měřením pomocí modulu ESP8266. Monitorovací data budou ukládána do SQL databáze a zobrazována na webovém rozhraní.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] GISCHEL, Bernd. EPLAN electric P8: reference handbook. 4th edition. Cincinnati: Hanser Publications, [2016]. ISBN 978-1-56990-498-5.

[2] ESPRESSIF. ESP8266: Technical Reference [online]. , 117 [cit. 2018-09-17]. Dostupné z: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp8266-technical_reference_en.pdf

Termín zadání: 1.2.2019

Termín odevzdání: 16.5.2019

Vedoucí práce: Mgr. Ing. Pavel Šeda

Konzultant: Ing. Jan Daliba (EPLAN Engineering CZ, s.r.o.)

prof. Ing. Jiří Mišurec, CSc.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá zavadením datové kontinuity do projektování. Tato datová kontinuita je zavedena za účelem kopírování filozofie Průmyslu 4.0 již v rané projekční fázi projektu. V práci je rozebrán konstrukční návrh projektu v CAE systému EPLAN a vytvořena analýza časové náročnosti jeho zpracování oproti konvenčnímu návrhu pomocí CAD systémů. V práci je rovněž uveden příklad zavedení Internetu věcí a možnosti jeho využití v rámci průmyslových prostor.

KLÍČOVÁ SLOVA

Průmysl 4.0, Internet věcí, OPC UA, EPLAN, Preplanning, CAD, CAE

ABSTRACT

This work deals with the implementation of data continuity within the project documentation. This data continuity is implemented in order to follow the Industry 4.0 philosophy, already in the early design phase of the project. The project also gives an example of the implementation of the Internet of Things and the possibility of using it in industrial zones.

KEYWORDS

Industry 4.0, IoT, OPC UA, EPLAN, Preplanning, CAD, CAE

NEVŘELOVÁ, Monika. *Datová kontinuita v projektování*. Brno, Rok, 93 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací. Vedoucí práce: Mgr. Ing. Pavel Šeda

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Datová kontinuita v projektování“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušila autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhla nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědoma následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno

.....

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu diplomové práce panu Mgr. Ing. Pavlu Šedovi za vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci.

Dále bych ráda poděkovala Ing. Janu Dalibovi za odborné vedení, konzultace a poskytnutí podnětu k tématu práce. Děkuji rovněž firmě EPLAN ENGINEERING CZ s.r.o. za poskytnutí licencí platformy EPLAN.

Děkuji projektantovi Jiřímu Urbanovi za technickou podporu a odborné konzultace stran projekční činnosti a poskytnutí informací a zkušeností z hlediska časové náročnosti sestavení projektu v CAD systémech.

Brno

.....

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Výzkum popsáný v této diplomové práci byl realizován v laboratořích podpořených z projektu SIX; registrační číslo CZ.1.05/2.1.00/03.0072, operační program Výzkum a vývoj pro inovace.

Brno

.....

podpis autora

OBSAH

Úvod	12
1 Motivace	13
2 Průmysl 4.0	14
2.1 Cíle a základní pilíře Průmyslu 4.0	14
2.2 Základní pojmy v Průmyslu 4.0	16
2.2.1 Kyberneticko-fyzikální systémy	16
2.2.2 Velká data	17
2.2.3 Internet služeb	17
2.2.4 Internet věcí	17
2.3 OPC Foundation	18
2.3.1 OPC DA a OPC HDA	18
2.3.2 OPC UA	18
3 Internet věcí v Průmyslu 4.0	21
3.1 Průmyslový Internet věcí	21
3.1.1 Monitorování podmínek v Průmyslovém IoT	22
3.2 Cloud computing v Průmyslovém IoT	22
4 Implementace IoT do Průmyslu 4.0	25
4.1 Chytrá čidla v Průmyslu 4.0	25
4.1.1 Modul ESP01	25
4.1.2 Měření teploty a vlhkosti pomocí čidla DHT11	27
4.1.3 Spínání ventilátoru pomocí dálkového spínače s relé	29
5 CAD a CAE systémy	31
5.1 Systémy CAD	31
5.2 CAE systémy	32
5.3 EPLAN	32
5.3.1 Electric P8	33
5.3.2 Preplanning	33
5.3.3 Data portal	33
5.3.4 Pro Panel	33
5.3.5 Fluid	33
6 Datová kontinuita v projektování a optimalizace projekční činnosti	35
6.1 Motivace zavedení datové kontinuity	35
6.2 Přínos zavedení systému EPLAN do projekce	35
6.3 Porovnání časové náročnosti návrhu projektu	36
6.3.1 Zadání projektu	37

6.3.2	Příprava materiálů a projekčních podkladů	37
6.3.3	Výroba a instalace technologie	38
6.3.4	Údržba a monitorování technologie	38
6.4	Časová náročnost projekčních prací	38
7	Návrh projektu v systému EPLAN	40
7.1	Postup návrhu projektu v EPLAN	40
7.1.1	Implementace systému EPLAN	41
7.1.2	Jednotlivé kroky ke zpracování projektu	41
7.2	Tvorba struktury projektu dle IEC 61355	44
7.2.1	Analýza časové náročnosti návrhu struktury projektu	46
7.3	Technologické zadání projektu a třídění dle IEC 81346	46
7.3.1	Piping and instrumentation diagram - P&ID	46
7.3.2	Zadání projektu z tabulky	49
7.4	Tvorba maker v systému EPLAN	49
7.4.1	Návrh schématu zapojení v systému EPLAN	52
7.4.2	Návrh PLC	54
7.4.3	Kmenová data	56
7.5	Kabelové trasy a jejich návrh ve Fielsys	67
7.6	Rozmístění v rozvaděči a 3D model rozvaděče	69
7.7	Zpracování externích dokumentů	71
8	Shrnutí	74
8.1	Analýza časové náročnosti pro projekt	74
8.2	Efektivita tvorby konstrukčních výkresů	76
8.3	Datová kontinuita v systému EPLAN a její využití v Průmyslu 4.0	77
8.4	Redukce chybovosti automatizováním projekčních procesů	77
9	Monitorování podmínek v čistírně odpadních vod	79
9.1	Sestavení databáze a skriptů pro odesílání a zobrazování dat z čidla DHT11	80
9.2	Sestavení databáze a skriptů pro ovládání ventilátoru pomocí relé modulu	83
10	Závěr	86
	Literatura	88
	Seznam symbolů, veličin a zkratk	91
	Seznam příloh	92
A	Obsah přiloženého CD	93

SEZNAM OBRÁZKŮ

2.1	Milníky průmyslové revoluce.	14
2.2	Funkce chytré továrny.	15
2.3	Komunikační zásobník OPC UA.	19
3.1	Architektura IoT.	22
3.2	Cloud computing.	23
3.3	Fog computing.	23
4.1	Chytrá čidla v Průmyslu 4.0.	25
4.2	Čidlo ESP.	26
4.3	Připojení modulu ESP01 k síti.	27
4.4	Čidlo DHT11.	28
4.5	Úvodní stránka.	28
4.6	Údaje o teplotě.	29
4.7	Údaje o vlhkosti.	29
4.8	Relé modul.	29
6.1	Životní cyklus výrobku.	36
6.2	Životní cyklus projektu.	37
7.1	Třídící kód druhu dokumentů.	44
7.2	Příklad definování kódových písmen.	44
7.3	Nastavení typu strany.	45
7.4	Nastavená struktura v systému EPLAN.	45
7.5	IEC 81346.	46
7.6	P&ID technologické schéma.	47
7.7	Definování segmentu struktury.	48
7.8	Definování segmentů struktury technologie.	48
7.9	Struktura projektu maker.	49
7.10	Zapojení koncového ventilu - makro.	50
7.11	Šablona segmentů - definice stránkového makra.	50
7.12	Zapojení CV1 pro Vstup filtrované vody.	51
7.13	Porovnání časové náročnosti tvorby schématu zapojení pomocí funkce maker.	52
7.14	Schéma zapojení napájení rozvaděče.	53
7.15	Porovnání časové náročnosti tvorby schématu zapojení.	54
7.16	Schéma zapojení PLC.	54
7.17	Seznam PLC adres.	55
7.18	Porovnání časové náročnosti tvorby schématu zapojení pomocí funkce maker.	56
7.19	Vytvoření formuláře pro snímač.	57
7.20	Konfigurování vlastností pro čidlo.	58
7.21	Přiřazení hodnot vlastnostem.	58
7.22	Nastavení vyhodnocení pro tlakové čidlo.	59
7.23	Automaticky vygenerovaný datový list.	60
7.24	Porovnání časové náročnosti tvorby datových listů.	61

7.25	Příprava makra pro Hook-up.	62
7.26	Definování artiklu pro držák.	63
7.27	Konstrukční skupina pro Hook-up.	63
7.28	Vygenerovaný Hook-up.	64
7.29	Porovnání časové náročnosti Hook-up.	65
7.30	Automaticky vygenerované vyhodnocení Instrument indexu.	66
7.31	Porovnání časové náročnosti tvorby Instrument listu.	67
7.32	Návrh kabelových tras v systému EPLAN.	68
7.33	Kabelový list vygenerovaný v EPLAN.	68
7.34	Porovnání časové náročnosti tvorby Kabelových tras a Kabelových listů.	69
7.35	Návrh 3D modelu.	70
7.36	Porovnání časové náročnosti návrhu rozmístění v rozvaděči.	71
7.37	Poměr externích dokumentů CAD a EPLAN.	72
7.38	Porovnání časové náročnosti zpracování externích dokumentů.	73
8.1	Časová analýza projektu.	75
8.2	Redukce chybovosti v systému EPLAN u prvního (graf vlevo) a u následujících (graf vpravo) projektů.	78
9.1	Struktura tabulky DHT11.	80
9.2	Naplněná tabulka DHT11.	82
9.3	Zobrazení načtených dat na webovém rozhraní.	82
9.4	Struktura tabulky VENTILATOR.	83
9.5	Naplněná tabulka VENTILATOR.	84
9.6	Ovládání ventilátoru.	85
9.7	Webové rozhraní.	85

SEZNAM TABULEK

4.1	Specifikace čidla DHT11.	28
4.2	Specifikace relé modulu.	30
6.1	Teoretický předpoklad časové náročnosti přípravy projektu.	39
7.1	Využité moduly v EPLAN.	40
7.2	Struktura elektrodokumentace dle IEC61355.	43
7.3	Porovnání časové náročnosti tvorby schématu zapojení pomocí funkce maker.	51
7.4	Porovnání časové náročnosti tvorby schématu zapojení.	53
7.5	Porovnání časové náročnosti tvorby schématu zapojení zapojení PLC a generování seznamu PLC adres.	55
7.6	Porovnání časové náročnosti tvorby datových listů.	61
7.7	Porovnání časové náročnosti tvorby Hook-up.	64
7.8	Porovnání časové náročnosti tvorby Instrument listu.	66
7.9	Porovnání časové náročnosti tvorby Kabelových tras a Kabelových listů.	69
7.10	Porovnání časové náročnosti tvorby rozmístění v rozvaděči.	71
7.11	Zpracování externích dokumentů.	72
7.12	Porovnání časové náročnosti zpracování externích dokumentů.	73
8.1	Časová analýza projektu.	74
8.2	Porovnání časové úspory.	76

ÚVOD

Doba čtvrté průmyslové revoluce, Průmysl 4.0, přináší do průmyslového odvětví zcela nový přístup k průmyslové výrobě i návrhu průmyslových technologií. Pracovníci, účastníci se těchto revolučních změn budou mít zcela jinou náplň práce, než je v dnešní době běžné.

V této době je kladen důraz na to, aby byli konstruktéři a projektanti schopni jak navrhovat a vyvíjet technologie, tak projektového řízení. Náplní práce každého projektanta a konstruktéra je nejen odborná práce, ale rovněž i starost o vedení projektu, jeho časovou a finanční náročnost, a tedy i o výnosy z projektu. Tyto nově kladené nároky vedou ke změně náplně práce, a tudíž je zapotřebí zcela nového pohledu na problematiku projekční práce. Aby tato byla co možná nejefektivnější, je zapotřebí ustoupit od tradičních postupů a nástrojů a nastavit postupy nové, při kterých budou využívány nové nástroje kombinující jak projektové řízení, tak konstrukční práci. Za tímto účelem byl v diplomové práci využit systém EPLAN, jehož efektivním využitím lze spojit veškeré činnosti související s projektem do jedné platformy a vytvářet tak jednotné, kvalitní materiály a vést projekt správným směrem.

Systém EPLAN bude představen na modelovém příkladě nasazení Průmyslu 4.0 do měření a regulace, konkrétně na technologii Čistírny odpadních vod. V obecné rovině bude v práci popsán Průmysl 4.0, dále bude nastíněna problematika zavedení IoT v průmyslu 4.0. V praktické části práce pak bude prezentován detailní návrh projektu Čistírny odpadních vod zpracovaný právě v systému EPLAN, s tím, že tato část práce bude dále obsahovat analýzu časové náročnosti zpracování takového projektu konvenčním způsobem v porovnání s efektivním využitím platformy EPLAN.

1 MOTIVACE

Úvodem této práce byla konstatována důležitost zavedení a nastolení nových pracovních postupů v rámci projekční a konstrukční činnosti. Nároky, které jsou dnes na tuto činnost kladeny již nespádají pouze do technického oboru, ale zahrnují i manažerské postupy, které je třeba aplikovat, aby byla hranice konstrukční a projekční činnosti posunuta směrem k budoucím neustále se zvyšujícím nárokům na zpracování projektů v rámci ideologie zvané Průmysl 4.0. V práci je diskutován jak přínos zavedení Průmyslu 4.0, tak aplikování nových technologií jako je Internet věcí do průmyslového prostředí. Stěžejní částí celé práce je návrh projektu kopírující životní cyklus výrobku a zavedení datové kontinuity napříč celým tímto cyklem. Průmyslem 4.0 je zprostředkována zcela nová filozofie, ve které budou nové postupy aplikovány, a která udává zcela nový pohled na konstrukční a projekční činnost a nastoluje tak nový způsob myšlení, tvorby a pracovních postupů v rámci zpracovávání projektů v průmyslové technice.

Aplikováním Průmyslu 4.0 a všech jeho náležitostí, bude firmám umožněno zachování konkurenceschopnosti, ale zároveň budou kladeny vyšší nároky na plnění striktních požadavků na průmyslovou výrobu. S těmito požadavky na bezpečnost konstrukce a návrhu celé technologie v rámci průmyslu se pojí i zavedení datové kontinuity napříč celým projektovým návrhem. Správně zpracovaná technická dokumentace, která je v souladu s normami ČSN a splňuje veškeré požadavky na bezpečnost používané technologie, je v průmyslovém odvětví stěžejní záležitostí.

Tato práce je zaměřena právě na rozbor možností navrhování standardizované technické dokumentace mapující celý životní cyklus výrobku a průmyslové technologie. Problematika projekční činnosti je diskutována na projektu čistírny odpadních vod, jenž je založený na měření a regulaci, kterým lze, vzhledem k odbornosti a rozsahu projektu, nejlépe prezentovat přednosti systému EPLAN, který byl pro zpracování projektu zvolen jako optimální nástroj pro zavedení datové kontinuity a zefektivnění projekční práce. V tomto systému budou vytvořeny i podklady pro výrobu v 3D modelu, kterým bude poskytnut interaktivní pohled na celkový technologický návrh a osazení celé technologie. Aby bylo možné technologii monitorovat za účelem sbírání dat a možného servisu, bude v práci uveden modelový příklad monitorování podmínek v rámci čistírny odpadních vod pomocí chytrých čidel.

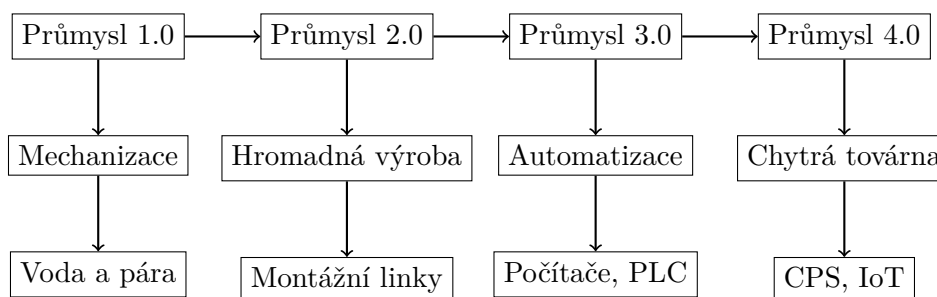
V práci je rovněž provedena analýza časové náročnosti, představuje nepostradatelnou součást nově zavedené filozofie Průmyslu 4.0 jakožto jeden z nástrojů zefektivnění projekční činnosti. V této analýze jsou shrnuty profity, které lze efektivním používáním CAE systému EPLAN využívat.

2 PRŮMYSL 4.0

Tato kapitola se zabývá vymezením pojmu Průmysl 4.0. Pojednává o historii průmyslových revolucí, jsou v ní definovány základní principy, pilíře a vize celého konceptu Průmyslu 4.0 včetně možností jeho využití. V kapitole jsou rovněž definovány základní pojmy, se kterými se lze v rámci Průmyslu 4.0 setkat.

2.1 Cíle a základní pilíře Průmyslu 4.0

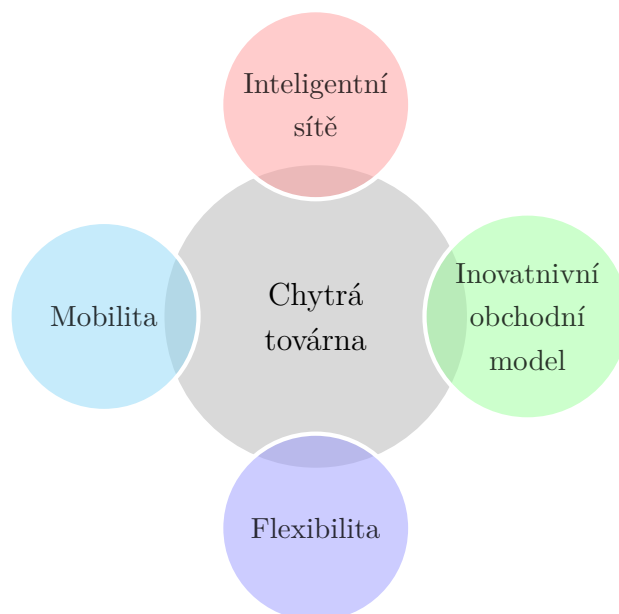
Již od počátku industrializace vedly technologické pokroky ke změnám sociálně – ekonomických paradigmat, které jsou dnes všeobecně známé jako průmyslové revoluce. Oproti předchozím třem průmyslovým revolucím, kdy první spočívala v zavedení mechanických zařízení poháněných parou, druhá byla doprovázena hromadnou průmyslovou výrobou a její elektrifikací a následně třetí, která přinesla zavedení elektronických systémů a výpočetní techniky do průmyslové výroby, nepřináší čtvrtá revoluce žádné zásadní změny z hlediska samotných výrobních procesů. Jedná se však o zcela novou filozofii řízení, monitorování a automatické adaptace výroby, jež označuje současný trend automatizace a výměny dat v technologickém procesu výroby [1, 2]. Milníky průmyslových revolucí jsou rovněž zobrazeny na Obr. 2.1.



Obr. 2.1: Milníky průmyslové revoluce.

Cílem Průmyslu 4.0 je vznik chytrých továren, ve kterých lze výrobní proces ve fyzickém světě spojit s jeho virtuální kopií v kyberprostoru prostřednictvím kyberneticko-fyzikálních systémů. Za tímto účelem byly definovány funkce, které slouží jako pilíře návrhu těchto výrobních systémů 2.2:

Těmito funkcemi jsou **inteligentní sítě**, kterými jsou propojeny automatizované systémy a zařízení, interní logistické systémy a provozní zásoby, které jsou trvale propojeny pomocí počítačové techniky, jako jsou bezdrátové a kabelové komunikační služby, inteligentní ovladače, senzory a telekomunikační technologie. Tímto je zabezpečen přímý přístup k procesům a službám vyšší úrovně. Uvedená opatření vedou k optimálnímu využití zdrojů a inteligentnímu řízení výroby a údržby. Díky tomu je dosaženo vyšší **flexibility** jak při vývoji, diagnostice a údržbě, tak při provozu automatizovaných systémů. Při vývoji těchto systémů lze jednotlivé komponenty, díky standardizovaným komunikačním



Obr. 2.2: Funkce chytré továrny.

protokolům, vybírat od širokého spektra dodavatelů. Takto je umožněno nasadit **inova-tivní obchodní modely**, které definují budoucí rozdělení produkce a její větší flexibilitu. Budou se objevovat nové vývojové procesy, infrastruktura a služby. Výrobky se stanou konfigurovatelné natolik, aby bylo možné produkt přizpůsobit specifickým požadavkům jednotlivých zákazníků [3].

Velkým krokem vpřed bude zajištění **mobility**, která je v tomto případě reprezen-tována nasazením mobilních zařízení, jako jsou chytré telefony a tablety. Tato zařízení poskytují časově a prostorově nezávislý přístup k procesům a službám automatizovaných systémů. Tím vzniká nová dimenze v diagnostice, údržbě a provozu těchto systémů.

Jak vyplývá z výše uvedených funkcí chytré továrny, Průmysl 4.0 je schopen inteligentně spojit **poptávku s výrobou, údržbu se zásobováním a službami prostřednictvím Internetu**. Prostřednictvím decentralizované inteligence, vytváření sítí objektů a nezávislého řízení procesů tak spojuje virtuální svět se světem reálným, čímž se stává důležitým aspektem průmyslového výrobního procesu, do kterého integruje výše uvedené čtyři procesy. Představuje tak změnu z centralizované na decentralizovanou výrobu, která vede ke změně logiky řízení výrobního procesu.

Protože výrobní proces už není řízen centrálně, ale jednotlivé stroje spolu komuni-kují, je nutné postavit pevné základy, na kterých bude stát komunikace mezi samostatně fungujícími stroji. Tyto pilíře jsou:

- **interoperabilita**, neboli schopnost různých systémů vzájemně kooperovat a po-skytovat si vzájemně služby za cílem dosažení maximální součinnosti; jedná se o přesný popis kyberneticko-fyzikálních systémů, ke kterým jsou připojeny Inter-net služeb a Internet věcí,

- **virtualizace**, čili schopnost monitorování fyzikálních vlastností procesů a následné vytvoření virtuálního modelu chytré továrny, přičemž všechna získaná data jsou aplikována na daný model továrny,
- **decentralizace**, tedy schopnost jednotlivých strojů dělat decentralizovaná a kvalifikovaná rozhodnutí vedoucí k optimalizaci výroby,
- **kapacita v reálném čase**, neboli nutnost reagovat na kritické události ve výrobě okamžitě spolu se zajištěním shromažďování a analýzy dat v reálném čase,
- **orientace na služby**, která vede k rozdělení softwaru dle operačních schopností, kdy každá jedna služba je určena k řešení jednotlivého problému,
- **modularita**, tedy přizpůsobení se dané chytré továrny aktuálním požadavkům kyberneticko-fyzických systémů [4, 2].

2.2 Základní pojmy v Průmyslu 4.0

V předchozí sekci jsou popsány cíle, kterých má být v rámci Průmyslu 4.0 dosaženo. V následujícím textu budou popsány prostředky, které k dosažení těchto cílů vedou. Těmito prostředky jsou zejména:

- **kyberneticko-fyzikální systémy, Cyber-Physical Systems (CPS)**, které jsou základním stavebním kamenem chytrých továren,
- **velká data – Big data**, která značí velké množství dat získaných z připojených zařízení,
- **Internet věcí – Internet of Things (IoT)**, kdy se jedná o fyzické systémy s vlastní individuální IP adresou a MAC adresou,
- **Internet služeb – Internet of Services (IoS)**, který zahrnuje softwarové systémy chovající se jako samostatné objekty [2].

2.2.1 Kyberneticko-fyzikální systémy

Celý koncept Průmyslu 4.0 je založen na samostatných automatizovaných jednotkách, kdy každá jednotka výrobního procesu, a to včetně obchodních, ekonomických i manažerských, je autonomní a dokáže s ostatními jednotkami komunikovat [5].

Každá tato jednotka potřebuje znát svou funkci v celkovém výrobním procesu, jednotky, které jsou na ní závislé a také ty, které na její funkci navazují. K tomuto účelu slouží virtuální kopie procesu továrny, v níž dochází k výměně dat a optimalizaci, která je následně nasazena ve skutečném procesu. Takto vzniká plně automatizovaná a průběžně optimalizovaná průmyslová výroba. Všechny tyto jednotky jsou propojeny do kyberneticko-fyzikálních systémů sloužících k monitorování veškerých procesů [5].

Kyberneticko-fyzikální systémy poskytují transformační technologie mezi fyzickými a softwarovými prostředky. Hlavní funkcí těchto systémů je sledování fyzických procesů a jejich transformování do digitální podoby. Kyberneticko-fyzikální systémy umožňují také decentralizované řízení fyzických procesů.

Kyberneticko–fyzikální systémy jsou vzájemně propojené pomocí standardních komunikačních protokolů internetu, vzájemně na sebe reagují a analyzují data tak, aby byly schopny předpovídat poruchy, konfigurovat samy sebe a přizpůsobovat se aktuálním podmínkám, což vede k optimalizaci výrobních procesů [5].

2.2.2 Velká data

Každé zařízení, které je součástí systému, je rovněž připojeno k jednotné síti. V této síti jsou všechna sesbíraná data dostupná ze všech distribuovaných kyberneticko–fyzikálních systémů. Takto dostupná data a možnost jejich hromadné analýzy umožňují prevenci proti selhání jednotlivých systémů a případnou adaptaci na krizové situace.

Všechna sesbíraná data, kterých je velké množství, jsou označována jako Velká data (Big Data). Velká data jsou pojmem pro enormní objem dat, který nelze zpracovávat, sbírat a spravovat běžnými softwarovými prostředky v reálném čase.

Často se v této souvislosti hovoří o 5 V modelu nárustu velikosti dat, a to o **objemu (volume)**, **rozmanitosti (variety)**, **důvěryhodnosti (veracity)**, **významu dat (value)** a **rychlosti (velocity)**.

Objem značí velké množství dat, jejichž zdrojem mohou být veškerá zařízení IoT připojená k Internetu (například čidla, ze kterých jsou odesílány informace). Rozmanitostí lze rozumět data různých typů, která jsou různými zařízeními generována. Největší důraz je potom kladen na rychlost zpracování a strukturalizaci dat. Významem dat je označena schopnost přeměny velkých dat na reálné hodnoty. Velmi důležitou roli v celém konceptu ovšem hraje i důvěryhodnost dat, která je stěžejní v rámci provádění jednotlivých opatření plynoucích z analýzy sesbíraných dat [6].

2.2.3 Internet služeb

Internet služeb je možné definovat jako systémy založené na online práci a sdílení dat v cloudových uložiscích. Tyto Cloudy jsou nástrojem pro kooperativní vytváření obsahů.

Tento způsob sdílení zdrojů snižuje náklady společností na správu serverů. Principiálně je uživatelům poskytován pouze takový výpočetní výkon, který je v rámci úkonů skutečně využit.

