

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: **Bc. Jakub Dvořák**

Studijní program: **Inteligentní budovy**

Název tématu česky: **Integrace měřičů spotřeby energií do SCADA systému, zpracování a vyhodnocení dat**

### **Pokyny pro vypracování:**

V rámci diplomové práce realizujte integraci měřičů spotřeby energií a senzorů v projektu firmy Siemens v pardubickém kraji pro následné zpracování a vyhodnocování dat.

Práce bude obsahovat následující kroky:

- 1) Navrhněte a realizujte centrální dispečink kotelny formou SCADA systému
- 2) Integrujte ostatní řídicí jednotky kotelen v dalších objektech např. pomocí odesílání e-mailů a následným sběrem dat
- 3) Do systému zahrňte fakturační měřiče spotřeby energií např. pomocí impulsních čítačů a sběr dat
- 4.) Transportujte a vyhodnoťte data z webové aplikace Synco-living (práce s trendy)
- 5.) Celkově analyzujte a vyhodnoťte sledovaná data pomocí automatizovaných skriptů v Excelu

### **Seznam odborné literatury:**

- [1] GAJZLER, Jaroslav. OPC server pro úlohy automatické regulace. Zlín, 2006. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce doc. Ing. František Hruška, Ph.D.
- [2] Firemní literatura firmy Siemens A.G.
- [3] Firemní literatura firmy Domat Control Systems s.r.o.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Martin Matzner (Siemens s.r.o.)

Datum zadání diplomové práce: 1. října 2017

Platnost zadání do<sup>1</sup>: 31. ledna 2018

L.S.

Doc. Ing. Jan Holub, Ph.D.  
CSc.  
vedoucí katedry

Prof. Ing. Pavel Ripka,  
děkan

V Praze dne 21. 9. 2017

---

<sup>1</sup> Platnost zadání je omezena na dobu tří následujících semestrů.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra měření



Diplomová práce

Integrace měřičů spotřeby energií do SCADA systému, zpracování a vyhodnocení  
dat

2017

Jakub Dvořák

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů pro vypracování závěrečných prací, a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Praze dne 5.1. 2018

.....

# Anotace

Diplomová práce „Integrace měřičů spotřeby energií do SCADA systému, zpracování a vyhodnocení dat“ se zabývá typickým aplikačním problémem jakéhokoliv inženýra při sběru dat v oblasti moderních budov. Spočívá v navrhnutí bezobslužného systému na základě technických specifikací a možnostech tak, aby se data z jednotlivých měřičů v příslušných objektech dostala do vizualizační aplikace či dispečerského centra a následně se na ně dalo náležitě reagovat. V práci jsou nejdříve rozebrány moderní trendy v oblasti získávání a zpracování dat. Poté je přiblížena situace v daném projektu, jsou vysvětleny konkrétní nástroje pro práci s daty a sesbíraná data jsou prezentována a částečně vyhodnocena.

## Klíčová slova

SCADA, sběr dat, Siemens, OPC, Excel, Advantage™ Navigator, měření, EPC, internet věcí, smart metering

# Abstract

The thesis "Integration of Energy Meters to SCADA System, Processing and Data Evaluation" deals with the typical application problem of any engineer in the collection of data in modern buildings. It is established upon designing an unattended system based on the technical specifications and possibilities so that the data from the individual meters in the respective objects reach the visualization application or management center and are handled accordingly. At the beginning of this thesis, modern trends in data acquisition and processing are analyzed. Subsequently, the situation in the given project is approximated, specific tools for working with data are explained, and lastly the collected data are presented and partially evaluated.

## Key words

SCADA, data processing, Siemens, OPC, Excel, Advantage™ Navigator, measuring, EPC, Internet of Things, smart metering

# Obsah

1	Úvod .....	1
2	Sběr dat v budovách.....	3
2.1	Hierarchie zpracování dat .....	4
2.1.1	Vliv moderních technologií na hierarchii .....	6
2.2	Internet věcí vs. klasické datové spojení.....	7
3	Projekt EPC v Pardubickém kraji .....	10
3.1	Bystré .....	13
3.2	Brandýs nad Orlicí .....	14
3.3	Rybitví.....	15
3.4	Žampach.....	16
4	Navržené řešení .....	17
4.1	Hardware.....	18
4.1.1	PLC.....	18
4.1.2	SDS-MICRO DIN E .....	20
4.1.3	Synco™ Living .....	21
4.1.4	AOCCZ.....	22
4.2	Software .....	24
4.2.1	SoftPLC .....	24
4.2.2	SCADA.....	27
4.2.3	Software Proxy .....	29
4.2.4	Synco™ IC .....	31
4.2.5	Advantage™ Navigator.....	33
4.2.6	Excel .....	36
4.2.7	REST.....	36
4.3	Komunikační standardy.....	37
4.3.1	OPC.....	37
4.3.2	Ethernet .....	38
4.3.3	KNX.....	38
4.3.4	GSM .....	39
5	Realizace.....	40
5.1	Návrh a realizace centrálního dispečinku kotelny formou SCADA systému .....	40
5.1.1	Sběr dat .....	40
5.1.2	Tvorba grafiky.....	42
5.1.3	SCADA.....	43

5.2	Integrace řídicích jednotek kotelen v dalších objektech např. pomocí odesílání emailů a následným sběrem dat.....	45
5.3	Odečet fakturačních měřičů spotřeby energií např. pomocí impulsních čítačů a sběr dat	47
5.3.1	Rybitví.....	47
5.3.2	Žampach.....	48
5.3.3	Gymnázium Mozartova.....	49
5.4	Transport a vyhodnocení dat z webové aplikace Synco™ IC.....	51
5.4.1	Vyhodnocení dat .....	53
5.5	Celková analýza a vyhodnocení sledovaných dat pomocí automatizovaných skriptů v Excelu	55
5.5.1	Žampach.....	55
5.5.2	Brandýs nad Orlicí .....	58
6	Závěr.....	59
7	Seznam zdrojů .....	60
8	Seznam zkratk .....	63
9	Seznam příloh.....	65
10	Seznam obrázků .....	66
11	Seznam tabulek .....	68

# 1 Úvod

Mění se klima a snižující se zásoby neobnovitelných přírodních zdrojů jsou jedním z dominantních témat 21. století. Z toho plyne důraz společnosti na čistou energii a jejich úspory ve všech technických odvětvích. Tyto trendy lze pozorovat v dopravě u přechodu z fosilních paliv na elektrické pohony anebo u virtualizace a digitalizace průmyslu v procesu veřejnosti známém jako Průmysl 4.0. Tlak na snížení energetické náročnosti je vyvíjen mimo jiné i v prostředí budov, které stojí za spotřebou přibližně 40 % veškeré energie [1]. I to je jedním z důvodů, proč vlastníci či provozovatelé tlačí na snížení energetické náročnosti svých budov. Možností, jak toho dosáhnout, je spousta – omezením tepelných ztrát, implementací nových, úspornějších a zároveň výkonnějších technologií či optimalizací a regulací provozu budovy. Alternativou je výstavba nových, pasivních, nulových anebo dokonce energeticky aktivních budov, které již současné energetické standardy musí ze zákona splňovat (Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií, Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov a Vyhláška č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku).

Vzhledem ke svému charakteru se práce nadále bude zabývat pouze budovami stávajícími, kde je potenciál energetických úspor největší, jelikož v rámci tohoto projektu jde o budovy veřejných institucí, přičemž jsou všechny situovány v Pardubickém kraji. Ze statistiky Ministerstva životního prostředí vyplývá, že bytové a rodinné domy v ČR dosahují přibližného stáří asi 50 let [3]. Školy jsou na tom se stářím obdobně, kdy téměř 70 % škol v ČR bylo vybudováno do roku 1970 a z toho dokonce 40 % před rokem 1930 [4]!

Oddělení společnosti Siemens, ve kterém je projekt zpracováván, se dlouhodobě zabývá právě snížením spotřeby energií budov formou EPC kontraktů (z anglického *Energy performance contracting*) [2]. Díky tomu se dosáhne úspor provozních nákladů budovy, které jsou následně použity na splácení investice. Realita českého trhu je taková, že se tlačí na co nejrychlejší dobu návratnosti, a tak většina projektů, jež se formou EPC kontraktů zpracovává, řeší pouze dílčí část opatření a většinou se zcela vynechávají opatření týkající se např. tepelněizolačních vlastností budovy vzhledem k jejich dlouhé době návratnosti [5]. Další kapitolou může být chování samotných subjektů ve vztahu k budově. Jinak se ke snížení energetické náročnosti budovy bude stavět developer, respektive hlavní investor projektu [34], který bude prostory budovy pronajímat a v jehož žebříčku priorit jsou malé provozní náklady spíše na nižší příčce za položkou, jakou je celková cena výstavby. Jinak se k úsporám bude stavět nájemník nebo provozovatel (facility management), který budovu užívá a platí za její provoz.

Protože na instalovaných technologiích se dá velmi ušetřit, mohou být v rámci výstavby často opomíjeny, což znamená, že jsou upřednostňovány levnější, méně výkonné systémy. I proto se v rámci projektů EPC klade velký důraz na technologické prvky jako jsou např. světelné zdroje či vybavení kotelen. Každý projekt je však ve své podstatě jedinečný a variabilita toho, kde najít úspory, je značná.

Aby bylo možné vymyslet konkrétní opatření na jakýkoliv objekt, je potřeba znát přesné údaje, které jsou dohledatelné například z energetických auditů nebo analýz. Na budovu se na základě poskytnutých údajů a případných prohlídek vytvoří opatření na míru. Zde ale práce nekončí, neboť je nezbytně nutné, aby se objekt i nadále sledoval a data, která jsou z něj extrahována, se zpracovávala a pravidelně vyhodnocovala. Vzhledem k současným technologickým možnostem už není potřeba se omezovat na sledování pouhých hlavních spotřeb energií jako jsou voda, elektřina či plyn, ale dají se vyhodnocovat například trendy<sup>1</sup> teplot v jednotlivých místnostech v závislosti na otevření

---

<sup>1</sup> Trendování hodnot – ukládání hodnot vybraných veličin s časovou značkou do paměti



termoregulačních ventilů, výkony kotelny vztažené k externím teplotám, teplotu vody v různých větvích rozvodů vytápění, chod čerpadel či množství CO<sub>2</sub> ve vzduchu v jednotlivých místnostech.

K veškerému měření v budovách je v dnešní době využívána spousta různých technologií, které se navzájem mohou lišit cenou, konektivitou, způsobem instalace, způsobem sběru dat atd. Cílem práce je vytvořit funkční centrální dispečink, kde se všechny objekty integrované v rámci projektu dají sledovat a získaná data se budou zpracovávat. Následně se nahrají do cloudové aplikace Advantage™ Navigator od společnosti Siemens, kde je lze snadno vyhodnocovat. Při zprovoznění dispečinku je třeba brát v potaz použité technologie v jednotlivých objektech a finanční možnosti při nasazení nových řešení. V práci vysvětlím, proč pracuji s danou technologií a jaké jsou další alternativy. V teoretické části také uvedu trendy, které se používají v současné technologii budov, a to především při sběru a zpracování dat.

Výstupem práce by mělo být dispečerské centrum, ve kterém se zpracovávají data z běžícího projektu v Pardubickém kraji společnosti Siemens. Práce by měla zajistit co největší automatizaci a zjednodušení ve fázi od sběru dat po jejich vyhodnocení. Řešení by mělo být bezobslužné a replikovatelné na další projekty. Z práce musí být jasné, proč byla zvolena konkrétní řešení a jaké jsou jejich alternativy s přihlédnutím k ekonomickým a komunikačním parametrům.

## 2 Sběr dat v budovách

Sběr dat je esenciální součástí moderních budov, protože bez měření není myslitelné jejich řízení. Získávání a ukládání informací v podobě dat by nemělo žádného významu, pokud by nebyla uložená data zpracována a následné analýzy využity jak impulsy k akčním zásahům v rámci budovy v podobách regulace, optimalizace či opravy.

V dnešní době se velmi často používají *buzzwords*<sup>2</sup> jako *Inteligentní budova*, *Chytré měření*, *Big Data* anebo *Internet of Things (IoT)*. Leč jsou to slova líbivá, v praxi, především co se týče rekonstrukce staré zástavby, se jen zřídka technologie, které tato slova implikují, objevují. Za *inteligentní budovu* můžeme považovat jakoukoliv budovu, jež funguje na sofistikovanějším systému ovládaní, než je spínání režimů „zapnout/vypnout“. *Chytré měření* zní také velmi krásně, ale dá se za něj pokládat pouhé dálkové odečítání z měřičů, které dnes nabízí už všechny subjekty dodávající energii do domácností. *Big Data* a IoT spolu mohou úzce souviset, jelikož celá myšlenka IoT spočívá ve sběru co největšího množství dat, které si mezi sebou budou systémy navzájem sdělovat nezávisle na platformě. *Big Data* jsou pak obrovská kvanta dat, která jsou získávána velkým množstvím měřičů integrovaných nějakou technologií IoT (není to ale podmínka, data mohou být dolována i pomocí jiných technologií, IoT však konkrétně směřuje k nasazení v obrovských množstvích). *Big Data* jsou poté pomocí sofistikovaných nástrojů zpracovávána a vyhodnocována a hledají se v nich souvislosti, které by pomocí obyčejných sledovacích postupů nalezeny nebyly. Jde o tzv. *Data mining*, což je analytická metodologie získávání netriviálních skrytých a potenciálně užitečných informací z dat. [9]

Pravdou je, že současná opatření mají k dokonalosti zatím poměrně daleko – energetická účinnost se řeší pomocí různých přístupů prediktivního modelu budovy, kde se holisticky podílejí rozličné faktory, avšak ty jsou doposud řešeny samostatně anebo jsou zcela opomíjeny (spotřeby energie na základě profilu využití budovy, údaje o klimatu, žádané interiérové teploty, vlastnosti schránky budovy atd.) Toto rozdělení je často způsobeno nejistotou a nedostatkem údajů a vstupů zahrnutých do procesu modelování, takže analýza toho, jak je energie spotřebována v budovách, je neúplná. Navíc se v této fázi balancuje mezi nákladností skutečného provedení a mezi funkčností vlastního záměru, tj. tím, aby řešení nebylo nadbytečně nákladné, ale zase aby tlakem na cenu nebyl degradovaný původní záměr při hledání energetických úspor.

I přesto se kompletním řešením prediktivního modelu zabývají různé firmy či instituce, z nichž se dá uvést například kooperace firem Feramat Cybernetics a Energocentrum Plus. Jimi realizovaný projekt spočívá v optimalizaci spotřeby energií v komplexu budov ČVUT v Praze-Dejvicích. Pro tento účel byl vyvinut prediktivní regulátor, který se stará se o optimalizaci veškerých energetických toků budovy. Software v půlhodinových cyklech provádí výpočty založené na matematickém popisu termodynamiky budovy, aktuálním vývoji teploty uvnitř i venku či předpovědi počasí, a následně reguluje přívod otopné vody do systému. Nyní už jen zbývá řešení uchopit a uvést ho do životaschopného provozu v komerční sféře. [35, 36]

Integrace a rozvoj systémů založených na informačních a komunikačních technologiích a konkrétněji na IoT jsou důležitými faktory umožňujícími širokou škálu aplikací jak pro průmyslová odvětví související s Průmyslem 4.0 (virtualizace a digitalizace výroby a s ní související automatizace – prediktivní údržba, integrace údajů o stavu zásob vztažených k výrobě, energetická optimalizace výrobních procesů), tak pro obecnou populaci v podobě *Smart City* (systémy pro usnadnění parkování ve městech, adaptivní pouliční osvětlení, management svozu odpadu), což společně pomáhá ke vzniku *inteligentních budov*.

---

<sup>2</sup> Buzzword – je slovo nebo fráze, které se staly aktuálně populární

Většina přístupů k problému energetické účinnosti v *inteligentních budovách* představuje prozatím jen částečná řešení týkající se monitorování, sběru dat ze senzorů a kontrolních opatření. IoT poskytuje obrovské množství dat, které lze hluboce analyzovat, aby odhalily zajímavé vztahy, které mohou být použity k vytváření modelů schopných účinně předvídat a reagovat na určité události. Metody, techniky a nástroje z různých oborů lze kombinovat, aby pomohly analyzovat takové datové sady [6].

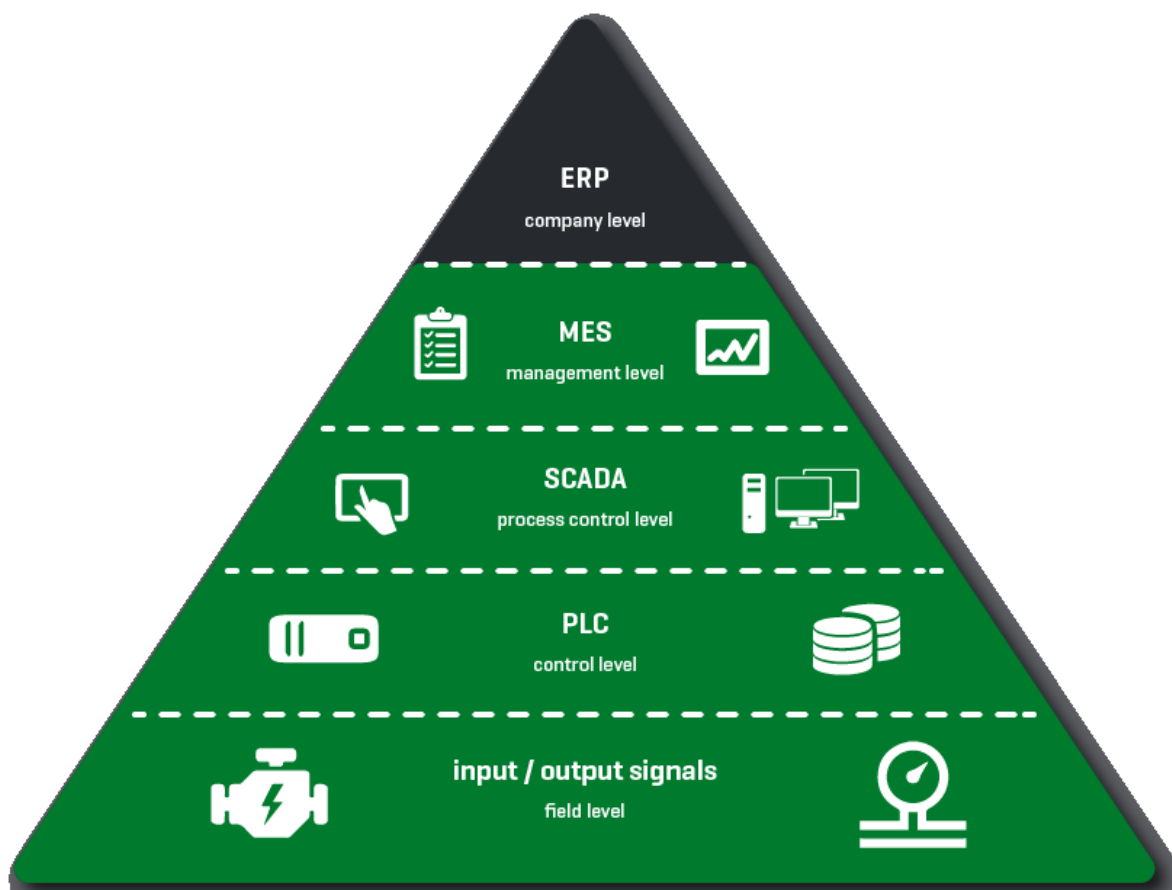
Jinými slovy, rozsáhlejší aplikace moderních technologií jako je IoT nebo *Big Data* je v prostředí budov prozatím hubdou budoucnosti a pokud se s nimi lze setkat, tak především v akademické sféře a u nově vznikajících projektů. V době, kdy pouze málokterá budova má vlastní dispečink pro monitorování spotřeby energií, to bohužel ani jinak nejde. Navíc lze tvrdit, že řízení malých technologických celků stačí centralizovat a pouze u větších a komplexnějších budov se vyplatí o dispečerském centru vůbec uvažovat. Ekonomické hledisko hraje také zásadní roli při úvahách o implementaci řešení, jelikož výměna stávajících technologií za nové a následné sledování běžícího projektu s aktivním přístupem jsou drahé, ale samy o sobě dokážou uspořit desítky procent z celkových nákladů na provoz budovy. Komplexnější analýza obrovského množství dat je navíc obrovsky nákladná (vývoj, výpočetní technika, lidská práce, současné ceny technologií) a její celkový vliv na úspory nemusí být tak zásadní, aby její aplikace v prostředí budov byla odůvodnitelná.

Jedním z dalších faktorů pro jakoukoliv složitější realizaci může být technická schopnost a odbornost obsluhy, jelikož mohou být kladeny nároky na spolupráci s inženýry společnostmi realizujícími opatření. Ze zkušeností autora práce lze říct, že obsluha v konkrétním projektu v Pardubickém kraji není vždy schopna s řešením problémů pomoci. [11]

Z výše vyčtených důvodů se v projektu bude pracovat s technologiemi, které nepatří mezi nejnovější, ale v prostředí budov jsou stále nejrozšířenější. Zmíním několik nových technologií, které se občas i u realizace projektů ve starších budovách nasazují a odůvodním, proč bylo použito zvolené řešení. Pro snadnější přehled jinak velmi obsáhlé problematiky uvedu hierarchii zpracování dat, na jejíchž vrstvách budu demonstrovat jednotlivé kroky inženýra zabývajícího se správou dat v projektech týkajících se snížení energetické náročnosti v budovách.

## 2.1 Hierarchie zpracování dat

Na následujícím obrázku (obr. 2.1) je znázorněna tzv. automatizační pyramida. Každé její patro zachycuje skupinu technologií, které jsou nedílnou součástí v oblasti zpracování a vyhodnocování dat, a to nejen v budovách, ale i například v průmyslu, kde se následující struktura procesů aplikovala prvotně. Velká spousta technologií, které se dneska v prostředí budov využívají, vychází právě z průmyslových instalací.



Obr. 2.1: Automatizační pyramida

Ve složitých systémech nikdy neexistuje samostatná úroveň, na níž by došlo k jednomu komplexnímu procesu a všech jeho přechodným krokům současně. Ve většině případů se tento proces uskutečňuje na několika úrovních, takže je nutná hladká komunikace mezi komponentami. To je možné díky tzv. systémovým sběrnicím. Systémová sběrnice je jedinou počítačovou sběrnicí, která spojuje hlavní součásti počítačového systému, kombinuje funkce datové sběrnice pro přenos informací, adresovou sběrnici, která určuje, kam má být odeslána, a řídicí sběrnici, která určuje její činnost. Mezi úrovněmi v automatizační pyramidě platí pravidlo, že rychlost zpracování klesá s vyššími úrovněmi, avšak množství dat, které má být přenášeno, se stále zvyšuje. [7]

*Field level* – nejnižší úroveň pyramidy, také známá jako úroveň snímače nebo akčního členu. V tomto okamžiku dochází k řízení procesů týkajících se regulace TZB (z českého Technické zařízení budov – ovládání vytápění, chlazení, měření a regulace apod.) To lze provést pomocí příslušných senzorů a pohonů. Na této úrovni se sbírají data, která se týkají procesu, např. výkon kotelný, teploty exteriérů a interiérů, spotřeby energií atd. Jakmile data dorazí na nejnižší úroveň automatizační pyramidy, jsou přečtena a zpracována. Následná výměna dat se však neuskuteční v rámci úrovně, nýbrž jsou data přiváděna na druhou úroveň, úroveň kontroly procesu. Toto spojení v automatizační pyramidě je dosaženo pomocí fieldbusů (např. PROFIBUS, AS-Interface nebo CAN).

*Control level* – jedná se o druhou úroveň v automatizační pyramidě, tzv. kontrolní a procesní úroveň. Zde jsou různé oblasti úkolů obvykle zpracovávány prostřednictvím PLC (z anglického *Programmable logic controller*), což je malý počítač v průmyslovém provedení řízený mikroprocesorem s vlastním operačním systémem uzpůsobeným pro potřeby řešení automatizačních úloh v reálném čase s co nejkratší dobou odezvy. Kromě sběru, následné přípravy, a nakonec i zpracování údajů ze systému, který PLC automat ovládá, je mezi úkoly zpracováváné na druhé úrovni zahrnuta také obecná správa

kontrolních a regulačních skupin, stejně jako provedení odpovídajících procesů a předávání vybraných dat na vyšší úroveň. Využívá se zde fyzických prvků jako v úrovni *field level*, navíc se zde už může použít klasických technologií *Ethernetu*.

*Process control level* – úroveň, ve které se funkce monitorování, regulace a řízení provádí současně pro několik procesů. Zde jsou prováděny úkoly podobné kontrolám, ale kvalifikovanějším a komplexnějším způsobem, než je tomu v úrovni předchozí. Zadaná data jsou zde přenesena na řídicí úroveň, ve které je prováděna centrální vizualizace přijatých dat. Kromě toho se zde může řídit větší počet skupin pro kontrolu a regulaci a také se zde mohou zpracovávat chybová hlášení a alarmy. Na této úrovni je již typické využití klasického PC, na kterém je v případě budov nainstalován systém SCADA (z anglického *Supervisory Control And Data Acquisition*). Proces výměny dat a použité sběrníkové systémy jsou stejné jako u druhé úrovně automatizační pyramidy.

*Management level* – tato úroveň zajišťuje řídicí funkci a podrobné plánování. Tím, že se liší od prvků automatizační pyramidy, které již byly zmíněny, zde sběrníkové systémy nemají téměř žádný význam. Významu zde nabývají naopak vizualizační nástroje, ať už jimi je program Excel s výstupem ve formě tabulek a grafů nebo pokročilá a sofistikovaná *cloudové* aplikace jako je např. Siemens Advantage™ Navigator (AN).

*Company level* – jde o nejvyšší úroveň v pyramidě. V praxi je představována vedením společnosti, energetickým inženýrem, specialistou na vyhodnocování úspor či správcem objektu, kteří se na základě vyhodnocených dat, které jim mu předloženy operátorem či aplikací z *management levelu*, rozhodují o akčních zásazích vztažených na sledovaný komplex jedné nebo více budov.

### 2.1.1 Vliv moderních technologií na hierarchii

Technologie Průmyslu 4.0, které se dají aplikovat i na prostředí budov, mají obrovský dopad na automatizaci strojů a průmyslových zařízení a budou i nadále v budoucnosti ovlivňovat průmyslové systémy. Než na samotnou automatizaci budou však klást důraz spíše na vzájemnou konektivitu. Právě ta může mít zásadní vliv na dosud klasický model automatizační pyramidy uvedené v předchozí kapitole.

Všeobecným trendem u systémů budov je, že se zvyšuje počet měřených veličin. V dnešní době už nestačí odečítat spotřeby hlavních měřičů energií v podobě zemního plynu, elektřiny a vody za účelem ověření celkových spotřeb, ale je potřeba monitorovat i další veličiny za účelem celkové optimalizace provozu budovy. Zařízení v prostředí budov vyžadují čím dál tím větší nároky na množství zpracovaných dat, nicméně velikost těchto dat je v podstatě zanedbatelná. V takovém případě se v reálném čase přechází k provádění úkolu v předem definovaném časovém rámci, který může být delší než to, co bychom považovali za "okamžitý". Proto je v těchto modelech reálný čas spjat spíše se spolehlivostí než s celkovou dobou. Navíc finální vizualizace ve skoro reálném čase není tak důležitá, jako požadavky na spolehlivé a bezztrátové zpracování obrovských objemů dat.