2.2.4 Internet věcí

Internet věcí umožňuje konektivitu mezi zařízeními, různými sítěmi a zejména řídicími systémy. Koncovým uživatelům je tak umožněno rychlé a transparentní připojení prostřednictvím libovolného zařízení, ať už jde o telefon, tablet, přenosný počítač, nebo jiný systém s přístupem k Internetu [7].

2.3 OPC Foundation

OPC (Open Platform Communications) je IEC standardizovaná specifikace komunikačního rozhraní pro aplikace, které jsou zaměřeny na řízení a monitorování procesů. Tento standard je definován neziskovou organizací OPC Foundation, která je zodpovědná za jeho vývoj i údržbu.

OPC lze definovat jako standard pro bezpečnou a spolehlivou výměnu dat v sektoru průmyslové automatizace a jiných průmyslových odvětvích. Celý systém je nezávislý na použité vývojové platformě a poskytuje bezproblémový tok informací mezi zařízeními od různých dodavatelů. Byl vyvinut průmyslovými dodavateli, koncovými uživateli a vývojáři softwaru a je jím definováno rozhraní klient–server.

Za účelem interoperability (schopnosti různých systémů vzájemně spolupracovat) v průmyslové automatizaci byly vyvinuty systémy pro přenos dat, kterými jsou OPC DA, OPC HDA a OPC UA [14].

2.3.1 OPC DA a OPC HDA

OPC Data Access je starší specifikací OPC vyvinutou v roce 1993, která je postavena na Microsoft standardech COM a DCOM. Tyto standardy jsou platformově závislé, objektově orientované systémy pro vytváření binárních softwarových komponent, které jsou schopny spolupráce. Server OPC DA poskytuje sadu rozhraní OPC DA, které obsahují funkce pro vyhledávání, čtení a zapisování hodnot proměnných. Tyto funkce jsou shromažďovány v celé síti pomocí Microsoft COM, takže je uživatelé OPC DA mohou zobrazovat z klientských počítačů. Nevýhodou OPC DA je absence mechanismu pro kompresi dat. Vránci přenosu velkého objemu dat přes síť mohou nastat potíže s výkonem sítě. OPC DA zpracovává data v reálném čase, kdežto OPC HDA – OPC Historical Data Access, ač založený na stejném principu, slouží ke zpracování dat archivovaných [15].

2.3.2 OPC UA

V předchozích specifikacích OPC DA a OPC HDA neexistovala žádná souvislost mezi aktuálně čtenými daty a daty čtenými historicky. Další nevýhodou byla funkční závislost na systému Microsoft. Právě kvůli této vazbě na systém Microsoft byla vyvinuta nová specifikace OPC UA (OPC Unified Architecture), která poskytuje všechna data, ať už historická či aktuální v jednotném adresním prostoru a rovněž skýtá možnost využití systému OPC UA na všech platformách disponujících systémem OPC UA [16].

Hlavním účelem této specifikace je zprostředkování předávání dat mezi různými aplikacemi v předem dané podobě pomocí předem známých principů. Jejím úkolem však není definování vnitřní architektury aplikace, nýbrž specifikace její komunikace a ukládání dat. Tato data jsou následně zpřístupněna jiným systémům využívajícím OPC UA bez dalších znalostí vnitřních procesů v systému. Tato technologie byla navržena pro implementaci

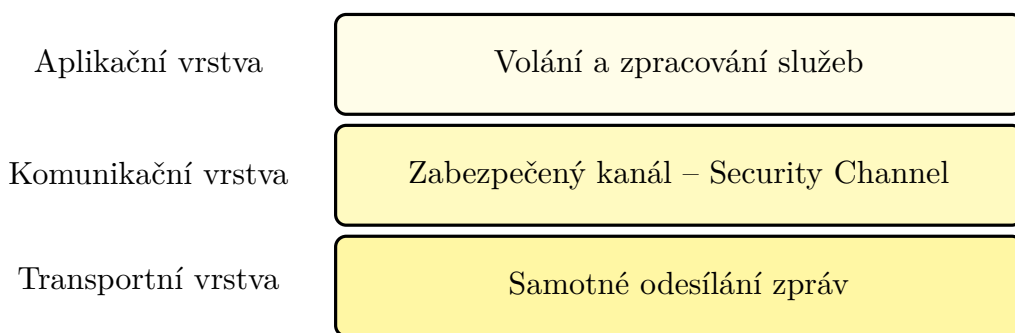
v řízení procesů a je často využívána v automatickém řízení, kde zprostředkovává předávání dat mezi kontroléry, kterými je systém řízen, nebo mezi kontrolérem a klientem za účelem zobrazování, analýzy a modifikace dat na dálku.

Hlavní myšlenky specifikace OPC UA lze rozdělit do těchto částí:

- **fyzická komunikace a předávání dat klient–server**, která zahrnuje způsob navazování spojení, zabezpečení komunikace a strukturu poslaných dat, jež je daná použitým protokolem,
- **službově orientovaná architektura**, v níž jsou definované služby, které mohou být dotázány klientem a na které server reaguje příslušnými odpověďmi,
- **služby poskytované serverem**, tyto služby vytváří abstraktní komunikační model, kdy je po navázání spojení vytvořen zabezpečený kanál (který je aktivní po celou dobu komunikace) a relace (která je důležitá pro dotazování klienta na server),
- **popis adresního prostoru pomocí uzlů**, kde je popsáno využití uzlů za účelem vytvoření informačního modelu a popis přístupu k datům, včetně monitorování.

Aby byla aplikace OPC UA funkční, není zapotřebí implementovat všechny výše uvedené funkce. Stačí splnit funkční minimum nutné pro provoz a další funkce jsou potom přidávány dle potřeby. Za tímto účelem byly vytvořeny profily, ve kterých je definován seznam vlastností, které musí aplikace splňovat, aby byla umožněna komunikace.

Unifikovanou komunikaci v OPC UA obstarává komunikační zásobník, který je rozdělen do tří vrstev – **transportní, komunikační a aplikační**. Tyto vrstvy jsou zobrazeny na Obr. 2.3. Zabezpečení je navrženo tak, aby bylo odolné aktuálním hrozbám napadení a dělí se na vnitřní a vnější. Vnitřní zabezpečení koriguje aktivitu serveru (manažuje spojení) a vnější zabezpečení potom zastává funkci šifrování a podepisování zpráv.



Obr. 2.3: Komunikační zásobník OPC UA.

Transportní vrstva

Transportní vrstva umožňuje odesílání zpráv, vytváří a zprostředkovává komunikační protokol a dále implementuje šifrovací a ověřovací mechanismy, které zajišťují bezpečnost zprávy poslané po síti tak, aby nemohla být zachycena ani modifikována třetí stranou.

Komunikační vrstva

Představuje zabezpečený kanál (Security Channel), který je vytvořen ihned po navázání komunikace a jeho podoba závisí na použitém komunikačním protokolu. Tento kanál zajišťuje bezpečnost z pohledu důvěrnosti a celistvosti komunikace a identifikuje aplikaci. Všechna komunikace klient–server probíhá po tomto zabezpečeném kanále.

Aplikační vrstva

Aplikační vrstva představuje relaci (Session), ve které probíhá veškeré volání a zpracování služeb. Tato vrstva je používána k vnitřní identifikaci komunikace a může poskytovat i její autorizaci. Pro vytvoření relace je nutná autentizace klienta serverem. Server klienta na základě těchto informací autorizuje a poskytne mu práva k provádění určitých akcí [17, 18].

Technologie, jako jsou kyberneticko–fyzikální systémy, senzorové sítě, Cloud computing a další datové služby, jsou v současné době implementovány do IoT technologií. Účelem zavedení IoT do Průmyslu 4.0 je propojení průmyslových procesů, aktiv, pracovní síly a uživatelů v jeden celek za účelem optimalizace procesu. Díky nepřetržitému monitorování procesů spolu s analýzou sesbíraných dat je očekávána optimalizace výroby a minimalizace vzniklých škod či ztrát v jejím průběhu, lepší řízení výrobního procesu, zvýšení zisku plynoucího z prodeje individualizovaných výrobků a automatizace procesů.

3 INTERNET VĚCÍ V PRŮMYSLU 4.0

V době čtvrté průmyslové revoluce zvané Průmysl 4.0, kdy budou dosavadní průmyslové řídicí systémy navzájem propojeny a budou tak poskytovat funkci virtuálního modelu a kyberneticko-fyzikálního systému chytré továrně, je třeba klást důraz na monitorování podmínek v těchto chytrých továrnách. IoT jako součást Průmyslu 4.0 poskytuje řadu výhod jako je mobilita snímacích zařízení, nižší náklady na energii čerpanou těmito senzory a větší flexibilitu zavedeného systému.

Primární funkcí těchto chytrých čidel je měření fyzických podmínek v prostorech chytré továrny, ale mnohdy také prvotní analýza dat a předvídání budoucích událostí [19]. Příkladem zavedení těchto čidel do Průmyslu 4.0 může být monitorování průtoku a vyhodnocení získaných dat, a tím i odlehčení zátěže PLC, kterými jsou v této době data běžně analyzována a zpracovávána.

Tato kapitola dále pojednává o možnostech zavedení IoT v Průmyslu 4.0 a Cloudových systémech pro zpracování sbíraných dat.

3.1 Průmyslový Internet věcí

Průmysl 4.0 lze považovat za inteligentní systém, který je schopen reagovat v reálném čase na různé požadavky napříč různými úrovněmi průmyslové výroby. A to jak na požadavky přímo ve výrobě (optimalizace výroby, nové výrobní koncepty atd.), tak i na požadavky koncových uživatelů (personalizace produktů). Vzhledem k rozmanitosti těchto požadavků na finální podobu produktů je vyžadováno, aby byl každý dílčí problém řešen na globální úrovni před tím, než bude inovace zařazena do hromadné průmyslové výroby.

S každou změnou v rámci hromadné výroby, anebo údržbou strojních zařízení v případě poruchy či plánované odstávky, se vždy pojí i vysoké náklady spojené se zastavením nebo omezením výrobního procesu. Zařazení Průmyslového IoT je opatřením k minimalizaci těchto zásahů do průmyslové výroby a k zabezpečení plynulosti výrobního procesu pomocí kontinuálního monitorování na jednotlivých zařízeních v chytrých továrnách.

V dnešní době je monitorování stavu obvykle prováděno instalací senzorů na požadovaná zařízení, přenosem dat prostřednictvím sítě do počítače a následnou analýzou sesbíraných dat na počítačích.

Tato sesbíraná data jsou většinou zpracovávána běžnými sekvenčními počítači, proto je zde riziko neschopnosti zařízení reagovat na události v reálném čase. Kabelové připojení k čidlům také omezuje dispozičně výhodné rozmístění monitorovacího zařízení, které tak musí být instalováno pouze na stacionárních částech strojů a armatur. Rozmístění monitorovacích zařízení na špatně přístupných částech strojů však zpravidla nepokryje všechny nároky na monitorování. Za tímto účelem je možné aplikovat zavedení bezdrátové komunikace [13, 12].

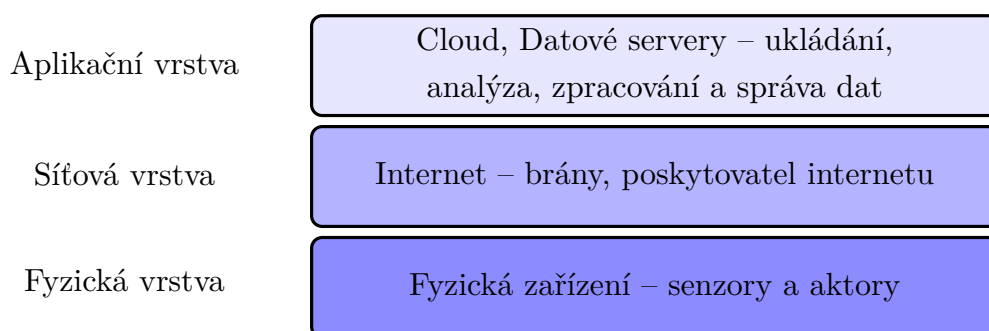
Bezdrátovou komunikaci v rámci Průmyslu 4.0 bude umožněno zavedení bezdrátových chytrých čidel do průmyslové výroby. Tato chytrá čidla poskytují mimo snímání hodnot a jejich odesílání také počáteční analýzu těchto dat. Použitím těchto čidel by byl také

vyřešen problém s rozmístěním senzorů v rámci hůře dostupných míst kabelovým trasám a sníženy náklady na jejich pořízení a pokládku.

3.1.1 Monitorování podmínek v Průmyslovém IoT

Zařízení, které je schopno monitorovat podmínky na různých strojích a armaturách pomocí senzorů, anebo provádět určitá opatření, je připojeno k IoT. V rámci IoT sítě si tato zařízení vyměňují data s jinými zařízeními, infrastrukturami a uživateli. Zařízení IoT jsou buď samostatnými jednotkami, anebo jsou implementovány v jiných systémech, jako jsou průmyslová zařízení. Každé zařízení, které je připojeno k Internetu, je přístupné po celém světě a je jednoznačně identifikovatelné pomocí IP a MAC adresy [8].

Z hlediska architektury je možné považovat IoT za třívrstvou strukturu, jak je znázorněno na Obr. 3.1.



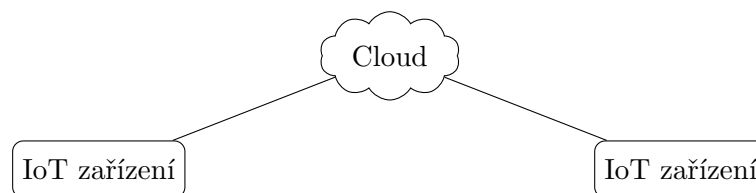
Obr. 3.1: Architektura IoT.

Fyzická vrstva je složena ze snímacích zařízení (senzorů) a ovládacích zařízení (aktorů), které poskytují síťové vrstvě data pro následující analýzu. **Síťová vrstva**, taktéž nazývána internetovou nebo komunikační, zprostředkovává komunikaci mezi fyzickou a aplikační vrstvou. **Aplikační vrstva** potom slouží k samotnému ukládání dat, jejich zpracování a správě. K tomuto úkonu jsou běžně využívány cloudové servery třetích stran [9].

3.2 Cloud computing v Průmyslovém IoT

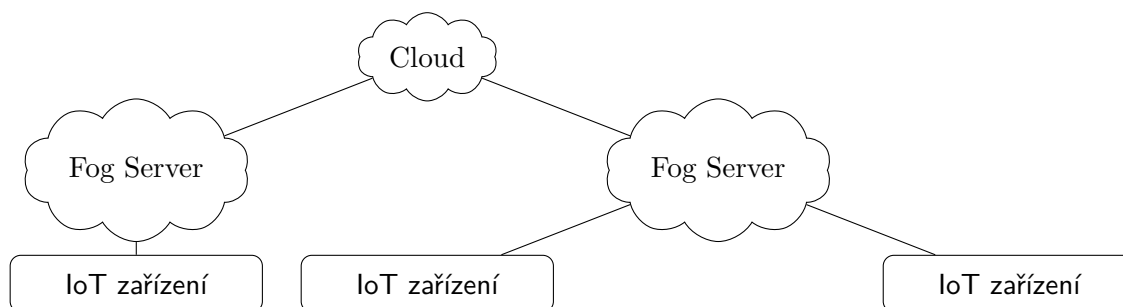
V rámci nasazení IoT do Průmyslu 4.0 hraje velkou roli snadný přístup k datům získaných z IoT zařízení. Právě za účelem potřeby centralizované kontroly a snadného přístupu k datům, využívá průmyslový Internet věcí Cloud computingu. Struktura Cloud computingu je znázorněna na Obr. 3.2. Z obrázku je patrné, že všechna IoT zařízení jsou připojena ke Cloudu a využívají jeho výpočetní výkon i uvolněnou kapacitu paměti pro ukládání a výměnu svých dat. Pomocí Cloud computingu jsou potřebné služby, výkon a data uložena v Cloudu a jsou zpřístupněna z jakéhokoliv zařízení, místa či webového prohlížeče s přístupem k Internetu.

Cloudová technologie tedy poskytuje efektivní přístup k analýzám, výpočetnímu výkonu a k datům. Umožňuje integrovat nejen výrobní řetězce, ale také různé chytré továrny.



Obr. 3.2: Cloud computing.

Nasazením IoT v průmyslové výrobě a průmyslových prostorech budou generována velká kvanta dat, která budou zpracována v Cloudu. Aby bylo předejito kolizím a kolapsům na cloudových serverech, byl navržen nový koncept nazývaný **Fog computing**. Fog computing disponuje výpočetní kapacitou, která je schopna předpovědět objem měřených dat z jednotlivých zařízení IoT, nad kterými operuje a snížit propustnost toku dat z těchto zařízení na hlavní řídicí jednotku pomocí instalovaných Fog serverů. Struktura Fog computingu je znázorněna na Obr. 3.3.



Obr. 3.3: Fog computing.

Princip IoT Cloudu je využíván například firmou Phoenix Contact, která vyvinula Cloud-IoT-bránu, pomocí níž jsou připojována nová zařízení k Internetu. Bránou jsou rovněž přijímána a zpracovávána data ze senzorů a procesů. Data jsou následně přenášena do Cloudu, kde jsou využívána například ke kontrole strojů.

Jak již bylo v této práci zmíněno, nové technologie jako jsou Internet věcí, virtuální modely fyzického světa, plánování decentralizovaného řízení výroby i využití Cloudů, budou v následujících letech zařazovány do průmyslových oborů stále častěji. S rostoucími nároky na stroje a jejich automatizaci, začnou růst nároky i na datovou kontinuitu v rámci celého procesu, a tedy hladké spojení celého řetězce úkonů od počátečního zadání projektu až po hotový funkční celek, který je schopen samosprávy.

S rostoucími nároky na výrobní a řídicí procesy porostou i nároky na fundovanost a schopnosti zaměstnanců obsluhy, která bude muset být detailně seznámena a proškolená v rámci nové filozofie výrobních závodů implementujících postupy Průmyslu 4.0. Celé

průmyslové odvětví tedy projde revolučními změnami, kterými budou položeny zcela nové základy průmyslových procesů.

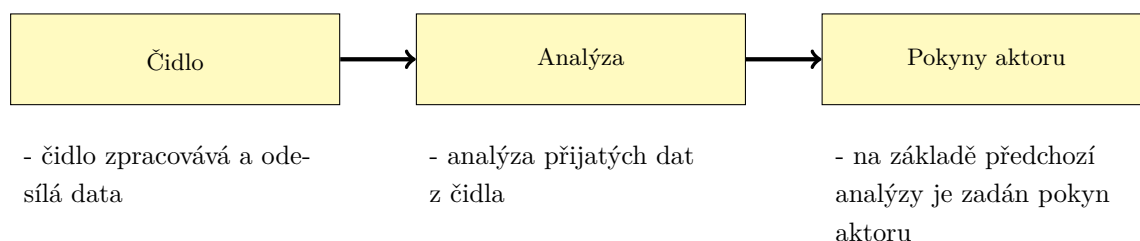
V následující kapitole budou připravena čidla pro monitorování podmínek v Čistírně odpadních vod. Bude v ní implementován průmyslový Internet věcí za účelem monitorování aktuálních podmínek v prostorách čistírny odpadních vod. Tato data, sesbírána z nasazených čidel, budou zobrazována na webové stránce, a tudíž bude poskytnut přehled o aktuálních podmínkách v rámci monitorovaného prostoru. Tento přehled bude následně použit i v rámci zpracování multioborového projektu, který bude postaven na principech Průmyslu 4.0.

4 IMPLEMENTACE IOT DO PRŮMYSLU 4.0

Tato kapitola se zabývá nasazením chytrých čidel v průmyslu, konkrétně v prostorách čistírny odpadních vod (ČOV). Vzhledem k prostředí v rámci ČOV bude snímána teplota a vlhkost pomocí čidla DHT11 a dále bude ovládáno zavírání a otevírání ventilů pomocí dálkového spínače s relé. Celá komunikace a řízení bude probíhat bezdrátově pomocí WiFi modulu ESP01 s integrovaným čipem ESP8266.

4.1 Chytrá čidla v Průmyslu 4.0

S nasazením IoT v Průmyslu 4.0 je očekáváno nejen usnadnění přístupu k datům, která je v průmyslovém prostředí zapotřebí analyzovat a monitorovat, ale rovněž provádět určitá opatření plynoucí z této analýzy. Na Obr. 4.1 je znázorněn průběh komunikace od načtení dat ze senzoru až po provedení určitých opatření pomocí aktoru. V praxi by bylo možné tento průběh demonstrovat například na měření teploty pomocí teplotního čidla. Teplotní senzor snímá teplotu a zpracovaná data o této teplotě odesílá k analýze. V rámci analýzy je mimo jiné možné kontrolovat alarmové stavy a následně provést určitá opatření, která jsou potom předána aktoru v podobě pokynů. V případě potřeby zvýšit nebo snížit teplotu je takto možné ji vzdáleně regulovat v různých průmyslových prostorech.

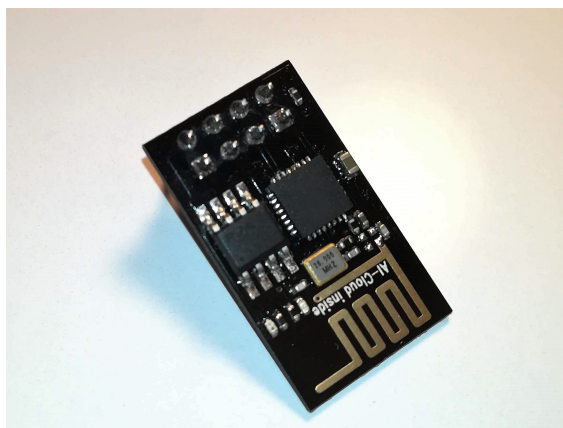


Obr. 4.1: Chytrá čidla v Průmyslu 4.0.

Jak již bylo dříve avizováno, tato část práce se zabývá nasazením čidla DHT11 pro měření vlhkosti a teploty a dálkový spínač s relé pro ovládání ventilátoru. Ovládání a komunikace jsou zprostředkovány pomocí WiFi modulu ESP-01 s integrovaným mikročipem ESP8266. Data odeslaná z čidla pro měření teploty a vlhkosti budou odesílána do databáze a zobrazována na webové stránce. Pomocí tohoto webového rozhraní budou rovněž ovládány polohy ventilátoru.

4.1.1 Modul ESP01

Modul ESP01 s integrovaným čipem ESP8266 je zařízení vhodné pro připojení různých čidel k internetové síti. Tento modul nabízí ucelené WiFi řešení, kterým je zprostředkováno využívání síťových funkcí z jiných bezdrátových implementací. Připojením čidla k síti je zabezpečen přístup k hodnotám odečítaných z jednotlivých čidel z jakéhokoli zařízení připojeného k Internetu. Modul ESP-01 je zobrazen na Obr. 4.2.



Obr. 4.2: Čidlo ESP.

Pro programování tohoto modulu byl zvolený software Arduino IDE. Připojení modulu k PC je provedeno pomocí USB adaptéru, který je uveden do programovacího módu propojením pinů GND a GPIO0.

Pro podporu programování modulů přes Arduino IDE je zapotřebí do tohoto prostředí přidat desku ESP8266. Po tomto kroku lze vybrat desku Generic ESP8266 Module v Manažeru desek. Následně je již možné programovat ESP8266 pomocí USB adaptéru a Arduino IDE.

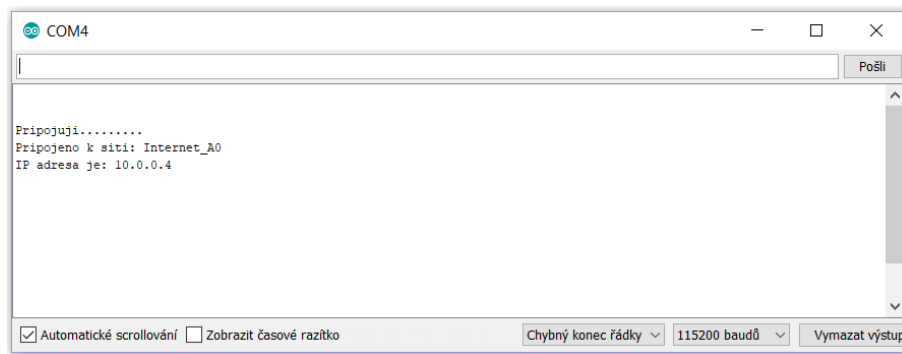
Aby bylo možné získaná data zobrazovat, je zapotřebí znát IP adresu, která je modulu přidělena. Tyto informace lze získat pomocí následujícího kódu:

```
#include <ESP8266WiFi.h> //nacteni knihovny
//definovani prihlasovacich udaju k~siti
const char* ssid = "Internet_A0";
const char* heslo = "****";

//pripojeni k~siti
WiFi.begin(ssid, heslo);
Serial.print("\n\r \n\r Pripojuji");

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");}
//vypis seriového portu během pripojování k~siti
Serial.println("");
Serial.print("Pripojeno ");
Serial.println(ssid);
Serial.print("IP adresa: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
```

Pomocí nástroje Sériový monitor lze zobrazit výsledky kódu a informace o přidělené IP adrese pro zobrazování dat ze senzoru. Výstupy Sériového monitoru jsou zobrazeny na Obr. 4.3.



Obr. 4.3: Připojení modulu ESP01 k síti.

Modul ESP-01 je nyní připojen k Internetu.

4.1.2 Měření teploty a vlhkosti pomocí čidla DHT11

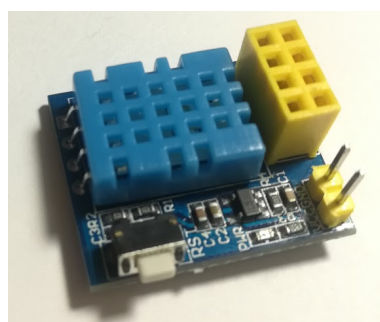
Tento senzor je složen ze snímačů teploty a vlhkosti vzduchu. Aby bylo možné čidlo na-programovat přes Arduino IDE, je zapotřebí imporovat knihovnu `<dht.h>`. Následujícím kódem je realizováno načtení a zobrazení údajů z čidla. Čidlo DHT11 je zobrazeno na Obr. 4.4 a jeho specifikace jsou uvedeny v Tab. 4.1.

```
//zobrazení udaju na serveru
server.on("/teplota", []() {
  nacti_dht_sensor();
  webString="Teplota je: "+String((int)teplota)+" stupnu Celsia";
  server.send(200, "text/plain", webString);
});

server.on("/vlhkost", []() {
  nacti_dht_sensor();
  webString="Vlhkost je: "+String((int)vlhkost)+"%";
  server.send(200, "text/plain", webString);
});
server.begin();
}

void nacti_dht_sensor() {
  //ulozi informaci o~vlhkosti do promenne vlhkost
  vlhkost = dht.readHumidity();
  //ulozi informaci o~teplote do promenne teplota
  teplota = dht.readTemperature();}
```

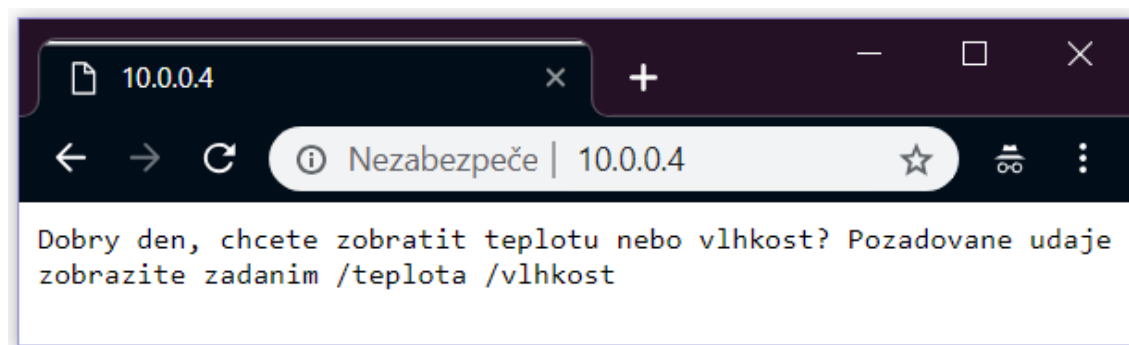
Obr. 4.4: Čidlo DHT11.



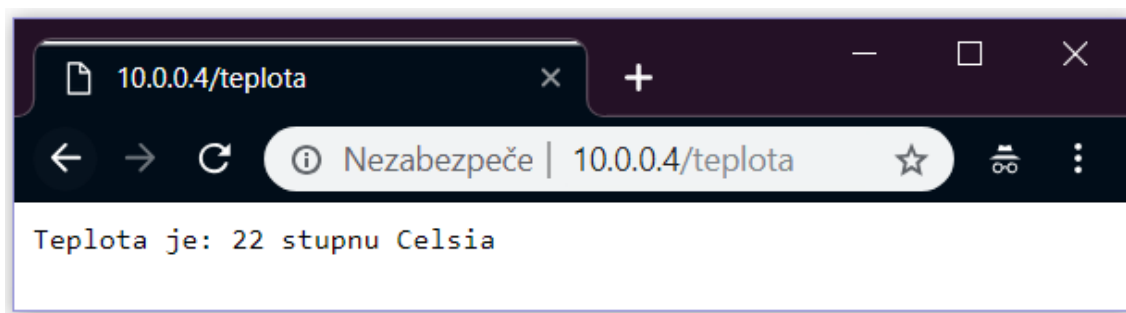
Tab. 4.1: Specifikace čidla DHT11.

SPECIFIKACE PŘÍSTROJE			
Napájecí napětí sestavy	3,3 až 3,6 VDC	Defaultní baudrate	115200 bps
Pracovní proud	cca 70 mA	Rozsah měření vlhkosti	20 až 90 RH%
Špičkový proud	až 300 mA	Rozsah měření teploty	0 až 50 °C
Sleep mode proud	<10 µA	Přesnost měření vlhkosti	± 5 %
Flash paměť	1 MB	Přesnost měření teploty	± 2 °C
Stránkování flash paměti	8 Mb	Rozměry (mm)	25 x 21 x 17

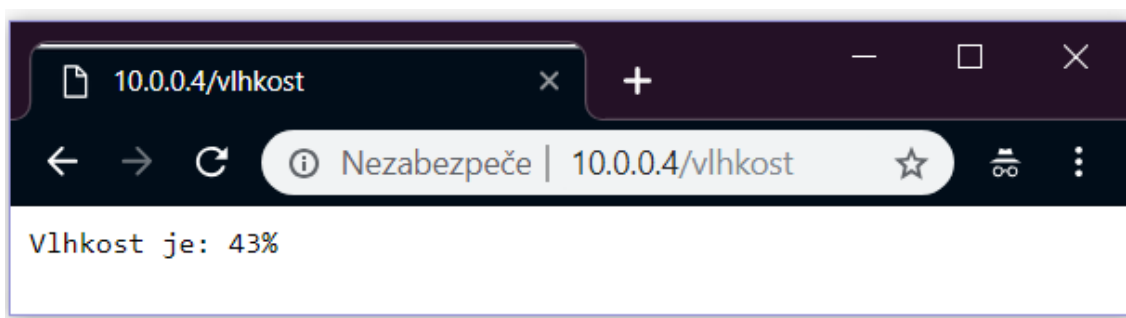
Načtením adresy 10.0.0.4 lze následně ve webovém prohlížeči zobrazit data ze senzoru, jak je zobrazeno na Obr. 4.5, 4.6, 4.7.



Obr. 4.5: Úvodní stránka.



Obr. 4.6: Údaje o teplotě.

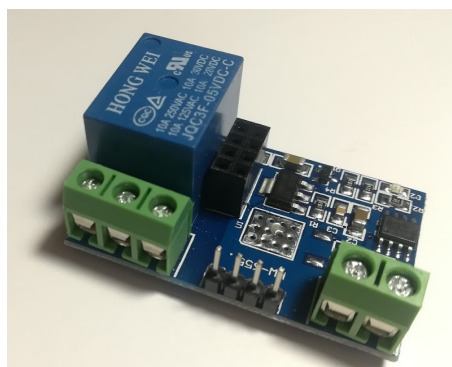


Obr. 4.7: Údaje o vlhkosti.

4.1.3 Spínání ventilátoru pomocí dálkového spínače s relé

Tento relé modul je určen k ovládání spínané zátěže pomocí WiFi připojení. V této práci bude využit za účelem dálkového přepínání ventilátoru mezi polohami ZAPNUTO/VYPNUTO.

Zařízení obsahuje patici pro připojení WiFi modulu ESP-01. Po naprogramování tohoto modulu přes USB programovací adaptér lze relé vzdáleně ovládat. Relé modul je zobrazen na Obr. 4.8 a jeho specifikace jsou uvedeny v Tab 4.2.



Obr. 4.8: Relé modul.

Tab. 4.2: Specifikace relé modulu.

SPECIFIKACE PŘÍSTROJE			
Typ relé	JQC3F-05VDC-C	Špičkový spínaný proud	10 A
Napájení	5 V	Max. spínaný proud	500 VA/60 W
Provozní proud	až 150 mA	Dielektrická pevnost	1000 VAC
Max. spínané DC napětí	30 VDC	Izolační odpor	>100 M
Max. spínané AC napětí	250 VAC	Rozměry modulu (mm)	45 x 28 x 19

Ovládání relé modulu je provedeno pomocí následujícího kódu:

```

if (request.indexOf("/Ventilator=ON") != -1)
{
    Serial.println("Ventilator=ON");
    digitalWrite(Ventilator,LOW);
    value = LOW;
}
if (request.indexOf("/Ventilator=OFF") != 0)
{
    Serial.println("Ventilator=OFF");
    digitalWrite(Ventilator,HIGH);
    value = HIGH;}

```

Sledováním sériového monitoru po ukončení nahrávání programu do modulu ESP-01 lze získat přidělenou IP adresu tohoto modulu. Připojením ESP-01 na patici modulu a přivedením 5 V napájení lze po načtení webového rozhraní s IP adresou 10.0.0.6 zobrazit stránku pro ovládání tohoto modulu.

V této kapitole byla připravena čidla pro odesílání dat o aktuálních podmínkách v prostorách ČOV, ačkoliv je použití právě těchto konkrétních čidel v rámci Průmyslu 4.0 nereálné. Tato technologie je do budoucna velkým příslibem zavedení dostupnější a pravděpodobně i méně nákladné technologie do průmyslových prostorů, kde je monitorování podmínek vyžadováno a zpravidla je prováděno pomocí PLC technologie.

V dalším textu bude rozebrán návrh technologie čistírny odpadních vod a její životní cyklus. K němuž rovněž patří návrh monitorovacího systému, který bude modelově zpracován s těmito čidly v kapitole Monitorování podmínek v čistírně odpadních vod.

5 CAD A CAE SYSTÉMY

V této kapitole je pojednáno o CAD a CAE systémech. Rovněž bude detailně popsán systém EPLAN, jehož funkce a moduly budou v práci efektivně využity pro zpracování celého projektu od prvotní myšlenky až po servis.

Jak již bylo v rámci práce zmíněno, při návrzích konceptu, technologií a nastavení výrobních procesů v průmyslové výrobě, hraje velkou roli konečná cena produktů. Proto je zapotřebí co možná nejvíce optimalizovat celý proces návrhů od zadání až po konečný výrobek. V rámci navrhování výrobků či průmyslových systémů je v dnešní době využíváno CAD a CAE systémů.

CAD (Computer-Aided Design) a **CAE (Computer-Aided Engineering)** jsou systémy používané pro konstrukční část procesu realizace produktu. CAD systémy umožňují návrh fyzické implementace, jakou je například geometrické uspořádání nebo schematické zapojení jednotlivých komponent v rámci elektro schémat. CAE systémy podporují celý vývoj, včetně generování kusovníků, výrobní dokumentace, je jimi tedy poskytováno komplexní konceptuální řešení, oproti systémům CAD, které jsou používány jako elektronická verze papíru s minimem automatických funkcí [20].

5.1 Systémy CAD

Tyto systémy patří mezi nejstarší projekční nástroje a jejich typickým představitelem je AutoCAD. CAD systémy byly již od počátku vyvíjeny s cílem usnadnění práce jednotlivých konstruktérů přechodem od rýsovacího prkna k počítači. Nabízí širokou škálu funkcí pro návrh a modelování výrobku poskytnutím rozhraní pro vytváření detailních diagramů, schémat, tolerancí a rozměrů produktu. Využitím všech náležitostí umožňují tyto programy zvýšení efektivity projekčních prací a tvorbu standardizované projekční dokumentace.

V moderních CAD programech je dostupná i vektorová a rastrová grafika pro návrh celkového designu konstrukčních objektů. V případě CAD systémů se však jedná pouze o grafický pracovní nástroj. Veškeré elektrické součástky, šroubení, armatury či jiné komponenty je třeba vytvořit nebo nainportovat z jiných projektů nebo programů podporujících stejný formát [21].

Inženýrské konstrukční programy však vyžadují i jiné funkce než je zprostředkování výkresové dokumentace. Požadovaným výstupem jsou i kusovníky, specifikace materiálů, kabelové listiny a jiné konvenční dokumenty důležité pro jednotlivé formáty dokumentace. Vzhledem k tomu, že CAD systémy slouží především pro tvorbu schémat, neposkytují moduly a funkce pro generování těchto dalších dokumentů, a ty musí být v programu vyplňovány ručně. Absence těchto funkcí zvyšuje riziko chybného definování počtu komponent a jiných důležitých vlastností již v raném stádiu projekce. Vzhledem k tomu, že schémata, která jsou v programu tvořena, představují nosnou linku celého projektu, přičemž na základě jejich zpracování jsou generována i další data, je zapotřebí mít k dispozici kontrolní nástroj nebo funkci, kterou bude umožněna funkční kontrola zapojení a také

možnost automatického generování dalších dokumentů v rámci projektové dokumentace. Z toho důvodu bývají často CAD systémy používány v kooperaci s dalšími systémy, a to:

- CAE systémy,
- CAM systémy,
- PDM (Řízení dokumentů a kontrola revizí pomocí správy dat produktů).

CAD systémy jsou hojně využívány v různých oborech jako je elektrotechnika, strojírenství, stavebnictví, architektura a tak dále. Jejich použití je výhodné zejména při předávání informací mezi jednotlivými obory. Do dispozičních výkresů dostupných od stavebních inženýrů je třeba potom dokreslit kabelové trasy vedené v rámci části elektro.

5.2 CAE systémy

CAE systémy nabízí oproti CAD systémům mnohem sofistikovanější a komplexnější nástroj pro návrh technické dokumentace. Jedná se o projekční nástroje zaměřené především na tvorbu dokumentace v oblasti průmyslové automatizace. Základní postupy i vstupní a výstupní formáty jsou podobné jako u CAD systémů. Nicméně, celkový návrh a konstrukční postup je v tomto případě mnohem komfortnější.

CAE systémy jsou oproti CAD systémům taktéž mnohem výkonnější. Nespornou výhodou je rovněž široká škála dostupných funkcí, které jsou využitelné pro různá oborová zaměření (např. kontrola spojení u schématu elektrického zapojení).

V CAE systémech jsou zpravidla dostupné i různé moduly, které usnadní a zautomatizují činnosti, které se v rámci projektů často opakují. Kusovníky a jiné dokumenty jsou automaticky generovány, a je tím tedy provedeno opatření proti chybám vznikajícím lidským faktorem při přepisování údajů mezi jednotlivými částmi vývoje projektu.

Jak již bylo řečeno dříve, hlavním nosným dokumentem těchto systémů jsou elektrotechnická schémata zapojení, která slouží jako referenční dokument pro ostatní automatizované činnosti. Oproti CAD systémům však disponují CAE systémy nespornou výhodou, veškeré změny provedené v původních schématech se okamžitě projeví v celém projektu. Jedním z představitelů tohoto systému je EPLAN, který bude v práci detailně představen [20, 21].

5.3 EPLAN

V rámci této práce bude pro zpracování celého projektu využit systém EPLAN. Tento software je představitelem CAE systémů a je využíván pro projektování, tvorbu dokumentace a řízení projektů elektrotechnické automatizace. Jeho funkce však mohou být využity i v jiných oborech, jako jsou mechatronika, fluidní technologie a měření a regulace. V praxi je využíván za účelem optimalizace procesů, urychlení procesu vývoje produktu a snížení nákladů na jeho vývoj [22, 23].

V dalším textu budou představeny základní moduly, které jsou poskytovány společností EPLAN pro zefektivnění a optimalizaci projekční činnosti.

5.3.1 Electric P8

Za účelem zavedení datové kontinuity, a tedy i minimalizace chyb generovaných při použití CAD systémů v projektování, je v této práci využito funkcí EPLAN Electric P8. Jak již bylo zmíněno, hlavním základem projektu v rámci EPLAN jsou schémata zapojení, ze kterých jsou následně generována další data pro jiné fáze projektu, a to pro výrobu, montáž, uvedení do provozu a servis. Tato data jsou vyměňována pomocí CAE rozhraní, které zaručuje stabilitu a integraci v rámci celého procesu vývoje výrobku [22, 23].

5.3.2 Preplanning

Preplanning je modul pro předběžné plánování strojů a zařízení, které je rozhodujícím faktorem pro fázi konstrukčních prací. Tento modul slouží ke zpracovávání technologických schémat, která jsou nazývána jako P&I diagramy, ve kterých je navržena veškerá technologie. Pomocí tohoto modulu je možné přehledně definovat veškeré komponenty a armatury použité v technologii a definovat tak strukturu celého projektu. Zahrnuje stanovení koncepce jednotlivých strojů a armatur. V samotné platformě EPLAN je potom na základě informací z těchto předem definovaných struktur možné navrhnout detailní technickou konstrukci zařízení včetně postupu výroby [22, 23].

5.3.3 Data portal

Eplan Data Portal je webovým portálem integrovaným v platformě EPLAN, kterým je umožňován online přístup k zařízením od výrobců jednotlivých komponent jako jsou rozvaděčové skříně, jističe, kabely, svorkovnice atd. Tento modul pracuje na principu Click&Click, tudíž lze veškeré dostupné komponenty přetáhnout myší z Data portálu přímo na rýsovací plochu. Každý komponent, který je na Data portálu zveřejněný v sobě nese různé informace o jednotlivých produktech. Velmi často jsou v rámci maker artiklu dostupné rozměry produktu, schématické značky, objednávací čísla, fyzikální veličiny, technické veličiny a 3D modely, které jsou dodavatelem zadány pro usnadnění projekční práce jednotlivým konstruktérům [22, 23].

5.3.4 Pro Panel

EPLAN Pro Panel je CAE řešením pro 3D návrh rozvaděčových systémů a řídicích skříní. V rámci tohoto modulu je možné komponenty z jednotlivých elektrotechnických schémat umístit do rozvaděčové skříně a připravit tak 3D modely pro část výroby. Konstruktér je tak schopný si díky dostupným funkcím zkontrolovat správnost návrhu rozměrů rozvaděčové skříně, potřebných rezerv a připravit pro výrobu podklady, které dají pracovníkům výroby přesné instrukce pro to, kam který komponent instalovat [22, 23].

5.3.5 Fluid

EPLAN Fluid je nástroj pro automatizované vytváření projektů dokumentace fluidních systémů v oblasti pneumatiky, chlazení a mazání. Je propojen s ostatními obory v rámci

inženýringu za účelem urychlení vývoje výrobku[22, 23].

V této kapitole byly představeny systémy CAD a CAE, které jsou hojně využívány konstruktéry za účelem návrhu jednotlivých konstrukčních řešení. Byl zde představen i systém EPLAN, který bude v rámci práce využíván pro návrh technologie ČOV. V rámci návrhu technologie budou efektivně využívány veškeré moduly, které jsou v systému EPLAN přístupné, a které usnadňují návrh a přípravu dokumentace pro výrobu. V dalším textu bude rovněž diskutována analýza uspořeného času při použití CAE a CAD systémů, analýza nákladů na projekční práce i vedení projektu.

6 DATOVÁ KONTINUITA V PROJEKTOVÁNÍ A OPTIMALIZACE PROJEKČNÍ ČINNOSTI

V předchozí kapitole byly popsány systémy CAD a CAE, které jsou běžně používány při konstrukční a projekční činnosti. V rámci nasazení tak robustního směru, jakým je Průmysl 4.0 bude zapotřebí zefektivnit celý projekt už v jeho raných fázích, tedy přímo od jeho zadání a počátečních konstrukčních a technologických návrhů.

6.1 Motivace zavedení datové kontinuity

Vzhledem k neustálému nárůstu poptávky, a s tím spojeným zvýšením průmyslové produkce, jsou kladeny velké nároky nejen na zrychlení činností předcházejících průmyslové výrobě, ale také na minimalizaci chyb vzniklých v počátečních stádiích životního cyklu výrobku. Právě tento požadavek na kvalitně zpracované materiály a minimální chybovost vnesenou lidským faktorem při předávání projektu mezi jednotlivými odvětvími vývoje, vedou k zavedení automatizované projekce.

Rostoucí poptávka rovněž klade zvýšené nároky na časovou náročnost zpracování, kterou je zapotřebí optimalizovat a projekční činnost neustále zrychlovat. Aby byly projekční firmy konkurenceschopné, je tedy zapotřebí, aby byla věnována pozornost tvorbě kvalitních podkladů, které budou mapovat jak celý návrh výrobku, tak budou kompatibilní s jednotlivými odděleními, které se na přípravě výrobních podkladů podílejí. Jak již bylo zmíněno veškeré tyto požadavky na urychlení a zautomatizování projekční činnosti však nesmí být na úkor kvality zpracování projektu.

Spolu s vyhodnocováním celého projektu je spojena i analýza nákladů na zpracování projektu. Tyto náklady jsou zpravidla počítány pomocí veličiny zvané člověkohodina. Tato veličina udává, kolik času stráví průměrný pracovník vykonáváním daných úkonů. V rámci projekční činnosti tedy vyjadřuje, kolik času stráví konstruktér projekční činností. Z celkového pohledu na projekt má potom zásadní vliv na efektivitu práce a rovněž zisk z této projekční práce plynoucí.

Aby byl průběh vytváření projektu co možná neoptimalnější ze všech náležitých hledisek, je zapotřebí udržet ideální poměr mezi kvalitou odvedené práce a časovou náročností zpracování projektu. Je tedy vyžadována vysoká kvalita práce doprovázena co možná největší časovou úsporou z hlediska projekčních prací. Aby byl projekt maximálně konzistentní z hlediska zpracovaných materiálů, byl zaveden pojem datová kontinuita, která udává právě přenositelnost informací mezi jednotlivými obory v rámci celého návrhu projektu.

6.2 Přínos zavedení systému EPLAN do projekce

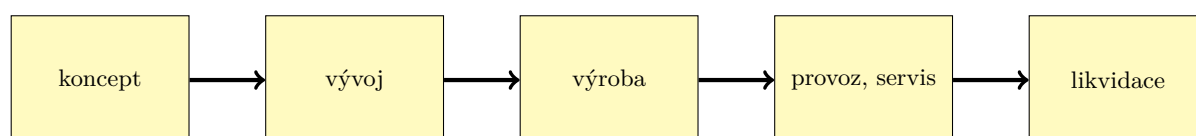
V rámci této práce bude diskutován přínos užití CAE systému EPLAN, jehož efektivním využitím, a s tím spojeným automatizováním dílčích činností, bude zavedena datová kon-

tinuita, snížena časová náročnost, a také minimalizovány chyby v rámci návrhu projektu.

Aby bylo možné definovat a analyzovat časovou náročnost, je zaveden pojem životní cyklus výrobku, který mapuje jednotlivé fáze, v nichž se produkt během své existence nachází. Tyto fáze jsou děleny na:

- **koncepční fázi**, která je prvním krokem při návrhu nových produktů, je zde stanoven celý koncept výrobku a nároky na jeho funkčnost a technologii;
- **vývojovou fázi**, při které je technologie vyvíjena a při které jsou vytvořeny veškeré podklady a dokumentace pro výrobu, provoz i servis technologie;
- **výrobní fázi**, kdy jsou vyrobeny veškeré komponenty a rozvaděče potřebné k uvedení technologie do provozu a následná instalace celé technologie;
- **provozní a servisní fázi**, kdy je technologie plně funkční, monitorována a dle servisního plánu rovněž servisována;
- **likvidační fázi**, vzhledem k technologiím instalovaným v průmyslu je zapotřebí dbát i na ekologickou likvidaci, kdy je s každým komponentem zacházeno podle předem stanovených pravidel.

Životní cyklus výrobku je znázorněn na Obr. 6.2.



Obr. 6.1: Životní cyklus výrobku.

Těmito milníky a fázemi životního cyklu výrobku je možné mapovat životní cyklus produktu vznikajícího v rámci běžné projekční praxe.

Jak je z výše uvedených fází životního cyklu výrobku patrné, v koncepčním a vývojovém stádiu jsou přítomny pouze náklady na samotný vývoj. Je tedy žádoucí snížit tuto fázi z hlediska časové náročnosti na nejnižší možnou hodnotu. Aby bylo možné snížit časovou náročnost vývojové fáze životního cyklu výrobku, je zapotřebí definovat, jaké kroky je třeba v rámci této fáze učinit a vyhodnotit, které činnosti lze zautomatizovat, a tedy efektivněji vykonávat využitím dostupných nástrojů.

Pro modelování takovéto situace byl vybrán případ návrhu projektu Čistírny odpadních vod, u něhož bude snahou snížit časovou náročnost vývojové fáze cyklu.

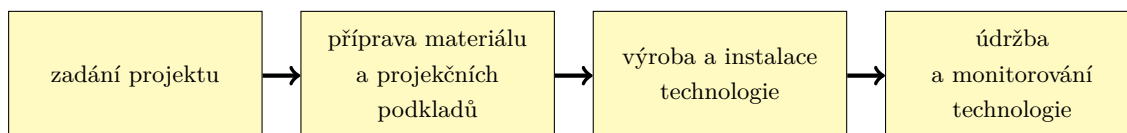
6.3 Porovnání časové náročnosti návrhu projektu

Při srovnání klasického přístupu k projektování využitím CAD systémů je užitím CAE systému EPLAN předpokládána razantní úspora času strávená při jednotlivých projekčních činnostech. V rámci opakování daných činností (jako je automatické generování smyček

schémat, automatické úpravy souvisejících artiklů, generování datových listů) je časová úspora práce jednotlivých projektantů ještě markantnější.

Pro porovnání časové náročnosti návrhu projektu musí být definovány jednotlivé milníky návrhu projektu, u kterých bude následně možné porovnat časovou úsporu, a tedy přínos projektování pomocí systému EPLAN a zavedení datové kontinuity.

Milníky byly stanoveny jako **zadání projektu, vývoj, výroba a instalace technologie, údržba a monitorování technologie**. Pro přehlednost jsou rovněž znázorněny Obr. 6.2



Obr. 6.2: Životní cyklus projektu.

6.3.1 Zadání projektu

V první fázi každého projektu je zapotřebí definovat požadavky na finální podobu výrobku. Tyto požadavky jsou zpravidla definovány investorem.

V rámci zadání projektu by měly být definovány požadavky na technologii, mělo by zde být definováno prostředí, ve kterém bude technologie instalována (normální, nebezpečné, výbušné, jiskrově bezpečné) a mnohdy i další nároky kladené na celkovou podobu výrobku či technologie. Z této primární části projektu jsou zpravidla vzneseny veškeré nároky na technickou stránku projektu, ale také je zde definována cena za výrobek a proveden odhad časové náročnosti na celkový vývojový a výrobní proces.

Zadání projektu často doprovází výběrové řízení, ve kterém je určen zpracovatel zakázky. Za účelem předchystání projektu, stanovení časové náročnosti jeho tvorby a cenové nabídky je možné využít služeb modulu Preplanning. Na základě zadání je možné již v této fázi vytvořit v systému EPLAN jednotlivé armatury a komponenty, u kterých lze stanovit tyto informace stěžejní pro zpracování celého projektu. Počáteční investice do předběžného plánování je potom zúčtována dále v návrhu celého projektu.

6.3.2 Příprava materiálů a projekčních podkladů

V této části projektu jsou připravovány podklady pro výrobu a také je zde kompletována celá projektová dokumentace, ve které jsou dostupné veškeré dokumenty potřebné k řádnému nasazení technologie či k řádné výrobě daného produktu. Obsahuje schémata zapojení, kusovníky jednotlivých komponent, kabelové seznamy, datové listy a mnoho jiných dokumentů. Aby byla orientace ve všech zpracovaných materiálech co možná nejsnazší, mělo by být cílem všech firem, aby vydávali jednotné standardizované materiály a ty byly tak přenositelné mezi jednotlivými obory i subdodavateli daného projektu.

6.3.3 Výroba a instalace technologie

Za účelem efektivní výroby a dodávání standardizované výrobní dokumentace je nutné rovněž držet jednotný způsob návrhu dokumentace. Kvalitně zpracovaná dokumentace, jak již bylo několikrát zmíněno, je stěžejní částí celého projektu a má zásadní vliv na podobu finálního produktu. Tyto výrobní materiály (v elektrotechnickém oboru) obsahují zejména schéma zapojení artiklů, rozmístění jednotlivých komponent v rozvaděčové skříni a v této práci bude rovněž zaveden 3D model rozvaděče pro možnost interaktivní práce s dokumentací i na úrovni výroby. V rámci instalace technologie potom budou využity layouty pro kabelové trasy a rozmístění jednotlivých komponent.

6.3.4 Údržba a monitorování technologie

Protože prostředí, ve kterém jsou technologie instalovány bývá zpravidla v průmyslových prostorách náročné na údržbu a vnější vlivy působící na jednotlivé komponenty by měly být sledovány za účelem optimalizace prostředí, ve kterém se technologie nachází, je zapotřebí i monitorování vlivů působících v daném prostředí. Optimalizací prostředí (správně udržovanou teplotou, odvětráváním apod.) je možné zabezpečit co možná nejvyšší životnost jednotlivých komponent. Správně vytvořeným prostředím je možné preventivně předcházet neplánovaným odstávkám a zásahům do hladkého chodu zařízení.

Z výše uvedeného členění plyne, že v rámci návrhu projektů je třeba dbát na každý detail, který může ovlivnit správnou funkci technologie. Správný návrh celého systému je klíčovým úkolem jednotlivých konstruktérů, a proto bude této problematice věnována značná část této práce.