Ve věku digitalizace je digitální zpracování dat a konektivita stále důležitější kvůli rostoucímu počtu zařízení, čidel, ovladačů a řídicích jednotek. Přitom je třeba reflektovat rostoucí popularitu elektronických nástrojů používaných k provádění úkolů jako je plánování režimů vytápění či vizualizace denních spotřeb energií. Další informační technologie mají obrovský vliv na automatizaci a měly by být považovány za novou, další úroveň v rámci pokročilého automatizačního modelu. To by zahrnovalo fyzická rozhraní a přenosová média, stejně jako protokoly, standardy a zobrazení dat v zařízeních ostatních skupin.

Jak bylo již zmíněno, ve sběrníkových systémech se požívají rozličné drátové technologie. Ethernet převažuje v oblasti zpracování vysokého množství dat mezi procesní a kontrolní úrovní, ale bezdrátové standardy, jako WLAN a Bluetooth ho dohání. Vzhledem k tomu, že schopnosti bezdrátové technologie

v reálném čase jsou omezené a nelze je splnit z fyzikálních důvodů, je nepravděpodobné, že v blízké době budeme svědky toho, že bezdrátové standardy budou používány v zařízeních fungujících v reálném čase v převažujícím množství.

Technologie *Cloud* představuje další velký vliv na strukturu automatizačních modelů [13]. *Cloud* je síť serverů, z nichž každý má jinou funkci. Některé servery používají výpočetní výkon pro běh aplikací, další servery v síti jsou zodpovědné za ukládání dat. Stejně jako u Průmyslu 4.0 je i v prostředí budov směřováno k neustálé výměně informací a dat a následně náležitě reakce na vzniklý stav. Zvýšená výroba nedostatkového zboží v továrně může být uvedena jako paralela s vyšším odběrem elektřiny při nízkých tarifech a následné akumulace energie v domácnosti. Lze říct, že v jedné z částí systému vznikne požadavek, kterému příslušná podřízená jednotka vyhoví. Aby toto bylo možné, je třeba informace zpracovat a následně si je navzájem „sdělit“. Přesně to může být úloha *cloudu*. [10, 25]

Je rozporuplné, zda *cloudové* služby budou schopny v budoucnosti podporovat aplikace v reálném čase, nicméně výpočetní a zpracovatelský výkon může být podporován v *cloudu*, a proto by bylo možné integrovat *cloudové* služby do zpracování dat a signálů i do řadičů na nižších úrovních. V tomto případě je využívána webová aplikace Advantage™ Navigator, která běží právě na principu *cloudu*. I přesto musí být základy řízení řešeny lokálně z důvodu případných technických problémů vzdálených služeb.

Zde se také nabízí prostor pro uvedení standardů v oblasti protokolů používaných k vizualizaci dat z PLC automatů, které jsou dobře zavedené jako OPC, což je průmyslový komunikační M2M (*machine to machine*) protokol pro interoperabilitu. Výsledkem všech předchozích řešení je několik možných nových automatizačních modelů založených na klasické automatizační pyramidě. [12]

Je jasné, že automatizační pyramida s novými, nastupujícími technologiemi už nemusí být vůbec aktuální. Přesně naopak, s rozvojem IoT se sází na její kompletní restrukturalizaci, kdy jednotlivé technologie spolu komunikují navzájem a žádnou hierarchii nedodrží. Je to dané mimo jiné velkým množstvím systémových prvků a také velkým množstvím výrobců. Model se dá představit spíše jako mobilní síť než jako běžný datový sběrníkový systém – vedle sebe stojí výrobci senzorů, vysílačů, správci sítí, datových center a vizualizačních nástrojů a přitom vědí, s kterými standardy pracovat tak, aby spolu v rámci technologie komunikovali. Důraz se tedy klade na vysokou flexibilitu nových řešení s cílem vytvořit systémy, které budou přizpůsobeny budoucím potřebám. [8, 17]

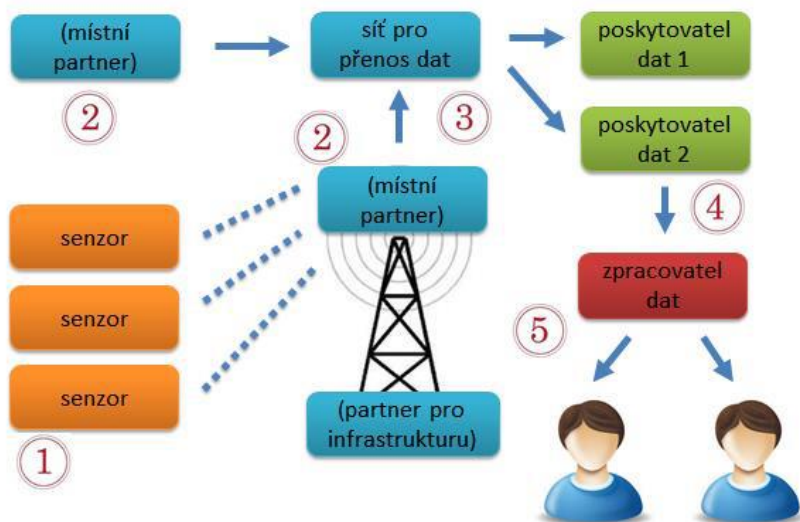
## 2.2 Internet věcí vs. klasické datové spojení

Abych mohl obhájit svoji myšlenku o dosavadní nepříliš využitelné platformě IoT v prostředí budov, budu se opírat o výsledky práce Ing. Vidíma a Ing. Chlupáče z jejich publikace „Možnosti využití internetu věcí v zařízeních VZT“ [14]. Základní charakteristiky a rozdíly mezi technologiemi budou uvedeny v následující tabulce (číslo tabulky).

Vlastnost	IoT	Klasické datové spojení
Počet komunikačních uzlů	Desítky tisíc a víc	Max. řádově tisíce
Objem přenášených dat z jednoho uzlu	Malý	Velký (tisíce i více hodnot z jednoho zařízení)
Frekvence odečtů	Typický 5 minut až hodin	Prakticky okamžitá odezva (v řádu sekund)
Možnost povelování	Jen u vybraných technologií či provozních módů	Ano
Náklady na instalaci	Velmi nízké (mechanická montáž)	Tisíce až desetitisíce Kč na zařízení

Tabulka 2.1: Srovnání vlastností IoT a klasického datového spojení

Další zásadní vlastností IoT je, že se data vysílají pomocí radiové komunikace přes síť na specifické vlnové délce. Tyto sítě jsou v dnešní době ve výstavbě, a dokonce jsou poměrně dostupné v podobě platform *SigFox* (např. společnost *SimpleCell* [15]) anebo *Lora* (České Radiokomunikace [16]). Princip fungování je zobrazen na následujícím obrázku (obr. 2.2). Aby se dal senzor nasadit, je třeba, aby byl vybaven radiovou komunikací pro konkrétní technologii (1), musí existovat poskytovatel služeb přenosu dat (2), je potřeba vybudována síť pro přenos dat (3) a ta se dále musí zpracovávat (4) a poskytovat koncovému uživateli (5) v čitelné podobě.



Obr. 2.2: Topologie IoT

Pro případ použití technologie se vyplatí situaci analyzovat a vyčíslit na konkrétní nasazení. Nemá smysl se vrhat do souhrnné a unáhlené instalace nových technologií jako je IoT na úkor zažitých, a především funkčních starých technologií, ale není třeba se jim ani bránit. Z citované práce vyplývá, že velmi záleží na množství měřených dat a také jejich rozložení z hlediska polohy, jelikož s větším počtem senzorů ve větších vzdálenostech se již začíná vyplácet nasazení technologie IoT. Jako příklad mohou být odlehlé objekty nebo odečty provádějící se mimo budovy (venkovní sloupky, vodovodní poklapy atd.) Instalace také přichází v úvahu při měření malého množství veličin (například jen samotný odečet spotřeby energie), kdy se může negativně ekonomicky projevit nasazení PLC.

Před vstupem IoT do každodenního života se musí také ošetřit bezpečnost. Nabízejí se dva hlavní ohledy. Tím prvním je napadnutelnost zařízení připojených k internetu věcí, druhým pak zabezpečení dat, která budou tato zařízení generovat. Třetí, neméně důležitý, avšak stejný jako u jakéhokoliv jiného zařízení vyžadujícího elektrickou energii, je připojení ke zdroji a odezva takového systému na jeho případnou ztrátu. Nejde však o specifický problém vztahený na zařízení připojených k IoT.

Zabezpečení zařízení IoT má zcela klíčový význam především tam, kde jde o zdraví jejich uživatelů, zatímco ochrana dat přímo souvisí se soukromím a důvěrou v inteligentní systémy. Pokud se například útočníci zaměří na konkrétní typ inteligentních termostátů připojených k internetu a prolomí jejich ochranu, mohou obyvatelům domů způsobit nepříjemnosti. Když by byl ovšem útok veden na systémy, kterými budou vybavena osobní automobily, může jít o život.

Inteligence systémů IoT vychází z velkého množství dat, která se podaří o uživateli nasbírat. Na základě jejich analýzy se lze naučit zvyky obyvatel domu – lze získat velmi přesný obraz denního rytmu uživatelů zařízení IoT, který bude obsahovat i detailní informace o jejich kondici či zdravotním stavu (za přispění sběru dat z přenosných elektronických zařízení). [19]

Co je dosud bariérou ve větším nasazení technologií v prostředí budov je absence široké nabídky koncových zařízení a unifikovaný katalog, protože většina technologií se dá sehnat pouze na poptávku [17]. Rovněž inženýři stojí zatím na počátku integrace těchto technologií do systémů SCADA. Jednoduše se čeká na nějaký masový projekt, který by celou technologii ještě více zlevnil. Do té doby budou firmy při výběru dvou přibližně stejně drahých technologií, kdy jedna je již vyzkoušená, funkční a zažitá a druhá je zcela nová, preferovat tu první.



### 3 Projekt EPC v Pardubickém kraji

Projekt EPC realizovaný firmou Siemens v rámci Pardubického kraje obsahuje celkem 17 objektů veřejných institucí. Jejich seznam je k nahlédnutí v tabulce 3.1.

č.	Objekt	Adresa	Město	Rok výstavby	Vytápěná plocha [m <sup>2</sup> ]
1	Domov na zámku, Bystré	Zámecká 1, Bystré	Bystré	1590, 1924	6071
2	Domov Pod Hradem, Žampach	Žampach 1, Žampach	Žampach	18-19. stol, 1972, 1975, 2006	4176
3	Domov U fontány, Přelouč	Libušina 1060, Přelouč	Přelouč	1965	5736
4	Gymnázium, Česká Třebová	Tyršovo náměstí 970, Česká Třebová	Česká Třebová	1909	4244
5	Gymnázium, Jevíčko	A. K. Vitáka 452, Jevíčko	Jevíčko	1899	3000
6	Gymnázium Josefa Resslera, Chrudim	Olbrachtova 291, Chrudim	Chrudim	1898	6487
7	Gymnázium K. V. Raise, Hlinsko	Adámkova 55, Hlinsko	Hlinsko	1873, 1999	3243
8	Gymnázium, Vysoké Mýto	Nám. Vaňorného 163, Vysoké Mýto	Vysoké Mýto	1882	3132
9	Gymnázium, Pardubice	Mozartova 449, Pardubice	Pardubice	1978	6690
10	ISŠT, Vysoké Mýto	Mládežnická 380, Vysoké Mýto	Vysoké Mýto	1948	8109
11	Odborné učiliště, Chroustovice	Zámek 1, Chroustovice	Chroustovice	1372, 1676, 1950, 1960, 1965	8588
12	Rehabilitační ústav, Brandýs nad Orlicí	Lázeňská 58, Brandýs nad Orlicí	Brandýs nad Orlicí	1898, 1904, 1930	6750
13	Střední odborné učiliště opravárenské, Králíky	Předměstí 427, Králíky	Králíky	1900	4237
14	Střední průmyslová škola stavební, Pardubice	Sokolovská 148, Rybitví	Rybitví	1951, 2008	13826
15	SPŠE a VOŠ Do Nového, Pardubice	Do Nového 1131, Pardubice – Bílé Předměstí	Pardubice	1951	15151
16	Střední škola zahradnická a technická, Litomyšl	T. G. Masaryka 659, Litomyšl	Litomyšl	1910	4209
17	Střední průmyslová škola potravinářství a služeb, Pardubice	Nám. Republiky 116, Pardubice	Pardubice	1947	7146

Tabulka 3.1: Seznam objektů

Účelem smlouvy mezi zadavatelem v podobě Pardubického kraje a zhotovitelem zastoupeným společností Siemens bylo a je naplnění projektového cíle, kterým je dosažení zvýšení energetické účinnosti a snížení provozních nákladů v objektech klienta prostřednictvím realizace energetických služeb se zaručeným výsledkem (EPC). Projekt spočívá v provedení předběžných činností, na nich navazující realizace základních opatření a následně po dobu garančního období poskytování energetického managementu v objektech zadavatele a zajišťování dalších souvisejících činností a služeb zahrnujících provedení dodatečných opatření.

Úsporná opatření se dají rozdělit do několika základních kategorií:

- **Úsporná opatření na tepelné energii či palivu**
- **Úsporná opatření na elektrické energii**
- **Úsporná opatření na vodě**
- **Úsporná opatření na ostatních provozních nákladech**

**Úsporná opatření na tepelné energii či palivu:**

- **Nové plynové kondenzační kotle** – Tímto opatřením dojde k úspoře primárního paliva díky využití kondenzačního tepla spalin a také díky snížení ztrát tepla při procesu spalování zemního plynu s nízkou teplotou spalin. Instalací nových kotlů se rovněž zmenší pohotovostní ztráta kotlů.
- **Nový řídicí systém kotelny a topných okruhů** – Tímto opatřením bude docíleno efektivnějšího rozdělování tepelné energie do míst spotřeby s ohledem na požadavek zajištění požadovaných vnitřních teplot v objektech a dále se ohlíká optimální teplotní spád otopné vody jak s ohledem na venkovní teplotu, tak s ohledem na maximální využití kondenzačního režimu kotlů. Z periférií systému (čidel) jsou posílány do centrální jednotky (PLC viz kapitola [4.1.1](#)) data, kde jsou zpracována. Na základě vyhodnocení dat řídicí logikou jsou vysílány příkazy k akčním zásahům dalším přístrojům systému (KGJ, kotlům, čerpadlům, ventilům atp.), čímž dochází k regulaci vytápění.
- **Individuální regulace jednotlivých místností** (IRC ventily a regulátory) – Tímto opatřením se docílí optimalizace teploty v jednotlivých místnostech příslušných objektů. Regulace se řídí díky nainstalovanému systému Synco™ Living, což je bezdrátový systém pro automatizaci domácnosti vyvinutý firmou Siemens. Individuální regulace je vykonávána bezdrátově řízeným pohonem pro termostatické ventily SSA955. Servopohon je vybaven přednastaveným regulátorem PID (jehož konstanty se dají dodatečně upravovat v závislosti na režimu vytápění místnosti), který automaticky udržuje regulovanou veličinu na požadované hodnotě. Veličina je v tomto případě reprezentována teplotou. Problematika spojená s individuální regulací jednotlivých místností je dále řešena v kapitole [5.4.1](#).
- **Hydraulické vyvážení otopné soustavy** – Toto opatření zahrnuje jednak vyvážení otopné soustavy na úrovni jednotlivých otopných těles a okruhů pomocí regulačních šroubení a vyvažovacích ventilů a dále nastavení parametrů oběhových čerpadel na charakteristiku sítě v závislosti na dispozičním tlaku nejnepříznivějšího úseku topného okruhu. Tímto způsobem se dosáhne optimálního rozdělení topného výkonu v otopné soustavě.
- **Tepelné izolace na rozvodech topné vody ve strojovnách a kotelnách** – Toto opatření je provedeno s ohledem na platné legislativní předpisy a docílí se jím snížení tepelných ztrát potrubních rozvodů do prostor kotel a strojoven.
- **Úprava provozu cirkulace teplé vody** – Na základě provozních zkušeností bude upraven časový režim chodu cirkulačního čerpadla teplé vody. Tímto opatřením se docílí nižší spotřeby elektrické energie na provoz cirkulačního čerpadla a sekundárně dojde ke snížení tepelných ztrát cirkulačního potrubí.
- **Kogenerační jednotka (KGJ) pro kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla** – Tímto opatřením se docílí snížení spotřeby elektrické energie od dodavatele a současně nákladů na elektrickou energii ve formě příspěvku na kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla. Kombinovaná výroba elektřiny a tepla neboli kogenerace je způsob výroby elektrické energie, při kterém se užitečným způsobem využije teplo, jež se při procesu výroby elektřiny uvolňuje. Tím se dosahuje velmi vysoké účinnosti využití energie v palivu. Zároveň se díky tomuto procesu minimalizují ztráty, které při tradiční výrobě elektrické energie vznikají. [\[39\]](#)

### Úsporná opatření na elektrické energii:

- **Výměna stávajících svítidel za LED svítidla** – Ve vybraných prostorech se vymění stávající svítidla za LED (z anglického *Light-Emitting Diode*) svítidla, popř. se ve stávajících svítidlech vymění světelný zdroj za úspornější LED svítidla.
- **Výměna oběhových čerpadel** – V rámci modernizace tepelného zdroje budou vyměněna i oběhová čerpadla za nové typy s úspornějšími motory a zabudovanými frekvenčními měniči otáček. Tímto opatřením dojde k úspoře elektrické energie.
- **Instalace fotovoltaických panelů** – Na střeše objektu se nainstaluje fotovoltaická elektrárna, která bude vyrábět elektrickou energii pro vlastní potřebu objektu. Fotovoltaická elektrárna bude napojena na distribuční síť dodavatele elektrické energie a zajistí snížení celkové spotřeby elektrické energie objektu.
- **Instalace řízené optimalizace elektrického napětí** – Jde o instalaci zařízení určeného pro řízenou optimalizaci elektrického napětí. Jedná se o technické řešení, které vychází z podrobných měření parametrů elektrické sítě a pracuje na základě řízené optimalizace napětí pomocí velmi pokročilého a sofistikovaného patentovaného transformátoru s odbočkami. Toto zařízení snižuje ztráty vedení elektrické energie a minimalizuje efektivně veškeré ztráty.

### Úsporná opatření na vodě:

- **Instalace spořičů vody na výtokové baterie k umyvadlům a sprchám** – Na vybraných místech se nainstalují spořiče na výtokové baterie v provedení s ochranou proti vandalizmu a zcizení a možností regulovat průtok vody. Jedná se o tzv. perlátory.
- **Instalace spořičů vody do WC** – Na všechna nádržková WC se nainstalují spořiče *Save-a-Flush*, což je technologie fungující na absorpci vody do sáčků se silikonovými krystaly.

### Úsporná opatření na ostatních provozních nákladech:

- **Prostředky z podpůrných programů** – prostředky z podpůrných programů „Úspora“ vznikla započtením příspěvku na kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla (zelený bonus)
- **Napojení systému do webové aplikace Advantage™ Navigator a dohledového centra Siemens AOC** – je navrženo napojení řídicího systému pomocí nástroje Advantage™ Navigator do dohledového centra *Advantage Operation Center* (AOC) společnosti Siemens. Toto opatření umožňuje další snížení energetické náročnosti objektu jednak díky stálému sledování spotřeb energií (tepelná energie, plyn, elektřina, studená voda) a okamžitému řešení zjištěných nadměrných spotřeb a dále následnou optimalizací provozu a odběru tepla, teplé vody a případně elektřiny na základě analýzy odběrů energií ve sledovaném období.

Hlavním úkolem této práce je realizace posledního bodu ze seznamu uvedených opatření, tedy „Napojení systému do webové aplikace Advantage™ Navigator a dohledového centra Siemens AOC“. Znamená to, že všechna opatření, která byla realizována a která se dají nějakým způsobem sledovat, kvantifikovat a průběžně vyhodnocovat, budou napojena do této webové aplikace. Nyní bude předloženo několik vybraných typových objektů, které budou přiblíženy z hlediska řešení měření a regulace (MaR) a budou uvedeny základní konstrukční příznačnosti objektu a specifika technického řešení.

## 3.1 Bystré

Domov Na Zámku v Bystré slouží jako pobytové a pečovatelské zařízení pro lidi s mentálním postižením. Objekt je složen ze sedmi budov, jedná se o budovu s nepřetržitým provozem, hlavním zdrojem tepla je kotel na zemní plyn. Budova je zvolena jako typová, protože pro ni bude v práci řešen centrální dispečink formou SCADA. V objektu se také řeší individuální regulace jednotlivých místností.



Obr. 3.1: Domov Na Zámku v Bystré

Při realizaci projektu EPC došlo k rekonstrukci kotelny, kdy původní stav nahradily 2 plynové kotle a kogenerační jednotka, které jsou zapojeny v kaskádě. Jedná se o primární plynovou kogenerační jednotku s výkonem 200 kW a dva standardní plynové kotle pro ohřev teplé vody s výkonem 400 kW. Dále došlo k výměně čerpadel a byla dodána řídicí jednotka MXPLC od firmy Domat Control System. Kotelnu je možné v současném stavu ovládat pouze manuálně pomocí HMI (z anglického *human to machine interface*) rozhraní.

Kaskádové řízení kotlů by díky určení optimální spínací difference mělo zajistit časově harmonizované spínání za účelem zajištění neskokového zásobování teplem vytápěného objektu, zamezení častého spínání za účelem pokrytí sebemenšího zvýšení tepelných ztrát, a tedy spínat hořáky pouze tehdy, je-li to skutečně potřebné. Všechna regulační opatření by měla vést jak k zajištění tepelného komfortu, tak k energeticky optimálnímu provozu. Pro řízení otopných soustav je použité tzv. ekvitermní řízení – řízení podle venkovní teploty vzduchu. [38]

Ve výchozím nastavení je vždy pro ohřev teplé užitkové vody (TUV) používána kogenerační jednotka, plynové kotle se spínají dle potřeby. Jednotlivé topné větve se budou řídit podle časového plánu na ekvitermní teplotu. Pro potřebu kuchyně se čerpadlo bude zapínat podle časového plánu a na základě konzultace s uživatelem. Regulace ohřevu TUV se bude řídit dobíjecím čerpadlem na hodnotu 55°C. Distribuce TUV po budově bude řešena pomocí cirkulačních čerpadel. [18]

V příloze práce jsou uvedena regulační schémata kotelny, která sloužila jako předloha pro tvorbu grafiky SCADA systému. Zároveň sloužila jako výchozí materiál pro pochopení řídicího systému kotelny a topných okruhů.

## 3.2 Brandýs nad Orlicí

Objekt v Brandýse nad Orlicí slouží jako rehabilitační ústav. Provoz zde byl zahájen v roce 1898. Jedná se o budovu s nepřetržitým provozem. Hlavní budova objektu prošla v letech 2001 až 2008 několika fázemi rekonstrukce. V budově také funguje bazén. Objekt byl zvolen jako typový, jelikož se v rámci této práce bude řešit sběr dat z kogenerace z důvodu její optimalizace. V objektu se také řeší individuální regulace jednotlivých místností.



Obr. 3.2: Brandýs nad Orlicí

Při realizaci projektu EPC se řeší automatický provoz nově doplněného zdroje tepla ve stávající hlavní plynové kotelně – kogenerační jednotky Vitobloc o výkonu  $50 \text{ kWe}^3/81 \text{ kWt}^4$ . Kotelna je v současné době řízena pomocí volně programovatelného řídicího systému Domat Control System. Kogenerační jednotka slouží jako primární zdroj pro ohřev TUV.

Dalším opatřením projektu EPC je výměna dvojice stávajících teplovodních kotlů za kondenzační teplovodní kotle Viessmann Vitodens o celkovém výkonu  $2 \times 45 \text{ kW}$  – jedná se o odběrné plynové zařízení. Pro zajištění požadavků na ovládání a chod výše uvedené technologie budovy je tedy pro řízení objektu použit volně programovatelný řídicí systém Domat Control System se stávající grafickou centrálou s vizualizačním softwarem. Připojením PC sítě k internetu je také umožněna vzdálená správa objektu pro potřeby monitoringu. Vzdálené připojení do PC za účelem správy funguje na principech VPN.

Teplota topné vody na výstupu z kotlů za anuloidem je regulovaná na teplotní spád  $60/50 \text{ °C}$  (kondenzační režim). Topná voda je přivedena na hlavní rozdělovač a sběrač odkud je rozvedena do 7 okruhů. V prostoru kotelny je snímána teplota interiéru. V jednotlivých topných okruzích jsou pak časově spínaná oběhová čerpadla v závislosti na venkovní teplotě a požadavcích na topení. Topná voda ve větvích je řízena ekvitermně v závislosti na venkovní teplotě. [18]

<sup>3</sup> kWe – Jednotka výkonu v kilowattech s upřesněním, že jde o výkon elektrický

<sup>4</sup> kWt – Jednotka výkonu v kilowattech s upřesněním, že jde o výkon tepelný

### 3.3 Rybitví

Objekt v Rybitví slouží jako škola, konkrétně jde o střední průmyslovou školu stavební. Provoz budovy je od 7:00 do 15:00 během pracovních dnů, internát funguje v celodenním režimu od pondělí do pátku. Tělocvična je pronajímána i během víkendu. Školu navštěvuje přibližně 230 až 250 žáků, 53 zaměstnanců, v internátu je ubytováno přibližně 90 studentů. Školu tvoří areál samostatně stojících 10 budov: hlavní budova školy, vrátnice, 4 domovy mládeže, kuchyň s jídelnou, administrativní budova s tělocvičnou, truhlářské dílny, kovodílny. To je hlavní důvod, proč byl objekt vybrán jako typový. Řeší se zde decentralizovaný sběr dat z několika navzájem sousedících budov. V objektu se také řeší individuální regulace jednotlivých místností.



Obr. 3.3: SPŠ stavební Rybitví

V tomto objektu se nebude realizovat vzdálený dispečink. K ovládní energetických systémů budou sloužit ovládací panely v rozvaděčích ve strojovně ústředního tepla v příslušných budovách. Rozvaděče obsahují veškeré řídicí, signalizační, ovládací a jistící prvky. Regulace teploty vody pro ÚT bude řešena směšovacím uzlem s trojcestným směšovacím ventilem. Regulátor bude upravovat teplotu vody na základě venkovní teploty, tedy ekvitermně. Regulátor bude řídit servopohon a čerpadlo. Programové vybavení umožňuje několik různých režimů vytápění – eko mód, útlumy nebo časově přednastavené režimy. [18]

Hlavní měřiče spotřeby energií plynu a tepla v jednotlivých budovách mají možnost osazení externím impulzním čítačem. To znamená, že lze využít zvláštní zařízení (v tomto případě SDS modul), které by z něj data vyčítalo a odesílalo přes GSM síť na server, kde dochází k jejich zpracování.

### 3.4 Žampach

Ústav sociální péče Žampach je příspěvkovou organizací Pardubického kraje a jejím posláním je poskytování komplexní ústavní péče mentálně postiženým osobám, které v areálu ústavu trvale bydlí, což je v současnosti přibližně 120 osob. Provoz komplexu zajišťuje přibližně 60 osob. Areál tvoří celkem pět objektů, z čehož jsou 3 původní z 18. a 19. století a dvě stavby jsou z druhé poloviny 20. století. Hlavní budova obsahuje ubytovací prostory, kanceláře, společenské místnosti a provozní zázemí. Druhá budova navazuje na hlavní budovu a jsou v ní ubytovací prostory. Dále v areálu funguje samostatná hospodářská budova s prádelnou a sušárnou, budova pavilonu a kotelna. Objekt byl zvolen jako typový, jelikož je v Žampachu řídicí PC se zálohou dat z kotelny, s kterými se v rámci projektu bude pracovat.