6.4 Časová náročnost projekčních prací

Jednotlivým krokům k návrhu projektu popsaným výše je zapotřebí navrhnout časovou náročnost zpracování. Nejen, že má vliv na celkovou cenu projekčních prací a potažmo i celého výrobku či technologie, ale rovněž má vliv i na zisk plynoucí z dílčích činností.

Pro tuto modelovou situaci byl vybrán projekt Čistírny odpadních vod, v níž bude instalováno 6 motorů, 8 čidel a PLC, které bude řídit celý systém.

V Tab. 6.1 jsou popsány jednotlivé kroky v rámci návrhu projektu a jejich časová náročnost při návrhu projektu obvyklým způsobem, tedy pomocí předávání informací mezi jednotlivými odděleními v rámci konstrukční firmy a projektování pomocí CAD systémů. Cílem práce je optimalizovat časovou náročnost a snížit počet člověkohodin na co možná nejnížší hodnotu se zachováním veškerých projektových náležitostí.

V této kapitole byla diskutována důležitost zavedení datové kontinuity i důraz, který by měl být v rámci projekce kladen na automatizování opakujících se projekčních

činností za cílem úspory člověkohodin, a tedy snížení nákladu na projekční činnost v rámci vývojové fáze projektu.

Tab. 6.1: Teoretický předpoklad časové náročnosti přípravy projektu.

Činnost	Časová náročnost [h] Systém CAD
Zadání projektu	
Požadavky na technologii	externí zpracování
Tvorba nabídky	externí zpracování
Návrh parametrů jednotlivých komponent	10
Část konstrukční (tvorba podkladů pro výrobu)	
Titulní list části elektrická schémata	2
Obsah dokumentace	1
Rámeček výkresu	2
Návrh komponent	14
Jištění, definování kabelů	4
Odkazy	4
Kusovník	4
Kabelový seznam	3
Datové listy	0,5
Instrument index	2
IO list	2
Layouty	3
Hookup	5
Výroba	
Výroba rozvaděčů	40 (kvalitně zpracované materiály s minimem chyb)
Instalace technologie	80 (kvalitně zpracované materiály s minimem chyb)
Celková časová náročnost	176,5

7 NÁVRH PROJEKTU V SYSTÉMU EPLAN

Přínosy zavedení systému EPLAN a jeho využití byly již několikrát diskutovány. EPLAN poskytuje rozhraní pro tvorbu multioborových projektů. Pro využití platformy EPLAN je vzhledem k náročnosti jejího použití zapotřebí nastavit řádné postupy, které potom maximálně usnadní projekční práci na denní bázi.

V Tab. 6.1 jsou uvedeny jednotlivé fáze projektu, pro které budou využívány jednotlivé moduly v systému EPLAN.

Tab. 7.1: Využité moduly v EPLAN.

Fáze zpracování projektu	Využitý EPLAN modul
Zadání projektu	Preplanning
Příprava materiálů a projekční práce	Electric, Fluid
Výroba a instalace technologie	ProPanel, Fieldsys
Údržba a monitorování technologie	OPC UA, Revize

Cílem této kapitoly bude představení návrhu projektu napříč jednotlivými kroky tak, aby byla přímo definována opatření, která je třeba provést před započítáním projekční činnosti. V této kapitole bude rovněž uvedena struktura projektu, kterou bude dána skladba technické dokumentace.

7.1 Postup návrhu projektu v EPLAN

Po první fázi projektu, ve které jsou již vyjednány veškeré náležitosti o ceně, přichází na řadu část technologická, ve které jsou navrhovány přístroje, technologie, schémata zapojení a připravovány dílčí dokumenty pro výrobu.

Tyto dokumenty budou shromažďovány v platformě EPLAN. Za účelem zvedení projektové struktury, byla využita norma **IEC 61355**, v které je právě struktura technické dokumentace definována a v této práci bude využívána [24].

Jak jde vidět z Tab. 7.2 mnoho struktur odpovídá tabulce časové náročnosti 6.1. Platforma EPLAN však umožňuje veškeré dokumenty z Tab. 7.2 zavést do jednotného dokumentu, který je v systému EPLAN označován jako **šablona**. Tato šablona udává jak strukturu celého projektu, tak i formát jednotlivých struktur. Lze zde tedy definovat rámečky, měřítka, formát papíru, typ dokumentu. Lze v ní vytvářet filtry, které budou použity k automatickému generování jednotlivých kusovníků a listů.

Objekty jako jsou rámečky a formuláře jsou v platformě EPLAN nazývány **kmenová data** projektu. Kmenovými daty jsou označována všechna pomocná data mimo projekt. Tato pomocná data slouží primárně pro nastavení vizuální stránky celého projektu.

Nespornou výhodou aplikování těchto předem nastavených kmenových dat je možnost individualizovat nastavení rámečků a formulářů pro každou část struktury zvlášť. Rámečky jsou potom doplňovány automaticky při spuštění funkce vyhodnocení z informací získaných

z projektových nebo strukturových definic. Data pak lze automaticky doplňovat například importem excelovské tabulky nebo přímo z nastavení jednotlivých komponent v platformě. Tato kmenová data významně přispívají zefektivnění práce na celém projektu, a proto jim bude věnována samostatná podkapitola.

7.1.1 Implementace systému EPLAN

V rámci CAD systémů neexistuje žádný nástroj, který by umožňoval strukturizaci a předplánování práce. CAD systémy fungují jako elektronické výkresy a zpravidla je jimi nahrazena práce, která dříve byla vykonávána u rýsovacího prkna. V tomto ohledu je systém CAE přivedena zcela nová koncepce, která umožňuje před prvním zpracováním projektu předplánovat a předchystat spoustu materiálů, které budou v rámci práce následně využívány. V rámci projektu MaR, který je z hlediska tvorby projektu velmi komplexním celkem a obsahuje plno doprovodných činností, lze přednosti CAE systému EPLAN velmi dobře prezentovat.

Jak již bylo zmíněno, před prvním zpracováním projektu v rámci systému EPLAN je důležitá jeho správná implementace pro využití a záměr daných uživatelů. Tato implementace je velmi komplexní, časově poměrně náročná a představuje jeden z hlavních rozdílů mezi oběma CAD a CAE systémy.

Po instalaci systému EPLAN a veškerých modulů, které jsou v rámci licencí uvolněny, je uživateli dostupné rozhraní podobné právě CAD systémům. Toto rozhraní je možné si přizpůsobit a navrhnout pro účely jednotlivých konstruktérů. V rámci prvních kroků je důležité:

- implementovat databázový systém, který bude určen pro správu artiklů a jiných kmenových dat v rámci projektů
- správa samotných artiklů (v rámci zvyklostí firmy je v první fázi vytvořena databáze často používaných artiklů, aby byla prvotní práce co nejvíce usnadněna)
- příprava kmenových dat (předchystání rámečků, formulářů a doplňkových polí, které budou v rámci tvorby projektu automaticky doplňovány)
- seznámení se s prostředím EPLAN, jeho funkcemi a možnostmi
- strukturalizace jednotlivých projektů (MaR, Nouzového osvětlení)

Celá tato implementace před prvním nasazením systému a seznámení s prostředím byla ze zkušenosti vypočtena na 80 člověkohodin, které je zapotřebí projektu věnovat před započítáním prací.

7.1.2 Jednotlivé kroky ke zpracování projektu

Každý průběh tvorby projektu, který je zpracováván v systému EPLAN lze rozdělit do následujících částí:

- Strukturování dokumentace (dle IEC 61355)
- Technologické schéma projektu (zadání od investora)

PID

Tabulka

- Předběžné plánování
 - Vytvoření segmentů struktury (IEC 81346)
 - Importování struktury
- Makra
 - Makra pro zapojení jednotlivých smyček
 - Makra pro generování Hook-up
- Výkresová část
 - Schémata zapojení
 - Kabelové trasy
- Kmenová data
 - Datové listy
 - Instrument index
 - Hookupy
- Vyhodnocení
 - Generování veškerých formulářů automaticky generovaných dokumentů
- Podklady pro výrobu
 - Rozmístění v rozvaděči
 - 3D model rozvaděče

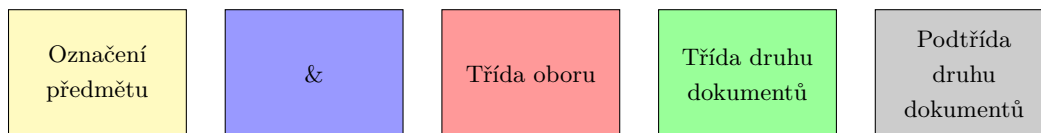
V následujícím textu budou všechny tyto kroky podrobně popsány a bude v nich uvedena časová náročnost projekční činnosti v systému EPLAN oproti CAD systémům.

Tab. 7.2: Struktura elektrodokumentace dle IEC61355.

DDC - A2.3	Dokument
AA	Titulní strana
AB	Obsah
BB	Technická zpráva
BH	Změnový list
DA	Instrument index
DB	Schéma struktury
DC	Návod k obsluze
DC	Technické listy
EA	Určení vnějších vlivů
EB	Seznam norem ISO
EC	Datasheet
ED	Výpočty (jiskrová bezpečnost, impedance, oteplení rozvaděče)
FA	Jednopolové schéma zapojení
FC	Výkresy obrazovek
FE	Funkční popis (algoritmy)
FP	Seznam IO
FS	Schéma zapojení
FT	SW
LD	Kabelové trasy - půdorysy - Staveniště
LH	Kabelové trasy - půdorysy - Budova
LU	Kabelové trasy - půdorysy - Zařízení
MB	Seznam kabelů
PA	Souhrnný kusovník komponent v rozvaděči
PB	Kusovník komponent v rozvaděči
PZ	Výkaz, výměr
QA	Prohlášení o shodě
QB	SIL - posouzení rizik
QC	Certifikáty (včetně Protokolu o zkoušce)
QC	Revize
TB	Hook-up
TC	Rozmístění v rozvaděči
WA	Dokument o nastavených hodnotách např. FM, spouštěče
WT	Montážní deník
FB	PID

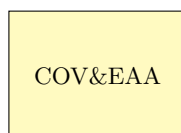
7.2 Tvorba struktury projektu dle IEC 61355

Každý správně vedený technický projekt by měl být definován normovanou strukturou pro větší přehlednost vyhledávání jednotlivých částí projektu a rovněž pro usnadnění komunikace mezi jednotlivými obory, investorem a zadavatelem a jednotlivými subjekty spolupracujícími na projektu. Rozdělení úrovní značení je na Obr. 7.1.



Obr. 7.1: Třídící kód druhu dokumentů.

Třídy oboru, Třídy druhu dokumentů a Podtřídy druhu dokumentů jsou reprezentovány kódovými písmeny viz. Obr. 7.2. **COV** značí umístění technologie, **&** je předznamenáním před **DCC** kódem, **E** je značení pro elektrotechnické dokumenty a **A** v třídě a podtřídě druhu dokumentů značí titulní list [25].

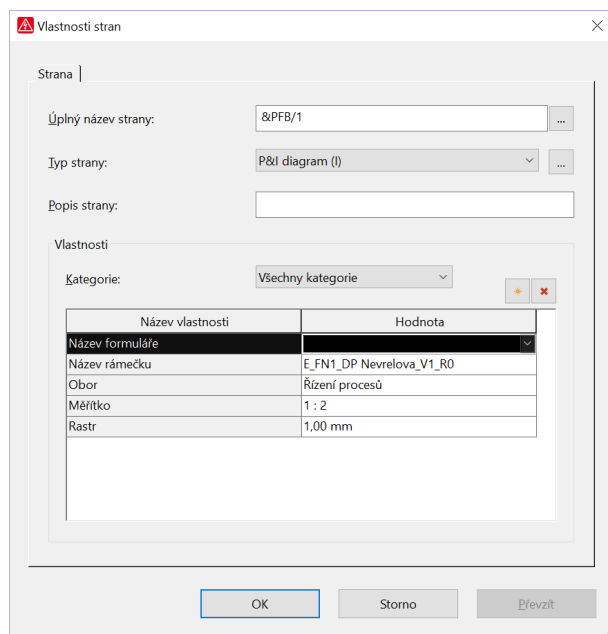


Obr. 7.2: Příklad definování kódových písmen.

Tato struktura již byla zmiňovaná v předchozím textu a pro větší přehlednost ji znázorňuje Tab. 7.2.

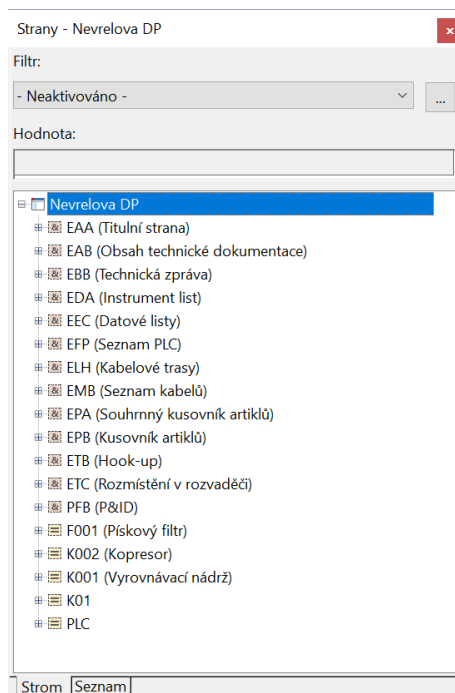
Skutečnost, že je systémem EPLAN podporováno zavedení takové struktury, která kopíruje normu je z výše uvedených důvodů velkým přínosem. Mnohé projekční platformy typu CAD tyto funkce neposkytují, a tudíž jsou normované struktury nastavovány projektantem a zpravidla je pro jejich správu využito jiné prostředí než samotná konstrukční platforma.

Aby byla struktura správně definována, je možné v systému EPLAN využít z nabídky definice typu strany a rovněž typ rámečku nebo formuláře, který má být v rámci vyhodnocení použit. Tato volba je znázorněna pro P&I diagram na Obr. 7.3.



Obr. 7.3: Nastavení typu strany.

Postupným definováním typů stran v rámci náplně celého projektu je definována projektová struktura. Tato struktura je zobrazena na Obr. 7.4 a obsahuje veškeré projektové části, které jsou projektem zpracovávány.



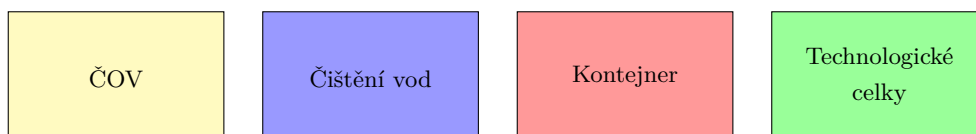
Obr. 7.4: Nastavená struktura v systému EPLAN.

7.2.1 Analýza časové náročnosti návrhu struktury projektu

V předchozím textu byla rozebrána struktura, kterou musí mít každý normovaný projekt. Náplň jednotlivých dílčích celků se mění dle užití projekčního systému každého objektu. V případě využití projekčního systému CAD je většina dokumentů, které jsou součástí každé projektové dokumentace externí. Titulní listy, obsahy, technické listy, datové listy, technická zpráva, kusovníky, kabelové seznamy a jiné dokumenty nelze zpracovat v projekčním systému, anebo je jejich zpracování v rámci CAD systémů natolik časově náročné, že by bylo jeho použití pro přípravu těchto dokumentů kontraproduktivní. Tyto části dokumentace jsou tedy zpravidla zpracovány v jiných dostupných softwarech jako je textový editor, tabulkový editor, grafický editor a mnohé další. Právě proto, že je velká část dokumentů tvořena externě, sestavování finální dokumentace je nejen nekomfortní, ale mnohdy je zde jistá nekonzistence připravené projektové dokumentace. V tomto směru je již v takto raném stadiu projektu velká výhoda systému EPLAN. V tomto systému je možné vytvořit všechny dokumenty a spravovat je pod jedním projektem jako jeden celek. Veškerá dokumentace má tudíž jednu formu a je snadno dostupná.

7.3 Technologické zadání projektu a třídění dle IEC 81346

Technologické celky jsou v rámci projekčních prací tříděny dle normy **IEC 81346**, kterou jsou dány zásady strukturování a referenčního označování technologických celků v rámci technické dokumentace. V rámci normy jsou definovány jednotlivé **aspekty**, které definují umístění, funkci a složení jednotlivých komponent v rámci projektu a které jsou využívány ke zdůraznění vazeb mezi jednotlivými komponenty v rámci technologického prostoru. Pro účely této práce je znázorněno rozdělení aspektů na Obr. 7.5.



Obr. 7.5: IEC 81346.

Tyto aspekty tvoří technologické zadání projektu. Technologické zadání projektu je zpravidla dostupné v jedné ze dvou forem, jako P&ID diagram nebo jako tabulka s definicí použitých přístrojů a veličinami pro měření.

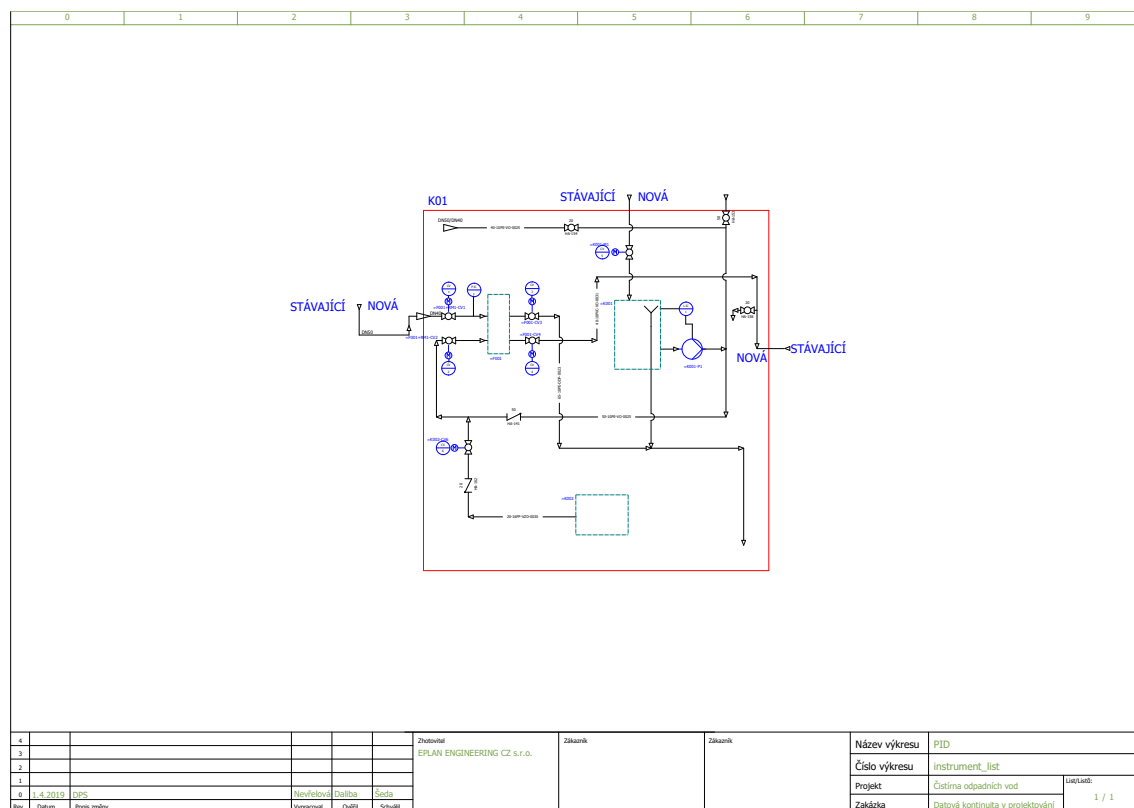
7.3.1 Piping and instrumentation diagram - P&ID

Technologické schéma potrubí a přístrojového vybavení (P&ID) je podrobným diagramem v procesním průmyslu, v němž je obsaženo zařízení potrubí a procesů spolu s přístroji pro měření a regulaci.

Zmiňované schéma je zpravidla prvním technologickým výkresem v rámci navrhování technologického procesu a jeho projekce. Ve struktuře je P&I diagram definován jako

PFB. Tímto schématem je předem dáno kolik armatur a komponent bude zapotřebí do projektu navrhnout a udává se dle tohoto zadání i cena projektu. Tento dokument je zpravidla zadáván rovnou investorem s možným doplněním a návrhy na úpravy ze strany zpracovatele.

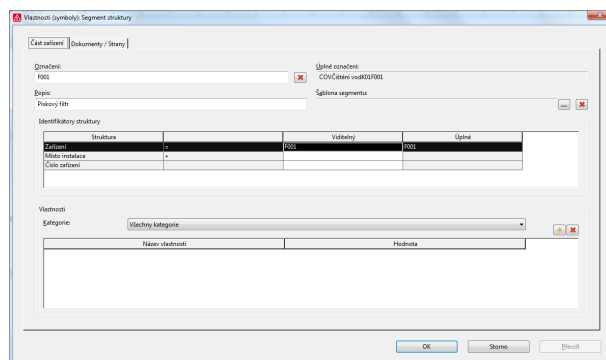
P&ID schéma je zobrazeno na Obr. 7.6. V tomto schématu lze vyčíst komponenty a armatury, které byly pro technologii použity. Celé technologii je nadřazen tzv. **kontejner**, který ohraničuje veškeré funkce uvnitř ČOV. V této práci bude značen jako K01. Další technologické celky budou **pískový filtr (F001, F002)**, **vyrovnávací nádrž (K001)** a **kompresor (K002)**.



Obr. 7.6: P&ID technologické schéma.

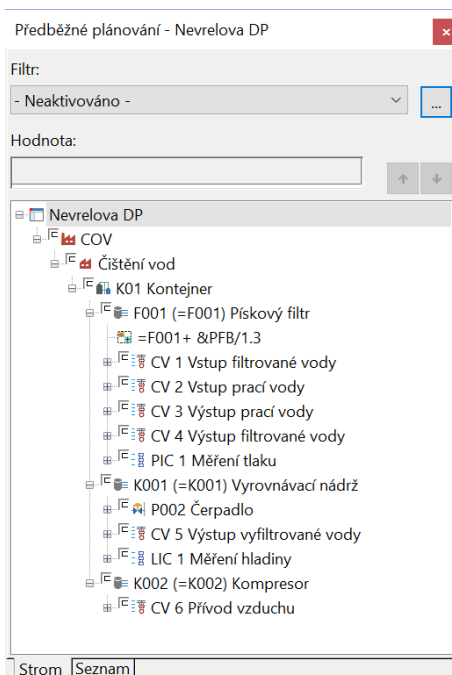
V rámci těchto funkčních celků jsou definovány jednotlivé technologické segmenty a jejich funkce, jsou zde rovněž definovány další armatury a čidla.

Každý z těchto technologických celků i jednotlivých čidel a armatur je definován jako segment struktury. Těmito segmenty je možné vizualizovat struktury v P&ID, a je tak umožněna snazší orientace v technologických schématech. Příklad zadání segmentu struktury je zobrazen na Obr. 7.7.



Obr. 7.7: Definování segmentu struktury.

Celá definovaná struktura podle P&I diagramu je potom zobrazena na Obr. 7.8. Z tohoto obrázku je patrné, že lze P&ID diagram rozdělit do jednotlivých celků, kterým lze přiřadit funkci, kterou v rámci technologie zastávají.



Obr. 7.8: Definování segmentů struktury technologie.

Jednotlivé segmenty struktury je možné přetáhnout metodou Drag&Drop do technologického schématu a přiřadit jim schématickou značku. Veškeré značení komponent pak probíhá automaticky. Přítomnost jednotlivých schématických značek a automatické strukturování jednotlivých artiklů je velkým přínosem pro zabezpečení vazeb mezi jednotlivými komponenty a přispívá i k zefektivnění práce.

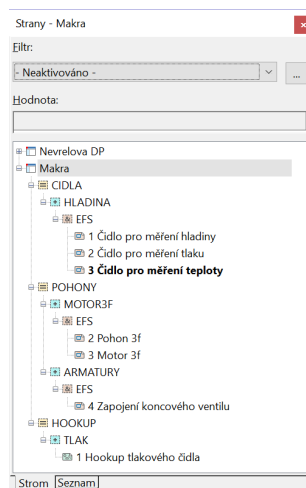
7.3.2 Zadání projektu z tabulky

Druhým případem technologického zadání projektu je vyplnění tabulky, ve které jsou jednotlivé technologické celky, přístroje a armatury strukturovány do různých úrovní. Importem takové tabulky lze dosáhnout stejných výsledků jako v případě zadávání této struktury ručně, jak je definováno v předchozím textu.

7.4 Tvorba maker v systému EPLAN

V rámci návrhu systému a projektování je velmi důležitým bodem tvorba schémat zapojení. Při návrhu schémat zapojení v rámci MaR projektu je velmi časté, že jsou schémata zapojení nebo jejich části opakovány pro zapojení různých přístrojů. Zpravidla se v těchto opakovaných částech mění pouze artikly, jejich značení a jiná data. Za tímto účelem lze využít funkci maker a zástupných objektů. Kombinací využití těchto funkcí lze potom automaticky generovat smyčky a části schémat a tím zásadně snížit projekční čas.

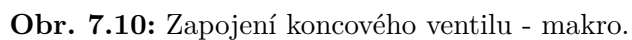
Ideálním způsobem zpracování maker je založení samostatného projektu maker, ve kterém budou dostupná všechna stránková makra která lze při projektování využít. V tomto případě byl vytvořen projekt maker zvaný **Makra**, ve kterém byly založeny skupiny **Čidla**, **Pohony**, **Hookupy**. Rozložení projektu maker je znázorněno na Obr. 7.9.



Obr. 7.9: Struktura projektu maker.

V rámci tohoto projektu je možné následně vytvářet obecná zapojení jednotlivých smyček. Na Obr. 7.10 je znázorněno schéma zapojení koncového ventilu. Z tohoto schématu lze v dialogu strany vytvořit stránkové makro. Stránkové makro slouží k variování schématu zapojení v různých projektech.

V tomto stránkovém makru budou variovány vlastnosti <funkcnitext>, <oznaceni kabelu>, <oznaceni přístroje> <oznaceni svkovnice>, <DI1>, <DI2>, <DO>.



Vlastnosti (symboly): Objekt plánování

Šablony segmentů | Aktor | PLC | Dokumenty / Strany | Artiky | Makro | Šablony |

Makro:

zapojení koncového ventilu emp

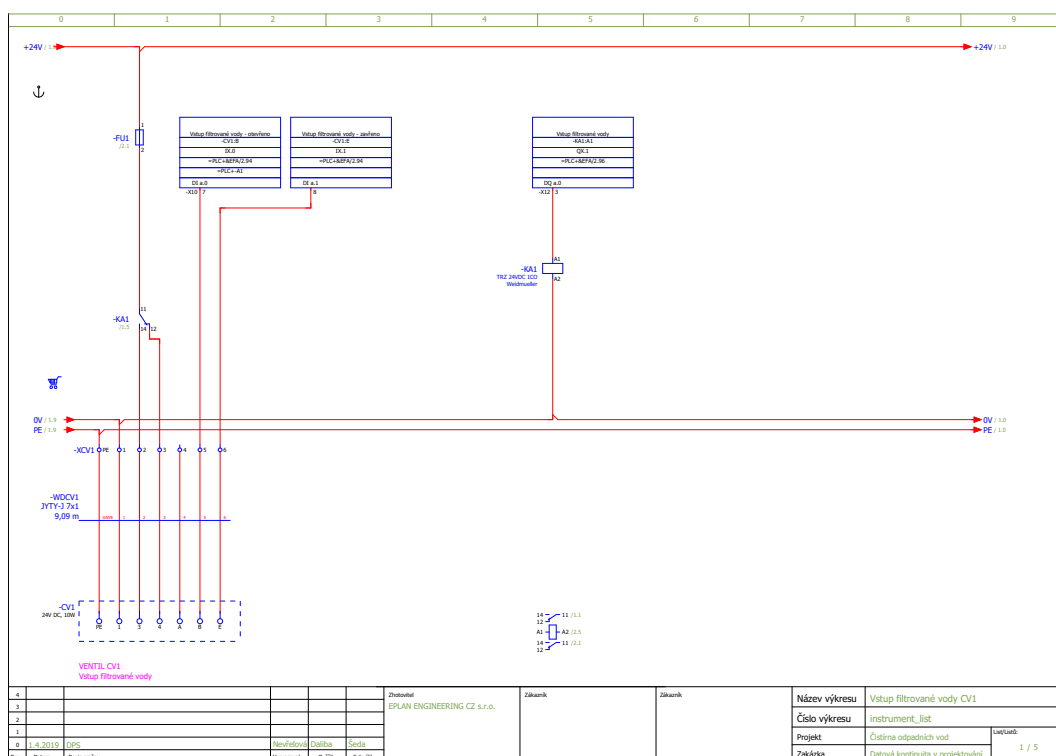
Vlastnosti

Proměnná	Zástupný objekt 1
Typ zobrazení	Neutrální
Varianta	Varianta A
Popis makra	
Zástupný objekt	
Sada hodnot	Uživatелеm definováno
funkcintext	<20201,13>
oznacenkabelu	<20201,10>
oznacenipristroje	<20201,12>
oznacenisvokovnice	<20201,11>
DH1	<44025,2>
DIZ	<44025,3>
DO	<44025,1>

OK Storno Převzt

Jakmile je spojeno stránkové makro s vlastnostmi, je možné vygenerovat schéma zapojení jednoduchým přetažením šablony do projektu Čistírny odpadních vod, jak je zná-

zorněno na Obr. 7.12.



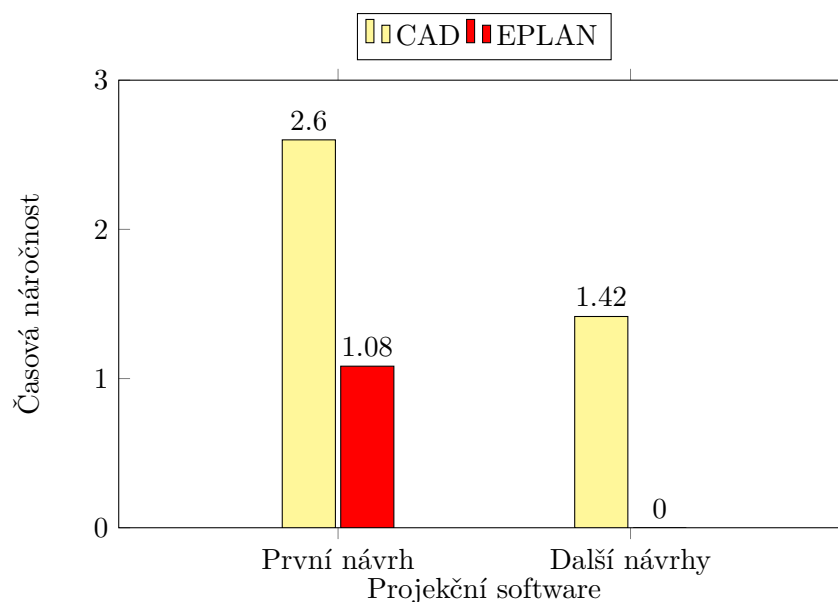
Obr. 7.12: Zapojení CV1 pro Vstup filtrované vody.

Analýza časové náročnosti tvorby schématu zapojení pomocí funkce maker

V rámci předchozího textu byl rozepsán postup návrhu schématu zapojení. Tento postup byl časově hodnocen pro CAD i EPLAN systémy. Toto porovnání je obsaženo v Tab. 7.4 a pro lepší přehlednost znázorněno Obr. 7.18. Jak lze z porovnání časové náročnosti konstatovat, systém EPLAN je pro navrhování schémat zapojení pomocí maker ideální volbou. Časovou náročnost tohoto stěžejního úkonu v rámci technické dokumentace lze pro jedno stránkové makro snížit na minimum. Celková doba pro návrh schématické části projektu potom závisí od počtu a druhu použitých komponent a jejich zapojení.

Tab. 7.3: Porovnání časové náročnosti tvorby schématu zapojení pomocí funkce maker.

Úkon	CAD		EPLAN	
	První návrh [h]	Další návrhy [h]	První návrh [h]	Další návrhy [h]
Rámeček	0,5	0,25	0,5	automaticky
Schematické značky	0,8	0,166	0,083	automaticky
Spoje	0,8	0,5	0,5	automaticky
Značení komponent	0,5	0,5	automaticky	automaticky
Celkem	2,6	1,416	1,083	0



Obr. 7.13: Porovnání časové náročnosti tvorby schématu zapojení pomocí funkce maker.

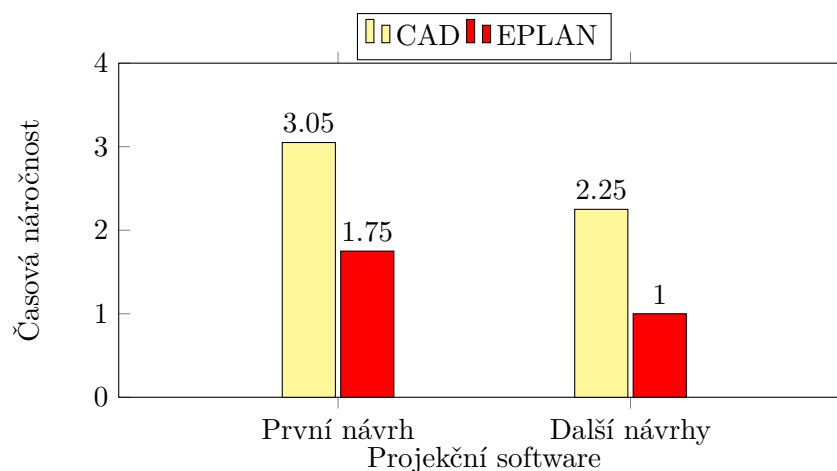
7.4.1 Návrh schématu zapojení v systému EPLAN

V předchozí podkapitole bylo demonstrováno, jak lze využívat v systému EPLAN funkci maker pro jednotlivá schémata zapojení. Tato makra je vhodné využít pro často se opakující zapojení komponent, což je případem právě zapojení ventilů a různých čidel. Ostatní schémata zapojení, pro která není výhodné užívat funkci maker se připravují v samotném projektu, nikoliv externě. Pro takováto schémata je vytvořena nová stránka typu Schéma vícepólového zapojení. Při tvorbě těchto zapojení jsou jednotlivým schematickým značkám rovnou přiřazovány artikly a každý komponent je označován dle zvyklostí a norem. Na Obr. 7.18 je zobrazeno schéma zapojení napájení rozvaděče RM1, ve kterém budou instalována veškerá jistící a ochranná zařízení pro celou technologii.



V Tab. 7.4 je uvedena analýza časové náročnosti tvorby schématu zapojení, které není vytvořeno v rámci Projektu maker. Z tohoto důvodu je časová náročnost vyšší.

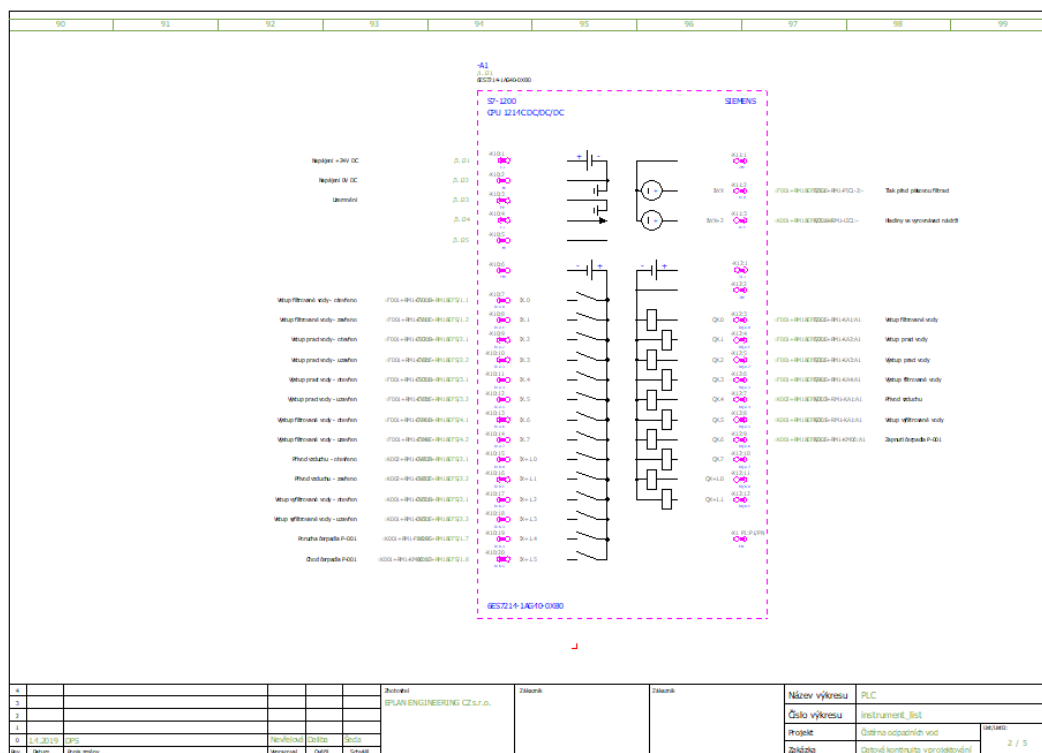
Úkon	CAD		EPLAN	
	První návrh [h]	Další návrhy [h]	První návrh [h]	Další návrhy [h]
Rámeček	0,5	0,25	0,5	automaticky
Schematické značky	1,25	1	0,75	0,5
Spoje	0,8	0,5	0,5	0,5
Značení komponent	0,5	0,5	automaticky	automaticky
Celkem	3,05	2,25	1,75	1



Obr. 7.15: Porovnání časové náročnosti tvorby schématu zapojení.

7.4.2 Návrh PLC

Programovatelné logické automaty se používají v projektech MaR pro ovládání a vizualizaci stavu všech ventilů a čidel v rámci technologie. Ve výkresu zapojení PLC jsou tedy jednotlivým ventilům a čidlům přiděleny adresy, pomocí kterých lze potom programovat stavy a podmínky v technologii.



Obr. 7.16: Schéma zapojení PLC.

Jak je z Obr. 7.16 patrné, PLC modulu jsou přiřazena jednotlivá čidla, vstupy a vý-

stupy, které jsou v rámci technologie ovládány. Na Obr. 7.17 je potom automaticky vygenerovaný seznam PLC adres, které jsou pak výchozím dokumentem pro programátory.

[illegible]

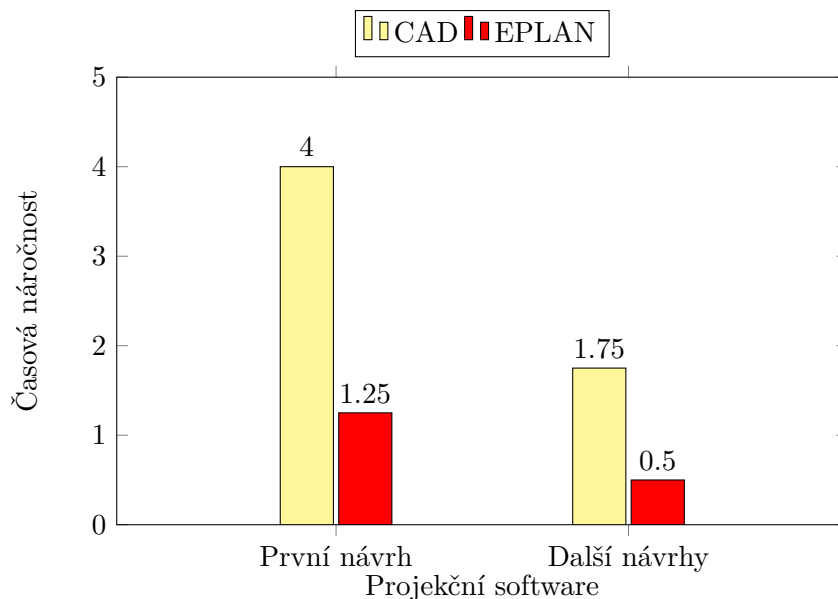
Obr. 7.17: Seznam PLC adres.

Analýza časové náročnosti tvorby schématu zapojení PLC a generování seznamu PLC adres

V Tab. 7.5 je uvedena časová náročnost tvorby schématu zapojení PLC. Z tabulky je zřejmé, že úkon je v systému EPLAN při prvním návrhu podstatně efektivnější.

Tab. 7.5: Porovnání časové náročnosti tvorby schématu zapojení PLC a generování seznamu PLC adres.

Úkon	CAD		EPLAN	
	První návrh [h]	Další návrhy [h]	První návrh [h]	Další návrhy [h]
Rámeček	0,5	0,25	0,5	automaticky
PLC	1,25	makro	makro	0
Přiřazení adres	1,25	0,75	0,5	0,5
Seznam PLC adres	1	0,75	0,25	automaticky
Celkem	4	1,75	1,25	0,5



Obr. 7.18: Porovnání časové náročnosti tvorby schématu zapojení pomocí funkce maker.

7.4.3 Kmenová data

V práci byla několikrát zmíněna důležitost jednotnosti generovaných dat od jednotlivých subobjektů. V praxi je poměrně běžnou záležitostí, že každý jeden subobjekt vydává svou dokumentaci nezávisle na dalších objektech v rámci projektu. Tato skutečnost vede k nesooudnosti jednotlivých projektů, a tedy i obtížné orientaci v rámci dokumentace. Za účelem jednotnosti dokumentace jsou v systému EPLAN zavedena **kmenová data**.

V předchozím textu bylo zmíněno, že kmenová data jsou důležitá při výměně dat mezi jednotlivými obory, subdodavateli i investory. Na základě dohodnutých parametrů lze tato data upravovat dle požadavků jednotlivých stran a vytvářet tak jednotnou strukturu a design projektu.

Mezi **kmenová data** patří:

- symboly jednotlivých komponent, artiklů a přístrojů;
- rámečky titulních stran, schémat, formulářů;
- formuláře pro vyhodnocení datových listů, instrument indexů, PLC adres;
- makra pro opakující se úkony;
- šablony projektů pro zavedení jednotnosti dílčích projektů;
- databáze artiklů pro artikly dostupné z Data Portalu, nebo artikly vytvořené konstruktérem.

Všechny tyto funkce kmenových dat jsou značnou výhodou v rámci navrhování jednotlivých projektů. Je možné zde pevně definovat design, a ten potom přizpůsobovat jednotlivým zákazníkům, anebo jej dodržovat u všech projektů v rámci firmy.

V případě navrhování projektů MaR (měření a regulace) je jejich využití stěžejní. Každá armatura má své určené místo, záměr a funkci v rámci projektu. Tyto náležitosti,

spolu s parametry jednotlivých armatur, jsou vydávány do tzv. **datových listů** (Data-sheet). Tvorba těchto datových listů je důležitá jak pro dodavatele, tak pro montážní firmu, kterou je technologie uváděna do provozu.

Vzhledem k tomu, že těchto přístrojů je v technologii zpravidla velký počet a data, která jsou v rámci těchto listů uvedena jsou velmi kritická pro fungování celé technologie, je zapotřebí dbát na korektnost uvedených informací.

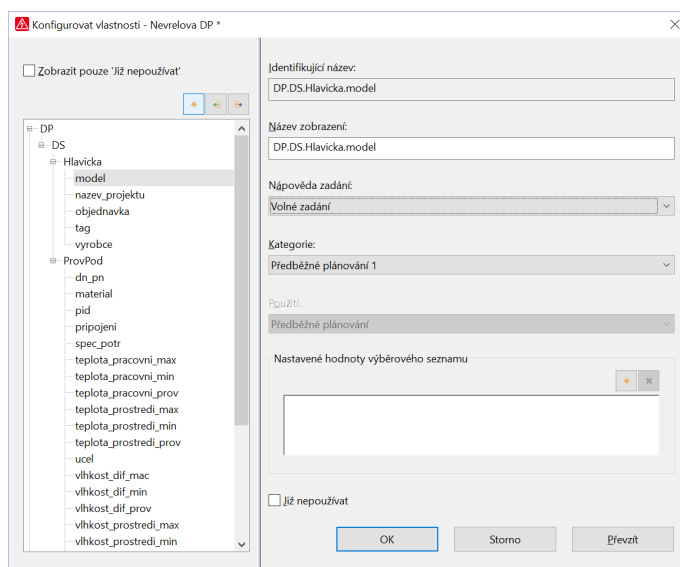
Běžně jsou data definována ze strany technologů, anebo přímo zadaná investorem. Tato data potom projekční firma zpracovává do datových listů. Zpravidla je k tvorbě těchto materiálů využit tabulkový editor. Ruční doplňování těchto datových listů však vytváří riziko generování chyb zaviněných lidským faktorem, rovněž je zde zvýšená časová náročnost.

V systému EPLAN je možné tyto datové listy generovat automaticky pomocí generování dat dostupných v XML souborech anebo tabulkových kalkulátorech.

Tvorba formuláře pro Datový list

V rámci tvorby formuláře pro Datový list je nejprve zapotřebí připravit formulář, který bude použit pro doplňování jednotlivých údajů. V systému EPLAN jsou již některé formuláře předdefinované, nicméně za účelem personalizace jednotlivých formulářů je možné formuláře i vytvářet a definovat si tak vlastní formulářovou strukturu.

Takto připravený formulář lze naplnit daty z tabulkového editoru, anebo je definovat přímo v systému EPLAN v rámci vlastností jednotlivých komponent. Jednotlivé údaje z editoru je prvně zapotřebí spojit s vlastnostmi definovanými v EPLAN. Tyto vlastnosti jsou zobrazeny na Obr. 7.19.



Obr. 7.19: Vytvoření formuláře pro snímač.

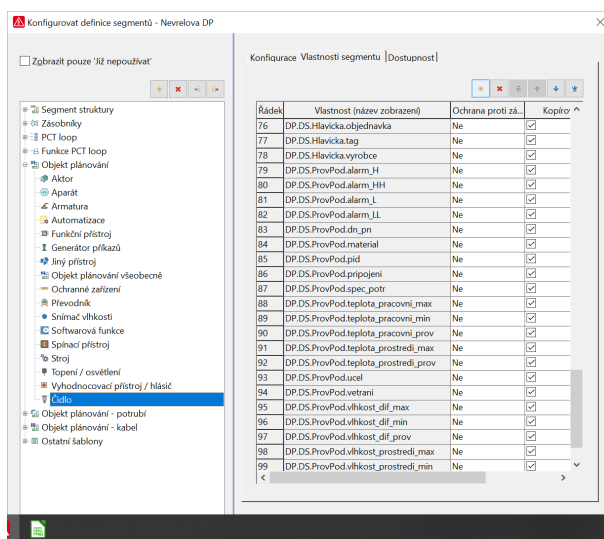
Jak je z Obr. 7.19 patrné, každá buňka formuláře má ke svému parametru přidělenou vlastnost. Například pro buňku Model, v hlavičce formuláře pro datový list snímače,

je v konfigurátoru vlastností vytvořena vlastnost DP.DS.Hlavicka.model. Takto lze vytvořit relace pro jednotlivé buňky celého formuláře, a ty potom dynamicky plnit pomocí vyhodnocení.

Takto globálně doplněné vlastnosti lze definovat pro jednotlivá čidla, a to buď doplněním ve vlastnostech jednotlivých čidel, anebo importem tabulky z tabulkového editoru.

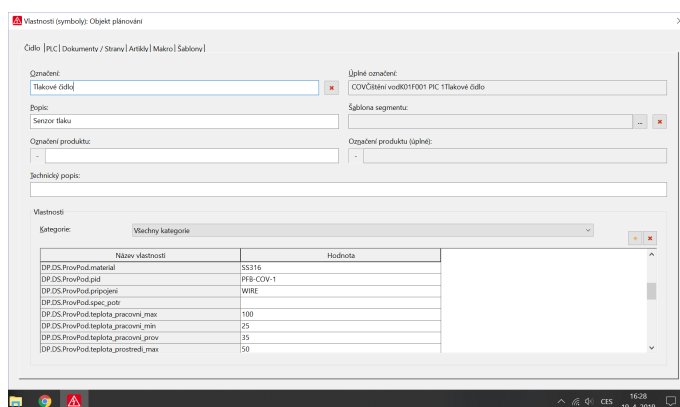
Před samotným, vyhodnocením je zapotřebí určit, kam mají být dané vlastnosti doplňovány, to lze provést vložení speciálního textu vlastností formuláře do určených buněk vytvořeného formuláře.

Dalším krokem k možnosti vystavení takovýchto vyhodnocení je definování, pro jaký přístroj mají být vlastnosti určeny. Na Obr. 7.20 je znázorněno přiřazení vytvořených vlastností pro Objekt plánování Čidlo.



Obr. 7.20: Konfigurování vlastností pro čidlo.

Těmto vlastnostem je možné následně přiřadit hodnoty v definici segmentů jednotlivých čidel.



Obr. 7.21: Přiřazení hodnot vlastnostem.

Na Obr. 7.20 jsou vlastnosti definovány pro čidlo, které reprezentuje obecný Objekt plánování. Pro jednotlivé datové listy je zapotřebí do výše uvedeného formuláře vložit text zástupného objektu, který bude reprezentovat dané konfigurované vlastnosti. Takto připravený formulář datového listu lze následně automaticky generovat pomocí funkce Vyhodnocení, kde bylo vytvořeno pro Předběžné plánování: Plán objektu plánování vyhodnocení s názvem Tlak. Zde byl vytvořen filtr pro tento typ formuláře, kde bylo využito filtrování dle označení čidla, a to Tlakové čidlo jak je znázorněno Obr. 7.22.

Číslo projektu

Popis projektu

Název firmy

Specifikace přístroje:

Snímač tlaku

Název projektu

Objekt plánování / DP.DS.Hlavicka.nazev_projektu

TAG

Objekt plánování / DP.DS.Hlavicka.ta

Výrobce

Objekt plánování / DP.DS.Hlavicka.vy

Model

Objekt plánování / DP.DS.Hlavicka.m

Číslo objednávky: Objekt plánování / DP.DS.Hlavicka.objednavka

PROVOZNÍ PODMÍNKY			
1	Skutka (účet)	Objekt plánování / DP.DS.ProvPod.ucel	16
2	Přát	Objekt plánování / DP.DS.ProvPod.pid	17
3	Nádrž/Potrubi vřev	Objekt plánování / DP.DS.ProvPod.dn_pn	18
4	Nominální hodnota DN/PN		19
5	Specifikace potrubi	Objekt plánování / DP.DS.ProvPod.spec_potr	20
6	Připojení	Objekt plánování / DP.DS.ProvPod.připojení	21
7	Materiál	Objekt plánování / DP.DS.ProvPod.materiál	22
		minimální provozní maximální	
8	Teplota prostředí	Objekt plánování / DP.DS.ProvPod.teplota_prostredi_max	23
9	Teplota pracovní	Objekt plánování / DP.DS.ProvPod.teplota_pracovni_max	24
10	Provozní tlak	Objekt plánování / DP.DS.ProvPod.provPod_vlhkost_prostredi_max	25
11	Diferenční tlak	Objekt plánování / DP.DS.ProvPod.vlhkost_dif_max	26
			27
			28
			29
			30
		LL L H HH	
15	Alarm	Objekt plánování / DP.DS.ProvPod.alarm_HH	31

Oblast dat

Označení	Objekt plánování / Označení	Popis	Objekt plánování / Popis (segment)
Oblastní místo	Objekt plánování /	Realizace	Objekt plánování /
Realizace stavby	Objekt	Plánování	Objekt plánování /
		Software	Objekt plánování /

Poznámky:

Předchozí list

Index revize (ze sádky)	Datum revize	Revize	Revizor	Revize
Index revize (ze sádky)	Datum revize	Revize	Revizor	Revize
Index revize (ze sádky)	Datum revize	Revize	Revizor	Revize
Změna	Datum	Název	Přív.	Revize: Přívodní název projektu (úplný)

Následující list

Index revize (ze sádky)	Datum revize	Revize	Revizor	Revize
Index revize (ze sádky)	Datum revize	Revize	Revizor	Revize
Index revize (ze sádky)	Datum revize	Revize	Revizor	Revize
Změna	Datum	Název	Přív.	Revize: Přívodní název projektu (úplný)

Obr. 7.22: Nastavení vyhodnocení pro tlakové čidlo.

Po vyhodnocení je Datový list, který je zobrazen na Obr. 7.23, automaticky vytvořen ve struktuře EEC. Analogicky lze potom vytvářet další datové listy pro různé snímače a jiné komponenty.

DP_Nevěsta

Čistírna odpadních vod

EPLAN ENGINEERING CZ s.r.o.

	Specifikace přístroje: Snímač tlaku				TAG K01-F001-PIC1
	Název projektu Diplomová práce				Výrobce TME
					Model Tlakové čidlo
	Číslo objednávky: VUT				

PROVOZNÍ PODMÍNKY					
1	Služba (Účel)	Měření tlaku v nádrži			16
2	P&ID	PFB-COV-1			17
3	Nádrž/Potrubní větev	K001			18
4	Nominální hodnota DN/PN				19
5	Specifikace potrubí				20
6	Připojení	WIRE			21
7	Materiál	SS316			22
		minimální	provozní	maximální	
8	Teplota prostředí	30	50	50	23
9	Teplota pracovní	25	35	100	24
10	Provozní tlak	15		65	25
11	Diferenční tlak	15	30	50	26
					27
					28
					29
		LL	L	H	HH
15	Alarm	0,01	0,02	0,08	0,09
					31

Označení	Realizace	Popis
Obslužné místo	Plánování	Ozn.
Náklad stavba		Software
		Kalkulační hodnota

Poznámky:

&EDA/1

Datum	22. 4. 2019	COVČistění vodK01F001 PIC 1Tlakové čidlo	=	Hladina
Zprac.	nevre		+	
Zkontr.				
Datová kontinuita v				projektování

Změna

Datum

Název

Pův.

Obr. 7.23: Automaticky vygenerovaný datový list.