Projekt MaR řeší regulaci dvou nových kotlů Vitrossal 200 CM2B a zabezpečení kaskády, řízení nové kogenerační jednotky Vitobloc 20EM a propojení měřičů tepla a spotřeby elektrické energie přes sběrnici *M-bus*. Je zde také pracovní PC, na kterém běží vizualizační program pro sledování kotelny. Připojením PC sítě k internetu je také umožněna vzdálená správa objektu pro potřeby monitoringu, zde konkrétně pomocí programu pro vzdálené připojení TeamViewer. Průběžně se zde zálohují data z měřičů (doba provozu kogenerační jednotky a jí vyrobená energie, teplota TUV atd.) [18]



Obr. 3.4: Žampach

## 4 Navržené řešení

Ze zadání diplomové práce a jejích bodů pro vypracování plyne, že při realizaci projektu bylo využito konvenčních technologií ve spojení s nově nastupujícími *cloudovými* technologiemi. Je to z toho důvodu, že komerční projekty jsou všeobecně založeny na ověřených standardech a není u nich velký prostor pro experimenty (tím se dá prozatím rozumět i nasazení IoT). Vyplývá to i z toho, že technologie použité v rámci tohoto projektu (především v oblasti MaR) nejsou zatím plně kompatibilní se zařízeními z oblasti IoT.

Návrh řešení všeobecně spočívá ve vymyšlení cenově a technicky dostupných forem transferu dat z měřičů do vizualizační aplikace. Je třeba přitom respektovat finální podobu projektové realizace. V ideálním případě se využijí technologie, které jsou již při projektu nainstalované a zprovozněné, čímž se minimalizují částky za vynaložené náklady v podobě doplňkového SW či HW. Jako příklad se dá uvést teplota v místnostech, která se dá sledovat skrz instalované IRC hlavice anebo údaje o kotelnách, které jsou k dispozici v řídicích PLC automatech.

Hierarchie práce s daty prakticky kopíruje automatizační pyramidu uvedenou v kapitole [2.1](#). Měřená data putují do nadřazeného systému, který je zde představován PLC nebo jinou řídicí jednotkou. Odtud se musí data dostat buďto přímo do databáze cloudové aplikace Advantage™ Navigator (AN), anebo do centrálního počítače, kde se s nimi dále pracuje. Centrálním počítačem je zde chápán počítač běžící na vzdáleném serveru (AOCCZ). Odtud se upravená data odešlou do AN. Tato *cloudová* aplikace pak slouží jako databáze všech nasbíraných dat. Díky vizualizačním nástrojům pro práci s daty pak AN funguje jako vyhodnocovací nástroj jak pro specialistu pro vyhodnocování úspor firmy Siemens, který data interpretuje a analyzuje, tak pro klienta, který z počítačové obrazovky může sledovat hospodárnost svých budov.

Aplikace AN má obrovský potenciál pro komplexní správu budovy, proto by se práce s daty, které do ní putují, měla co nejvíce zjednodušit. V rámci projektu bylo dosaženo konečných, popř. dílčích řešení, které celý proces usnadní a zautomatizují. Důležité je, že technologie, které jsou použity v tomto projektu, jsou běžné i v dalších projektech. To znamená, že toto řešení přinese především zjednodušení práce a vyšší efektivitu celého oddělení v budoucnosti při řešení obdobných projektů.

Nyní budou přiblíženy jednotlivé dílčí technologie a programy, s kterými se lze v práci setkat. Jelikož v celé práci jde především o realizaci sběru dat a jejich následného zpracování, budou uvedeny pouze technologie přímo související s jejím výkonem. Pro přehlednost byly rozděleny do kapitol hardware ([4.1](#)), software ([4.2](#)) a kapitoly, která shrnuje komunikační standardy ([4.3](#)).



## 4.1 Hardware

V této kapitole budou představeny některé z HW komponent, s kterými bylo nutné v projektu pracovat. Jde vždy o zařízení či systém, který sbírá data z měřičů. Smyslem práce je z těchto zařízení data získat, zpracovat a různými přístupy poslat do aplikace AN.

### 4.1.1 PLC

PLC (z anglického *Programmable logic controller*) je malý počítač v průmyslovém provedení řízený mikroprocesorem s vlastním operačním systémem uzpůsobeným pro potřeby řešení automatizačních úloh v reálném čase s co nejkratší dobou odezvy. Všechny kotelny jsou již naprogramované a plně automatizované právě za použití PLC. Vstup pro akční zásahy operátora je řešen především přes malý displej na rozvaděči v kotelně (zde se mimo jiné zobrazují a potvrzují alarmy, lze zde vyčíst teplotu na topných větvích, tlak v systému atd.) V některých objektech (např. v Žampachu) je k dispozici pracovní PC, kde běží vizualizační SCADA SW, na kterém je chod kotelny sledován a přes který je zároveň možné do systému zasáhnout. Zároveň je tento PC připojen do internetu a lze se k němu vzdáleně připojit. Trendované hodnoty charakterizující provoz jsou ukládány a lze s nimi dále pracovat. [20]

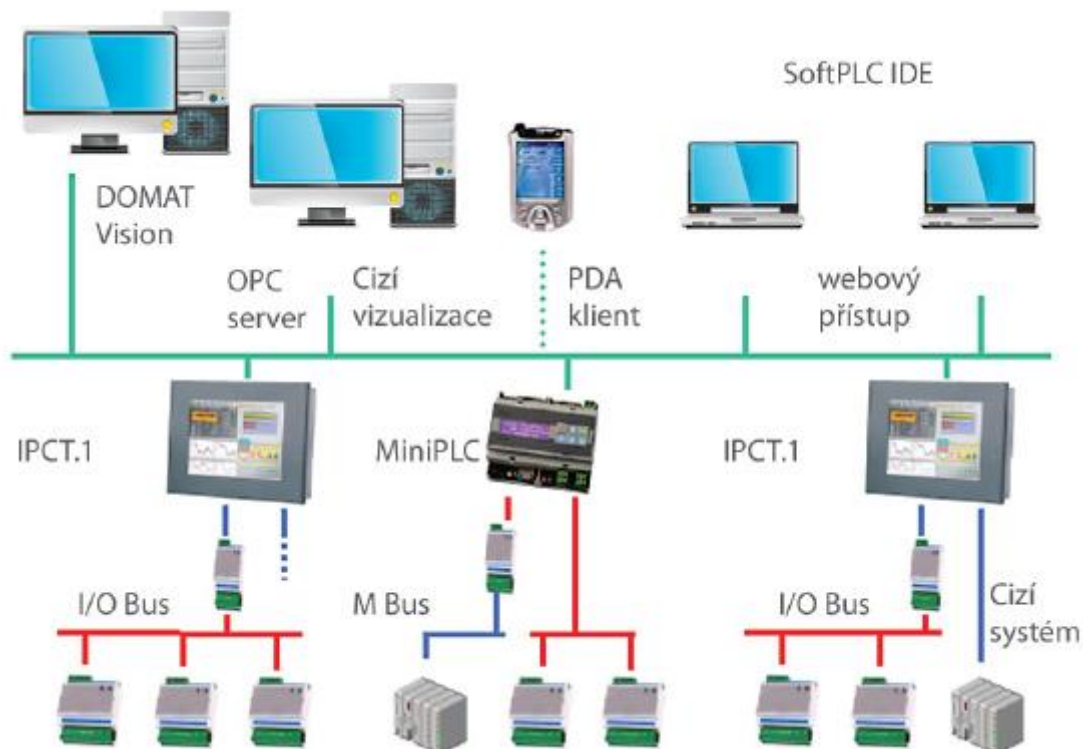
V případě řešené kotelny v Domově na Zámku v Bystré je použit PLC automat MXPLC od firmy Domat. Ten nabízí několik digitálních/analogových vstupů a výstupů, COM pro připojení dalších externích zařízení a pak Ethernetový vstup pro připojení UTP kabelu. Právě tento vstup umožňuje připojení PLC automatu k internetu, což zabezpečí komunikaci počítačů s PLC. K tomu se využije komunikační standard OPC, který bude vysvětlen v kapitole 4.3.1. Všeobecně jsou PLC automaty vhodné k MaR, k distribuovanému decentralizovanému řízení procesů, předzpracování signálů pro nadřazené ovládací a vizualizační systémy atd.



Obr. 4.1: MXPLC od firmy Domat

Všechny PLC automaty jsou v rámci projektu už kompletně naprogramované v prostředí SoftPLC (popř. Merbon). Programové soubory jsou nezbytně důležitou součástí, protože se z nich získává adresace všech proměnných, což se dá vyložit jako jména vstupů a výstupů a jejich fyzická adresa v zařízení. Mimo to slouží jako zdroj dalších datových proměnných jako jsou alarmy nebo stavy, se kterými se dále pracuje. V práci se z časových důvodů bude řešit pouze vzdálené připojení PLC automatu v Bystré, jelikož tamní kotelna nedisponuje řídicím PC, který by byl připojen k síti a na kterém by bylo možné data zálohovat a pracovat s nimi, popř. kam by bylo možné nahrát vizualizační SW.

Jelikož v kotelně v Bystré není možnost zařízení připojit k internetu, muselo být navrženo jiné řešení. PLC v Bystré je připojeno do sítě přes router RUT955 LTE. Ten umožňuje vložení SIM karty, pomocí které se pak přes komunikační technologie LTE standardu 3G lze připojit k internetu. Vzhledem k tomu, že je router specificky nakonfigurován, lze se přes něj nejen připojit k internetu, ale skrz VPN tunel i na vzdálený AOCCZ server v síti Siemens. AOCCZ server slouží jako hlavní vzdálené dispečerské centrum.



Obr. 4.2: Topologie připojení PLC k dalším zařízením

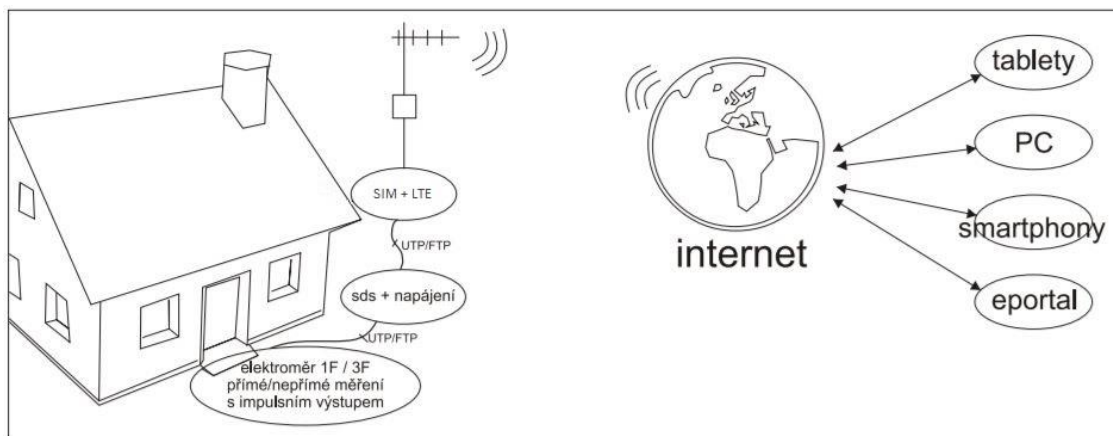
#### 4.1.2 SDS-MICRO DIN E

K odečtu a následnému zasílání spotřeb ke zpracování z několika míst v rámci objektu v Rybitví je využíván jednoduchý PLC automat SDS-MICRO DIN E od společnosti Online Technology. Automat zprostředkuje řešení, pomocí kterého se dají sbírat data bez nutnosti natahování dlouhé kabeláže, která by zprostředkovala připojení centrální jednotky příslušné kotelny k internetu.



Obr. 4.3: SDS-MICRO DIN E

SDS-MICRO DIN E lze připojit k pulznímu výstupu S0, což je rozhraní definované normou DIN 43864 a drtivá většina moderních plynoměrů, kalorimetrů, vodoměrů či elektroměrů by jím měla být vybavena. Jde taky o velmi snadný, přesný a relativně levný způsob, jak z měřičů získat informace o odběrech energií. S0 je v podstatě počítačlo určeno k zaznamenávání impulsního výstupu měřiče. Konfigurují se zde přepočítávací konstanty pro převod impulsů na konkrétní jednotky (např. 1000 impulsů na 1 kWh). Naměřené údaje z počítačdel optických vstupů jsou pak u zařízení SDS-MICRO DIN E ukládány do permanentní paměti každých 12 hodin. Poté jsou zasílány na tomu určený server (v tomto případě nejde o server AOCCZ, ale o server, kde jsou koncentrována data i z dalších zařízení tohoto druhu nesouvisející s projektem Pardubického kraje). Topologie zapojení měřiče je zachycena na následujícím obrázku (obr. 4.4). SDS-MICRO DIN E byl v rámci projektu nasazen v objektu školy v Rybitví vzhledem k velkému množství fakturačních měřičů energií v různých budovách. [31]



Obr. 4.4: Topologie zapojení měřiče SDS-MICRO DIN E

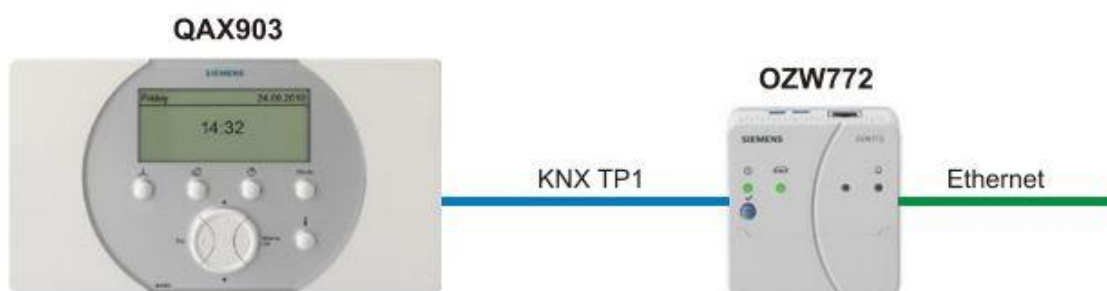
### 4.1.3 Synco™ Living

Systém Synco™ Living je bezdrátový systém pro automatizaci domácnosti vyvinutý firmou Siemens. Díky velkému množství kompatibilních měřičů umožňuje řídit vytápění, ventilaci a klimatizační jednotky a monitorovat místnosti pomocí kouřových detektorů. Systém také může zjistit, která okna jsou otevřená, zobrazovat aktuální venkovní teplotu, atmosférický tlak a nabízí snadný a pohodlný způsob ovládání světel a rolet. Kromě bezdrátové komunikace KNX může centrální jednotka systému Synco™ Living komunikovat s dalšími přístroji také po datové sběrnici. V případě Pardubického kraje byl systém Synco™ Living použit především k zajištění individuální regulace prostorové teploty v místnostech. Do systému je navíc možno přistupovat vzdáleně, což je řešeno v kapitole [4.2.4](#). Topologie systému je k nahlédnutí na obrázku ve stejné kapitole (obr. 4.19).

Autor práce se podílel na návrhu rozmístění systému Synco™ Living zaměřený na měření dostupnosti signálů KNX RF v jednotlivých objektech, následném překreslení rozmístění v SW CAD pro potřeby realizační firmy (pod dohledem energy inženýra Ing. Ludka Jančíka) a konečného uvádění systému do provozu.

#### 4.1.3.1 QAX903

QAX903 je centrální jednotka celého systému, která řídí vytápění, chlazení a ventilaci v objektu až o 12 místnostech. Vzhledem k omezení počtu místností se ve větších objektech čítající několik desítek tříd, kabinetů, kanceláří apod. muselo nasadit více takových jednotek. QAX903 je připojena na web server (OZW722) a komunikuje s ním přes protokol KNX TP. Webserver OZW722 pak vytváří webové rozhraní celého systému při přístupu ze vzdáleného zařízení a připojuje zařízení k internetu (obr. 4.5). Centrální jednotka slouží také jako ovládací a zobrazovací jednotka pro jednu skupinu místností. [\[22\]](#)



Obr. 4.5: Připojení centrály QAX903 na webserver OZW722

#### 4.1.3.2 SSA955

SSA955 (obr. 4.6) je regulační servopohon pro otopná tělesa. Je vhodný pro použití v otopných soustavách k ovládání radiátorových termostatických ventilů společnosti Siemens nebo jiných výrobců.

Do jedné místnosti může být přiřazeno a pracovat paralelně až 6 servopohonů SSA955. V takovém případě zajišťuje vlastní regulaci servopohon nejdříve připojený k centrální jednotce (řídící regulátor) a přes centrální jednotku bezdrátově ovládá ostatní pohony přiřazené k dané místnosti (podřízené regulátory). S jednotkou komunikuje rádiově protokolem KNX RF. [\[22\]](#)



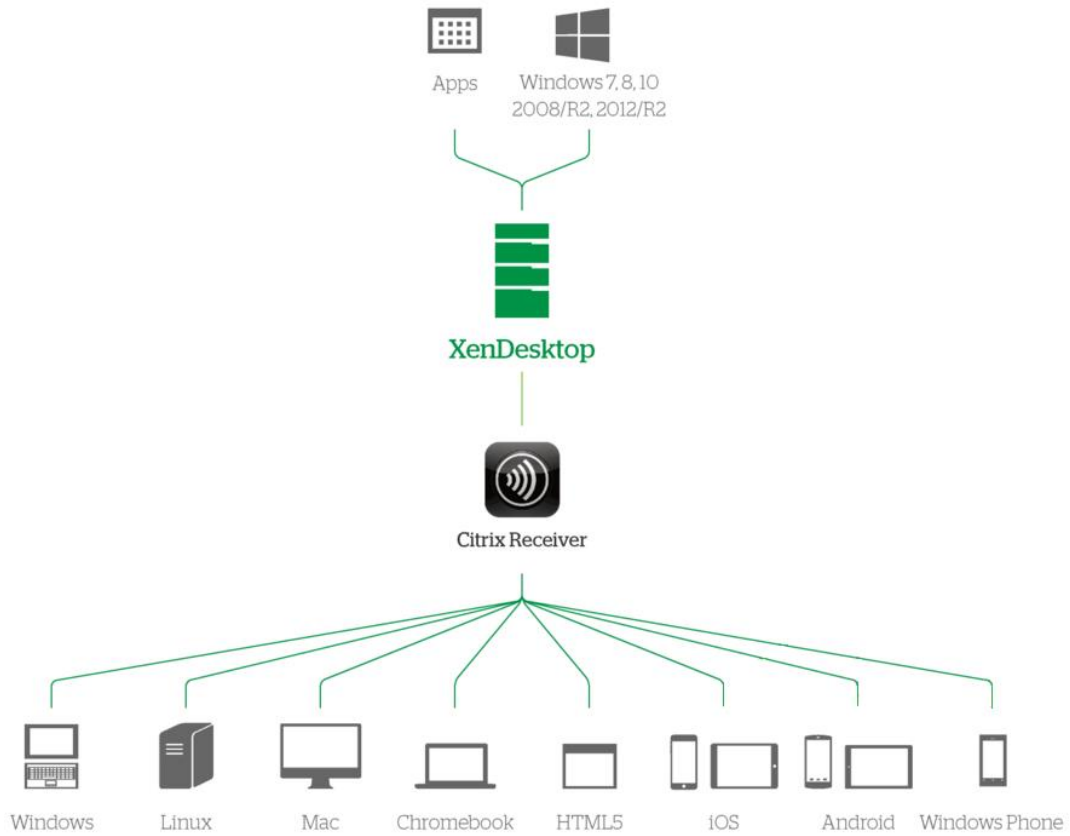
Obr. 4.6: SSA955

#### 4.1.4 AOCCZ

AOCCZ není nic jiného než označení pro server, který je v rámci oddělení k dispozici pro práci s daty. Server je obecné označení pro počítač, který poskytuje nějaké služby, nebo počítačový program, který tyto služby realizuje. V tomto případě je server několik počítačů, na kterých běží operační systém Windows Server 2012. Jeden z počítačů je používán odděleně na všechny procesy související se SW Desigo Insight, tedy se SCADA systémem, který je v rámci projektu vytvářen. Druhý počítač slouží na všechnu další práci – běží zde automatizované skripty pro práci s daty, nahrávají se odtud data na server AN atd.

Na server se připojuje pomocí aplikace Citrix Receiver. Citrix Receiver je klientský software, který je vyžadován pro přístup k aplikacím a vzdáleným počítačům hostovaných na cizích serverech (obr 4.7). Tento nástroj poskytuje přístup k instalacím XenApp/XenDesktop z různých typů klientských zařízení jako jsou počítače nebo telefony. XenDesktop je virtualizační softwarová platforma pro stolní počítače, která umožňuje více uživatelům přístup a spuštění počítačů Microsoft Windows, které jsou instalovány na centralizovaném místě odděleně od zařízení, ze kterých jsou přístupné – v tomto případě na serveru AOCCZ. Citrix Receiver funguje v zásadě na podobných principech jako VPN. Server služby Citrix plní funkci síťové brány, která zprostředkovává připojení a zajišťuje zabezpečení a šifrování veškeré komunikace. Při autentizaci přes přihlašovací účet se navíc určí role jednotlivých uživatelů (obr. 4.8).

[44]



Obr. 4.7: Topologie připojení ke vzdálenému serveru přes aplikaci Citrix Reciever



Obr. 4.8: Proces přihlášení ke vzdálenému počítači přes službu Citrix Reciever

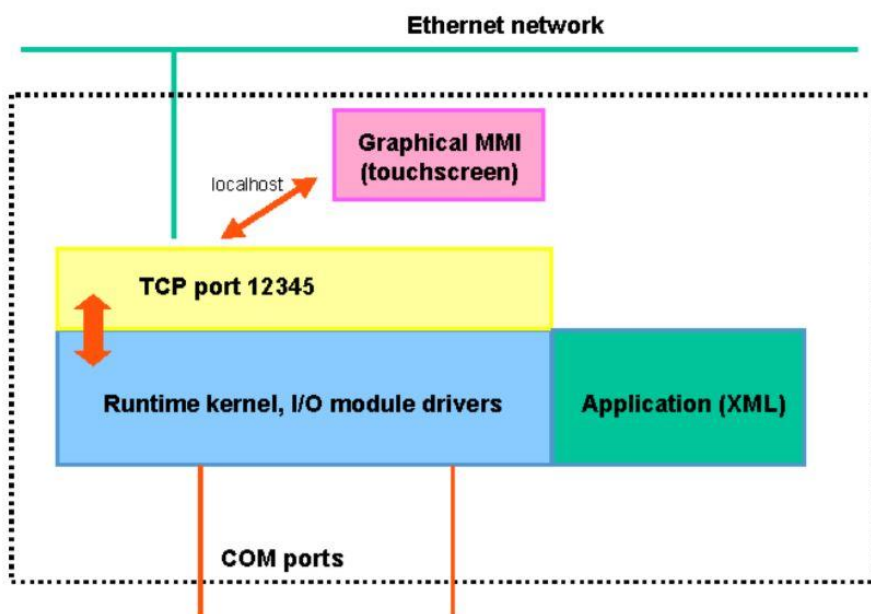
## 4.2 Software

V této kapitole budou představeny programy a aplikace, s kterými bylo nutné v projektu pracovat, aby bylo dosaženo požadovaného transferu dat. Každý SW je vždy obecně popsán a pokud to je možné, je zahrnut obrázek s grafickým rozhraním SW, popř. topologie postupu práce se SW.

### 4.2.1 SoftPLC

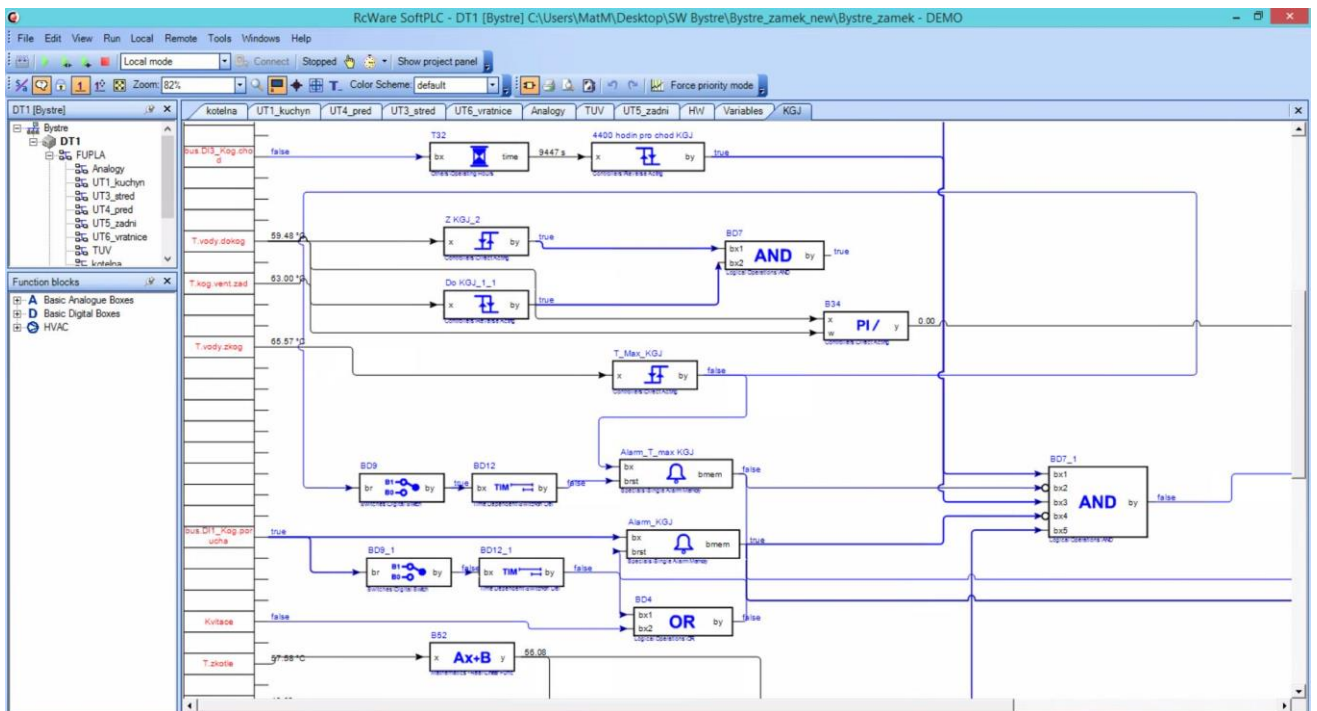
SoftPLC je software vyvinutý firmou Domat za účelem snadného blokového programování, tedy pro tvorbu řídicích algoritmů pro PLC automat. V podstanicích jsou nainstalovány runtimy, které spouštějí projekt. Runtime zpracovává aplikaci, která je do podstanice nahrána. Cesta k aplikaci se nastavuje v parametrech runtime. Runtime může běžet i jako služba systému, takže např. nezávisí na přihlášení uživatele. Runtime může běžet i bez I/O modulů a komunikovat například jen přes OPC server nebo klient, a tak vyřešit regulační a řídicí úlohy v systémech pro sběr dat s komunikací OPC. Projekt se tvoří v inženýrském a vývojovém prostředí – IDE v blokové logice, která poskytuje komfortní prostředí pro rychlou tvorbu aplikací. [21]

Na COM porty jsou připojeny I/O moduly. Po startu runtime se kontroluje licence, pak se načítají aplikační soubory (dále zvané projekt nebo aplikace), kontroluje se jejich integrita a začnou se vykonávat funkce programu. Pro sdílení dat je v runtime komunikační vrstva. Přijímá připojení na TCP portu 12345. K tomuto portu se připojuje např. aplikace pro *touchscreen* nebo OPC server pro integraci do SCADA systémů. Je to proto, že spojení TCP používá specifický protokol, je stabilní a nezávislé na platformě.



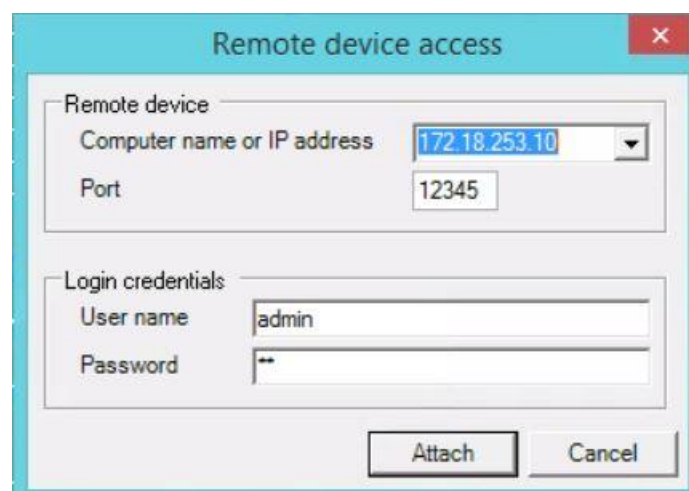
Obr. 4.9: Topologie procesní stanice s runtimem

Předpokladem pro naprogramování PLC automatu je existence technického popisu a výkresu projektu (nebo alespoň tabulka vstupů a výstupů s přiřazením periférií vstupům a výstupům I/O modulů). Dále musí být definovaná topologie systému včetně řídicí úrovně. Pro funkční testy jsou v rozvaděčích namontovány I/O moduly, připojeny k perifériím a I/O busu, adresovány a oživeny. Cílem práce v SoftPLC je navržení, napsání, parametrování, kompilování a nahrání aplikačního SW na všechny procesní stanice. Poté se program otestuje s I/O moduly včetně výměny dat mezi podstanicemi.



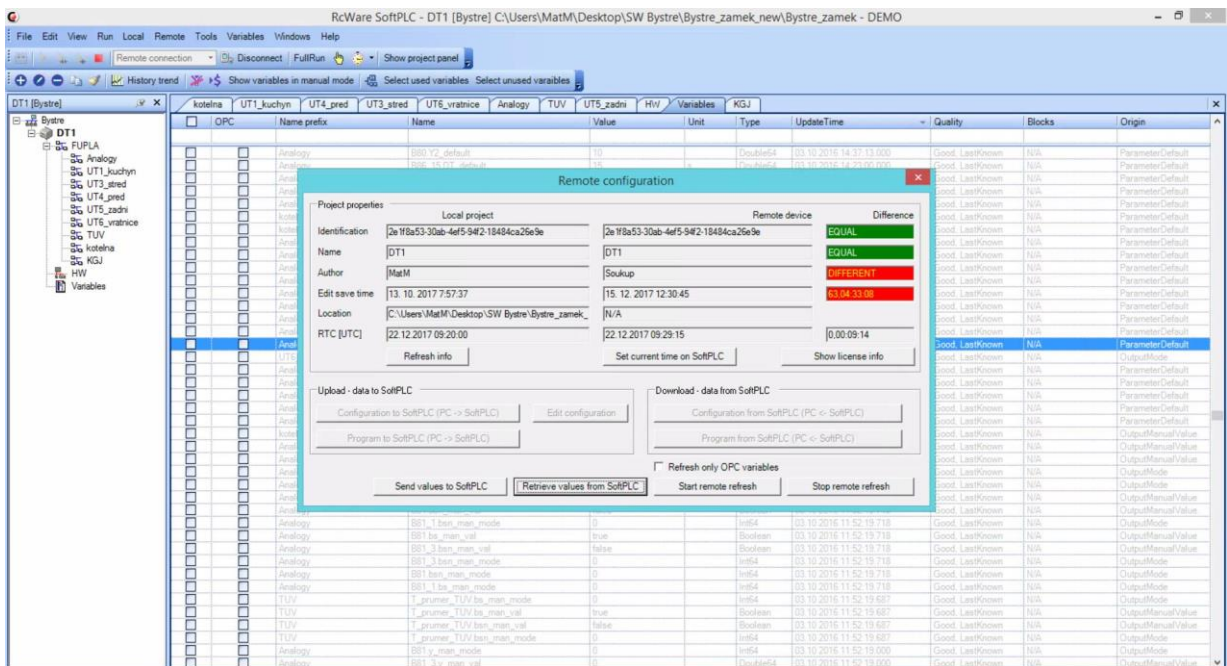
Obr. 4.10: Uživatelské rozhraní softwaru SoftPLC

Pro uvádění do provozu slouží funkce testování komunikace, ve schématech jsou vidět aktuální procesní hodnoty a vybrané hodnoty lze zobrazit v grafu, což velmi usnadňuje ladění regulačních smyček. Ačkoliv se tato funkce může jevit jako dostatečná pro sběr dat, jelikož procesní hodnoty se dají i trendovat a následně ukládat, není příliš použitelná. Software nezalohuje hodnoty automaticky a vyžaduje se častá interakce operátora, který by data pravidelně manuálně ukládal. Jelikož spuštěný program SoftPLC, který uživatele dovede v reálném čase k PLC v kotelně připojit (pokud je PLC připojen k internetu), zabírá nezanedbatelné místo v paměti, může dojít k jeho nestabilitě a případnému pádu. V takovém případě by byla ztracena veškerá data, která dosud nebyla uložena. Proto se software SoftPLC dá využít na sběr dat spíše jen jako dočasné nepříliš spolehlivé řešení.



Obr. 4.11: Konfigurace vzdáleného připojení k PLC

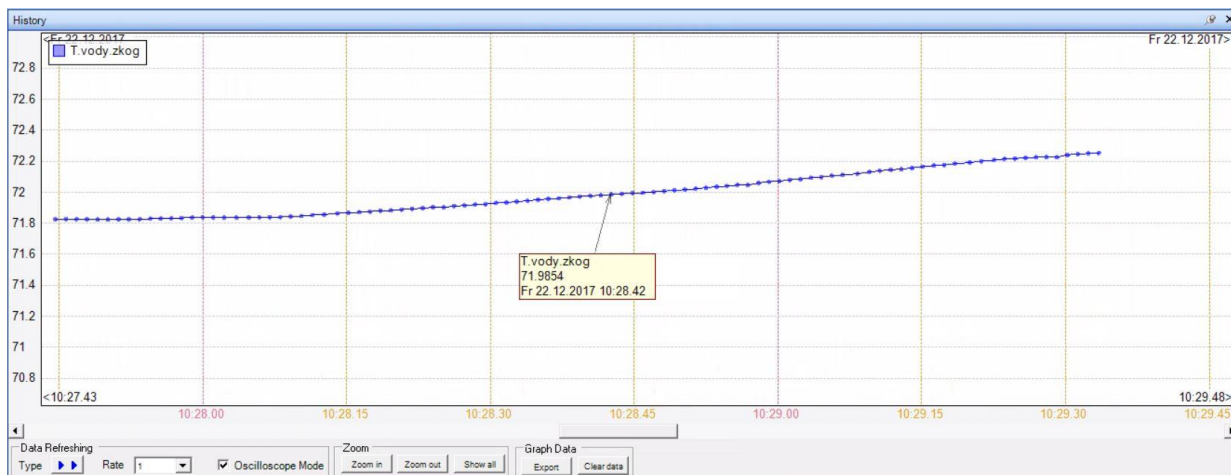




Obr. 4.12: Vzdálené připojení k PLC

OPC	Name prefix	Name	Value	Unit	Type	UpdateTime	Quality	Blocks	Origin
<input type="checkbox"/>	KGJ	Do KGJ_1_1.by	true		Boolean	22.12.2017 10:32:49.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	BD12_1.by	true		Boolean	22.12.2017 10:32:49.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	BD12_2.Tres	0	s	Double64	22.12.2017 10:32:49.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	BD9_1.by	true		Boolean	22.12.2017 10:32:49.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	BD7_1.by	true		Boolean	22.12.2017 10:32:49.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	BD7.by	false		Boolean	22.12.2017 10:32:49.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	BD9.by	true		Boolean	22.12.2017 10:32:49.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	BD10.validsel	1		Int64	22.12.2017 10:32:49.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	BD4.by	true		Boolean	22.12.2017 10:32:49.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	Do KGJ_1.by	false		Boolean	22.12.2017 10:32:49.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	BD7_2.by	false		Boolean	22.12.2017 10:32:49.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	BD12.by	true		Boolean	22.12.2017 10:32:49.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	BD12_2.by	true		Boolean	22.12.2017 10:32:49.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	BD7_2_1.by	true		Boolean	22.12.2017 10:32:49.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	B46.y	58.514213245665124		Double64	22.12.2017 10:32:48.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	B5_3.y	62.539681861896938		Double64	22.12.2017 10:32:48.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	B5_2.y	62.539681861896938		Double64	22.12.2017 10:32:48.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	B52.y	67.1726333882697		Double64	22.12.2017 10:32:48.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	B5_1.y	62.546727844400827		Double64	22.12.2017 10:32:48.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	B35.y	62.546727844400827		Double64	22.12.2017 10:32:48.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	B78.y	1		Int64	22.12.2017 10:32:48.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	BD10.by	true		Boolean	22.12.2017 10:32:48.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	B34.y	0		Double64	22.12.2017 10:32:48.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	B5.y	62.546727844400827		Double64	22.12.2017 10:32:48.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	B52_1.y	63.514103240735452		Double64	22.12.2017 10:32:48.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	B97.tot	86400	s	Int64	22.12.2017 10:32:48.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	Alarm_T_max KGJ bmem	false		Boolean	22.12.2017 10:32:47.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	B1.y	85		Double64	22.12.2017 10:32:47.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	B31.by	true		Boolean	22.12.2017 10:32:47.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	Alarm_KGJ bmem	false		Boolean	22.12.2017 10:32:47.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	B19.y	0		Int64	22.12.2017 10:32:47.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	Alarm_KGJ alr_status	0		AlarmState	22.12.2017 10:32:47.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	Alarm_T_max KGJ alr_status	0		AlarmState	22.12.2017 10:32:47.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	4400.hodin pro chod KGJ by	true		Boolean	22.12.2017 10:32:46.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	KGJ	B1_1.y	50		Double64	22.12.2017 10:32:47.000	Good	N/A	OutputAutomaticVal...
<input type="checkbox"/>	Hw	bus DO9_Cerp.CO2.chod	false		Boolean	22.12.2017 10:32:46.000	Good	None	Hw
<input type="checkbox"/>	Hw	bus DO8_Cerp.CO1.chod	true		Boolean	22.12.2017 10:32:46.000	Good	None	Hw

Obr. 4.13: Seznam aktualizovaných datových bodů včetně aktuálních hodnot



Obr. 4.14: Ukázka trendování pomocí SoftPLC

#### 4.2.1.1 FUPLA

FUPLA je programovací jazyk pro programování PLC, který je využíván i v SW SoftPLC. Tento jazyk je specifický tím, že se nemusí napsat ani řádka kódu, protože je založen na grafickém propojování logických schémat, pomocí kterých se vytváří celá logika automatu. [28]

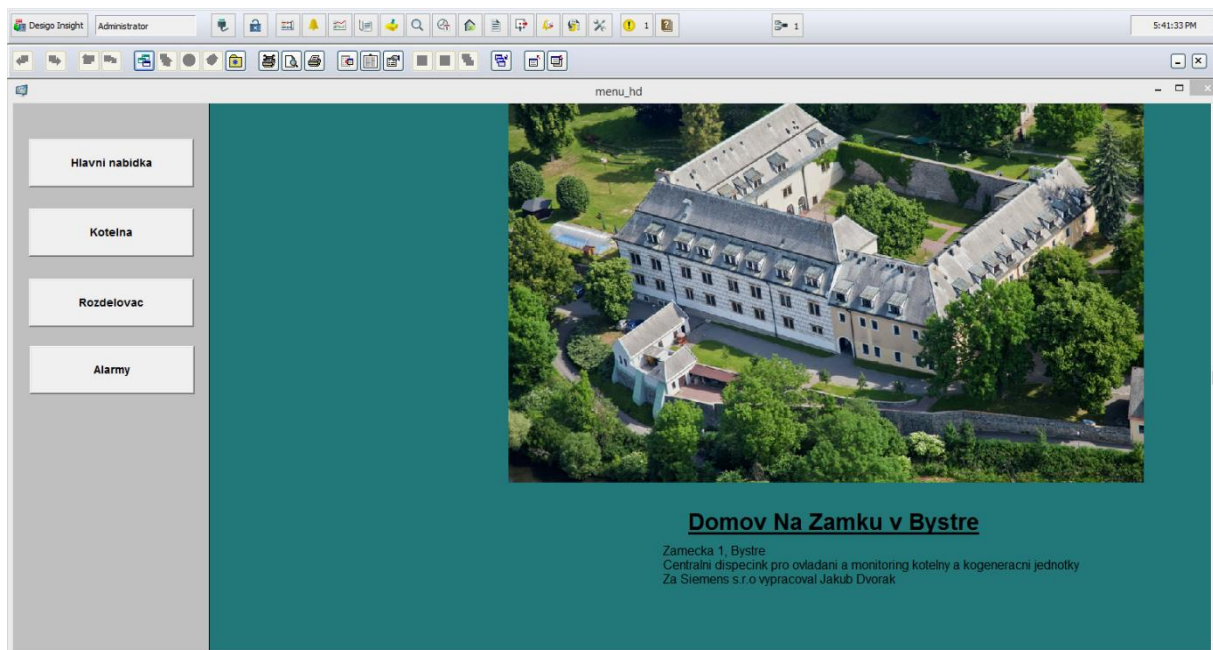
Mezi logickými obvody se vyskytují logické členy jako je *AND*, *OR*, *XOR*, ale také moduly, které reprezentují různé matematické, ale i složitější předdefinované funkce jako je např. převod hodnoty *Float* na *Integer*, dělení dvou hodnot atd. Programování by mělo být poměrně jednoduché a intuitivní a měl by ho zvládnout i méně zdatný programátor.

#### 4.2.2 SCADA

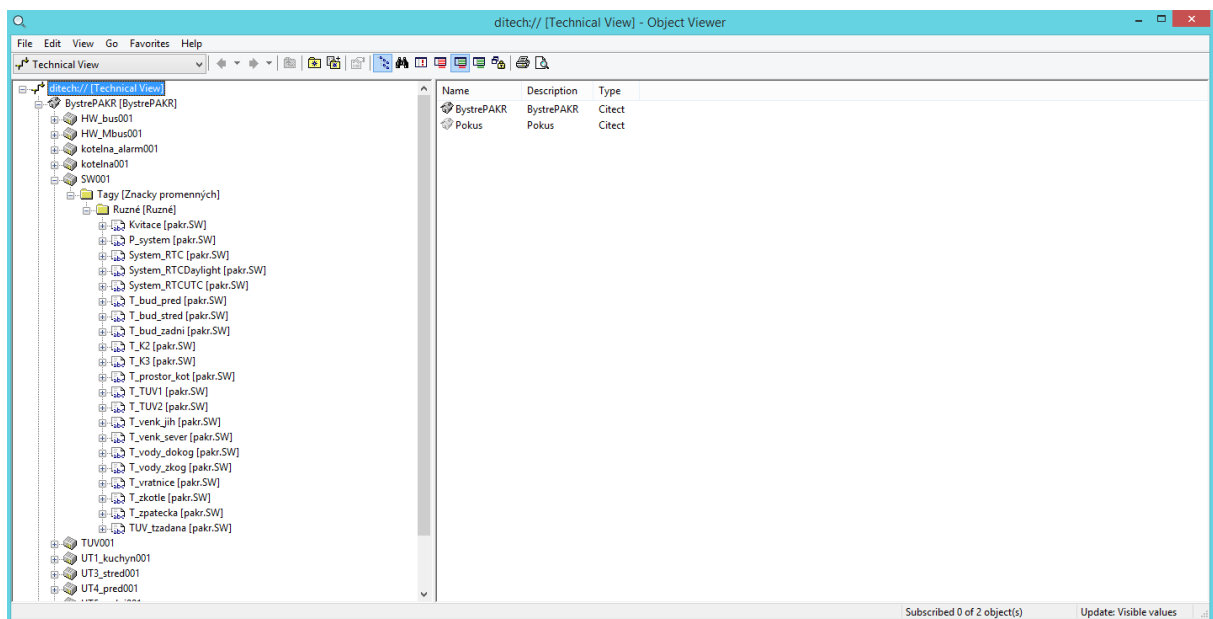
Dalším důležitým pojmem, který je potřeba vysvětlit, je SCADA (z anglického *Supervisory Control And Data Acquisition*). To se dá volně přeložit jako systém pro dohled, řízení a sběr dat, což lze chápat jako centrální dispečink. Jde o zařízení, které je na vyšší úrovni než PLC. Zde se také realizuje vizuální a funkční stránka centrálního dispečinku. Možností, jak SCADA systém připojit, je několik – propojení přes standardy jako jsou *RS232*, *RS485*, *profibus* anebo dnes velmi obvyklý způsob, kterým je *ethernet*. Právě díky realizaci pomocí technologií *ethernetu* je možné se k průmyslovým či MaR zařízením připojit přes internet z pohodlí kanceláře. To je však i úskalím samotného nasazení, jelikož může obnášet jistá bezpečnostní rizika spjata s tímto protokolem. [24]

SW, ve kterém se práce realizuje, se jmenuje Citect a je od firmy Schneider Electric. Je navíc implementován do nadřazeného funkčního systému Desigo Insight od firmy Siemens. V programu Citect dochází k práci s jednotlivými datovými body. V tomto případě Citect slouží jako OPC klient, který čte hodnoty z OPC serveru, respektive přímo z PLC. V programu Citect se vytváří grafika, a přestože je aplikace zaměřena prioritně na průmyslové instalace, existují knihovny a nástroje uzpůsobené pro vizualizace v prostředí budov.

Desigo Insight je systém pro správu inteligentních budov vyvinutý společností Siemens (od roku 2017 ho začíná nahrazovat nové Desigo CC). Používá se pro centralizovaný sběr, vyhodnocování a zpracování dat ze všech podstanic. Funguje jako nástroj pro automatizaci a řízení budov díky efektivní interakci všech součástí a procesů systému. Ve své podstatě je to velmi pokročilý SCADA systém, který je určen primárně pro prostředí budov a v této v práci slouží jako nadřazená jednotka programu Citect, ve kterém se pouze vytváří grafika pro monitoring kotelny. Pomocí nástrojů programu Desigo Insight lze jednoduše exportovat všechny sledované veličiny, s kterými lze následně pracovat.



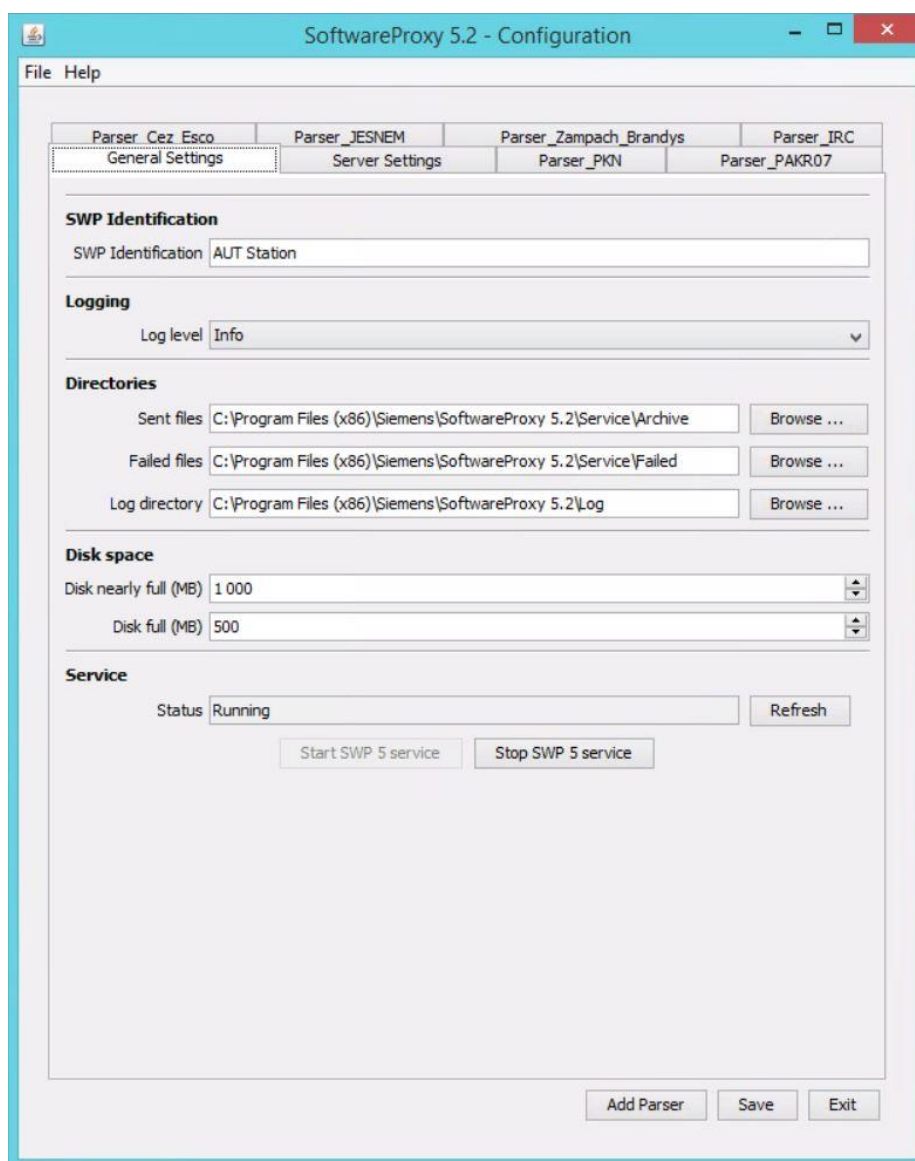
Obr. 4.15: Menu kotelny Bystře včetně hlavního ovládacího panelu aplikace Desigo Insight



Obr. 4.16: Object viewer (prohlížení datových bodů) v prostředí Desigo Insight

### 4.2.3 Software Proxy

Hlavním cílem programu Software Proxy (SWP) je přenášet data získaná z aplikací jako je např. DESIGO Insight do aplikace Advantage™ Navigator. Aplikace umožňuje nahrávání dat i od výrobců třetích stran, jediná podmínka je výstupní formát dokumentu, který musí být ve formátu „.txt“, „.csv“ nebo „.des“.



Obr. 4.17: Nastavení SWP

Pro každý nakonfigurovaný *parser*<sup>5</sup> si SWP najde nakonfigurovaný zdroj na místní jednotce (nebo síťové jednotce) v jednotlivých intervalech. Když jeden nebo více zdrojových souborů (ve specifikovaném formátu a se specifikovanou příponou souboru), budou zkopírovány do pracovního adresáře SWP a *parsovány* do formátu AN. Poté se zdrojové soubory ze zdrojové složky smažou.

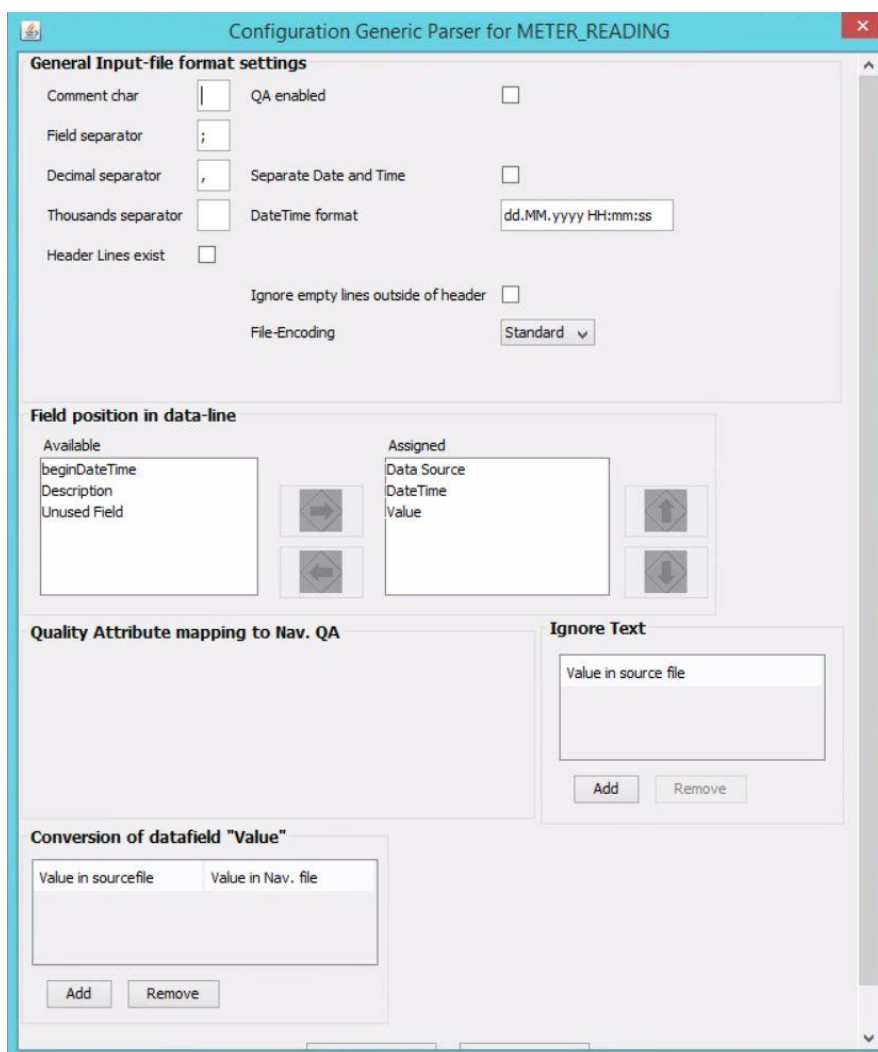
Jakmile je analýza souborů dokončena, program SWP se pokusí odeslat soubor přes protokol HTTP příkaz POST na server AN (architektura REST, viz kapitola 4.2.7). Pokud postup odeslání selže, SWP se bude pokoušet znovu odeslat soubor n-krát, což je specifikováno v konfiguračním nástroji. Pokud všechny pokusy selžou nebo při analýze dojde k fatální chybě, pak bude soubor označen za neúspěšný

<sup>5</sup> Parser – analyzátor specifické konfigurace série datových bodů – z jaké složky se mají soubory s datovými body nahrát, jak má vypadat jejich rozložení, do jaké databáze aplikace AN se budou nahrávat atd.

a umístěn v nastaveném adresáři selhaných přenosů (tzv. adresář *Failed*) oddělený pro každý konfigurovaný *parser*. Všechny zdrojové soubory, které vedly k úspěšnému přenosu dat, jsou také archivovány a jsou odděleny pro každý konfigurovaný *parser*. Umístění adresáře archivu lze předem nakonfigurovat nebo se použije přednastavený.

Z bezpečnostních důvodů se SWP automaticky nainstaluje jako služba Windows.

Každý *parser* má specifické nastavení vnitřní podoby dokumentu (obr. 4.18). Znamená to, že každý vstupní dokument musí být ve správném formátu a musí mít správnou strukturu. V případě, že je struktura nesprávná, dokument se na server AN neodešle a bude umístěn do adresáře selhaných přenosů (*Failed*). Proto před umístěním do adresáře, odkud jsou vstupní data načítána, musí být dbáno zvýšené opatrnosti na typ souboru a jeho strukturu. To se řeší pomocí maker v Excelu v realizační části práce v kapitole [5.5](#).