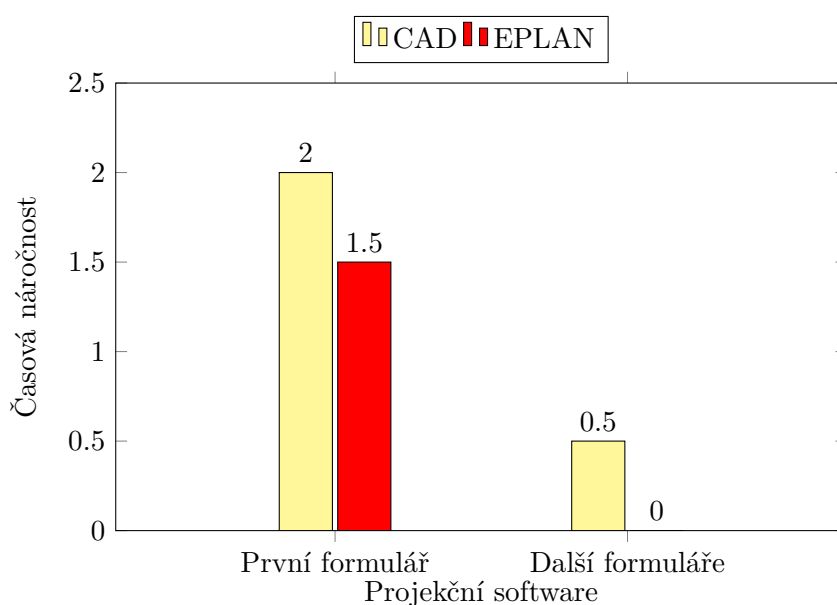
Analýza časové náročnosti tvorby datových listů

V rámci porovnání časové náročnosti obou projekčních systémů byl mapován postup návrhu tvorby datových listů a porovnání časové náročnosti jednotlivých úkonů, jak je zob-

razeno v Tab. 7.6 a graficky Obr. 7.24. Tyto hodnoty jsou definované pro tvorbu jednoho datového listu.

Tab. 7.6: Porovnání časové náročnosti tvorby datových listů.

Úkon	CAD		EPLAN	
	První návrh [h]	Další návrhy [h]	První návrh [h]	Další návrhy [h]
Vytvoření grafiky	1	0	1	automaticky
Vytvoření vlastností	0,5	0	0,5	automaticky
Vyplnění veličin	0,5	0,5	automaticky	automaticky
Celkem	2	0,5	1,5	0



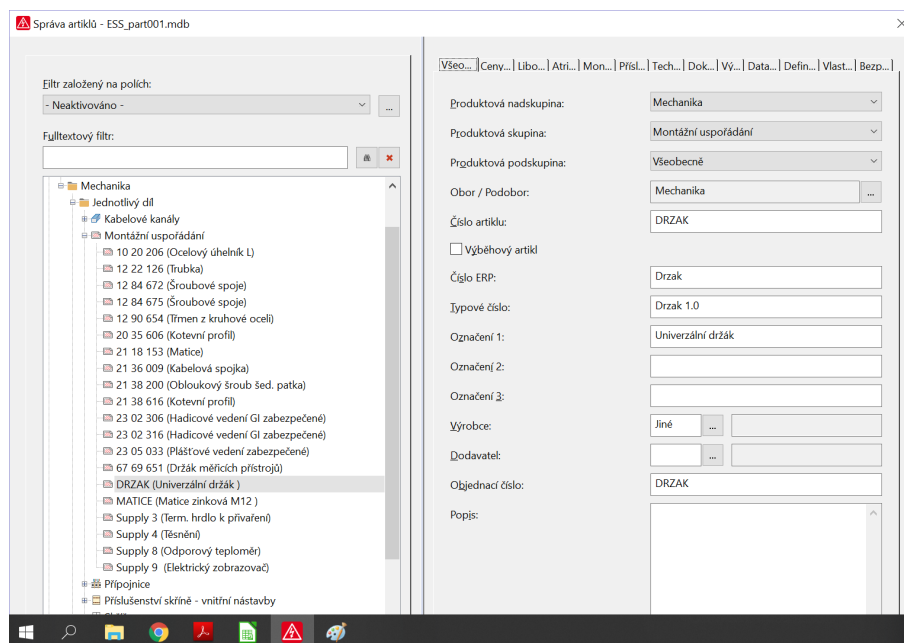
Obr. 7.24: Porovnání časové náročnosti tvorby datových listů.

Tvorba formuláře pro Hook-up

Hook-up slouží k montáži čidel. Je to konstrukční komponent, který je v systému EPLAN definován v Databázi artiklů jako Montážní uspořádání.

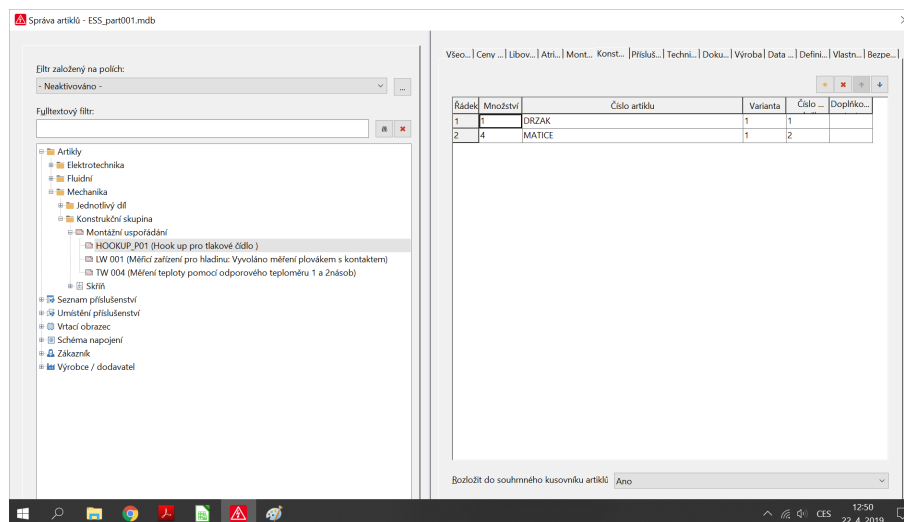
Druhy těchto hookupů jsou definovány v projektu maker a odtud je lze aplikovat v jiných projektech. Aby bylo možné generovat Hook-up automaticky, je zapotřebí připravit formulář, kterým bude definována podoba konstrukčního dílu.

V rámci přípravy formuláře je zapotřebí vytvořit makro, které bude zobrazovat konstrukční výkres tento Hook-up. Tento výkres je zobrazen na Obr. 7.25.



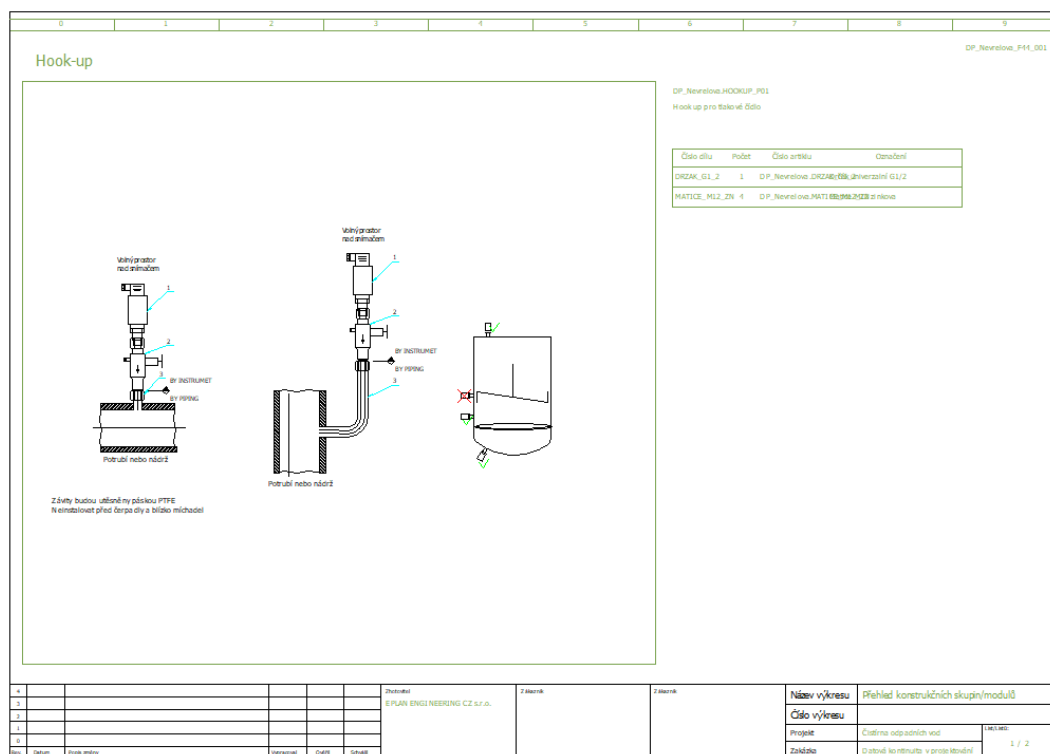
Obr. 7.26: Definování artiklu pro držák.

Vzhledem k tomu, že Hook-up je skupina jednotlivých šroubení, byl vytvořen i artikel Hook-up P01, který zastřešuje konstrukční skupinu pro Hook-up tlakového čidla. Konstrukční skupina montážního uspořádání a definování příslušenství pro artikel jsou znázorněny na Obr. 7.27.



Obr. 7.27: Konstrukční skupina pro Hook-up.

Pomocí textu zástupného objektu jsou následně ve formuláři vytvořeny odkazy pro vkládání potřebných hodnot a rovněž místo pro vkládání makra konstrukčního uspořádání Hook-up. Takto vygenerovaný Hook-up je na Obr. 7.28.



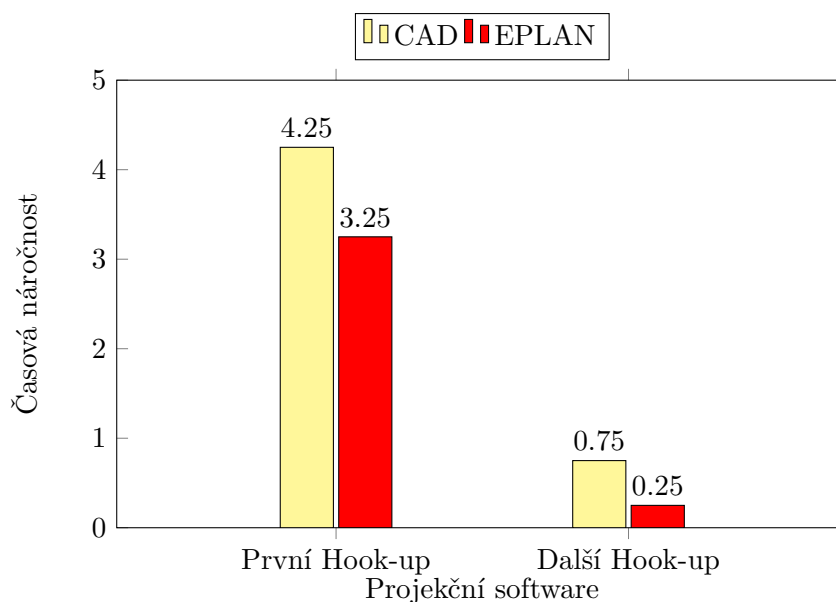
Obr. 7.28: Vygenerovaný Hook-up.

Analýza časové náročnosti tvorby Hook-up

V Tab. 7.7 je zpracováno porovnání časové náročnosti návrhu jednoho Hook-up v systému EPLAN a CAD. Tyto časové hodnoty kopírují časovou náročnost v návaznosti na postup při tvorbě tohoto dokumentu. Pro porovnání jsou hodnoty znázorněny grafem na Obr. 7.29. Časová náročnost konstrukčních částí výkresu, obdobná systému CAD, je vykompenzována automaticky generovaným makrem v následujícím použití navrženého držáku. Celková časová náročnost na dokumenty Hook-up v rámci projektu je odvíjena od počtu armatur a čidel, které vyžadují externí konstrukci k jejich zapojení.

Tab. 7.7: Porovnání časové náročnosti tvorby Hook-up.

Úkon	CAD		EPLAN	
	První návrh [h]	Další návrhy [h]	První návrh [h]	Další návrhy [h]
Rámeček výkresu	1	0,25	1	automaticky
Konstrukční výkres	2	0	2	automaticky
Návrh komponent	1	0,5	0,5	0,25
Kusovník komponent	0,25	0,5	automaticky	automaticky
Celkem	4,25	0,75	3,25	0,25



Obr. 7.29: Porovnání časové náročnosti Hook-up.

Instrument list

Instrument list je seznam přístrojů, které jsou v technologii použity. V tomto dokumentu je definováno i umístění jednotlivých komponent v rámci technologie. V EPLAN představují výpis Segmentů struktury, který byl již definován v technologickém zadání projektu. Výstup může být buďto do externích souborů anebo vyhodnocení EPLAN. Výstup do externích souborů je využíván pouze v případě, že je třeba předat tento dokument v editovatelné formě třetím stranám.

Z externího souboru lze Instrument list rovněž načítat přímo do EPLAN, a tudíž odpadá další definování struktur v rámci přípravy projektu v systému EPLAN.

Již v rámci technologického zadání byly vytvořeny Struktury segmentů, které udávají Instrument list. Ten lze potom v rámci vyhodnocení automaticky generovat jako Přehled objektů plánování. V rámci vyhodnocení je nutné nastavit filtr, kterým bude korigován obsah vyhodnocení. Automaticky vygenerovaný instrument index je na Obr. 7.30.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

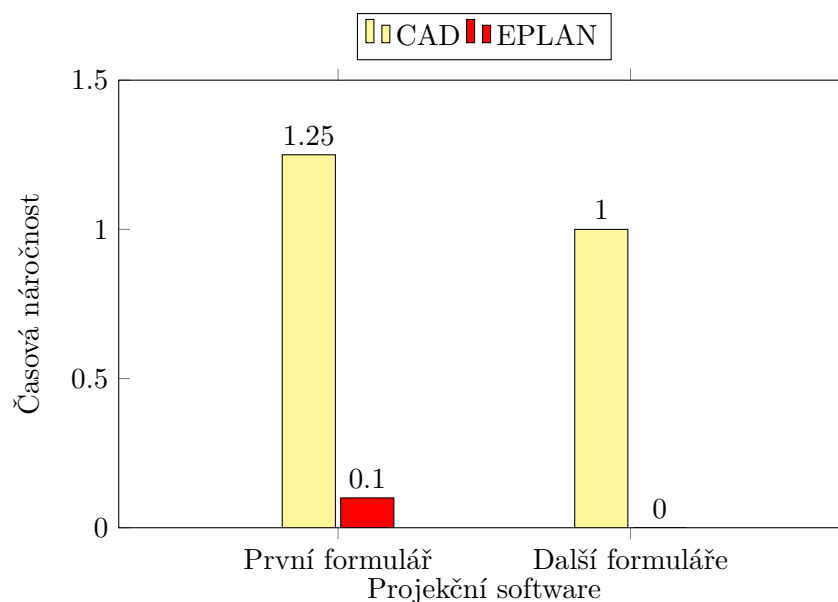
Instrument index

OP_Novotna_F40_001

Objekt plánování	Popis	Celkové náklady [h]			Celková spotřeba energie [kW]	Celková kalkulovaná hodnota [€]	Úplné označení
		Plánování	Stavba	Software			
5 CV 1	Vstup filtrované vody	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	COVČíslení vodK01F001 CV 1
5 CV 2	Vstup prací vody	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	COVČíslení vodK01F001 CV 2
5 CV 3	Výstup prací vody	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	COVČíslení vodK01F001 CV 3
5 CV 4	Výstup filtrované vody	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	COVČíslení vodK01F001 CV 4
5 CV 1	Vstup filtrované vody	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	COVČíslení vodK01F002 CV 1
5 CV 2	Vstup prací vody	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	COVČíslení vodK01F002 CV 2
5 CV 3	Výstup prací vody	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	COVČíslení vodK01F002 CV 3
5 CV 4	Výstup filtrované vody	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	COVČíslení vodK01F002 CV 4
6 Tlakové čísla	Senzor tlaku	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	COVČíslení vodK01F001 PIC 1Tlakové čísla
6 Senzor	Senzor tlaku	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	COVČíslení vodK01F002 PIC 1Senzor
6 Servopohon	Servopohon OM1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	COVČíslení vodK01K001 CV 5Servopohon
6 Solenoid	24V DC obecný	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	COVČíslení vodK01K002 CV 6Solenoid
6 Servopohon	Servopohon OM11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	COVČíslení vodK01Ostatní v kontejneru CV 7Servopohon

4						Stranová				Název výkresu	Instrument index
5						IPPLAN ENGINEERING CZ s.r.o.				Číslo výkresu	
6										Projekt	Číslova odpovídá vod
7										Znak	Znak
8										Znak	Znak
9										Znak	Znak
10										Znak	Znak
11										Znak	Znak
12										Znak	Znak
13										Znak	Znak
14										Znak	Znak
15										Znak	Znak
16										Znak	Znak
17										Znak	Znak
18										Znak	Znak
19										Znak	Znak
20										Znak	Znak
21										Znak	Znak
22										Znak	Znak
23										Znak	Znak
24										Znak	Znak
25										Znak	Znak
26										Znak	Znak
27										Znak	Znak
28										Znak	Znak
29										Znak	Znak
30										Znak	Znak
31										Znak	Znak
32										Znak	Znak
33										Znak	Znak
34										Znak	Znak
35										Znak	Znak
36										Znak	Znak
37										Znak	Znak
38										Znak	Znak
39										Znak	Znak
40										Znak	Znak
41										Znak	Znak
42										Znak	Znak
43										Znak	Znak
44										Znak	Znak
45										Znak	Znak
46										Znak	Znak
47										Znak	Znak
48										Znak	Znak
49										Znak	Znak
50										Znak	Znak
51										Znak	Znak
52										Znak	Znak
53										Znak	Znak
54										Znak	Znak
55										Znak	Znak
56										Znak	Znak
57										Znak	Znak
58										Znak	Znak
59										Znak	Znak
60										Znak	Znak
61										Znak	Znak
62										Znak	Znak
63										Znak	Znak
64										Znak	Znak
65										Znak	Znak
66										Znak	Znak
67										Znak	Znak
68										Znak	Znak
69										Znak	Znak
70										Znak	Znak
71										Znak	Znak
72										Znak	Znak
73										Znak	Znak
74										Znak	Znak
75										Znak	Znak
76										Znak	Znak
77										Znak	Znak
78										Znak	Znak
79										Znak	Znak
80										Znak	Znak
81										Znak	Znak
82										Znak	Znak
83										Znak	Znak
84										Znak	Znak
85										Znak	Znak
86										Znak	Znak
87										Znak	Znak
88										Znak	Znak
89										Znak	Znak
90										Znak	Znak
91										Znak	Znak
92										Znak	Znak
93										Znak	Znak
94										Znak	Znak
95										Znak	Znak
96										Znak	Znak
97										Znak	Znak
98										Znak	Znak
99										Znak	Znak
100										Znak	Znak
101										Znak	Znak
102										Znak	Znak
103										Znak	Znak
104										Znak	Znak
105										Znak	Znak
106										Znak	Znak
107										Znak	Znak
108										Znak	Znak
109										Znak	Znak
110										Znak	Znak
111										Znak	Znak
112										Znak	Znak
113										Znak	Znak
114										Znak	Znak
115										Znak	Znak
116										Znak	Znak
117										Znak	Znak
118										Znak	Znak
119										Znak	Znak
120										Znak	Znak
121										Znak	Znak
122										Znak	Znak
123										Znak	Znak
124										Znak	Znak
125										Znak	Znak
126										Znak	Znak
127										Znak	Znak
128										Znak	Znak
129										Znak	Znak
130										Znak	Znak
131										Znak	Znak
132										Znak	Znak
133										Znak	Znak
134										Znak	Znak
135										Znak	Znak
136										Znak	Znak
137										Znak	Znak
138										Znak	Znak
139										Znak	Znak
140										Znak	Znak
141										Znak	Znak
142										Znak	Znak
143										Znak	Znak
144										Znak	Znak
145										Znak	Znak
146										Znak	Znak
147										Znak	Znak
148										Znak	Znak
149										Znak	Znak
150										Znak	Znak

1 / 1



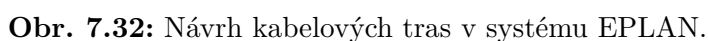
Obr. 7.31: Porovnání časové náročnosti tvorby Instrument listu.

7.5 Kabelové trasy a jejich návrh ve Fielsys

V rámci každého projektu musí být definovány kabelové trasy. Tyto kabelové trasy mapují, kudy v rámci technologického celku povedou kabelové žlaby s kabely. Za tímto účelem je v EPLAN využíváno modulu Fieldsys. Tento modul lze aktivovat zadáním typu strany Topologie.

Výkresy kabelových tras jsou v klasických CAD programech časově velmi náročnou činností. Časová náročnost se samozřejmě odvíjí od instalované technologie, například kabelové trasy pro elektrické rozvody v objektu budou daleko složitější a náročnější, než trasy v rámci jedné technologie. O to však důležitější je využívat efektivnějšího přístupu k návrhu kabelových tras.

S návrhem kabelových tras se pojí i spousta dílčích úkonů. Výhodou použití systému EPLAN pro navrhování kabelových tras je zejména možnost využívat předem definované přístroje a definované kabely pro pokládku kabelových tras. Automaticky generovaná délka jednotlivých kabelů i kabelových listů razantně zrychlí a usnadní projekční práci spojenou s návrhem kabelových tras. V CAD systémech, vyžaduje tato činnost zvýšenou pozornost a péči. Na Obr. 7.32 je zobrazeno jak vypadá výkres pokládky kabelových tras v systému EPLAN. Obr. 7.33 potom znázorňuje vygenerovaný kabelový list. Jednotlivé kabely jsou v rámci EPLAN definovány jako artikly. Tyto kabely jsou přiřazeny i ve schématu zapojení pro napájení jednotlivých komponent mimo rozvaděč.



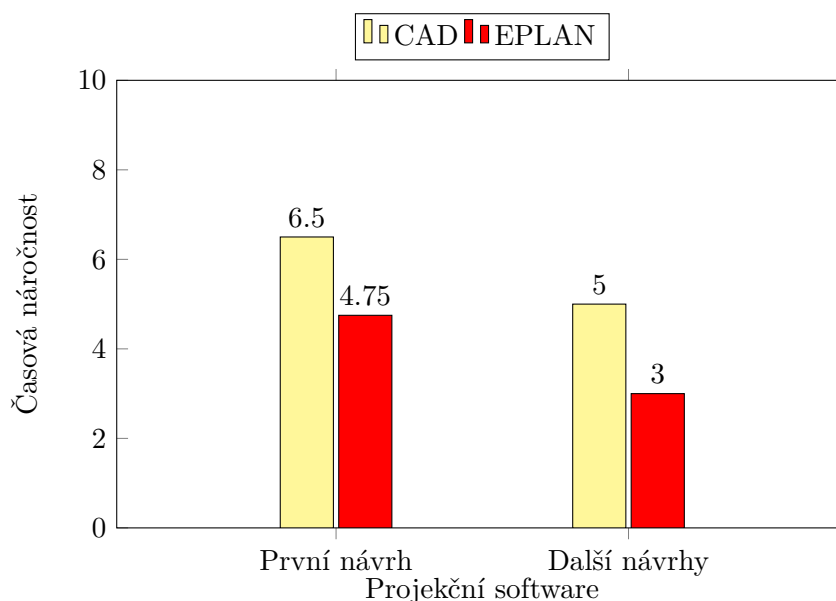
Obr. 7.33: Kabelový list vygenerovaný v EPLAN.

Analýza časové náročnosti tvorby kabelových tras a kabelových listů

V tabulce 7.9 je porovnána časová náročnost tvorby výkresů kabelových tras a Kabelových listů. Zmíněné porovnání je graficky znázorněno na Obr. 7.34. V rámci porovnání je prokázáno, že použití systému EPLAN, který se pro takovéto typy výkresu zprvu nezdál ideální, je opět kompenzováno usnadněním automaticky generovaných kabelových seznamů, které u větších projektů mohou výrazně narůstat.

Tab. 7.9: Porovnání časové náročnosti tvorby Kabelových tras a Kabelových listů.

Úkon	CAD		EPLAN	
	První návrh [h]	Další návrhy [h]	První návrh [h]	Další návrhy [h]
Rámeček	1	0,25	1	automaticky
Půdorys objektu	2	2	2,5	2,5
Schematické značky	1	0,25	automaticky	automaticky
Rozmístění komponent	0,5	0,5	0,5	0,5
Definice kabelů	0,5	0,5	0,75	automaticky
Kabelový list	1,5	1,5	automaticky	automaticky
Celkem	6,5	5	4,75	3

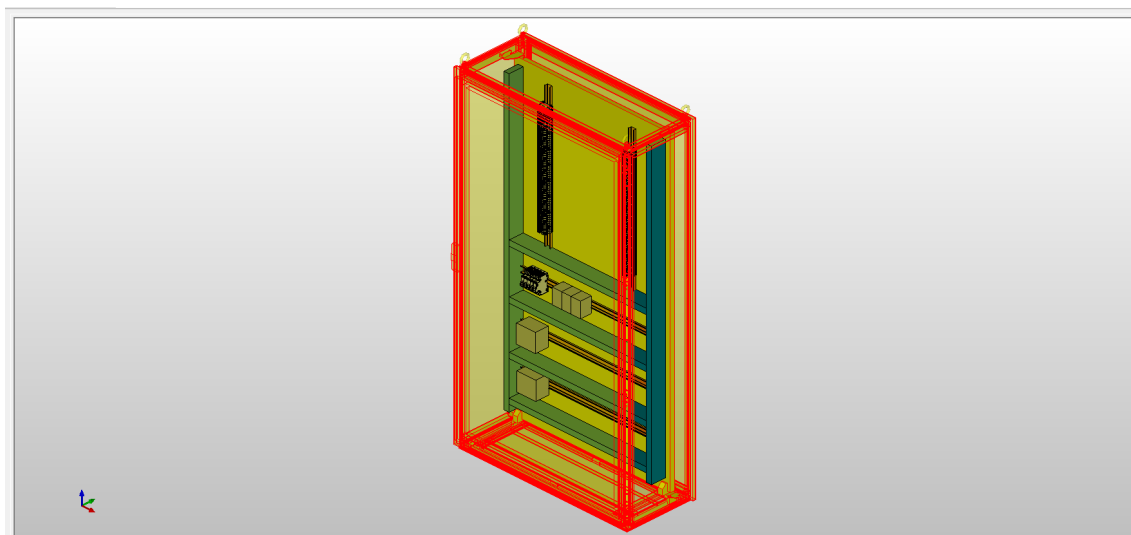


Obr. 7.34: Porovnání časové náročnosti tvorby Kabelových tras a Kabelových listů.

7.6 Rozmístění v rozvaděči a 3D model rozvaděče

Velkou výhodou při přípravě výrobních materiálů je možnost využití předem připravených artiklů a komponent z Data Portálu a jejich 2D a 3D průmětu.