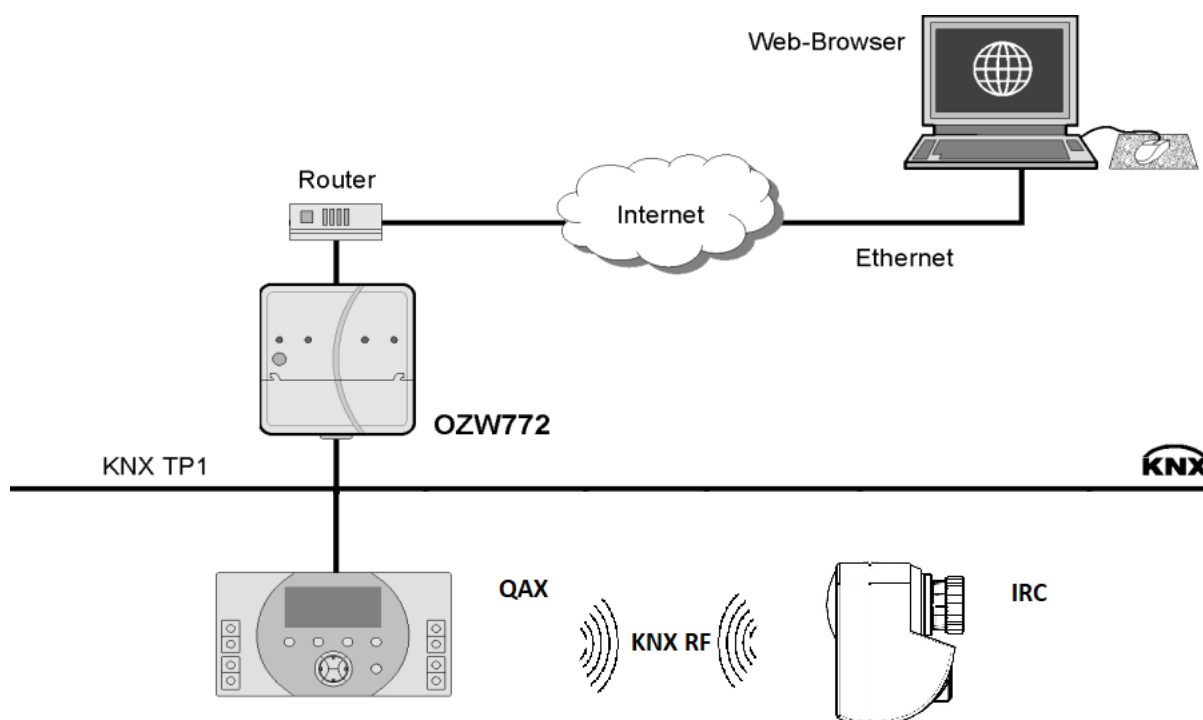
Obr. 4.18: Nastavení struktury *parseru* v SWP

#### 4.2.4 Synco™ IC

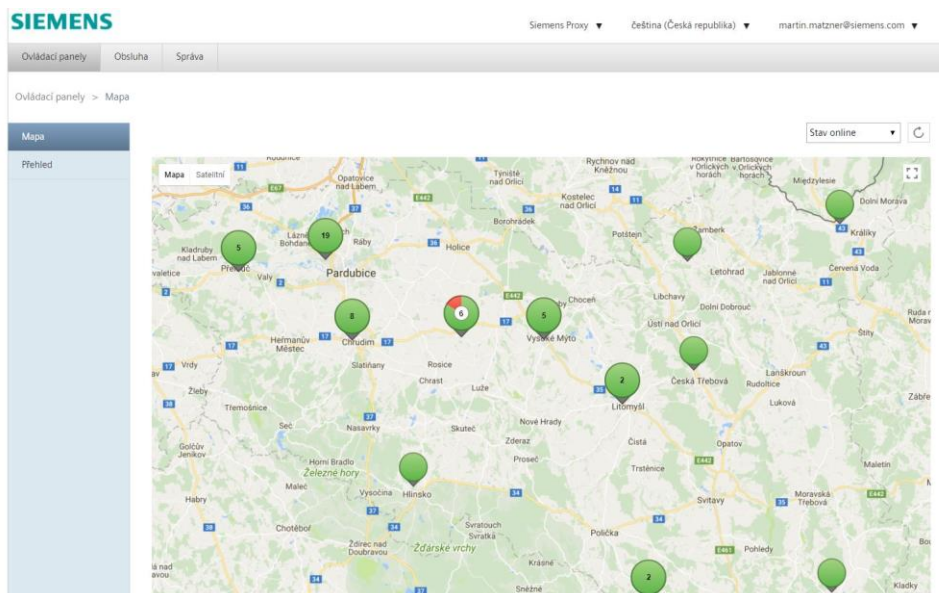
Další z řady systémů, které se v práci používají, je Synco™ IC. Jde o systém vzdáleného přístupu založený na technologii cloud společnosti Siemens, který umožňuje snadné ovládání více zařízení z oblasti topení, ventilací a klimatizací, které jsou integrované do systému Synco™ Living (kapitola 4.1.3). Je zde využito, protože součástí úsporných opatření je nasazení hlavice pro IRC (z anglického *Individual Room Control*). Každá místnost je vytápěna podle svého individuálního časového programu nastaveného v řídicí jednotce systému. Pomocí systému se dá také zjistit, zda se ve sledovaných objektech nepřetápí a zda se tedy dodržuje dohodnutý vytápěcí režim garantující slíbené úspory. V opačném případě lze na základě sesbíraných dat rozpočítat vícenáklady na spotřebu tepla.

Synco™ IC poskytuje kompletní kontrolu nad zařízením a přehledně zobrazuje nejdůležitější informace o připojených zařízeních. Operátoři okamžitě vidí, která zařízení jsou připojena k systému automatizace budov, zda jsou přítomny nějaké chybové hlášení a mohou zjistit aktuální stavy v místnostech.

IRC hlavice komunikují pomocí KNX RF technologie s hlavní řídicí jednotkou QAX903 (obr. 4.19). Ta slouží jako hlavní HMI rozhraní pro nastavování požadovaných parametrů a pro sledování alarmů. K jednotce QAX903 se samozřejmě dají připojit i další zařízení, jakými jsou například zesilovače radiového signálu, čidla teploty či měřiče impulzů S0. Jednotka QAX903 je následně připojena k webserveru OZW772, který je připojen k internetu a přes který se dá přes webový portál Synco™ IC přistupovat k nastavení řídicí jednotky QAX903. [22]



Obr. 4.19: Topologie Synco™ IC



Obr. 4.20: Mapa ovládacích panelů v Synco™ IC

V rámci přívětivého uživatelského rozhraní byla v této aplikaci vytvořena grafika (obr. 4.21), kde se dá vždy velmi rychle a snadno nastavit teplota v jednotlivých místnostech v každém z objektů, kde jsou IRC hlavice instalované. Funkce, která se v projektu také využívá, je trendování teplot v každé z místností (obr. 4.22). V systému se cyklicky ukládají informace (jeden cyklus se pohybuje v rozmezí 300-730 dní v závislosti na množství sledovaných dat) týkající se historie teplot v místnosti. Ty se pak dají stáhnout (přes architekturu REST anebo přímo přes webový portál) a dá se s nimi dále pracovat (např. hodnoty importovat do aplikace Advantage™ Navigator).

**SIEMENS**

OZW772.16 17 Překročen zelený limit

Home | Indikátor spotřeby | Poruchy | Přenos souborů | Uživatelské účty | Správa připojených přístrojů

Home > Škola R63 0.2.217

Vlastnosti | Nové Techn. schéma | Importovat | Editovat | Kopírovat | Exportovat | Vymazat

Datum/čas	Pátek, 22. Prosinec 2017 17:05							
Místnost	Stav	Komf	Útlum	Ventil	Provoz	Def	Hrm	
Studovna 130	17.2 °C	22.0 °C	16.0 °C	0 %	Útlum	Auto	...	Bez poruchy
Studovna 133	19.4 °C	22.0 °C	16.0 °C	100 %	Komfort	Komfort	...	
Sklad 131	15.2 °C	21.0 °C	15.0 °C	0 %	Útlum	Auto	...	Bez poruchy
Učebna 136	20.3 °C	21.5 °C	16.0 °C	0 %	Útlum	Auto	...	
Kabinet 137	21.3 °C	21.5 °C	16.0 °C	63 %	Komfort	Auto	...	
Učebna 138	20.9 °C	21.5 °C	16.0 °C	100 %	Komfort	Auto	...	
Učebna 139 Ed.	20.3 °C	22.0 °C	16.5 °C	0 %	Útlum	Auto	...	
Šatna zóna 1	18.7 °C	21.0 °C	16.0 °C	100 %	Standard	Auto	...	
Šatna zóna 2	16.7 °C	21.5 °C	16.0 °C	0 %	Útlum	Auto	...	

Druh provozu pro časovač: Komfort      Časovač domácnosti: 0 Hodiny      Předvolba: Auto

Obr. 4.21: Grafické uživatelské rozhraní Synco™ IC, Rybitví



Obr. 4.22: Trendování teplot v Synco™ IC, Rybitví

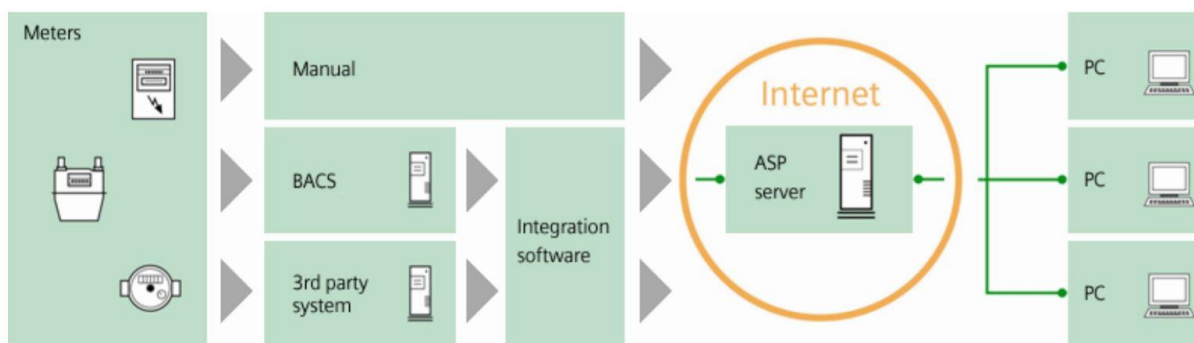
Jakkoliv je systém IRC hlavice od Siemensu užitečný, je třeba mu vytknout několik nedostatků. Především není koncipovaný na velké a komplexní budovy, s jakými se v rámci projektu lze setkat. To má za následek zdlouhavé nastavování a instalaci. Dalším problémem je komunikace, která probíhá bezdrátově, a tudíž nemusí být vždycky stabilní. Nežřídká se stává, že zavřené dveře v místnosti, v které se nachází IRC hlavice, znamenají ztrátu spojení a tím i alarmové upozornění přicházející na mailly uživatelů či administrátorů. Poslední problém tkví v pomalé odezvě webového rozhraní. V případě běžné rutinní operace odezva systému problém nezpůsobí, ale v momentě, kdy bychom chtěli určitou operaci automatizovat pro všechny řídicí jednotky za pomoci architektury REST, dojde k problému vypršení relace připojení, která je v systému nastavena na 30 minut.

#### 4.2.5 Advantage™ Navigator

Siemens Advantage™ Navigator je webová aplikace běžící na cloudovém serveru umožňující sběr dat a jejich analýzu pro uživatele s přístupem kdykoliv a odkudkoliv přes internet. Využívá se, protože pouze neustálým sledováním a prováděním analýz dat o spotřebě energie lze určit potenciální úspory a vyhodnotit úspěch optimalizačních opatření. [22] Jde o tzv. energetický monitoring, tedy o metodu pro pravidelného shromažďování provozních údajů daného objektu.

Aplikace AN je založena na technologii Application Service Providing (ASP). Data o spotřebě jsou uložena a zpracovávána na centrálním internetovém serveru Siemens pod zabezpečeným osobním účtem uživatele, popř. administrátora. Data o spotřebě se protokolují buď ručně s využitím standardního webového prohlížeče nebo automaticky. ASP lze obsluhovat z jakéhokoli standardního PC s přístupem k Internetu, jehož prostřednictvím lze zároveň získávat sestavy (obr. 4.23).

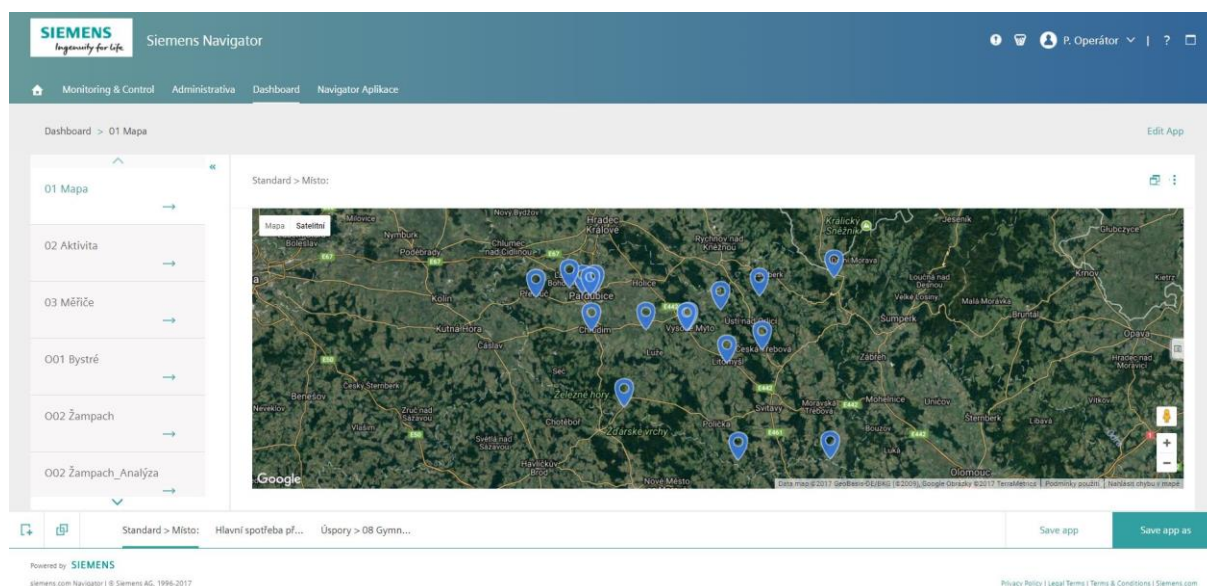




Obr. 4.23: Topologie integrace měřičů do AN

Měřiče (meters) se buďto automaticky např. pomocí systémů třetích stran (3rd party systém) nebo ručně (manual) nahrávají do integračního SW (Integration software). ASP je oficiální termín pro aplikace, jež jsou nabízeny zabezpečeně poskytovatelem služeb prostřednictvím Internetu. ASP přináší mimo jiné spoustu výhod jako například úspory nákladů spojené s místním hardwarem a softwarem, bezplatné aktualizace a upgrady nebo přístup pro zákazníky odkudkoli a kdykoli.

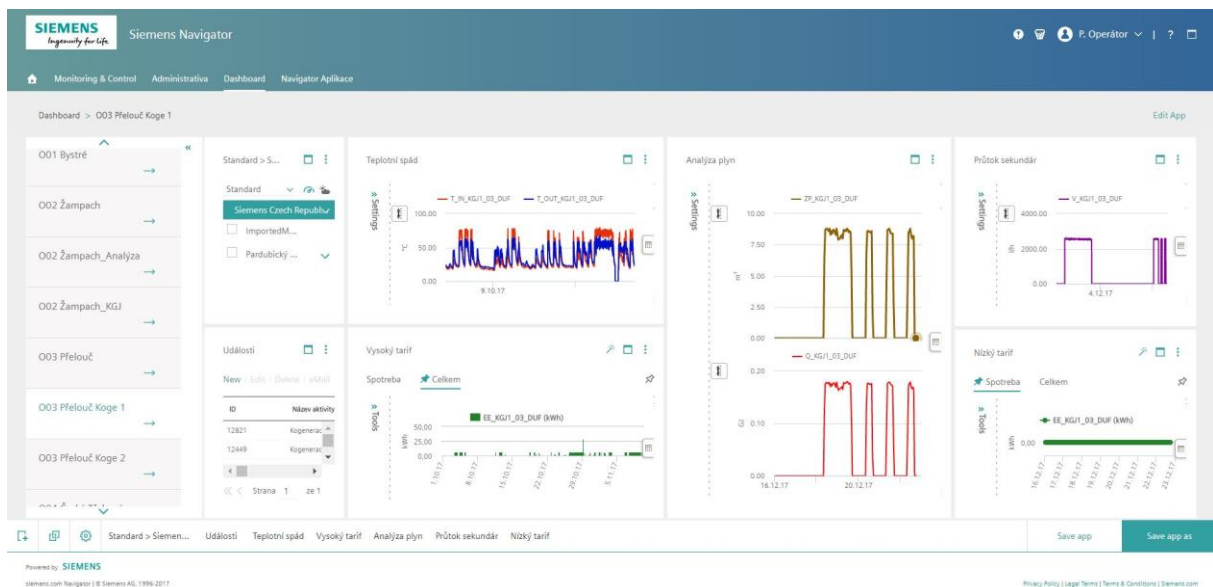
V rámci aplikace AN a tím spojeného vzdáleného připojení do centrálního dispečinku Siemens AOC lze nabídnout dálkové sledování a vyhodnocování důležitých provozních parametrů (spotřeba energie, událostní a poruchová hlášení apod.) a optimalizaci provozních nákladů v reálném čase, upozornění na potřebné servisní zásahy a optimalizační opatření, v případě uzavřené servisní smlouvy vyslání servisních techniků na potřebný servisní zásah, propracovaný systém reportů, který vychází ze statistiky poruchových hlášení, vývoje spotřeby, trendů vybraných veličin atd.



Obr. 4.24: Mapa sledovaných objektů v AN



Obr. 4.25: Porovnání spotřeb tepla referenčního roku s aktuálním v AN, Bystré



Obr. 4.26: Modifikovatelná nástěnka aplikací pro kogeneraci v Přelouči v AN

Standard • Siemens Czech Republic IC BT CC • Pardubický kraj • Baílčák 2.7 • 14 Sfédní průmyslová škola stavební Pardubice • 05\_DM\_4 • VS05 DM4 Kalorimetr

Existující odečty: 17.2.17 9:38 do 22.12.17 16:26  
Poslední den: Od odečtu za 22.12.17

Počet odečtů: 61

Datum odečtu	Odečet	Jednotka	Možnosti	Select All
22.12.17 0:16	1 968 535,00	GJ		
22.12.17 0:21	1 968 542,00	GJ		
22.12.17 0:26	1 968 549,00	GJ		
22.12.17 0:51	1 968 587,00	GJ		
22.12.17 0:55	1 968 594,00	GJ		
22.12.17 1:41	1 968 667,00	GJ		
22.12.17 1:46	1 968 674,00	GJ		
22.12.17 2:26	1 968 738,00	GJ		
22.12.17 3:00	1 968 795,00	GJ		
22.12.17 3:05	1 968 805,00	GJ		
22.12.17 3:11	1 968 814,00	GJ		
22.12.17 3:16	1 968 824,00	GJ		
22.12.17 3:21	1 968 833,00	GJ		
22.12.17 3:25	1 968 840,00	GJ		
22.12.17 3:36	1 968 850,00	GJ		
22.12.17 3:41	1 968 867,00	GJ		
22.12.17 3:46	1 968 876,00	GJ		
22.12.17 3:56	1 968 893,00	GJ		
22.12.17 4:26	1 968 948,00	GJ		
22.12.17 4:46	1 968 993,00	GJ		

Poslední aktualizace: 22.12.17 16:26

Siemens Navigator | © Siemens AG, 1999-2017

Obr. 4.27: Seznam odečtů měřiče v AN, kalorimetr Rybitví

Důležitým předpokladem pro správnou funkci dispečerského centra za dosažení garantovaných úspor tímto opatřením je součinnost zadavatele (Pardubický kraj) se zhotovitelem (Siemens). Součinností je myšleno zpřístupnění internetové infrastruktury zadavatele pro přístup do veřejné sítě internetu a provádění změn v nastavení provozních parametrů budovy a energetických zařízení doporučených firmou Siemens. Data do AN mohou být posílána z jakéhokoliv PC připojeného k internetu přes speciální aplikaci Siemens Software Proxy (v případě, že odpovídají vstupní struktuře).

#### 4.2.6 Excel

Microsoft Excel je kancelářský software pro práci s tabulkami, který není třeba představovat. Při uskutečnění projektu hrál velmi důležitou roli, jelikož v jeho programovacím prostředí byla vytvořena makra<sup>6</sup> pro manipulaci s dokumenty, jejich zálohování a přesouvání mezi adresáři a zejména pro upravování jejich vnitřní struktury pro potřeby SWP. Makra byla vytvořena s velkým důrazem na interoperabilitu a univerzálnost, což bude více rozebráno v kapitolách realizace.

Makra se píšou jazyce Visual Basic for Applications (neboli VBA), což je programovací jazyk od Microsoftu, který je používán v celém jeho balíčku Microsoft Office. VBA umožňuje vytváření uživatelsky definovaných funkcí, automatizaci procesů, přístup k Windows API a ostatní nízkoúrovňové funkce prostřednictvím dynamicky linkovaných knihoven (DLL). [26]

#### 4.2.7 REST

REST (z anglického *Representational State Transfer*) architektura byla představena v roce 2000 Royem Fieldingem, spoluautorem protokolu HTTP. I proto REST pro přenos dat využívá právě protokol HTTP. Jedná se o bezstavovou architekturu, která poskytuje jednoduchý, a především jednotný přístup ke zdrojům. Za zdroj se pak považují samotná data či stavy aplikace. Každý zdroj má svoji vlastní URI (*Uniform Resource Identifier*), což je řetězec jednoznačně určující zdroj informací. REST definuje čtyři základní metody pro přístup k těmto zdrojům. Tyto základní metody protokolu HTTP jsou označovány jako CRUD – umožňují totiž vytvoření dat (*Create*), jejich získání (*Retrieve*), aktualizování (*Update*) a smazání (*Delete*). [30]

<sup>6</sup> Makro – aplikace napsaná v programovacím jazyce Visual Basic for Applications

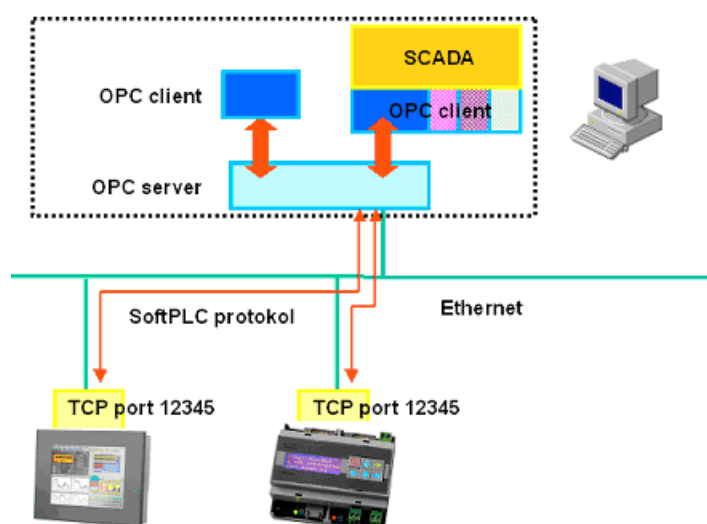
## 4.3 Komunikační standardy

V této kapitole budou představeny komunikační standardy, které slouží pro přenos dat z řídicích jednotek (QAX903, PLC, SDS-MICRO DIN E) na počítač, kde dochází k jejich zpracování (AOCCZ).

### 4.3.1 OPC

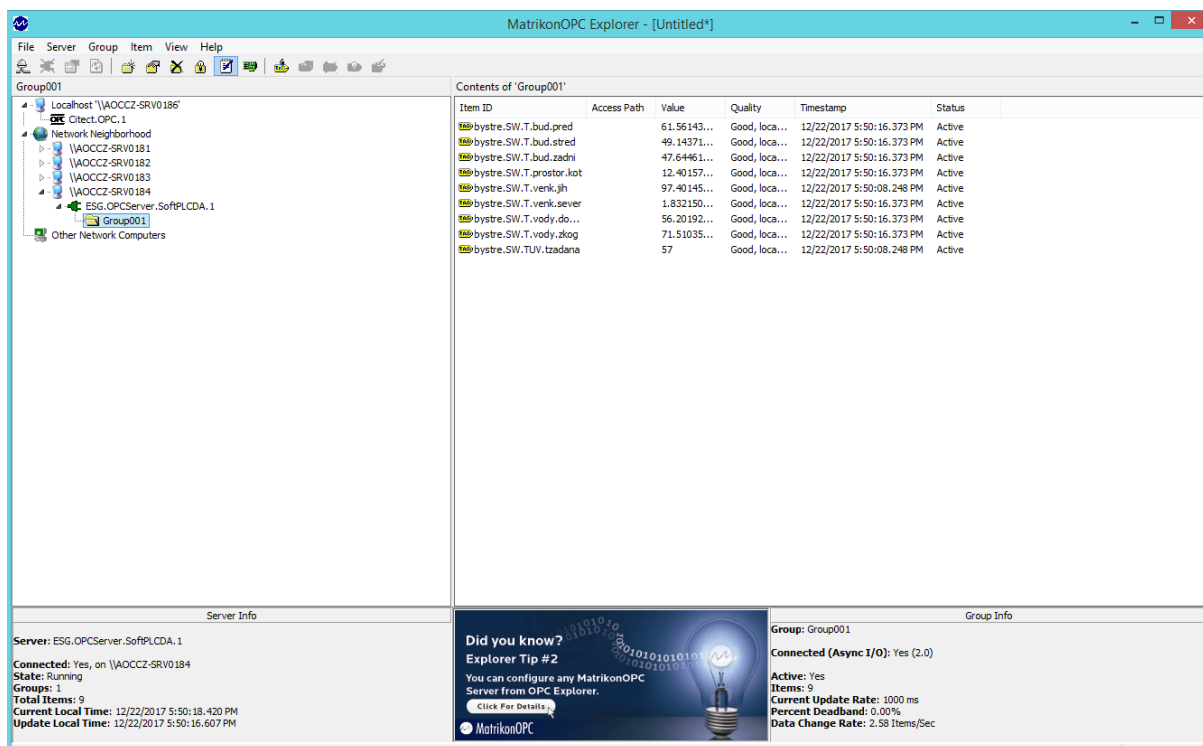
OPC (z anglického *Object Linking and Embedding for Process Control*) je komunikační standard, jehož cílem je vytvořit jednotné komunikační rozhraní mezi HW a SW produkty průmyslové automatizace, čímž by odpadal problém s kompatibilitou jednotlivých produktů (např. komunikace pouze pro KNX, M-Bus atd.) Je to tedy technologie pro výměnu procesních dat, vytvořena ve spolupráci mnoha světových výrobců HW i SW. Samotný vývoj tohoto standardu podporuje několik významných výrobců průmyslových technologií. Standard je založen na komunikační technologii COM, DCOM a OLE od společnosti Microsoft. To mimo jiné znamená, že i operační systém, na kterém se dispečerské centrum vytváří, musí být správně nakonfigurovaný, aby zařízení mohla komunikovat. Jde především o nastavení firewallu, antivirových programů a samotných registrů uvnitř systému Windows.

OPC technologie funguje na principu server – klient, kdy v obou případech jde o SW nástroj (obr. 4.28). PLC je přes *ethernet* připojen do dalšího zařízení, na kterém je nainstalován jak OPC server, tak OPC klient. V OPC serveru se nastaví adresa pro připojení k PLC a pomocí klienta se pak do OPC serveru připojíme a pracujeme s daty, které OPC server z PLC přenáší. [23]



Obr. 4.28: Topologie OPC serveru a OPC klienta

Podstanice SoftPLC komunikují nativním SoftPLC protokolem. Aby bylo možné je připojit k obecnému vizualizačnímu programu, je možné využít právě OPC server, který představuje rozhraní mezi SoftPLC protokolem a sjednocenou platformou OPC. OPC server je program, který na jedné straně navazuje spojení s jedním nebo více runtimy SoftPLC, na druhé straně dává data z procesu k dispozici na rozhraní OPC. Pro čtení a zápis hodnot existuje řada klientů, tedy programů, které se připojí na OPC server a umožňují prohlížení a nastavování hodnot a diagnostiku. Jako jednoduchého klienta pro prohlížení dat lze uvést program Matrikon OPC Explorer. OPC klient se často používá při nastavování a uvádění do provozu – umožní zkontrolovat, zda OPC server pracuje správně a poskytuje platná data. Teprve potom má smysl konfigurovat klientskou část vizualizace. Vizualizace bude vytvářena v programu Citect, který je propojený s robustní aplikací pro správu budov Siemens Desigo Insight a slouží jako OPC klient.



Obr. 4.29: OPC klient MatrikonOPC Explorer

OPC protokol byl pro tento projekt vybrán z jednoduchého důvodu. Výrobce PLC protokol OPC přímo podporuje a vizualizační programy od firmy Siemens si umí jednoduše poradit s tímto jednotným kompatibilním komunikačním rozhraním.

### 4.3.2 Ethernet

Je název souhrnu technologií pro počítačové sítě z větší části standardizovaných jako IEEE 802.3, které používají kabely s kroucenou dvoulinkou, optické kabely (ve starší verzích i koaxiální kabely) pro komunikaci přenosovými rychlostmi od 10 Mbit/s po 100 Gbit/s. Síť *ethernet* realizují fyzickou a linkovou vrstvu referenčního modelu OSI, takže je možné po nich provozovat jeden nebo více protokolů síťové vrstvy, například AppleTalk, DECnet, IPX/SPX, a především protokoly IPv4 a IPv6, které se používají pro služby sítě Internet. [40, 41]

Ještě před rokem 2000 se Ethernet stal dominantní technologií pro drátové nebo kabelové lokální sítě a prakticky synonymem pro lokální síť LAN (z anglického *Local Area Network*). Používá se nejen pro propojování počítačů, ale i pro datová úložiště, zařízení spotřební elektroniky nebo jako drátové rozhraní pro přístupové body Wi-Fi a zařízení pro přístup k Internetu.

Komunikační standard je zde uveden, jelikož všechna zařízení, ze kterých se data sbírají, jsou připojena k internetu právě pomocí této technologie. Ethernet umožňuje snadnou a levnou cestu ke vzdálenému sledování dat v prostředí inteligentních budov.

### 4.3.3 KNX

KNX je obecný systém pro automatizaci budov a domů. Jeho velkou výhodou je, že je to otevřený standard, tedy že je nezávislý na výrobci, a tudíž umožňuje široké využití – osvětlení, vytápění, ventilace, klimatizace, stínění, monitorování atd.

Základním principem systémové elektrické instalace KNX/EIB je komunikace mezi snímači na jedné straně a akčními členy na straně druhé. Přitom systémové prvky zabezpečují a podporují provoz na

sběrnici, samostatné logické prvky a vizualizační prostředky zabezpečují vazby mezi řízením jednotlivých funkcí. Různá komunikační rozhraní pak zprostředkují spolupráci s jinými systémy.

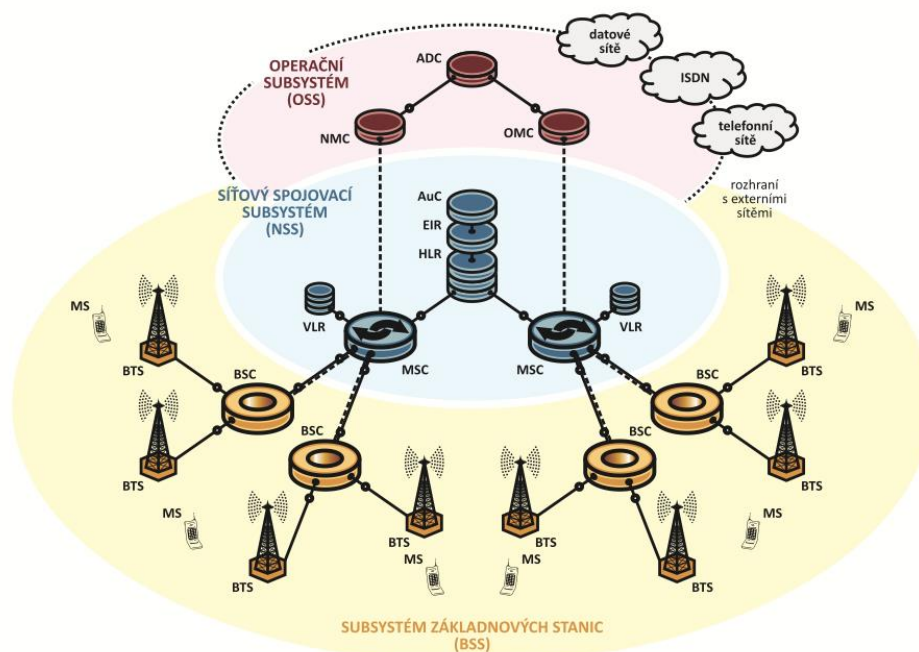
Komunikace probíhá nezávisle na silovém propojení jednotlivých přístrojů. Tato komunikace je zajišťována provozem po sběrnici vytvořené předepsaným sdělovacím kabelem, po silovém vedení anebo prostřednictvím bezdrátového spojení. Nejrozšířenější a současně nejspolehlivější je komunikace po samostatném sdělovacím vedení – po sběrnici KNX/EIB. [42]

KNX je zde uvedeno, protože systém Synco™ Living komunikuje tímto protokolem mezi centrální jednotkou QAX903 a regulačními servopohony SSA955 (popř. i s dalšími zařízeními integrovanými do systému jako jsou měřiče, teploměry, webservery atd.)

#### 4.3.4 GSM

GSM (z českého Globální Systém pro Mobilní komunikaci) je zatím stále ještě nejrozšířenější standard pro mobilní telefony na světě. Důležitý je v něm systém identifikace účastníka založený na kartě SIM (z anglického *Subscriber Identity Module*). Spojovací proces při aktivním volání (ale i při posílání dat) začíná nejprve výměnou signalizačních údajů. Systém GSM pak navazuje na ostatní telekomunikační sítě PSTN (z anglického *Public Switched Telephone Network*), ISDN (z anglického *Integrated Services Digital Network*), družicové telekomunikace. Vlastní provoz GSM sítí potom zajišťují provozovatelé mobilních sítí tzv. operátoři, tedy společnosti vlastníci příslušnou licenci na provozování tohoto typu sítí. Základní aplikace systému GSM byly realizovány v pásmu 900 MHz. Nárůst provozu však vedl k vývoji dalších variant s více frekvenčními pásmy. [45]

Topologie systému GSM je možné rozdělit na tři základní části – subsystém základnových stanic BSS (z anglického *Base Station Subsystem*), síťový spojovací subsystém NSS (z anglického *Network Switching Subsystem*) a operační subsystém OSS (z anglického *Operation Support Subsystem*). Architektura je znázorněna na následujícím obrázku.



Obr. 4.30: Topologie sítí GSM

V projektu se GSM standard využívá pro zaslání dat z centrálních jednotek, které nemají jinou možnost připojení k internetu (např. SDS-MICRO DIN E).

## 5 Realizace

Prvním krokem při realizaci bylo seznámení se s jednotlivými technologiemi. Následně je třeba pochopit komunikační hierarchii a uvědomit si směr toku dat. Je potřeba zjistit, jak k jednotlivým zařízením přistupovat a jaká je nevhodnější možnost pro vzdálený sběr dat. Data se následně musí přenést do aplikace AN, anebo na pracovní server AOCCZ, kde se nejprve upraví do podoby, která je s AN kompatibilní. Celý tento proces, který začíná u měření sledované veličiny a končí u vizualizace dat v aplikaci AN, by měl fungovat autonomně.

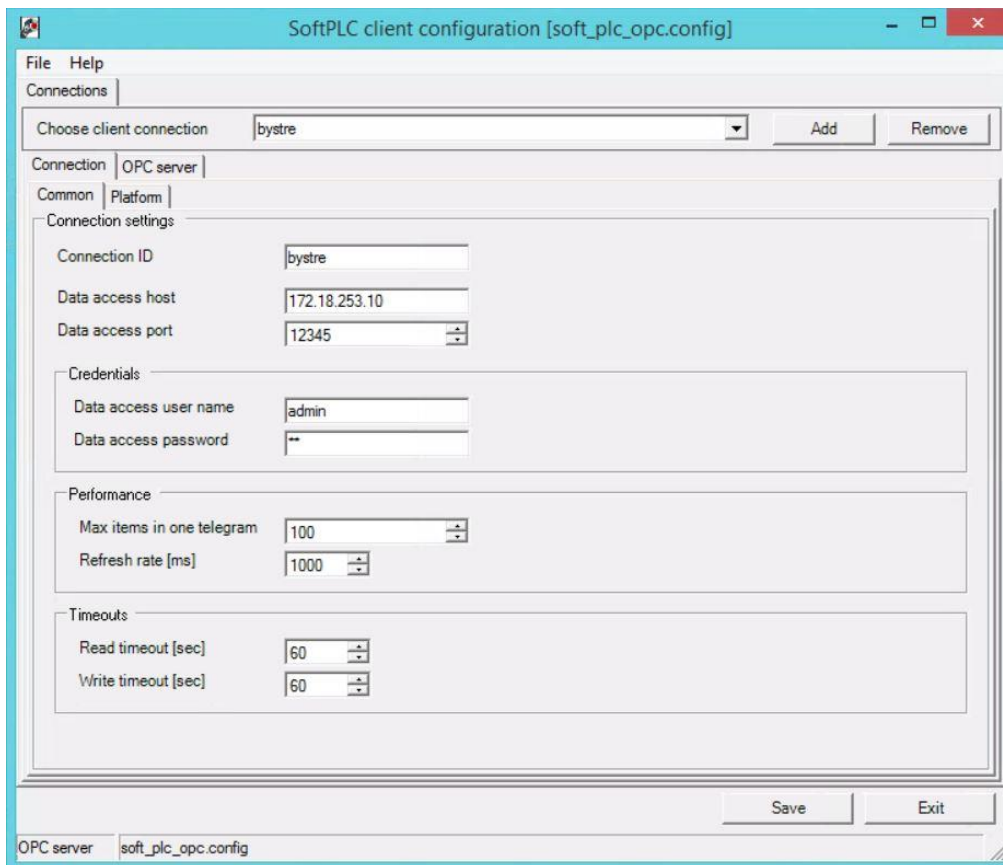
### 5.1 Návrh a realizace centrálního dispečinku kotelny formou SCADA systému

K návrhu centrálního dispečinku posloužila technická schémata kotelny, která jsou v příloze na CD. V podstatě došlo pouze k jejich překreslení a zachycení v grafické podobě v SW pro tvorbu vizualizace. Jak již bylo zmiňováno v kapitole [4.2.1](#), pro práci s PLC slouží v tomto konkrétním případě SW SoftPLC. Ten je volně ke stažení na webových stránkách společnosti Domat. Pro navázání spojení s PLC je potřeba využít přesný program, který je na PLC nahrán a který zajišťuje jeho logiku. Ten byl poskytnut projektantem, jenž logiku PLC vypracoval. S ním byl postup zároveň konzultován, jelikož proměnné se dají i přepsat. To by mohlo způsobit nekonzistenci dat, což by vyústilo v nefunkčnost celého systému. Proto je důležité se vyvarovat nechtěné záměny proměnných. Za tímto účelem je také třeba pochopit funkční logiku automatu PLC pro případ, že je zamýšleno přes SCADA systém do chodu PLC, jakkoliv zasahovat.

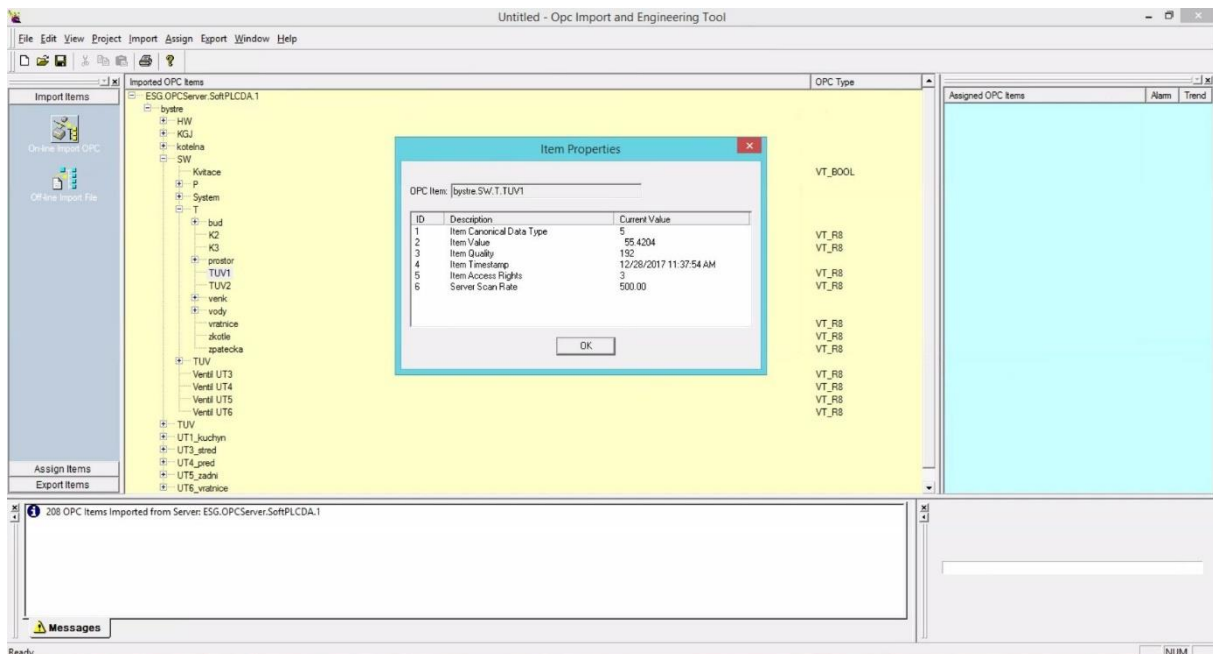
Jakmile se v pořádku uskuteční připojení k PLC přes SW SoftPLC, lze z PLC exportovat seznam proměnných i s datovými typy a jejich hodnotou ve specifickém formátu „opcdef“. Zde dochází mj. k první výrazné filtraci všech proměnných – z celkového počtu několika tisíců se vyberou pouze proměnné, které buďto nesou nějakou informační hodnotu anebo se s nimi dá něco ovládat, nastavovat nebo spouštět. Zkrátka proměnné, s kterými se bude v projektu pracovat. V tomto případě jich je přibližně 200. Tento krok lze realizovat i vzdáleně za předpokladu, že je PLC připojeno k internetu. V tomto projektu je tak řešeno přes VPN tunel z AOCCZ serveru.

#### 5.1.1 Sběr dat

Následné vytvoření OPC serveru se provádí v programu SoftPLC client config (obr. 5.1), který je dostupný v balíčku nástrojů nainstalovaných společně se SoftPLC. Runtime pro správnou funkcionalitu OPC serveru je nainstalovaný na každém PLC od firmy Domat a vytvoření OPC serveru je tedy poměrně jednoduchá záležitost. Po vytvoření OPC serveru lze zařízení vyhledat pomocí jakéhokoliv OPC klienta pro prohlížení datových bodů (např. Matrikon Explorer, Desigo OPC import tool atd.)



Obr. 5.1: Konfigurace OPC serveru pro vytvoření klienta v SW SoftPLC



Obr. 5.2: OPC klient Desigo OPC import tool včetně aktuálně čtené hodnoty

Desigo OPC import tool (obr. 5.2) je nástroj, který pomáhá s konfigurací datových bodů, které jsou čteny z OPC serveru a mají se importovat do SW Citect. Jedná se o jakýsi hybridní druh OPC klienta, který datové body umí číst a zpracuje je pro program Desigo Insight a jemu podřazený Citect, což už je plnohodnotný OPC klient. Do aplikace Desigo OPC import tool se po nalezení a spárování s OPC



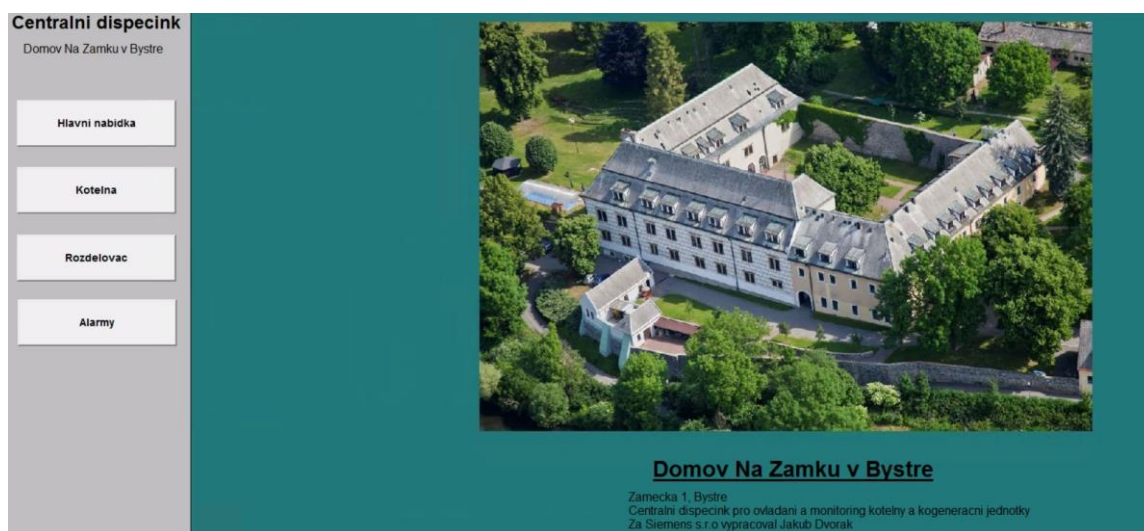
serverem načte kompletní seznam proměnných, které jsou ve formátu charakteristickém pro OPC protokol (např. *boolean*, R8 (*string*) nebo I2 (*integer*)). Vybrané datové body se přiřadí pro export (*assign OPC items*), přičemž je třeba dbát zvýšené pozornosti na jejich délku, která z technických důvodů nesmí přesáhnout 25 znaků. Nakonec se přiřazené proměnné exportují do aplikace Citect. Ta se díky nástroji OPC import tool nastaví dle potřeb OPC serveru tak, aby věděla, odkud přesně data číst. [29]

### 5.1.2 Tvorba grafiky

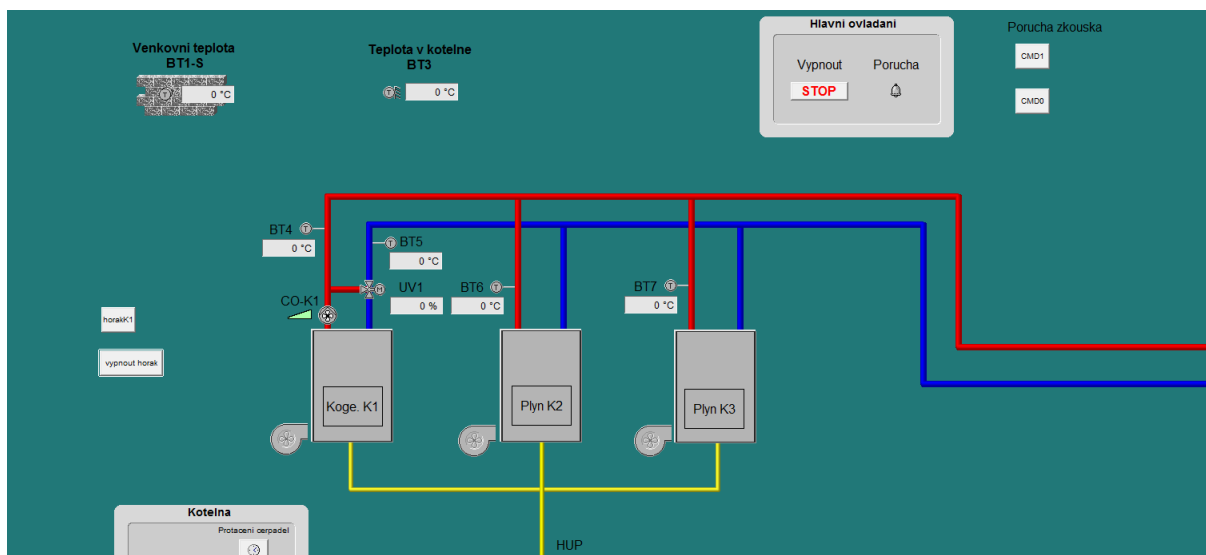
V momentě, kdy se všechny potřebné datové body z PLC naimportují do Citectu, začíná práce na tvorbě grafiky. K tomu slouží poměrně přehledný a uživatelsky přívětivý grafický editor implementovaný v Citectu. Zde se dají vytvářet grafické objekty různých tvarů, funkční tlačítka anebo složité kombinace objektů. Lze si také vytvořit šablonu, což se vyplatí především při častém vkládání stejného funkčního objektu (např. stejný kotel, tlačítko se stejnou funkcí atd.). Do grafiky lze také vložit objekt reprezentující datový bod v příslušném formátu. Datové body jsou importované proměnné jakožto nositelé informací (např. teplota na větvi ve formátu integer). Mimo běžných nastavení jako jsou například barvy objektů, viditelnost nebo chování po kliknutí na objekt se dá do každého objektu vložit funkce v jazyce Cicode (programovací prostředí založené na jazyku Pascal), která ho dále charakterizuje.

V prostředí je také možné nastavovat a upravovat chování objektů v závislosti na hodnotách. Například obrázek zvonku symbolizující oznámení poruchy se stane aktivním pouze ve chvíli, kdy se hodnota poruchy změní z datové hodnoty „False/0“ na hodnotu „True/1“, anebo plamen, který se u kotle objeví pouze v případě, že je daný kotel v chodu. Dále se dá například upravovat barva teplé či studené vody v závislosti na její aktuální hodnotě nebo přes specifické funkce přepisovat hodnoty proměnných. Možností, jak s grafikou v programu pracovat, je skutečně velké množství.

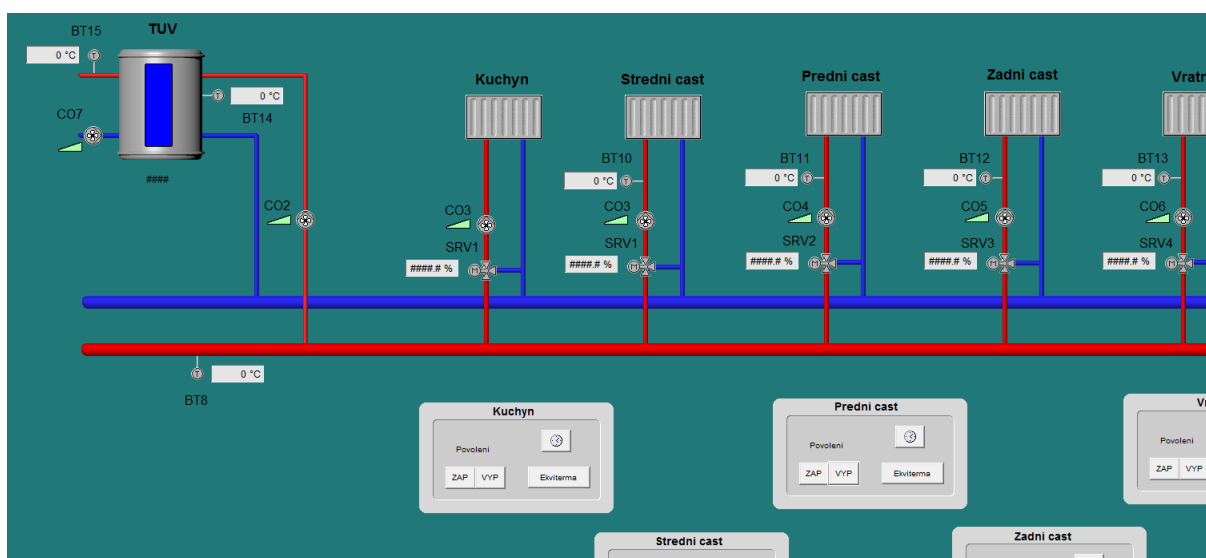
Nakonec se celý návrh zkompiluje a spustí v programu Desigo. Pro to je určen nástroj Plant Viewer. V případě, že nedošlo k žádným problémům, dá se kotelná již pohodlně pozorovat a ovládat z pracovní plochy počítače na AOCCZ serveru. Teoreticky se dá kotelná sledovat v programu Desigo i bez vytvoření grafiky, jelikož proměnné se „propíšou“ do nástroje Object Viewer. Implementace do programu Desigo Insight se provádí kvůli práci s daty. Žádný z otestovaných freeware SW neumožňuje dlouhodobé sledování a ukládání hodnot proměnných a už určitě nedovolí tvorbu jakékoliv smysluplné složitější grafiky. Proto je využit SW firmy Siemens. Na následujících obrázcích obrázkách je ukázka SCADA grafiky kotelný (z důvodu nižšího rozlišení plochy na vzdáleném počítači je neúplná).



Obr. 5.3: SCADA Menu



Obr. 5.4: SCADA Kotelna



Obr. 5.5: SCADA Rozdělovač

### 5.1.3 SCADA

V projektu byl tedy vytvořen elementární sledovací systém pro správu kotelny. Dají se na něm sledovat kvantifikovatelné údaje týkající se stavu kotelny (teplota uvnitř kotelny a exteriéru, teploty v topných větvích, stavy čerpadel, tlak v soustavě nebo procentuálně vyjádřené otevření ventilů) a dají se na něm provádět základní uživatelská nastavení (vypnout/zapnout nebo kvitování alarmů). Systém se v současném stavu však asi nedá považovat za plnohodnotnou alternativu ovládání kotelny, jelikož se stále řeší problémy s jakýmkoliv nastavením souvisejícím s časem (např. programy vytápění). To je dáno faktem, že OPC jakožto standard nepodporuje žádný časový datový typ. S časem související údaje se musí řešit přes programovou část Citectu (Cicode), jehož pochopení bylo nad časový rámec tohoto projektu.