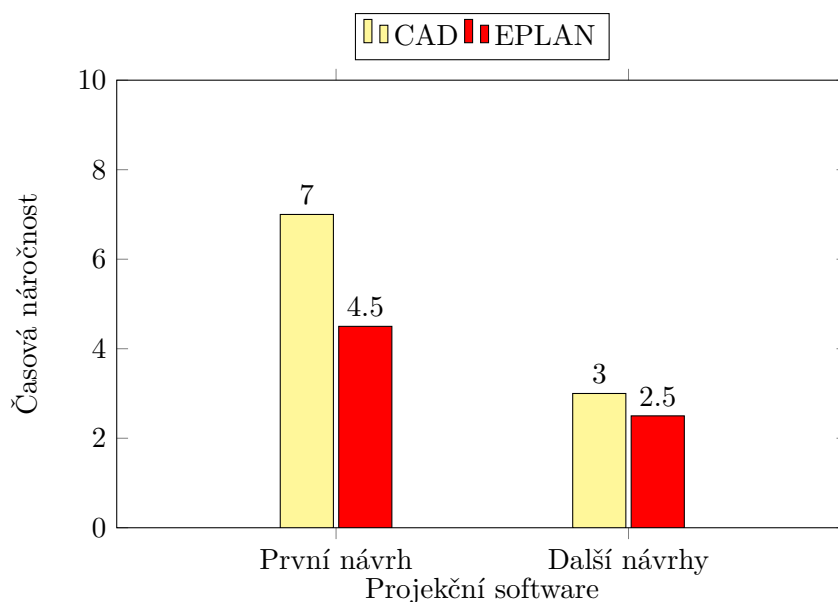
V rámci návrhu rozmístění v rozvaděči je možné využít makra z Data Portalu, která jsou výrobci připravena právě za tímto účelem. Makro, ať už 3D anebo 2D průmětu, obsahuje informace o montážních bodech a tudíž jimi lze přesně modelovat hotový výrobek a kontrolovat kolizi s jinými komponenty. V rámci navrhování projektu je možná kontrola umístění všech instalovaných artiklů. Návrh 3D modelu je na Obr. 7.35.



Obr. 7.35: Návrh 3D modelu.

Analýza časové náročnosti tvorby rozmístění v rozvaděči a 3D modelu

Tab. 7.10 a Obr. 7.36 je znázorněno porovnání časové náročnosti tvorby dokumentu Rozmístění v rozvaděči. Zde je plně využit Data Portal systému EPLAN a možnost využití maker jak pro rozvaděčové skříně, tak pro jednotlivé komponenty, žlaby a svorky, které je zapotřebí do rozvaděče instalovat. Stejná časová náročnost konstrukční části výkresu jako je kótování a rozmístění vývodek, vypínačů a signálek na rozvaděčové skříně je opět vykompenzována zmiňovanou dostupností maker z Data Portalu.



Obr. 7.36: Porovnání časové náročnosti návrhu rozmístění v rozvaděči.

Tab. 7.10: Porovnání časové náročnosti tvorby rozmístění v rozvaděči.

Úkon	CAD		EPLAN	
	První návrh [h]	Další návrhy [h]	První návrh [h]	Další návrhy [h]
Rámeček	1	0,25	1	automaticky
Dimenze rozvaděče	1	0,75	makro	makro
Návrh komponent	2	0,25	makro	makro
Návrh rozmístění	1,5	0,5	1,5	1
Vývodky, vypínače, signálky	1	0,75	1	0,75
Kótování	0,5	0,5	1	0,75
Celkem	7	3	4,5	2,5

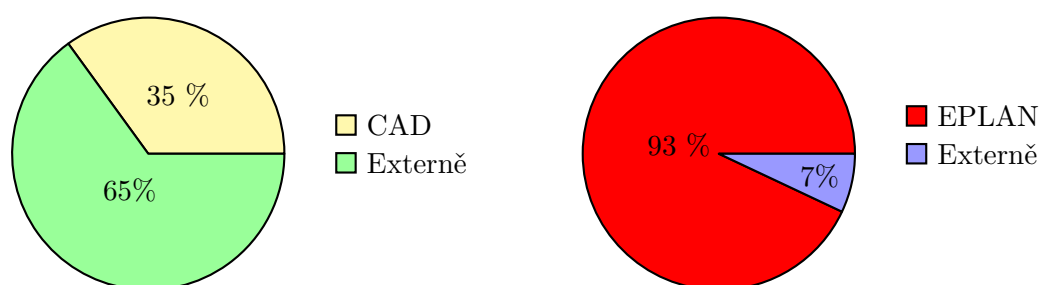
7.7 Zpracování externích dokumentů

V rámci projektu je zpravidla nutné zpracovávat i externí dokumenty. Porovnání množství externích dokumentů, které je nutné v projektu spravovat je zobrazeno v Tab. 7.11. Porovnání je rovněž znázorněno graficky na Obr. 7.7 a 7.7. Z grafů a tabulky je patrné, že množství externích dokumentů v případě použití CAD systému představuje 65 % z celkové dokumentace a pouze 35 % dokumentace lze tvořit v systémech CAD. Nevýhodou CAD systémů je ovšem absence jakékoliv správy externích dokumentů v rámci projekční platformy. Oproti tomu v systému EPLAN je užití externí dokumentace zúženo výhradně

na sepsání technické zprávy, kterou však lze do systému EPLAN importovat. V systému EPLAN tedy je možné spravovat veškeré části technické dokumentace přímo.

Tab. 7.11: Zpracování externích dokumentů.

ID	Popis	CAD	EPLAN
EAA	Titulní strana	externí dokument	EPLAN
EAB	Obsah dokumentace	externí dokument	EPLAN
EBB	Technická zpráva	externí dokument	externí dokument
EDA	Instrument list	externí dokument	EPLAN
EEC	Datové listy	externí dokument	EPLAN
EFP	Seznam PLC adres	externí dokument	EPLAN
EFS	Schémata zapojení	CAD	EPLAN
ELH	Kabelové trasy	CAD	EPLAN
EMB	Kabelové listy	externí dokument	EPLAN
EPA	Souhrnný kusovník artiklů	externí dokument	EPLAN
EPB	Kusovník artiklů	externí dokument	EPLAN
ETB	Hook-up	CAD	EPLAN
ETC	Rozmístění v rozvaděči	CAD	EPLAN
PFB	P&ID	CAD	EPLAN



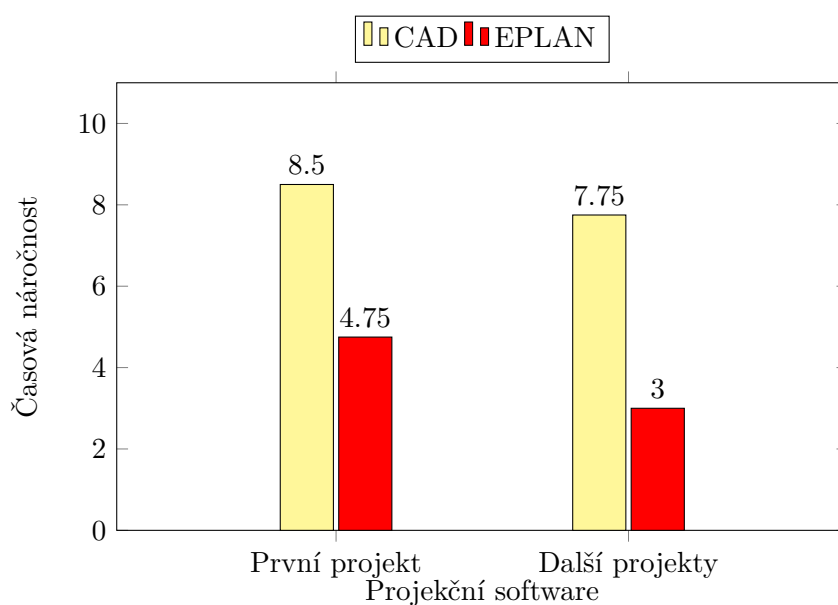
Obr. 7.37: Poměr externích dokumentů CAD a EPLAN.

Analýza časové náročnosti zpracování externích dokumentů

Dokumenty jako je Titulní strana, Obsah dokumentace, Technická zpráva, Souhrnný kusovník artiklů a kusovník artiklů jsou dokumenty, které jsou součástí každé technické dokumentace. Jejich tvorba bývala zpravidla v externích programech a možnost zařadit jejich zpracování do systému EPLAN je značnou výhodou oproti CAD systémům. V Tab. 7.12 a na Obr. 7.38 je znázorněna časová náročnost tvorby externích dokumentů.

Tab. 7.12: Porovnání časové náročnosti zpracování externích dokumentů.

Úkon	CAD		EPLAN	
	První projekt [h]	Další projekty [h]	První projekt [h]	Další projekty [h]
Titulní strana	1	0,25	1	automaticky
Obsah dokumentace	1	1	0,25	automaticky
Technická zpráva	3	3	3	3
Souhrnný kusovník	1,5	1,5	0,25	automaticky
Kusovník artiklů	2	2	0,25	automaticky
Celkem	8,5	7,75	4,75	3



Obr. 7.38: Porovnání časové náročnosti zpracování externích dokumentů.

8 SHRNOTÍ

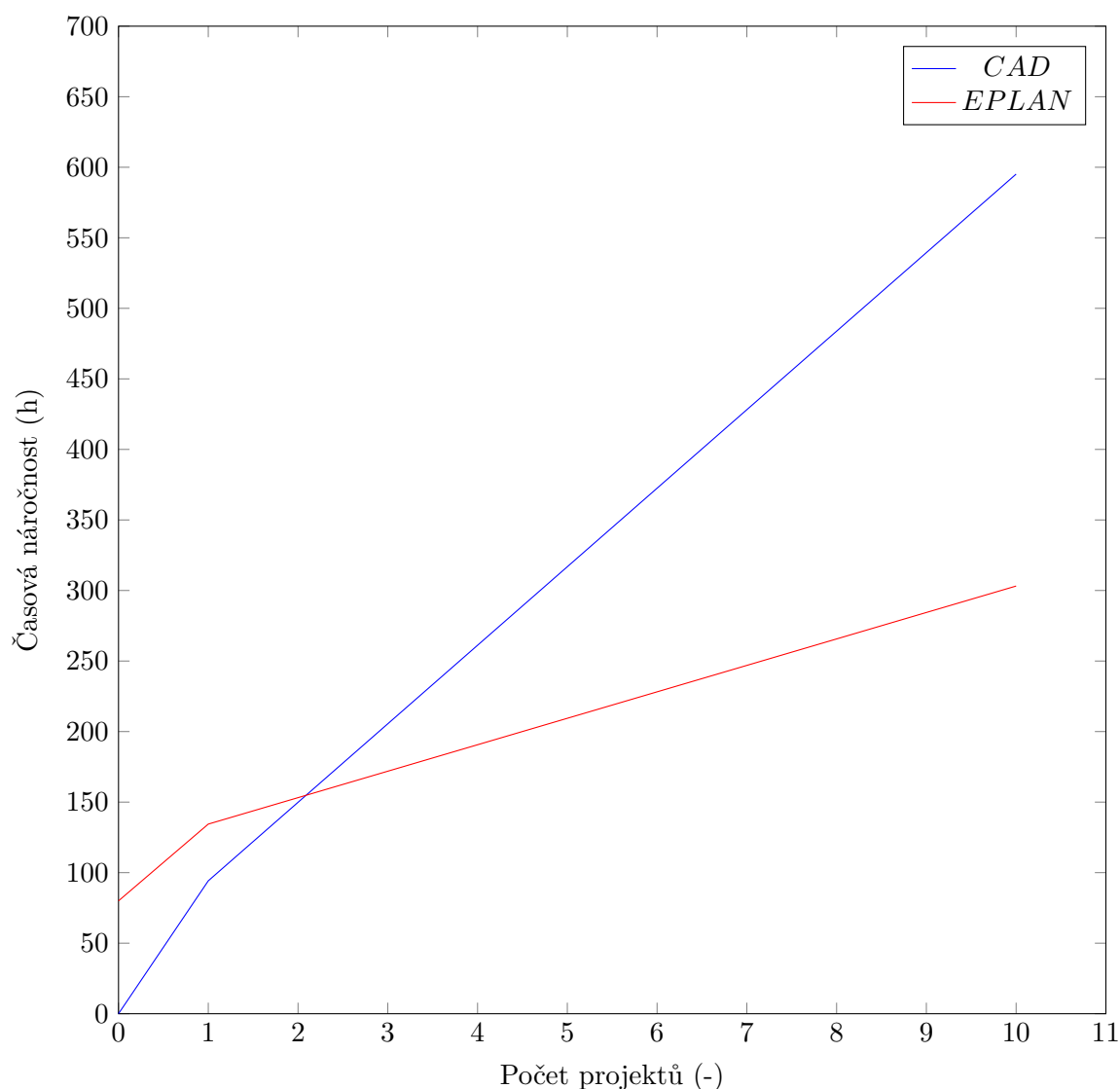
Projekt vytvořený v předchozí kapitole obsahoval dílčí analýzu časové náročnosti. V rámci této kapitoly bude analýza provedena pro celý vytvořený projekt a další následující obdobné projekty. V kapitole budou rovněž obsažena závěrečná konstatování, která z práce vyplynula.

8.1 Analýza časové náročnosti pro projekt

Analýza časové náročnosti pro celý vytvořený projekt je obsažena v Tab. 8.1. V této tabulce je možné sledovat porovnání přípravy celého projektu MaR v CAD a EPLAN. Jako nultá hodnota byla před prvním projektem uvedena časová náročnost implementace systémů. Dílčí projekt byl následně časově ohodnocen napříč všemi částmi prvního projektu a pro představu časové úspory bylo toto porovnání provedeno i pro další obdobné projekty (II, III, V a X) MaR. Na Obr. 8.1 je časové vyhodnocení pro přehlednost znázorněno graficky.

Tab. 8.1: Časová analýza projektu.

Úkon	CAD		EPLAN	
	Časová náročnost[h]		Časová náročnost[h]	
Implementace	0,00	0,00	80	0,00
Počet projektů	I.	II.	I.	II.
Struktura projektu	1,00	0,25	3	0,25
Schémata zapojení (makro)	26	14,16	10,83	0,00
Schémata zapojení	27,45	20,25	15,75	9,00
Datové listy	4,00	1,00	3,00	0,00
PLC	4,00	1,75	1,25	0,50
Hook-up	8,5	1,50	6,50	0,50
Instrument index	1,25	1,00	0,083	0,00
Kabelové trasy a listy	6,5	5,00	4,75	3,00
Rozmístění v rozvaděči	7,00	3,00	4,50	2,50
Externí dokumenty	8,50	7,75	4,75	3,00
Celkem	94,20	55,66	134,40	18,75
Celkem 2 projekty	-	149,86	-	153,163
Celkem 3 projekty	-	205,50	-	171,90
Celkem 5 projektů	-	316,840	-	209,40
Celkem 10 projektů	-	595,14	-	303,16



Obr. 8.1: Časová analýza projektu.

Z grafického znázornění je patrné, že návratnost systému EPLAN je v rámci časové úspory započata již v rámci třetího projektu a dále je již neustále roste. Z rovnice 8.1 lze vyčíst bilanci člověkohodin v rámci jednotlivých projektů, a tedy i finanční úsporu v rámci přístupu k projektování pomocí systému EPLAN.

Pro lepší představu jsou data uvedena i v Tab. 8.2. Z tabulky je patrné, že prvotní časová investice na přípravu celého projektu je vykompenzována už v rámci návrhu třetího projektu. V rámci desátého projektu je časová úspora předpokládána již ve výši 49 % z celkové časové náročnosti v CAD. Jinak řečeno, při desátém projektu bude celkový čas věnovaný projekční činnosti při užití systému EPLAN poloviční oproti času v CAD. A navíc lze v rámci jednoho systému spravovat veškerou dokumentaci, tudíž i orientace je snazší a rychlejší, projekt ucelenější. V rovnici 8.1 je uveden vztah pro výpočet rozdílu časové náročnosti zpracování projektu v člověkohodinách.

$$U_n = (A_1 + A_2(n - 1)) - (B_1 + B_2(n - 1)). \quad (8.1)$$

Kde:

U_n rozdíl v člověkohodinách

A_1 časová náročnost prvního projektu v CAD;

A_2 časová náročnost dalších projektů v CAD;

B_1 časová náročnost prvního projektu v EPLAN;

B_2 časová náročnost dalších projektů v EPLAN;

n počet projektů.

Tab. 8.2: Porovnání časové úspory.

Počet projektů	CAD	EPLAN	Úspora [člověkohodiny]	Úspora [%]
1	94,2	134,41	-40,213	-42,69
2	149,86	153,16	-3,303	-2,20
3	205,52	171,91	33,607	16,35
4	261,18	190,66	70,517	27,00
5	316,84	209,41	107,427	33,91
6	372,5	228,16	144,337	38,75
7	428,16	246,91	181,247	42,33
8	483,82	265,66	218,157	45,09
9	539,48	284,41	255,067	47,28
10	595,14	303,16	291,977	49,06

V předchozí kapitole bylo vytvořeno porovnání dílčích částí projektu stran časové náročnosti. Z tohoto porovnání lze vyčíst časovou náročnost dílčích celků. Nicméně z těchto lze odvodit i dílčí závěry, které budou součástí následujícího textu.

8.2 Efektivita tvorby konstrukčních výkresů

V rámci návrhu kabelových tras, Hook-up, schématu zapojení a tvorby maker hrají velkou roli jak konstrukční výkresy, tak i dílčí úkony a dokumenty jako jsou kabelové listy a kusovníky, které přispívají celistvosti návrhu. Z časové analýzy těchto činností lze konstatovat, že z hlediska časové náročnosti je rozdíl využití CAD systémů oproti systému EPLAN pro tvorbu konstrukčních výkresů zanedbatelný. Doprovedné činnosti, které jsou s návrhem těchto výkresů spojeny, jsou však stěžejním bodem v rámci časové úspory.

Z dostupných dílčích analýz a sesbíraných dat tedy plyne, že hlavní výhodou využití systému EPLAN je možnost využívat automatizované činnosti, které jsou umožněny v rámci kmenových dat, a tím razantně snížit časovou náročnost projektu. Dalším nástrojem pro zrychlení práce je využití předběžného plánování (Preplanningu), ve kterém jsou vytvořeny šablony pro jednotlivé komponenty a jim přiřazená makra, která minimalizují rámec časového návrhu pro schémata na minimum.

8.3 Datová kontinuita v systému EPLAN a její využití v Průmyslu 4.0

S vývojem průmyslových technologií a automatizováním průmyslové výroby ve smyslu Průmyslu 4.0, je zapotřebí držet tento trend i v rámci raných fází nových projektů. Do těchto raných fází patří bezesporu i konstrukční a projekční činnost. Cílem této práce bylo zavedení datové kontinuity do návrhu elektrotechnické dokumentace a zefektivnění navrhování technologií napříč všemi obory, které s návrhem elektroprojektů souvisí. Jak bylo v práci představeno, systém EPLAN přináší komplexní řešení pro nasazení datové kontinuity v rámci zpracování technické dokumentace.

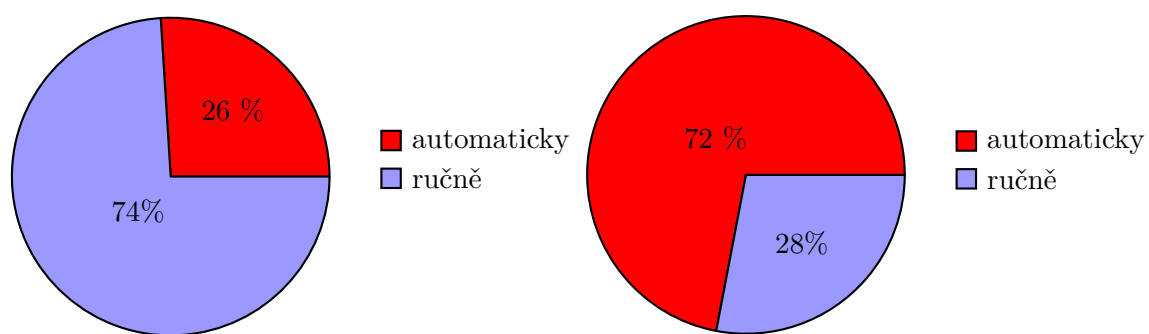
Pro účely datové kontinuity je zde využívána správa celého projektu pod jednou platformou. Možnost implementace technologických, stavebních, obchodních, elektro i výrobních dokumentů do jednoho projektu v jednotné formě.

Využití tohoto přístupu je zásadním krokem vpřed v rámci přístupu k projektování a kooperativní tvorby projektů, kdy je možné jeden projekt pod jednou platformou sdílet se všemi zúčastněnými a v reálném čase projekt upravovat a revidovat tak, aby byla zachována forma, obsah i myšlenka celého návrhu.

Právě schopnost uchovávat tuto nosnou myšlenku a na normovaných základech stavět celé projekty spěje k automatizaci i tak náročného a odborného procesu jakým je projekční činnost a tvorba technické dokumentace pro průmyslové objekty.

8.4 Redukce chybovosti automatizováním projekčních procesů

V rámci práce byly popsány jednotlivé okruhy činností, které vedou k sestavení celého projektu. Tyto okruhy činností byly hodnoceny časovou náročností na zpracování, přičemž v mnohých případech byly v rámci systému EPLAN dílčí činnosti vykonávány automaticky na základě relací vytvořených v tomto systému. Na Obr. 8.4 je znázorněn poměr automatických činností vůči činnostem zpracovávaným konvenčním způsobem. Z tohoto poměru lze konstatovat, že automatizováním činností lze snížit chybovost ve 26 % činností a při opakovaném zpracování projektu lze redukovat chybovost až u 75 % činností. Velkou výhodou je zde již zmiňovaná správa projektu v jedné platformě a relace mezi jednotlivými částmi vytvořená již v začátku projektu. Pokud je zapotřebí změny v některém z artiklů anebo upravení technologie, jsou tyto změny zohledněny v rámci nového vyhodnocení tohoto projektu.



Obr. 8.2: Redukce chybovosti v systému EPLAN u prvního (graf vlevo) a u následujících (graf vpravo) projektů.

9 MONITOROVÁNÍ PODMÍNEK V ČISTÍRNĚ ODPADNÍCH VOD

V úvodu práce je diskutováno monitorování aktuálních podmínek v průmyslových objektech a Průmyslu 4.0. Znalost aktuálních podmínek v tomto velmi specifickém prostředí průmyslových provozů má velký dopad na funkčnost a bezpečnost celého systému. V rámci navrhování systému a komponent do průmyslového provozu hraje tedy zásadní roli určování vnějších vlivů. Informace o stanovení vnějších vlivů jsou zaznamenávány v protokolech vnějších vlivů, kterými jsou poskytovány informace o prostředí, ve kterém bude systém provozován. Těmito protokoly jsou rovněž definovány požadavky na parametry, které musí být dodržovány při navrhování jednotlivých komponent. Právě z tohoto důvodu je protokol o vnějších vlivech jedním ze základních dokumentů při návrhu systému v průmyslovém odvětví.

V případě čistíren odpadních vod, kde je často indikována vyšší vlhkost, jsou rovněž kladeny vyšší nároky na krytí přístrojů zavedených do provozu v těchto prostorech, a tedy i na použité materiály, ze kterých jsou jednotlivé komponenty vyrobeny. Vzhledem k vlhkosti a kolísavé teplotě je zapotřebí ovládat i ventilaci a termoregulaci, proto na základě analýzy teploty a vlhkosti bude spínána i ventilace v rámci prostoru čističky odpadních vod.

Z výše uvedených důvodů byla v rámci práce použita čidla pro měření teploty a vlhkosti a také relé modul pro ovládání ventilátoru. Povědomím o podmínkách v monitorovaném objektu je možné maximálně přizpůsobit použité komponenty a zajistit tak jejich delší životnost a správnou funkčnost.

V předchozí kapitole byla jednotlivá čidla představena a byla z nich odeslána prvotní data na privátní IP adresu WiFi modulu ESP-01. Nicméně, pro kontinuální monitorování a ovládání armatur, je zapotřebí sofistikovanějšího přístupu k celému problému. Z tohoto důvodu vznikla vize monitorovacího webového rozhraní, které bude zobrazovat aktuální podmínky v monitorovaném prostředí, všechna odeslaná data budou ukládána do databáze, odkud je bude možno exportovat a dále s nimi pracovat. Z webového rozhraní bude možné také ovládat ventilátor a zobrazovat jeho aktuální stav.

Pověřená osoba tímto získá snadný přístup k informacím o teplotě a vlhkosti prostředí a stavu jednotlivých ventilů v rámci provozu. Na základě takto získaných informací je potom možné provádět různá opatření plynoucí z jejich analýzy, jako je plánování údržby zařízení nebo výměna jednotlivých komponent armatur.

V této kapitole je popsána samotná tvorba webového rozhraní a přenos dat pro monitorování podmínek v prostorech čističky odpadních vod.

9.1 Sestavení databáze a skriptů pro odesílání a zobrazování dat z čidla DHT11

Za účelem vytvoření webového rozhraní pro monitorování podmínek v rámci čistírny odpadních vod byla zakoupena doména `www.cov.wz.cz`, pomocí které budou získaná data zobrazována a bude s nimi dále manipulováno. Na tomto serveru byla rovněž, pomocí `phpMyadmin`, vytvořena databáze `covwzcz1792` a v ní tabulky `DHT11` a `VENTILATOR`, které budou použity pro ukládání monitorovaných dat.

K databázi se lze připojovat pomocí skriptu `index.php`, v němž jsou definovány údaje potřebné pro přihlášení:

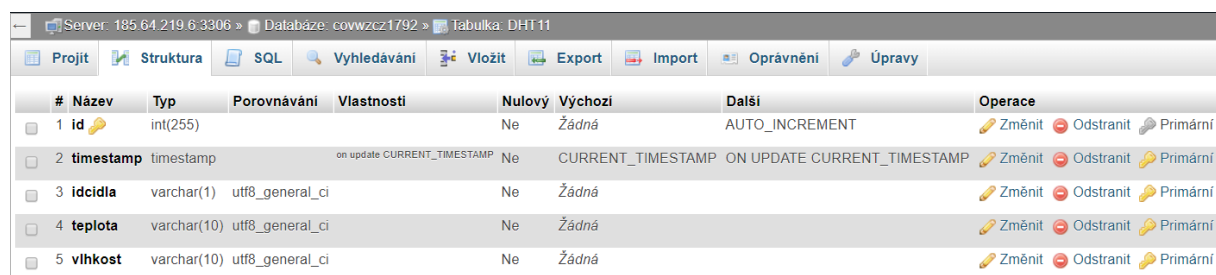
```
<?php

//udaje pro prihlaseni k~DB
$server="sql2.webzdarma.cz";
$user="covwzcz1792";
$pass="****";
$db="covwzcz1792";
//pripojeni k~DB
$connect = mysqli_connect($server, $user, $pass)
or die("Nepodarilo se pripojit k~databazi");

mysqli_select_db($connect, $db)
or die("Nepodarilo se zvolit databazi");

?>
```

Tabulka `DHT11` obsahuje pole `id`, `timestamp`, `idcidla`, `teplota`, `vlhkost`. Pole `id` je nastaveno na `AUTO_INCREMENT`, jeho hodnota je tedy automaticky inkrementována s každým novým zápisem. Pole `timestamp` slouží k zobrazení časového razítka zápisu dat. Do polí `teplota` a `vlhkost` budou zapisovány údaje načtené z čidla. Čidlo, ze kterého byl zápis proveden bude jednoznačně identifikováno pomocí `idcidla`. Struktura tabulky `DHT11` je znázorněna Obr. 9.1.