Další velmi zásadní problém se projevil při propojení OPC serveru a klienta. Windows běžící na vzdáleném serveru (viz kapitola 4.1.4) se nepodařilo správně nakonfigurovat tak, aby odpadly problémy s COM a DCOM komunikačními technologiemi systému Windows, což může být způsobeno i nedostatečnými přístupovými právy (chybí plná administrátorská práva k AOCCZ). Mimo jiné to

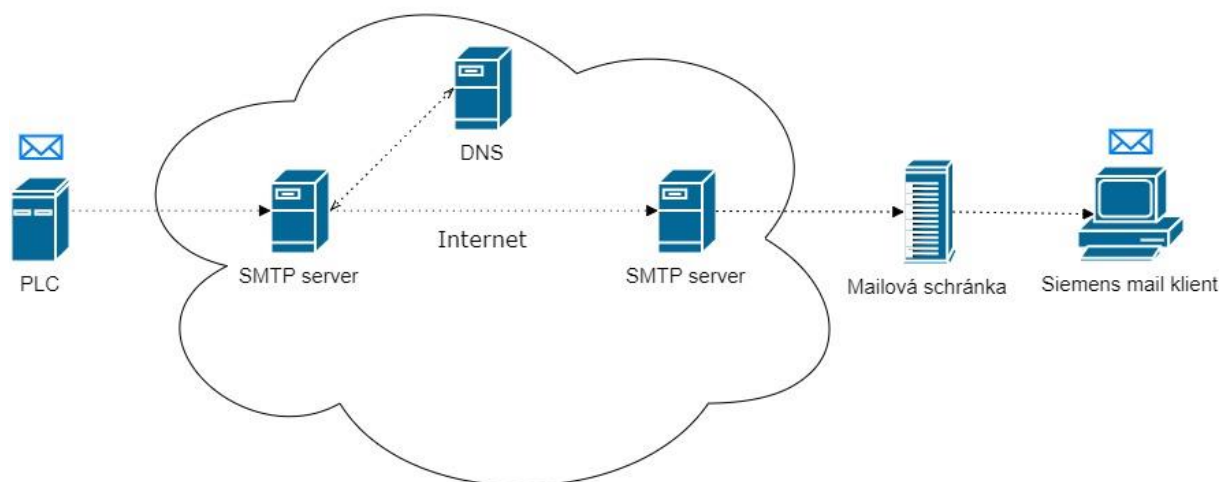
znamená, že ačkoliv v SW jako je Matrikon OPC Explorer anebo Desigo OPC import tool lze OPC server nalézt a hodnoty datových bodů přečíst, v momentě, kdy se datové body exportují do programu Citect, respektive Desigo Insight, hodnota se ztratí a proměnné se jeví jako prázdné. Proto jsem jako dočasné řešení při projektu využil OPC tunel od firmy OPC expert. Tunel snadno vytvoří komunikaci mezi PC, na kterém běží OPC server, a PC, na kterém je potřeba vytvořit klienta. Využitím tunelu odpadají problémy s nastavováním systému Windows, a tudíž se datové body, respektive jejich hodnota, správně zobrazí. Bohužel je OPC tunel pouze pro účely testování a pokud by se měl využívat permanentně, je třeba za SW platit (licence trvá pouhých 30 dní).

Pokud by se měla zhodnotit práce na SCADA systému s vyčtenými technologiemi, je třeba říci, že pro absolutního začátečníka je realizace poměrně nesnadný úkol. Ačkoliv většina programů není příliš komplikovaná, obtížnost se nasčítá při zohlednění jejich celkového množství. U každého nástroje je třeba alespoň elementárně pochopit jeho funkci, k čemuž je potřeba projít desítky až stovky stránek příslušných manuálů. Navíc provázanost programů Desigo Insight a Citect se může jevit jako ideální, nicméně také fatální. Chyba či bug v jednom z programů se často projeví ve druhém. Proces debugování je pak výrazně složitější a časově náročnější vzhledem k menší a uzavřenější komunitě uživatelů na internetu, než je tomu například při řešení problémů se skriptováním v Excelu, za nímž stojí obrovský počet aktivních uživatelů. Fakt, že se všechny procesy zpracovávají na vzdáleném serveru s omezenými přístupovými právy, a ne na lokálním počítači, také nepřispívá k celkové pohodlnosti řešení.

V dalších krocích v blízké budoucnosti bude nutné celý systém stabilizovat a uvést do použitelné podoby, vzhledem k tomu, že OPC nástroj pro vytvoření tunelu není dlouhodobé řešení. Aby bylo možné z OPC serveru trendovat požadované veličiny, je potřeba neustálé spojení s PLC automatem. V případě, že by měla vizualizace sloužit jako plnohodnotný ovládací systém, je třeba také zprovoznit funkce související s časem.

## 5.2 Integrace řídicích jednotek kotelen v dalších objektech např. pomocí odesílání emailů a následným sběrem dat

Integrace ostatních řídicích jednotek kotelen v dalších objektech zatím v rámci této práce nebyla realizována. S přihlédnutím k ekonomickým a komunikačním parametrům tento krok nebylo možné stihnout včas. Myšlenka byla taková, že by se PLC připojily do sítě a odesílaly se z nich v pravidelných intervalech emaily do tomu určené schránky s údaji obsahující data z kotelny. PLC by byla připojena přes protokol ethernet k internetu a o zbytek by se postaral PLC automat (obr. 5.6).



Obr. 5.6: Topologie odesílání e-mailů z PLC

Řešení se mělo implementovat v následujících objektech:

- Gymnázium Česká Třebová
- Gymnázium Jevíčko
- Gymnázium K.V.Raise, Hlinsko
- Gymnázium Vysoké Mýto
- Gymnázium Mozartova, Pardubice
- Integrovaná střední škola technická, Vysoké Mýto
- Chroustovice – Odborné učiliště (2kotelny)
- Střední průmyslová škola elektrotechnická a VOŠ Pardubice
- Střední průmyslová škola potravinářství a služeb Pardubice

PLC od firmy Domat (MXPLC, markMX) umožňují odesílání dat formou emailů, pokud jsou připojené k internetu a pokud znají SMTP údaje (z anglického *Simple Mail Transfer Protocol*) klienta. Nakonec zbývá jen vybrat žádané hodnoty z automatu. U obou PLC je však omezení na velikost zprávy na max. 255 znaků na jeden email, které je třeba respektovat. To poněkud omezuje možnosti na požadavek počtu datových bodů při větším počtu trendovaných hodnot.

Při průzkumu s cílem zajištění všech potřebných předpokladů pro úspěšné nastavení automatů bylo objeveno několik překážek. Bylo zjištěno, že 5 z 10 kotelen, které se měly připojovat v rámci tohoto kroku, nebyly vůbec připojeny k internetu, ani nebyla zajištěna možnost jednoduchého zavedení kabeláže. Jde bohužel o problém, který se nedá v rámci diplomové práce řešit. I tak se zdá, že ne všechny kotelny bude možné jednoduchým způsobem k internetu připojit. Většinou by to znamenalo složitou instalaci kabeláže a náklady s tím spojené. Bohužel ani použití GSM modulů se SIM kartou se

nejeví jako ideální vzhledem k situování některých PLC automatů (sklep), což by znamenalo problémy s dostupností signálu, a také vzhledem k paušálním pravidelným nákladům, které by to po dobu životnosti projektu mohlo způsobit. V problémových objektech se uvažuje např. o propojení Wi-Fi adaptérem v případě, že by bylo v objektu k dispozici Wi-Fi pokrytí s dostatečně silným signálem.

Další potíž je s emailovým klientem, respektive s nastavením SMTP serveru pro komunikaci s PLC. Klient ve firemní síti Siemens si s emaily neumí poradit, jelikož je vyhodnotí jako zprávy od robotů a zablokuje je. Stejný problém však nastane i v případě klienta u jiného poskytovatele (Google, Seznam). Problém byl tedy posunut dál do IT oddělení firmy Siemens. Myšlenka je taková, že by byla vytvořena schránka na serveru, který je v rámci oddělení k dispozici (nejedná se o AOCCZ), je však mimo firemní síť. Na tom by byl zřízen zvláštní SMTP server a emailový klient.

Práce s emaily už by měla být jednoduchá. Vzhledem k tomu, že se dá nastavit formát výpisu dat přímo v PLC automatu, výpis byl by připraven přesně ve vhodném formátu pro transport na server AN. Maily by se 1x za den mohly ukládat na pevný disk hlavního řídicího počítače v rámci projektu, nahrát do AN a poté zálohovat. Jelikož se zatím nevyřešil problém s emailovým klientem, postup pravidelného ukládání z emailové schránky řešen nebyl.

## 5.3 Odečet fakturačních měřičů spotřeby energií např. pomocí impulsních čítačů a sběr dat

Možnosti integrace fakturačních měřičů v závislosti na vybavenosti jsou u každého z objektu jiné. Zde uvedu realizaci odečtů z fakturačních měřičů spotřeby energií v objektech Rybitví, Žampach a Gymnázia Mozartova.

### 5.3.1 Rybitví

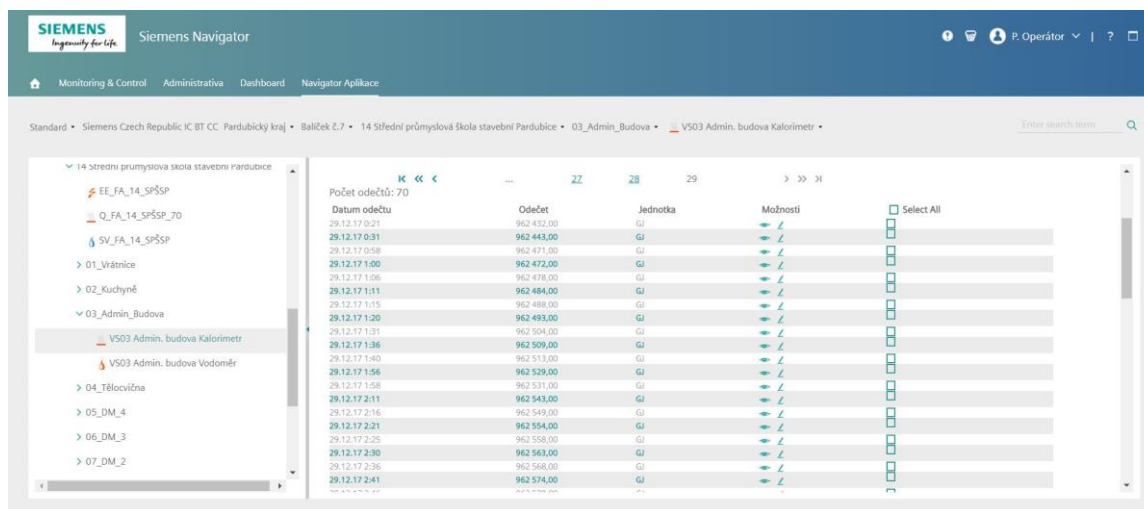
Škola v Rybitví je velmi specifický objekt v tomto projektu, jelikož školu tvoří areál samostatně stojících 10 budov. Neexistuje zde jednotná řídicí kotelná pro celý areál ani žádný počítač s dohledovým dispečinkem. Sběr dat z hlavních fakturačních měřičů spotřeb (kalorimetry pro spotřebu tepla a plynoměry) v jednotlivých budovách jsou tedy řešeny jinak. K odečtu a následnému zasílání spotřeb ke zpracování na tomu určený PC je využíván PLC automat SDS-MICRO DIN. Jelikož jde o programovatelný automat, lze si nechat pomocí nahraného programu zasílat průběžné informace o spotřebě na předem specifikované místo.

Proto, aby se data odesílala ve stanovených intervalech na požadovaný server, musel být upraven skript, který je k nahlédnutí v příloze. Ten byl poté do zařízení nahrán přes jeho webové rozhraní. Přes webové rozhraní lze sledovat i aktuální spotřeby na měřičích (obr 5.7).



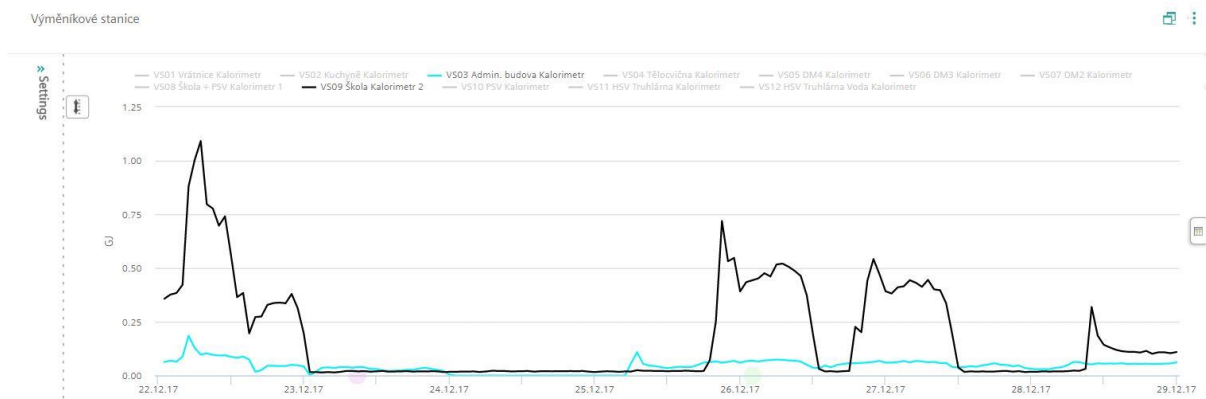
Obr. 5.7: Webové rozhraní SDS

Přístroj není v tomto případě připojen do internetové sítě přímo, ale za pomoci SIM karty, která je do sítě připojena přes technologii GPRS spadající do kategorie GSM komunikačních standardů. Ze serveru, na který jsou data z SDS-MICRO DIN E odesílána, jsou následně nahrávána přes SWP přímo na server AN (obr. 4.4). Poté je lze přehledně zobrazit ve webové aplikaci AN (obr. 5.8).

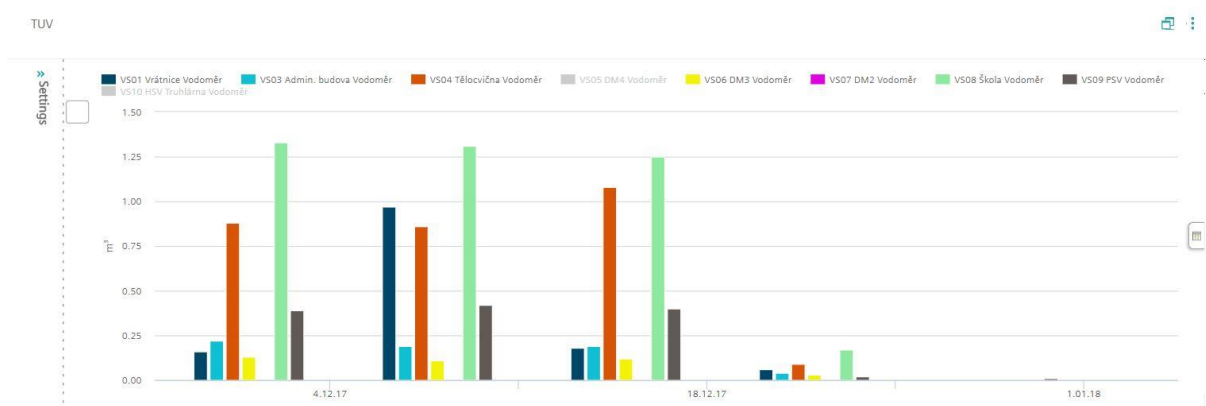


Datum odečtu	Odečet	Jednotka	Možnosti	Select All
29.12.17 0:01	962 443,00	GJ	↔ ↗ ↘ ↙	<input type="checkbox"/>
29.12.17 0:31	962 443,00	GJ	↔ ↗ ↘ ↙	<input type="checkbox"/>
29.12.17 0:58	962 471,00	GJ	↔ ↗ ↘ ↙	<input type="checkbox"/>
29.12.17 1:00	962 472,00	GJ	↔ ↗ ↘ ↙	<input type="checkbox"/>
29.12.17 1:06	962 478,00	GJ	↔ ↗ ↘ ↙	<input type="checkbox"/>
29.12.17 1:11	962 484,00	GJ	↔ ↗ ↘ ↙	<input type="checkbox"/>
29.12.17 1:15	962 488,00	GJ	↔ ↗ ↘ ↙	<input type="checkbox"/>
29.12.17 1:20	962 493,00	GJ	↔ ↗ ↘ ↙	<input type="checkbox"/>
29.12.17 1:31	962 504,00	GJ	↔ ↗ ↘ ↙	<input type="checkbox"/>
29.12.17 1:36	962 509,00	GJ	↔ ↗ ↘ ↙	<input type="checkbox"/>
29.12.17 1:40	962 513,00	GJ	↔ ↗ ↘ ↙	<input type="checkbox"/>
29.12.17 1:56	962 529,00	GJ	↔ ↗ ↘ ↙	<input type="checkbox"/>
29.12.17 1:58	962 531,00	GJ	↔ ↗ ↘ ↙	<input type="checkbox"/>
29.12.17 2:11	962 543,00	GJ	↔ ↗ ↘ ↙	<input type="checkbox"/>
29.12.17 2:16	962 549,00	GJ	↔ ↗ ↘ ↙	<input type="checkbox"/>
29.12.17 2:21	962 554,00	GJ	↔ ↗ ↘ ↙	<input type="checkbox"/>
29.12.17 2:25	962 558,00	GJ	↔ ↗ ↘ ↙	<input type="checkbox"/>
29.12.17 2:30	962 563,00	GJ	↔ ↗ ↘ ↙	<input type="checkbox"/>
29.12.17 2:36	962 568,00	GJ	↔ ↗ ↘ ↙	<input type="checkbox"/>
29.12.17 2:41	962 574,00	GJ	↔ ↗ ↘ ↙	<input type="checkbox"/>

Obr. 5.8: Aktuální odečty na kalorimetru v administrativní budově



Obr. 5.9: Vizualizace odečtů z kalorimetrů



Obr. 5.10: Vizualizace odečtů z vodoměrů

Po zkušenostech s touto technologií se dá konstatovat, že je velmi spolehlivá a nenáročná na správu a údržbu. Je třeba reflektovat cenu zařízení, která je v tomto případě navýšena o paušální poplatky za používání SIM karty s datovým balíčkem. V případě přímého připojení do internetové sítě by byla situace výhodnější. Dobré je, že technologie GPRS nejsou ovlivněné lokálními výpadky sítě. Co ale ovlivněné je, je napájení modulu. Při výpadku tedy nejsou pulzy zaznamenávány.

Pro tento konkrétní případ by se nabízelo nasazení IoT technologií, ale z důvodů vyčtených v předchozích kapitolách tak učiněno nebylo. Lze si také položit otázku, zda se SDS-MICRO DIN E s oddělenou GPRS komunikací nedá za částečné a velmi zjednodušené IoT řešení považovat.

### 5.3.2 Žampach

V Žampachu se situace s hlavními fakturačními měřiči řeší trochu jinak než v Rybitví. Vzhledem k tomu, že jsou zde měřiče (v tomto případě elektroměr) již osazeny pulsními čítači, je potřeba se domluvit s distributorem energie na zpřístupnění dálkového odečtu. V Žampachu byl zpřístupněn online portál naměřených hodnot společnosti ČEZ. Odtud se dají jednoduše stahovat výpisy naměřených hodnot z elektroměru, které jsou v rozlišení 15 minut. Ty se dají po jednoduché úpravě například pomocí skriptu v Excelu odeslat přes SWP do AN, kde se energetickému inženýrovi oddělení AOC zobrazí pro vyhodnocení.

Vzhledem k tomu, že ČEZ používá velmi obdobný způsob pro měření vzdálených odečtů, jako je popsán v předchozí kapitole, lze se pro vysvětlení odvolat na stejnou topologii (obr. 4.4). Přesný typ pulzního čítače s GSM modulem je autorovi práce neznámý.

Protože asi 60 % všech hlavních fakturačních měřičů spotřeb energií (elektroměry, vodoměry, plynoměry) v objektech Pardubického kraje je osazeno nějakým zařízením pro vzdálený odečet, je třeba konzultovat přístup se zástupci příslušných objektů individuálně. Distributoři energie jsou často odlišní a od zástupců objektů, kde se měřiče nachází, je vyžadováno, aby o vzdálený odečet zažádali. Data uložená do databáze naměřených hodnot je distributor na základě žádosti zákazníka povinen poskytnout přes vzdálený přístup (prostřednictvím internetu), a to za období nejméně posledních 12 měsíců. Činí tak právě prostřednictvím zákaznických portálů. [32, 33]

Min	0 kW (18.05.2017 00:15)
Max	88 kW (15.12.2017 09:45)
Čelkem	-
Průměr	22,3376 kW
Poslední hod. registru	-
Čelkem v intervalu	120 109 kWh
Účinnost	0,9744
Úplnost dat	99,78 %
CO <sub>2</sub>	58,8534 t

Min	0 kVAr (18.05.2017 00:15)
Max	22 kVAr (08.06.2017 08:30)
Čelkem	-
Průměr	5,1502 kVAr
Poslední hod. registru	-
Čelkem v intervalu	27 692,75 kVAh
Účinnost	-
Úplnost dat	99,78 %

Obr. 5.11: Ukázka webového portálu naměřených dat firmy ČEZ

Obdobně se v současnosti jedná o zpřístupnění webových portálů pro vzdálený odečet i s dalšími institucemi. Bohužel se tento proces nedá příliš automatizovat a bude vyžadovat pravidelnou aktivitu některého z operátorů AOC firmy Siemens.

### 5.3.3 Gymnázium Mozartova

Třetí možností je aplikace elektroměrů (případně dalších měřičů, opět jde o výstup S0), které jsou kompatibilní s HW a SW Synco™ Living. Konkrétně jde o modul měření spotřeby WRI982, který byl použit v budově Gymnázia Mozartova v Pardubicích, kde se pomocí něj sleduje vyrobená elektrická energie pomocí fotovoltaických panelů. Nejedná se tedy hlavní fakturační měřič, ale princip je v zásadě stejný i pro případy nasazení na ostatní měřiče energií. Měřič WRI982 komunikuje s centrálou QAX913 přes komunikační protokol KNX RF, tedy bezdrátově. Hodnoty se každé 4 hodiny vysílají a ukládají právě v centrální řídicí jednotce a dají se zobrazit i skrze webové rozhraní Synco™ IC.

Datový bod	Hodnota
Aktuální hodnota	4713.41 kWh

Obr. 5.12: Elektroměr v Synco™ IC



Tento přístup se jeví jako dostatečně spolehlivý, a tudíž ho lze aplikovat i na další měřiče v rámci projektu, jelikož systém Synco™ IC se instaloval ve většině (15 ze 17) objektů. Nutná je samozřejmě dostupný signál vysílače pro spojení měřiče a centrály (možné i dodání zesilovače). Ta se u KNX RF udává přibližně 30 metrů, je však velmi závislá na konstrukčních dispozicích budovy. Vzhledem k tomu, že se jedná o bezdrátovou komunikaci, nedá se vyloučit ztráta signálu. Proto by při rozsáhlejší aplikaci systému bylo třeba skutečné hodnoty s těmi přijatými v pravidelných intervalech kontrolovat.

## 5.4 Transport a vyhodnocení dat z webové aplikace Synco™ IC

Systém Synco™ IC a práce s ním byla již vysvětlena v kapitole [5.1.3](#). Nyní jde o to, jak z něj vyexportovat příslušná data. Je třeba podotknout, že toto řešení bylo realizováno u 15 ze 17 budov v rámci projektu (tam kde se instalovala regulace vytápění pomocí IRC hlavíc). Prvním krokem je nastavení kontinuálního trendování hodnot. To se provede přímo ve webové aplikaci Synco™ IC pro každou z řídicích jednotek QAX903 (což může být velmi časově náročné vzhledem k množství instalací v rámci projektu). Zde se založí nový trend a vyberou se hodnoty, respektive datové body, které se mají sledovat (otevření ventilů, teploty v místnosti, režimy vytápění). V tomto případě byly vybrány teploty v místnostech, jelikož je to směrodatný faktor, který určuje, zda se v místnosti vytápí podle předepsaných norem, které zároveň slouží jako interval, na jehož základě se garantují smluvní úspory. V momentě, kdy se v místnosti přetápí, tzn. teplota přesahuje maximální dovolenou hodnotu, nelze garantovat úspory a tento fakt se musí reflektovat během pravidelného zúčtování.

V okamžiku, kdy se vyberou požadované datové body pro sledování, se trendování zapne a od tohoto okamžiku neustále běží. V závislosti na množství datových bodů se budou data ukládat v určitém časovém cyklu, který však i u nejobsáhlejších trendů činí více než 250 dnů. Nyní zbývá data stáhnout, což lze dvěma způsoby.

První, který je zároveň jednoznačně snazší, je manuální export přes portál Synco™ IC. Je to sice jednoduché řešení, ale je poměrně časově náročné, jelikož se stejná operace musí provádět pro desítky řídicích jednotek v několika objektech a samotná odezva systému je relativně pomalá (i několik desítek vteřin). Samotné stahování trendu v textovém formátu .csv pak trvá i několik minut. Přesto bylo v této práci použito právě tohoto způsobu, což bude odůvodněno v následnících odstavcích.

Druhým způsobem, jak data extrahovat, je přistupování přes architekturu REST, což je cesta, jak jednoduše vytvořit, číst, editovat nebo smazat informace ze serveru pomocí jednoduchých HTTP volání. Synco™ IC tuto architekturu podporuje, a tak lze vytvořit sérii dotazových funkcí na stažení trendů (obr 5.13). V tomto případě jsou pouze vypsána všechna zařízení, která jsou přiřazena k administrátorskému účtu, přes který se na data dotazuje. K práci s REST byl použit freeware software Advanced REST client (ARC).

Request

Method: GET Request URL: https://www.siemens-syncoic.com/api/site/list.json?SessionId=0BtZbWYKgGPxFB4NZTlnA

Parameters: Show panel

200 OK 551.81 ms

```

{
  "Sites": [Array[52]]
  -0: {
    "Name": "06 GJR Chrudim, R13",
    "Description": "",
    "Distributor": "Siemens Proxy",
    "SerialNr": "00FD00FF58CF",
    "Type": "OZW772.01",
    "Uri": "https://www.siemens-syncoic.com/Site/RemoteWeb/cdc6a66d-7bec-4cf2-b05d-72a1bb25365e/web/",
    "SiteId": "72f1fd24-c9db-4332-8331-bd18e4b86682"
  },
  -1: {
    "Name": "05 Jevičko",
    "Description": "14 SKLAD UČEBNIC",
    "Distributor": "Siemens Proxy",
    "SerialNr": "00FD00FF594C",
    "Type": "OZW772.16",
    "Uri": "https://www.siemens-syncoic.com/Site/RemoteWeb/e3ebec70-5576-4e0a-974a-d892618ab534/web/",
    "SiteId": "8c4acc93-ee15-e611-aaef-00a003fb2003"
  },
  -2: {
    "Name": "13 Králíky",
    "Description": "2.3",
    "Distributor": "Siemens Proxy",
    "SerialNr": "00FD00FF58A0",
    "Type": "OZW772.01",
  }
}

```

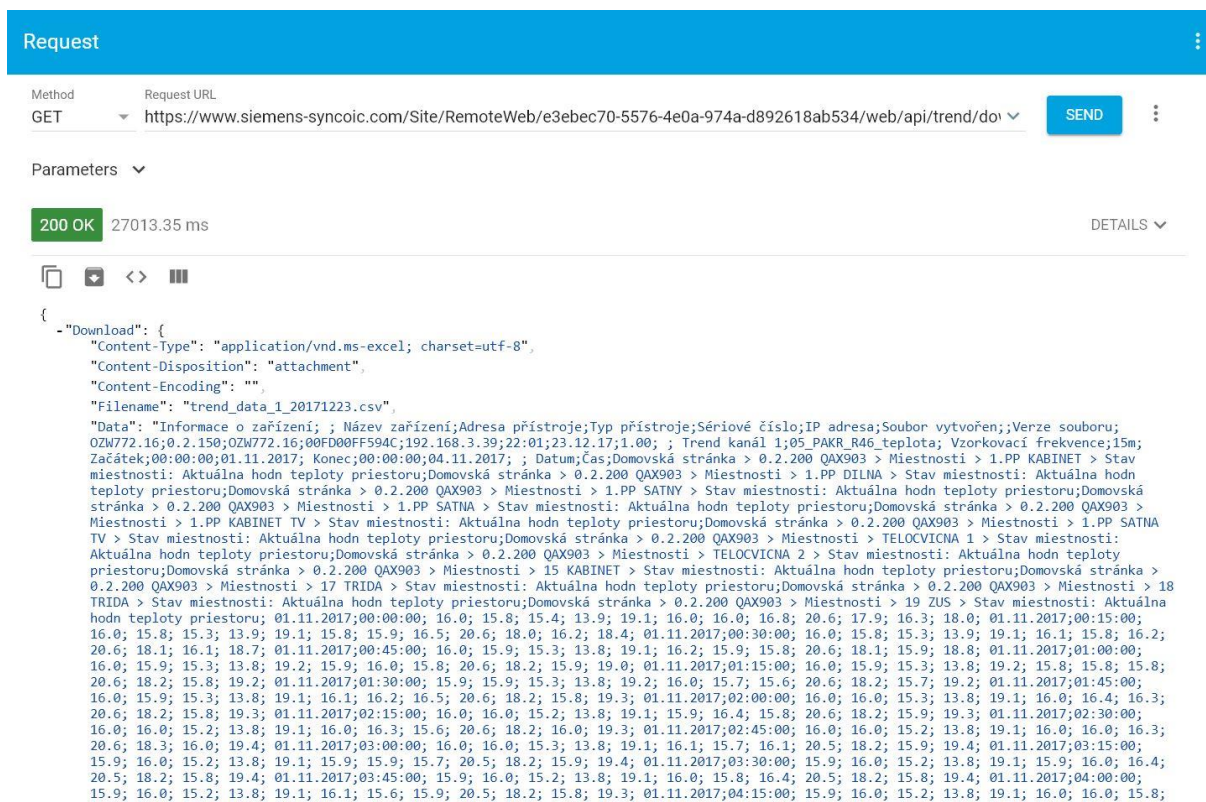
Obr. 5.13: Dotaz na výpis zařízení v program ARC

Tímto přístupem se dá zařízení dotázat prakticky na jakoukoliv informaci. Všechny dotazy jsou k dispozici ve firemních podkladech pro aplikaci Synco™ IC. Pro ukázkou je zde uveden dotaz na trend z řídicí jednotky umístěné v budově gymnázia v Jevičku (obr. 5.14). Je důležité všimnout si několika detailů:

- Pro přístup bylo vygenerováno jedinečné *SessionID*, které je platné pouze po dobu 30 minut
- Každá řídicí jednotka má jedinečné ID (*SiteID*), díky němuž se k jednotce přistupuje
- V dotazu na trend se musí zadávat hodnoty počátku a konce období, z kterého je trend vyžadován
- Odezva jedné jediné řídicí jednotky na období tří dnů je přibližně 30 vteřin
- Výstupní formát je ve struktuře programovacího jazyka JSON

Všechny jmenované argumenty je třeba brát v úvahu při návrhu automatizovaného systému, který by trendy pravidelně stahoval. Jedním z řešení by mohl být automatizovaný skript např. pomocí jazyka JavaScript, který by dotazy do aplikace posílal. Problémem je, že autor práce nemá s tímto řešením zatím žádné zkušenosti a není v časových možnostech přijít se způsobem automatizace dotazování ve stanoveném limitu této práce.