#	Název	Typ	Porovnávání	Vlastnosti	Nulový	Výchozí	Další	Operace
1	id	int(255)			Ne	Žádná	AUTO_INCREMENT	Změnit Odstranit Primární
2	timestamp	timestamp		on update CURRENT_TIMESTAMP	Ne	CURRENT_TIMESTAMP	ON UPDATE CURRENT_TIMESTAMP	Změnit Odstranit Primární
3	idcidla	varchar(1)	utf8_general_ci		Ne	Žádná		Změnit Odstranit Primární
4	teplota	varchar(10)	utf8_general_ci		Ne	Žádná		Změnit Odstranit Primární
5	vlhkost	varchar(10)	utf8_general_ci		Ne	Žádná		Změnit Odstranit Primární

Obr. 9.1: Struktura tabulky `DHT11`.

Pro zapisování dat do jednotlivých polí byl vytvořen skript `add.php`. Pomocí tohoto skriptu budou údaje z čidla předané na server zpracovány, vloženy do databáze a rovněž odeslány na skript `index.php`, pomocí kterého budou data zobrazena na webovém

rozhraní.

```
<?php
//nacteni index.php s~udaji pro prihlaseni
include("index.php");

//definovani sloupce a~promennych
$idcidla=$_GET["idcidla"];
$teplota=$_GET["teplota"];
$vlhkost=$_GET["vlhkost"];

//zapisovani vyse ziskanych udaju do tabulky
$query = "INSERT INTO 'DHT11'('teplota','vlhkost')
VALUES('".$_teplota."', '".$_vlhkost."')";

//pripojeni k~DB, zapsani udaju a~ukonceni spojeni
mysqli_query($connect, $query);
mysqli_close($connect);
header("Location:index.php");
?>
```

Jak již bylo výše zmíněno, data jsou zobrazena pomocí skriptu v souboru `index.php`. V prvním kroku jsou data vybrána pomocí funkce `SELECT` z tabulky `DHT11`. Limit zobrazovaných dat byl stanoven na 10.

```
//vybrani radku z~tabulky DHT11
$query = "SELECT * FROM 'DHT11' ORDER BY 'id'
DESC limit 10";
//definice promenne result
$result = mysqli_query($connect, $query);
```

Takto vybraná data jsou následně zobrazena v tabulce. Tento zápis je proveden pomocí skriptu:

```
<?php
//zobrazeni udaju na webu
if (mysqli_num_rows($result) > 0) {
while($row = mysqli_fetch_assoc($result)) {
echo "<tr>
<td> " . $row["timestamp"] . "</td>
<td> " . $row["idcidla"] . "</td>
<td> " . $row["teplota"] . "</td>
<td> " . $row["vlhkost"] . "</td>
</tr>";
} else {
echo "0 results";}
?>
```

Server www.cov.wz.cz je nyní připraven přijímat a zobrazovat data z čidla DHT11. Data o aktuální teplotě a vlhkosti je zapotřebí odeslat z modulu ESP-01. Aby bylo možné data odesílat, je zapotřebí importovat knihovnu `<ESP8266HTTPClient.h>`, která slouží pro odesílání požadavků GET a POST na webový server. Po importu této knihovny lze využívat požadované funkce. Pomocí sestavení řetězce `data` lze předat požadované hodnoty serveru.

```
//definice retezce data a~jeho zaslani na add.php
String data =String("http://www.cov.wz.cz/add.php")
+ "?teplota=" + teplota + "&vlhkost=" + vlhkost +
"&idcidla=" + idcidla;
```

Po provedení těchto kroků jsou databázi přijímána data. Naplnění databáze odeslanými daty je na Obr. 9.1.

<div><div><div>←</div><div>T</div><div>→</div></div><div></div></div>							id	timestamp	idcidla	teplota	vlhkost
<div><div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div>	<div><div></div><div></div></div> Upravit	<div><div></div><div></div></div> Kopírovat	<div><div></div><div></div></div> Odstranit	1	2018-12-10 19:57:54	1	25	55			
<div><div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div>	<div><div></div><div></div></div> Upravit	<div><div></div><div></div></div> Kopírovat	<div><div></div><div></div></div> Odstranit	2	2018-12-10 19:58:04	1	26	52			
<div><div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div>	<div><div></div><div></div></div> Upravit	<div><div></div><div></div></div> Kopírovat	<div><div></div><div></div></div> Odstranit	3	2018-12-10 19:58:15	1	25	54			
<div><div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div>	<div><div></div><div></div></div> Upravit	<div><div></div><div></div></div> Kopírovat	<div><div></div><div></div></div> Odstranit	4	2018-12-10 19:58:25	1	25	53			
<div><div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div>	<div><div></div><div></div></div> Upravit	<div><div></div><div></div></div> Kopírovat	<div><div></div><div></div></div> Odstranit	5	2018-12-10 19:58:35	1	26	52			
<div><div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div>	<div><div></div><div></div></div> Upravit	<div><div></div><div></div></div> Kopírovat	<div><div></div><div></div></div> Odstranit	6	2018-12-10 19:58:46	1	26	52			
<div><div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div>	<div><div></div><div></div></div> Upravit	<div><div></div><div></div></div> Kopírovat	<div><div></div><div></div></div> Odstranit	7	2018-12-10 19:58:56	1	26	52			

Obr. 9.2: Naplněná tabulka DHT11.

Všechna získaná data lze rovněž zobrazit na webové stránce, jak je znázorněno Obr. 9.3.

Údaje o teplotě a vlhkosti

Datum a čas	ID čidla	Teplota	Vlhkost
2018-12-10 20:20:27	1	26	52
2018-12-10 20:20:16	1	26	53
2018-12-10 20:20:06	1	26	51
2018-12-10 20:19:55	1	26	55
2018-12-10 20:19:45	1	26	55
2018-12-10 20:19:34	1	26	59
2018-12-10 20:19:24	1	25	55
2018-12-10 20:19:12	1	25	55
2018-12-10 20:19:02	1	26	52
2018-12-10 20:18:51	1	24	53

Obr. 9.3: Zobrazení načtených dat na webovém rozhraní.

9.2 Sestavení databáze a skriptů pro ovládání ventilátoru pomocí relé modulu

V rámci předchozí podkapitoly bylo vytvořeno monitorování teploty a vlhkosti. Aby bylo na základě získaných výsledků možno provádět opatření vedoucí k optimalizaci těchto podmínek, je zapotřebí zavést vzdálené ovládání aktorů. V případě této práce bude k optimalizaci podmínek v prostorách čistírny odpadních vod využito vzdáleného ovládání ventilátoru.

Tento ventilátor bude vzdáleně ovládán z webového rozhraní pomocí tlačítek. Na základě získaných hodnot bude potom předán povel na WiFi modul ESP01, a na výstupním pinu (pin číslo 0) bude pomocí definice `pinMode(relePin, OUTPUT)` nastaven stav LOW nebo HIGH.

V datbázi je pro zapisování požadovaného stavu ventilátoru vytvořena tabulka VENTILATOR, která obsahuje pole `id`, `timestamp`, `requestedStav`. Pole `id` je opět nastaveno na `AUTO_INCREMENT` a do sloupce `requestedStav` bude zapisován stav ventilátoru, který je uživatelem vyžadován, tedy ZAPNUTO/VYPNUTO. Struktura tabulky je znázorněna na Obr. 9.4.



#	Název	Typ	Porovnávání	Vlastnosti	Nulový	Výchozí	Další	Operace
1	id	int(255)			Ne	Žádná	AUTO_INCREMENT	Změnit Odstranit Primární
2	timestamp	timestamp	on update	CURRENT_TIMESTAMP	Ne	CURRENT_TIMESTAMP	ON UPDATE CURRENT_TIMESTAMP	Změnit Odstranit Primární
3	requestedStav	varchar(10)		utf8_general_ci	Ne	Žádná		Změnit Odstranit Primární

Obr. 9.4: Struktura tabulky VENTILATOR.

Data jsou do databáze zapisována z formuláře v souboru `index.php`. Tento formulář zasílá stiskem tlačítka hodnotu 1 (zapnout) nebo 0 (vypnout) na skript `ventilator.php`. Formulář je definován následovně.

```
//formular zasila data na ventilator.php
<form method="post" action="ventilator.php" >
  <p><button type="radio" name="requestedStav" value="1">
    Zapnout ventil tor </button></p>
  <p><button type="radio" name="requestedStav" value="0">
    Vypnout ventil tor </button></p>
</form>
```

Ve výše zmiňovaném skriptu `ventilator.php` jsou získané hodnoty zapsány do databáze a rovněž do textového souboru `ventilator.txt`. Data jsou ze souboru `ventilator.txt` čtena modulem ESP01.

```
/*zapisovani promenne requestedStav
do ventilator.php a~ventilator.txt*/
$requesteStav=$_POST["requestedStav"];
```

```
file_put_contents("ventilator.txt", $requestedStav);

//zapsani requestedStav do tabulky VENTILATOR
$query = "INSERT INTO 'VENTILATOR' (requestedStav)
VALUES('".$requestedStav."')";
```

Tabulka VENTILATOR je nyní naplněna hodnotami odeslanými z webového formuláře, jak je zobrazeno na Obr. 9.2

<div><div><div>←</div><div>T</div><div>→</div></div></div>						id	timestamp	requestedStav
<div><div><div></div></div></div>	<div><div><div></div></div></div>	<div>Upravit</div>	<div><div><div></div></div></div>	<div>Kopírovat</div>	<div><div><div></div></div></div>	1	2018-12-12 06:46:24	1
<div><div><div></div></div></div>	<div><div><div></div></div></div>	<div>Upravit</div>	<div><div><div></div></div></div>	<div>Kopírovat</div>	<div><div><div></div></div></div>	2	2018-12-12 06:46:26	0
<div><div><div></div></div></div>	<div><div><div></div></div></div>	<div>Upravit</div>	<div><div><div></div></div></div>	<div>Kopírovat</div>	<div><div><div></div></div></div>	3	2018-12-12 06:46:28	1
<div><div><div></div></div></div>	<div><div><div></div></div></div>	<div>Upravit</div>	<div><div><div></div></div></div>	<div>Kopírovat</div>	<div><div><div></div></div></div>	4	2018-12-12 06:46:30	0
<div><div><div></div></div></div>	<div><div><div></div></div></div>	<div>Upravit</div>	<div><div><div></div></div></div>	<div>Kopírovat</div>	<div><div><div></div></div></div>	5	2018-12-12 06:47:51	1
<div><div><div></div></div></div>	<div><div><div></div></div></div>	<div>Upravit</div>	<div><div><div></div></div></div>	<div>Kopírovat</div>	<div><div><div></div></div></div>	6	2018-12-12 06:47:52	0

Obr. 9.5: Naplněná tabulka VENTILATOR.

Skriptem `index.php` jsou následně data zobrazena na webovém rozhraní, kde je mimo možnosti ovládání zobrazen i aktuální stav ventilátoru.

```
<?php
//zobrazeni udaju na webu
if (mysqli_num_rows($result1) > 0) {
while($row = mysqli_fetch_assoc($result1)) {
echo "
<tr>
<td> " . $row["timestamp"] . "</td>
<td> " . $row["requestedStav"] . "</td>
</tr>";}
} else {
echo "0 results";}
```

Připravené webové rozhraní pro ovládání ventilátoru je na Obr. 9.6

Aby bylo možné relé vzdáleně ovládat pomocí získaných hodnot z webového rozhraní, je zapotřebí naprogramovat modul ESP01. Načítání dat ze souboru `ventilator.txt` je provedeno následovně.

```
void ovladani(){
HTTPClient http;
http.begin(www.cov.wz.cz/ventilator.txt);
RequestedStav=http.getString().toInt
if (requestedStav == 1){
Serial.println("ON");
```

Ovládání ventilátoru

Zapnout ventilátor

Vypnout ventilátor

Datum a čas změny	Aktuální stav ventilátoru
2018-12-12 17:55:53	0

Obr. 9.6: Ovládání ventilátoru.

```
digitalWrite(relePin, HIGH);  
stav = "ON";  
}  
if (requestedStav == 0)  
{  
  Serial.println("OFF");  
  digitalWrite(relePin, LOW);  
  stav = "OFF";  
}
```

Webové rozhraní je zobrazeno na Obr. 9.7. Takto připraveným webovým rozhraním je umožněno vzdálené monitorování a ovládání čidel a aktorů.

Monitorování podmínek v ČOV

Údaje o teplotě a vlhkosti

Datum a čas	ID čidla	Teplota [°C]	Vlhkost [%]
2018-12-10 20:20:27	1	26	52
2018-12-10 20:20:16	1	26	53
2018-12-10 20:20:06	1	26	51
2018-12-10 20:19:55	1	26	55
2018-12-10 20:19:45	1	26	55
2018-12-10 20:19:34	1	26	59
2018-12-10 20:19:24	1	25	55
2018-12-10 20:19:12	1	25	55
2018-12-10 20:19:02	1	26	52
2018-12-10 20:18:51	1	24	53

Ovládání ventilátoru

Zapnout ventilátor Vypnout ventilátor

Datum a čas změny	Aktuální stav ventilátoru
2019-04-18 07:53:49	1

Obr. 9.7: Webové rozhraní.

10 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zavedení Datové kontinuity v rámci projekční činnosti a její aplikování v rámci projektů realizovaných na základě filozofie Průmyslu 4.0.

V první části práce je představena motivace pro zavedení datové kontinuity do projekční činnosti. Výhody této datové kontinuity jsou potom rozebírány napříč prací. Základní myšlenkou této datové kontinuity je potom spojení manažerské a projekční práce, kteréžto činností se stávají nedílnou součástí pracovní náplně všech projektantů.

V rámci druhé kapitoly je představen Průmysl 4.0, jeho základní myšlenky a součásti, ze kterých je tato koncepce složena. Jedná se zejména o Kyberneticko-fyzikální systémy, Velká data, Internet služeb a Internet věcí. V této kapitole je představena i specifikace OPC Foundation, kde je představen soubor pravidel pro spolehlivou a bezpečnou výměnu dat v rámci Průmyslu 4.0.

Třetí část práce se zabývá Internetem věcí v Průmyslu 4.0, který by časem mohl hrát významnou roli v rámci průmyslových technologií, zejména díky respektování snadného přístupu k datům a správě a předávání aktuálních informací o stavu technologie.

S touto kapitolou souvisí i další část práce, ve které jsou připravena čidla pro monitorování podmínek v rámci Čistírny odpadních vod, která je v této práci zpracována. Nasazení tohoto příslušenství je spíše modelováním a příslibem budoucího využití této průkopové technologie v rámci průmyslových prostorů. Zvolená čidla nejsou vhodná do průmyslových prostor, zejména kvůli jejich konstrukci. Tato konstrukce je vzhledem k nízkému krytí a malé robustnosti celého čipu do průmyslových prostor zcela nevhodná, ale pro modelovou situaci a příklad využití dostatečná.

V páté kapitole je diskutován rozdíl mezi CAD a CAE systémy a představena platforma EPLAN s veškerými moduly, které byla vybrány pro aplikování myšlenky datové kontinuity. Z této části práce vyplývá zásadní rozdíl mezi oběma přístupy k projektování, a sice, že CAD systémy simulují pouze elektronické výkresy a práce v rámci návrhu těchto výkresů je elektronickou obdobou rýsovacího prkna. Kdežto systém EPLAN je vhodný sofistikovanější přístup k projektování s možností definování jednotlivých celků a komponent a automatizování projekční činnosti.

Šestou kapitolou je zavedena datová kontinuita do projektování. Je zde zdůrazněn životní cyklus celého projektu, a tedy i dané činnosti, které musí být v rámci celého projektu zpracovány a na které musí být kladen důraz při sestavování celé technologie. V této kapitole je rovněž zadána časová náročnost projekčních prací pro konvenční způsob projektování pomocí CAD systémů.

V sedmé kapitole je navržen projekt oboru MaR pro případ Čistírny odpadních vod. Tento projekt je zcela navržen v platformě EPLAN a jsou zde rovněž mapovány veškeré činnosti, které je zapotřebí v rámci příprav projektu vykonat. Tyto činnosti jsou časově ohodnoceny jak pro CAD systémy, tak pro EPLAN platformu a vycházejí z pracovních zkušeností v projekční firmě.

V kapitole osmé je zpracována časová analýza pro celý projekt a pro projekty následující, je zde vyhodnocena návratnost projektování v systému EPLAN oproti systému CAD.

Tato návratnost byla vypočtena na zpracování třech projektů. V této kapitole jsou rovněž diskutovány další výhody přístupu k projektování pomocí EPLAN jako je efektivita tvorby výkresů a redukce chyb pomocí automatizace procesů.

V poslední, deváté, kapitole je potom vytvořena webová aplikace pro monitorování podmínek v rámci čistírny odpadních vod, kterou je uzavřen projekční cyklus.

Z práce vyplývá, že zavedení datové kontinuity pomocí systému EPLAN je v souladu s nejnovějšími trendy, a to nejen v rámci projekčních činností, ale v rámci celého přístupu k vedení projektu. Ignorování tohoto přístupu k projekci může vést až ke ztrátě konkurenceschopnosti jednotlivých firem. Zejména potom kvůli časové náročnosti a komplexitě jednotlivých činností, které mají na projekční činnost zásadní technologický i ekonomický dopad.

Skutečnost, že mimo technických činností musí konstruktéři ovládat i finanční gramotnost a aplikovat manažerské dovednosti je v této době zcela nevyhnutelnou. Znalost práce v CAE systémech vrhá zcela nový pohled na projektování a jeho provázání s ostatními činnostmi, které nespádají pod projekční a konstrukční obor. Možnosti, které lze v rámci nasazení CAE systému EPLAN využívat, jsou zcela inovativní a splňují nároky filozofie Průmyslu 4.0.

LITERATURA

- [1] *Národní iniciativa průmysl 4.0* [online]. Dostupné z: <<http://kzps.cz/wp-content/uploads/2016/02/kzps-cr.pdf>>.
- [2] SALDIVAR, Alfredo Alan Flores, Yun LI, Wei-neng CHEN, Zhi-hui ZHAN, Jun ZHANG a Leo YI CHEN. *Industry 4.0 with Cyber-Physical Integration: A Design and Manufacture Perspective* [online]. 11.9.2015, 6 [cit. 2018-11-03]. DOI:10.1109/ICoAC.2015.7313954.]. Dostupné z: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/7313954/>>.
- [3] JAZDI, N. *Cyber physical systems in the context of Industry 4.0. In: 2014 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics* [online]. IEEE, 2014, 2014, s. 1-4 [cit. 2018-11-]. DOI: 10.1109/AQTR.2014.6857843. ISBN 978-1-4799-3732-5. Dostupné z: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/6857843/>>.
- [4] *Industry 4.0 - ElektroPrůmysl.cz*. [online]. Copyright 2011 [cit. 21.10.2018]. Dostupné z: <<http://www.elektroprumysl.cz/automatizace/industry-4-0>>.
- [5] *Průmysl 4.0* [online]. Copyright 2011 [cit. 21.10.2018]. Dostupné z: <http://www.utee.feec.vutbr.cz/iet/wp-content/uploads/sites/2/2016/10/Industry4_0_Marcon.pdf>.
- [6] NGUYEN, Thuan L. *A Framework for Five Big V's of Big Data and Organizational Culture in Firms. In: 2018 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)* [online]. IEEE, 2018, 2018, s. 5411-5413 [cit. 2019-05-08]. DOI: 10.1109/BigData.2018.8622377. ISBN 978-1-5386-5035-6. Dostupné z: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8622377/>>
- [7] CONDRY, Michael W. a Catherine Blackadar NELSON. *Using Smart Edge IoT Devices for Safer, Rapid Response With Industry IoT Control Operations. Proceedings of the IEEE* [online]. 2016, 104(5), 938-946 [cit. 2018-11-03]. DOI: 10.1109/JPROC.2015.2513672. ISSN 0018-9219. Dostupné z: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7423655/>>.
- [8] SHAHZAD, Khurram a Mattias ONILS. *Condition Monitoring in Industry 4.0-Design Challenges and Possibilities: A Case Study. In: 2018 Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT* [online]. IEEE, 2018, 2018, s. 101-106 [cit. 2018-11-04]. DOI: 10.1109/METROI4.2018.8428306. ISBN 978-1-5386-2497-5.]. Dostupné z: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8428306/>>.
- [9] CHIANG, Mung a Tao ZHANG. *Fog and IoT: An Overview of Research Opportunities. IEEE Internet of Things Journal* [online]. 2016, 3(6), 854-864 [cit. 2018-11-04]. DOI: 10.1109/JIOT.2016.2584538. ISSN 2327-4662.]. Dostupné z: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7498684/>>.

- [10] BOUZARKOUNA, Imen, M'hammed SAHNOUN, Nouha SGHAIER, David BAUDRY a Christian GOUT. *Challenges Facing the Industrial Implementation of Fog Computing*. In: *2018 IEEE 6th International Conference on Future Internet of Things and Cloud (FiCloud)*[online]. IEEE, 2018, 2018, s. 341-348 [cit. 2018-11-04]. DOI: 10.1109/FiCloud.2018.00056. ISBN 978-1-5386-7503-8.] Dostupné z: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8458033/>>.
- [11] PETRASCH, Roland a Roman HENTSCHE. *Cloud storage hub: Data management for IoT and industry 4.0 applications*. In: *2016 Management and Innovation Technology International Conference (MITicon)*[online]. IEEE, 2016, MIT-108-MIT-111 [cit. 2018-11-04]. DOI: 10.1109/MITICON.2016.8025236. ISBN 978-1-5090-4105-3.] Dostupné z: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/8025236/>>.
- [12] SEUNGJUN, Yeon a Jun HYOUNG. *Issues and Implementation Strategies of the IoT (Internet of Things) Industry*. In: *2016 10th International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS)* [online]. IEEE, 2016, 2016, s. 503-508 [cit. 2018-11-04]. DOI: 10.1109/IMIS.2016.52. ISBN 978-1-5090-0984-8. Dostupné z: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7794519/>>
- [13] HUNG, Yu-Hsin a Ray-I CHANG. *The implementation of IoT for cloud system in industries-educational IoT case*. In: *2017 3rd International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR)* [online]. IEEE, 2017, 2017, s. 727-730 [cit. 2018-11-04]. DOI: 10.1109/ICCAR.2017.7942792. ISBN 978-1-5090-6088-7. Dostupné z: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7942792/>>
- [14] *What is OPC?*. In: <https://opcfoundation.org/> [online]. [cit. 2018-11-20]. Dostupné z: <<https://opcfoundation.org/about/what-is-opc/>>
- [15] VERYHA, Y. *Going Beyond Performance Limitations of OPC DA Implementation. 2005 IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation*[online]. IEEE, 2005, 47-50 [cit. 2018-11-20]. DOI: 10.1109/ETFA.2005.1612501. ISBN 0-7803-9401-1. Dostupné z: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/1612501/>>
- [16] LEITNER, Stefan-Helmut a Wolfgang MAHNKE. *OPC UA – Service-oriented Architecture for Industrial Applications* [online].[cit. 2018-11-20]. Dostupné z: <<https://cimug.ucaiug.org/kb/knowledge%20base/soa%20for%20industrial%20applications.pdf>>
- [17] OPC Foundation. <https://opcfoundation.org/> [online]. [cit. 2018-11-21]. Dostupné z: <<https://opcfoundation.org/developer-tools/specifications-unified-architecture>>
- [18] AUSBERGER, Tomáš. *OPC UA servery a jejich použití pro přenos dat řídicích systémů*. Plzeň, 2015. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni.[cit. 2018-11-21].

- [19] LIN, Chun-Cheng, Der-Jiunn DENG, Zheng-Yu CHEN a Kwang-Cheng CHEN. *Key design of driving industry 4.0: joint energy-efficient deployment and scheduling in group-based industrial wireless sensor networks*. IEEE Communications Magazine. 2016, 54(10), 46-52. DOI: 10.1109/MCOM.2016.7588228. ISSN 0163-6804. Dostupné z: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7588228/>>
- [20] CAD vs CAE vs CAM: What is the Difference?. <https://www.e3seriescenter.com/> [online]. [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <[urlhttps://www.e3seriescenter.com/modern-electrical-engineering-blog/cad-vs-cae-vs-cam-what-is-the-difference](https://www.e3seriescenter.com/modern-electrical-engineering-blog/cad-vs-cae-vs-cam-what-is-the-difference)>
- [21] Dostupné z: Kam kráčíš, Elektro CAD/CAE?. <https://www.cad.cz/> [online]. [cit. 2019-02-24]. [online]. [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <[urlhttps://www.cad.cz/strojirenstvi/38-strojirenstvi/5342-kam-kracis-elektro-cadcae.html](https://www.cad.cz/strojirenstvi/38-strojirenstvi/5342-kam-kracis-elektro-cadcae.html)>
- [22] LUKAC, Dusko. *The fourth ICT-based industrial revolution "Industry 4.0"— HMI and the case of CAE/CAD innovation with EPLAN P8. 2015 23rd Telecommunications Forum Telfor (TELFOR) [online]*. IEEE, 2015, 2015, , 835-838 [cit. 2019-02-24]. DOI: 10.1109/TELFOR.2015.7377595. ISBN 978-1-5090-0055-5. Dostupné z: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7377595/>>
- [23] EPLAN ENGINEERING CZ, s.r.o. Dostupné z: <<https://www.eplan.cz/> [online] . [cit. 2019-02-24] .>
- [24] Třídění a označování dokumentů pro průmyslové celky, systémy a zařízení. Český normalizační institut, 1998.
- [25] Průmyslové systémy, instalace a zařízení a průmyslové produkty - Zásady strukturování a referenční označování - Část 1: Základní pravidla. Český normalizační institut 2010.

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

CAD	Computer-Aided Design
CAE	Computer-Aided Engineering
CPS	Cyber–Physical System
ČOV	Čistírna odpadních vod
GND	Ground
IEC	International Electrotechnical Commission
IoT	Internet of Things
IoS	Internet of Service
IP	Internet Protocol
MAC	Media Access Control
MaR	Měření a regulace
OPC	Open Platform Communications
OPC DA	Open Platform Communications Data Access
OPC HDA	Open Platform Communications Historical Data Access
OPC UA	Open Platform Communications Unified Architecture
PC	Personal Computer
USB	Universal Serial Bus

SEZNAM PŘÍLOH

A Obsah přiloženého CD

93

A OBSAH PŘILOŽENÉHO CD

K práci je přiloženo CD, které obsahuje složku s kódy k webovému nástroji, elektronickou verzi práce ve formátu PDF a projekt zpracovaný v platformě EPLAN ve formátu PDF.

	webovy_nastroj.zip.....	složka s kódy webového nástroje
	add.php.....	přidávání hodnot do databáze
	data.php.....	vkládání dat do databáze
	index.php.....	webové rozhraní
	index.css.....	styly webového rozhraní
	ventilator.txt.....	ovládání ventilátoru
	ESP8266.....	konfigurace čidel
	DHT11.....	konfigurace DHT11
	Relé modul.....	konfigurace relé modulu
	xnevre02.pdf.....	elektronická verze práce ve formátu PDF
	DP Nevrelova.....	projekt platformy EPLAN ve formátu PDF