Idea je však taková, že by ve skriptu figuroval jakýsi „for“ cyklus, který by si ukládal *SessionID* a *SiteID* jako proměnou a inkrementoval hodnoty dnů, za které by se data stahovala. V případě přerušení spojení z důvodu vyprchání časového limitu by se skript připojil znovu a přepsal by pouze proměnou *SessionID*. Takto by postupně skript prošel všechny řídicí jednotky a všechny trendy. Proměná *SiteID* je navíc jedinečná a neměnná, tak by šlo uvažovat o jejich uložení v poli, které by bylo postupně skriptem procházeno. Odpověď na dotaz by se poté uložila a zbytek by závisel na práci makra naprogramovaném v prostředí Excelu. Takový JavaScript by se mohl spouštět každý den během noci, aby nepřistupoval k řídicím jednotkám v době jejich maximální vytíženosti (během dne) a aby data z řídicích jednotek týkající se teplot v místnostech byla neustále aktualizována.



Obr. 5.14: Dotaz na výpis trendu z řídicí jednotky umístěné v Jevíčku

Jakmile se data z portálu Synco™ IC uloží, přichází na řadu makra v Excelu. Makro je program napsaný v programovacím jazyce VBA, což je jazyk používaný výhradně v MS Office. Jelikož data, která extrahujeme, chceme poslat přes SWP do AN, je potřeba náležitě upravit jejich formát. Pokud jde o sobory vyexportované přímo z portálu Synco™ IC, ty se ukládají ve formátu „.csv“ a s tím se dá snadno v prostředí Excelu pracovat. V případě exportu odpovědi na dotaz přes architekturu REST je třeba nejprve soubor převést z jazyku JSON do nějakého standardizovaného formátu Excelu, např. také „.csv“. S tím si našťěstí Excel poradí a vzhledem k tomu, že odpovědi na dotazy jsou strojové, jsou také uniformní. To znamená, že převod na nový formát lze vždy dělat podle stejných pravidel.

V momentě, kdy existují soubory obsahující výpis trendů ve formátu „.csv“, lze použít připravené makro pro úpravu dokumentu pro potřeby SWP. Makra jsou k dispozici jako příloha na příloženém CD. Poté už zbývá soubory pouze poslat přes SWP do AN, kde mohou být snadno vyhodnoceny specialistou na vyhodnocování úspor oddělení EPC firmy Siemens.

### 5.4.1 Vyhodnocení dat

Vyhodnocení dat probíhalo na velmi elementární úrovni. Cílem bylo zjistit, v kterých časových intervalech se v daném objektu přetápělo. Zda se přetápí či nikoliv pomůže určit údaj o teplotě v místnosti, který je snímán teploměrem na termoregulační ventilu. Tento údaj následně putuje do řídicí jednotky QAX903, odkud se extrahuje. Na základě smlouvy a legislativy [43] byla jako hraniční teplota určena hodnota 22°C. Vyhodnocují se údaje pořízené z období za leden až květen a pak říjen až prosinec. Obě období jsou v roce 2017. Pro lepší přehled jsou všechny údaje rozděleny do tabulky přiložené na CD. Postup je takový, že se sečetly výskyty všech teplot v příslušných intervalech do 22 °C, od 22 °C do 22,5 °C, od 22,5 °C do 23 °C a nad 23 °C. Četnost se pak procentuálně vyjádřila. Z výsledných hodnot je možné snadno vypočítat, v kterých objektech se evidentně přetápí a v kterých se topí ve smluvených limitech. Díky provedenému vyhodnocení bylo už objeveno špatné nastavení režimu vytápění v jednom z objektů (Střední průmyslová škola potravinářství a služeb v Pardubicích) a bylo objeveno, že v dalších objektech se přetápí (ISŠT ve Vysokém Mýtu a Odborné učiliště v

Chroustovicích). Dále bude s výsledky pracovat specialista na vyhodnocování úspor společnosti Siemens.

Určení mezní hodnoty teploty a stanovení toho, zda se ještě jedná o nutné vytápění či nikoliv, by obsahem vydalo na samostatnou diplomovou práci. Z praktických důvodů byla tato problematika zjednodušena na potřebné minimum. Vše tkví v tom, že pomocí teploměru umístěném na termoregulačním ventilu není možné spolehlivě měřit teplotu v místnosti. Z povahy věci bude v těsné blízkosti topení vždy nejvyšší teplota, nemluvě o akumulaci schopnosti armatury a termoregulační hlavice. Problém je částečně řešen tak, že byly v zimním období změřeny teploty v těsné blízkosti topení a uprostřed místnosti. Na základě rozdílů těchto dvou odečtů byla stanovena hodnota korekce, která se pro různé objekty pohybuje od 0 °C po 6 °C, a která po domluvě byla nastavena v řídicím systému. Na návrh autora této práce bude při příští podobné instalaci zařízena referenční místnost, která bude mít minimálně jeden další, nezávislý teploměr, který bude připojen do řídicího systému. Na základě těchto dvou hodnot, tedy teploty v blízkosti topení a teploty např. z teploměru umístěného na druhé straně místnosti, je možné mnohem jednoznačněji stanovit dobu nadbytečného vytápění. Vzhledem k tomu, že každá místnost je jedinečná a měly by se brát v potaz všechny dílčí okolnosti (technický a konstrukční stav místnosti, orientace, externí teploty, obsazenost místnosti, oslunění), bude jakékoliv řešení pouze aproximací k ideálnímu stavu. Proto by se dalo nad problémem sledování teplot ve velkém množství místností pomocí systému Synco™ Living věnovat mnohem obšírněji. Cílem by bylo najít přesné, levné a replikovatelné řešení.

## 5.5 Celková analýza a vyhodnocení sledovaných dat pomocí automatizovaných skriptů v Excelu

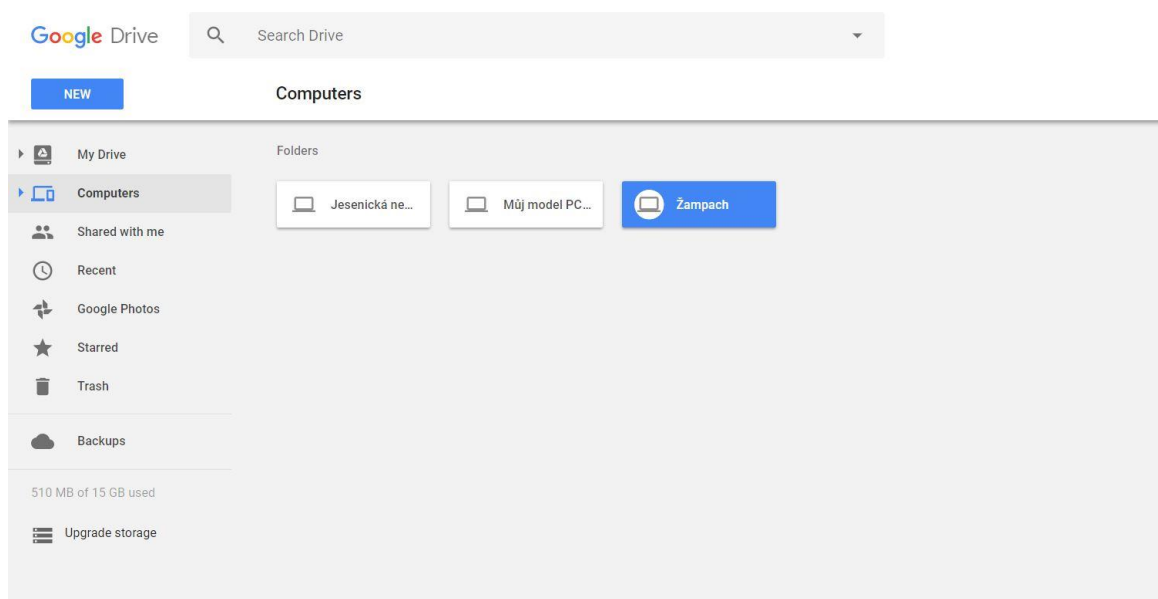
Tato kapitola klade důraz spíše na návrh bezobslužného systému importu dat do aplikace AN včetně předcházející filtrace vstupních dat než na jejich samotné vyhodnocení a název kapitoly proto může být zavádějící. Obdobně jako u předchozí kapitoly, jde i zde i o transport dat z jednoho zařízení do druhého a jejich následné nahrání do AN. V rámci projektu se tato část realizovala již u budov v Žampachu a v Brandýse nad Orlicí, každá však trochu odlišně.

### 5.5.1 Žampach

Ústav sociální péče Žampach je jednou z budov, v které je v kotelně umístěn počítač, na kterém běží vizualizační aplikace pro sledování a ovládání a kam se lze vzdáleně připojit. Veškerá data jsou zde trendována a zálohována ve formátu „.dbf“ v pěti pracovních sešitech, které začínají různými písmeny abecedy v závislosti na tom, co za sledované hodnoty se do nich zapisuje. Každý měsíc se vytvoří nové soubory ve specifickém adresáři, které se následně v pravidelných intervalech přepisují. Vzhledem k tomu, že počítač, na kterém aplikace běží, nepatří mezi nejvýkonnější, není vhodný na práci se soubory, která si může vyžádat dost operační paměti. Proto je třeba nejprve data transportovat na počítač, který je pro tuto práci více způsobilý, v tomto případě na pracovní server AOCCZ, který slouží jako hlavní dispečerské stanoviště.

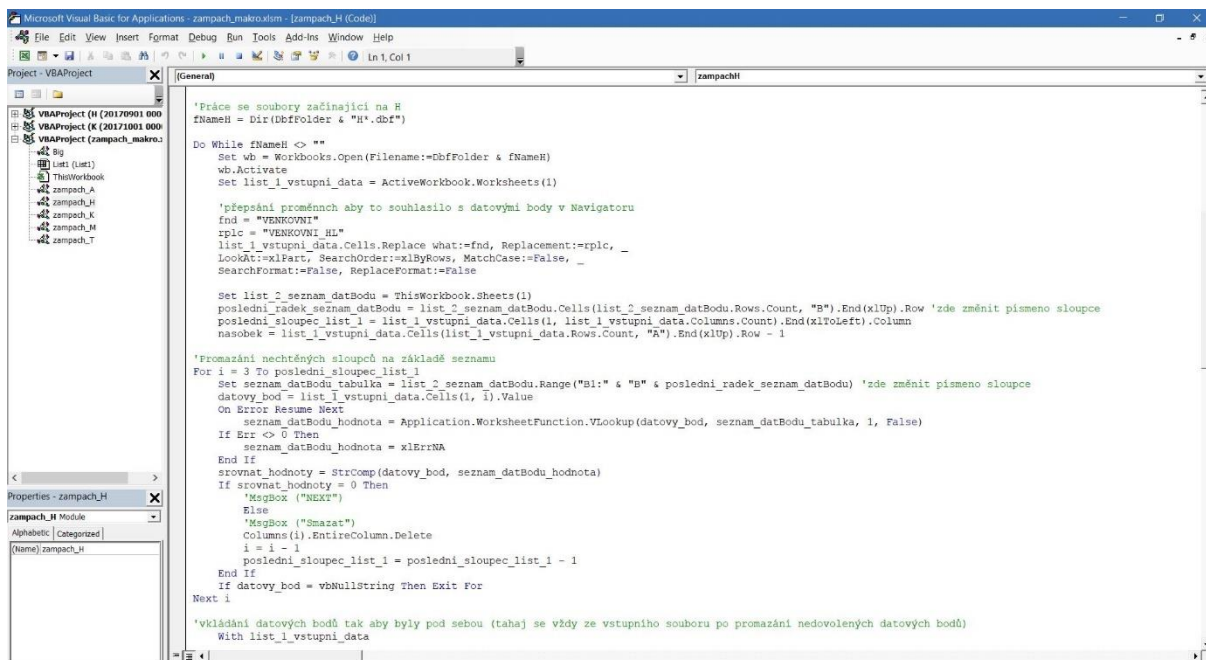
Pro tento účel byl zřízen designovaný Google účet (na který jsou mj. posílána i alarmová hlášení z řídicích jednotek QAX903 týkající se poruch z IRC hlavíc v podobě emailů). Google totiž nabízí službu Google Sync, což není nic jiného než synchronizační aplikace pro a zálohování dokumentů mezi více počítači. Stačí, když se na cílovém zařízení, odkud se mají data zálohovat (v tomto případě PC v Žampachu), nainstaluje speciální aplikace, do které se lze přihlásit přes stejný správcovský Google účet a spustí se synchronizace vybraných složek. Ty by se měly aktualizovat buďto v předem stanovených intervalech, anebo pokaždé, kdy dojde ve složce k nějaké změně či přepsání.

Stejná aplikace je nainstalována i na hlavním správcovském počítači, kde funguje stejný proces, pouze v obráceném pořadí. Výsledkem jsou pravidelně aktualizované složky se soubory obsahující aktuální sledovaná data z kotelny.



Obr. 5.15: Google Sync

Jakmile jsou data na hlavním správcovském počítači, lze s nimi dále pracovat. Jak již bylo řečeno, aby mohla SWP úspěšně soubory nahrát do AN, musí být v požadovaném formátu a musí být dodržena vnitřní struktura. Proto bylo vytvořeno makro (obr. 5.16), které je schopné cyklem projít všechny vstupní soubory a vytahat z nich pouze datové body, které jsou vyžadovány operátorem. Ty seřadí podle požadované struktury a uloží do složky, která slouží jako adresář pro nahrávání přes SWP do AN. Celé makro je k nalezení na příloženém CD.



Obr. 5.16: Makro Žampach

Makro bylo napsáno tak, aby bylo co nejuniverzálnější, tzn. aby se se daly jednotlivé součásti dle potřeby zkopírovat a použít pro makra jiných vstupních souborů z jiných objektů. Práce s daty je totiž vždy více či méně stejná – existuje vstupní soubor v určitém formátu („.dbf“, „.xls“, „.txt“), ten se převede do formátu, s kterým excel dokáže pracovat (např. „.xls), provedou se vnitřní úpravy dle požadované struktury (např. struktura „Datový bod – datum – čas – hodnota“) a uloží se ve formátu, který požaduje SWP pro správnou funkcionalitu („.csv“). Pravidlem bývá, že každý software generuje různé výstupní soubory, nicméně vzhledem k tomu, že jde o strojem generovaná data, dá se očekávat, že budou mít pravidelnou strukturu. S přihlédnutím k tomuto faktu se tedy dá napsat skript, který projde desítky tisíc stejných souborů s jinými hodnotami anebo jeden soubor se stovkami tisíc záznamů. Je samozřejmě potřeba ošetřit eventuality, které mohou nastat (chybné hodnoty, neexistující odečty, chybějící data).

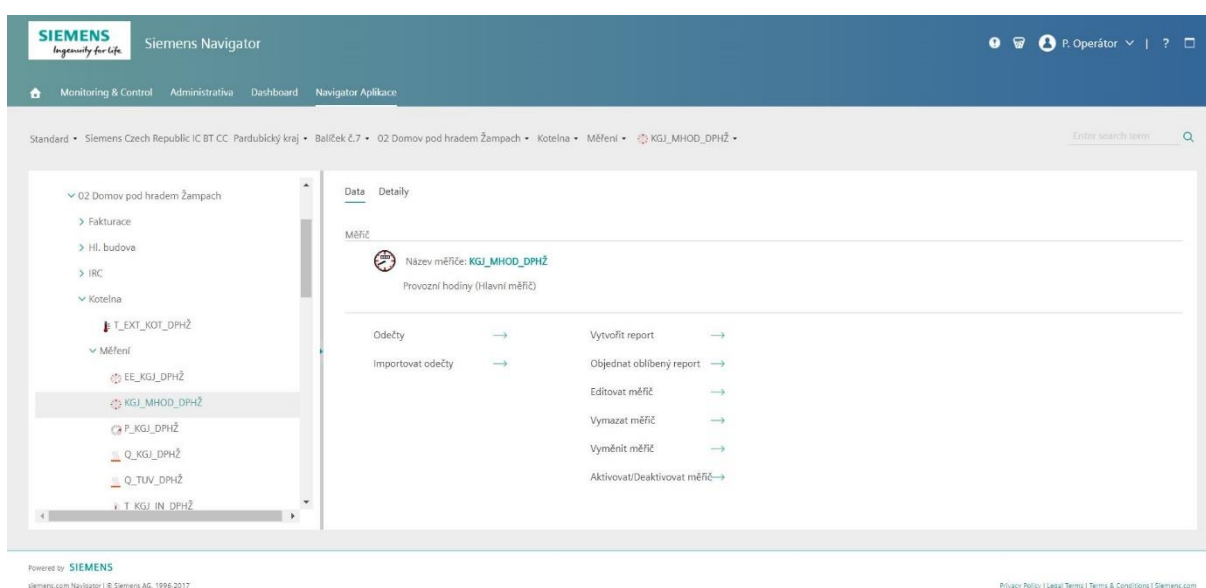
Filtrace dat funguje zatím jen na elementární úrovni. Představa může být taková, že ve vstupním souboru je 30 datových bodů, ale operátor jich vyžaduje k nahrání do AN pouze 10. Seznam těchto bodů se vloží do tomu určeného sloupce v sešitě, ke kterému se makro váže. Tento sloupec se po spuštění makra přečte, porovná se se vstupním souborem a vymaže z něj všechny nechtěné údaje, tedy datové body.

Druhý krok filtrace dat je smazání evidentně chybných odečtů. Ty se mohou projevit buď prázdnou buňkou (na místo žádné hodnoty), anebo specifickým znakem (např. znak „?“ , „err“ atd.) V takovém případě se vymaže celý záznam na řádku příslušící k odečtu.

Třetí, zatím nerealizovaný krok filtrace, je dohlédnutí na správnost odečtů. V praxi u kumulujících odečtů to znamená, že musí být zachována posloupnost a hodnota každého odečtu musí být vyšší nebo

rovna tomu předchozímu. Méně očividné řešení se nabízí pro nekumulující hodnoty (např. teploty). Zde by se problém dal vyřešit nějakým statistickým nástrojem (Gaussova křivka) a pokud by odečtená hodnota výrazně vybočovala z dlouhodobého průměru (např. v řádu stovek procent), byla by vyhodnocena jako chybná a byla by smazána. Tento krok filtrace se dá realizovat i manuálně v aplikaci AN, nicméně vzhledem k neustále přibývajícím množství datových bodů se nejvíce jeví jako udržitelná i přesto, že chybné odečty nejsou příliš časté. Proto je třeba aplikovat filtraci do předcházejících kroků v rámci časové úspory a elegancie řešení.

Po těchto krocích se data z finálního adresáře nahrají pomocí SWP do webové aplikace AN. Celý tento postup je v současnosti považován za automatizovaný a bezobslužný, jelikož synchronizační aplikace Google Sync běží jako služba systému neustále a makra jsou nastavena tak, aby se spouštěla v pravidelných intervalech (1x týdně), čehož bylo dosaženo pomocí nástroje na plánování úloh systému Windows. Stejně řešení, jaké bylo vyvinuto pro Žampach, je navíc v plném provozu i u jiných projektů v praxi (např. Jesenická nemocnice, Pardubická krajská nemocnice).



Obr. 5.17: Brandýs nad Orlicí v prostředí AN

Přestože se dá fungování a provoz považovat za bezobslužný, je třeba pravidelná kontrola operátorem datového centra. Bohužel zatím nebylo zamezeno občasným pádům aplikace Google Sync, což znamená neaktualizování dat, a tudíž zastavení transferu do AN. To znamená, že je třeba se přihlásit na vzdálený počítač a službu znovu zapnout. V takovém případě však nemůže dojít k úplné ztrátě dat.

Zmínit se dá i občasná nestabilita Excelu a jeho procesů při probíhající spuštěné exekuci příslušného makra. Nestabilitu lze snížit plánováním úloh na dobu, kdy je vysoce nepravděpodobná aktivita některého z uživatelů přihlášeného na server AOCCZ, který by mohl snižovat volnou výpočetní kapacitu, a dále zrušením všech vláken programu Excel po úspěšném provedení makra.

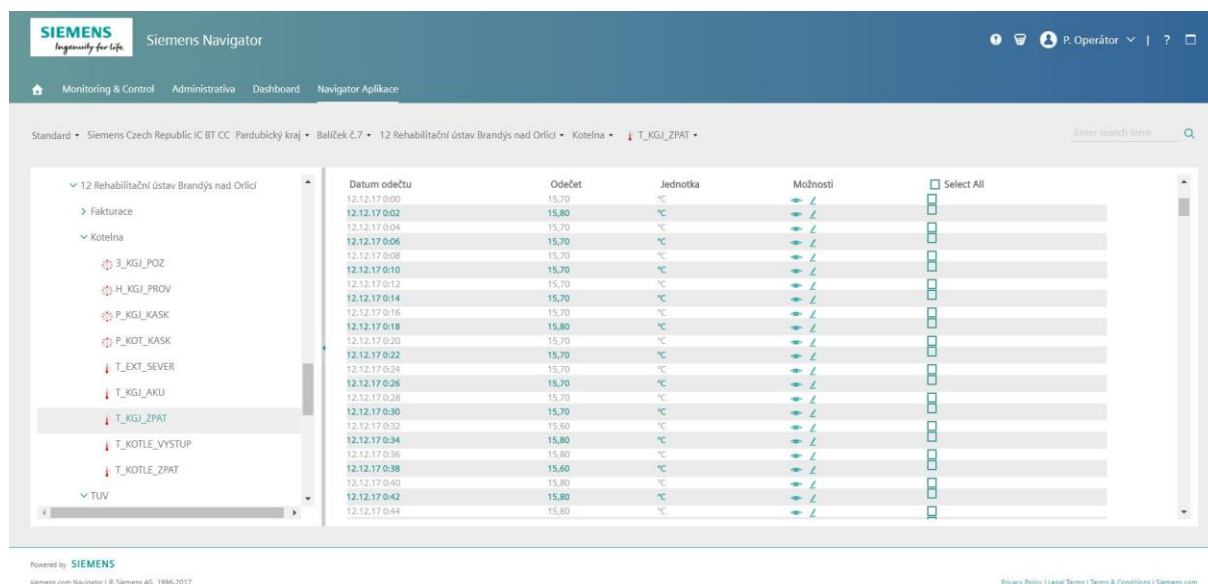
Dalším prvkem, který je v plánu implementovat, je *datalogger*. Byl by to textový soubor umístěný ve stejném adresáři jako Excel soubor s makrem a zapisovalo by se do něj vše, co se děje při exekuci makra. Tím by se dalo jednoduchým způsobem zjistit, co se při běhu stalo a došlo-li v nějakých částech procesu k chybám, protože při stovkách tisíc až milionech odečtů není v lidské schopnosti zjistit, zda vše proběhlo tak, jak mělo.



## 5.5.2 Brandýs nad Orlicí

Sběr dat v Brandýse nad Orlicí je v první fázi zcela odlišný než při projektu v Žampachu, proto je zde uveden samostatně. Na řídicím počítači v Brandýse nad Orlicí totiž neběží žádný vizualizační program, který by data sám od sebe někam extrahoval a zálohoval. Tato část musí být provedena uživatelem ručně přes vzdálené připojení a slouží jako prozatímní řešení. V objektu v Brandýse nad Orlicí se sběr dat v současné době využívá pro optimalizaci kogenerační jednotky. Sběr se provádí pomocí SW od stejného výrobce, jako je SoftPLC. Jde o program Merbon, jehož funkce jsou téměř shodné se SoftPLC. Na rozdíl od SoftPLC je zde ale mnohem praktičtěji řešeno trendování hodnot. Všechny hodnoty se totiž uvnitř PLC ukládají do vnitřní paměti (při nejmenším po dobu tří měsíců) a v programu Merbon je lze při vytvoření trendu vyvolat. To znamená, že je možné se jednou za delší časové období k PLC skrz program Merbon připojit, stáhnout si trendy pro příslušné datové body a výstup si uložit v PC, na kterém SW běží.

Odtud je postup a práce s daty prakticky identická s Žampachem. Data se zpracují a upraví podle potřeby a poté jsou pomocí aplikace SWP nahrána do AN.



Obr. 5.18: Výpis teplot na zpátečce v Brandýse nad Orlicí v prostředí AN

## 6 Závěr

Cílem práce byla Integrace měřičů spotřeby energií do SCADA systému, zpracování a vyhodnocení dat. Pro pochopení problematiky sběru a zpracování dat byla nejprve vypracována rešerše zabývající se touto problematikou v kapitole [Sběr dat v budovách](#), kde byly představeny současné technologie i jejich nástupci a došlo k jejich srovnání.

Celý projekt se realizoval v rámci EPC balíčku pro Pardubický kraj a zhotovitelem byla společnost Siemens. Objekty, v kterých k práci docházelo, jsou vyčteny v kapitole [Projekt EPC v Pardubickém kraji](#). Jsou zde popsána úsporná opatření a uvedeno několik typových objektů. Práce se však nevztahuje jen na ně, jsou pouze vybrány jako referenční. Řešení by však mělo být použitelné i pro další budovy v rámci projektu.

V kapitole [Navržené řešení](#) jsou uvedeny technologie, s kterými se v práci lze setkat a na základě kterých se řešení vyvíjelo. Jsou zde rozebrány jejich základní principy a specifika. Také se uvádí, proč pro daná řešení byla vybrána právě zmíněná technologie. V případě, že jde o SW, jsou zde i přiložené obrázky s ukázkou uživatelského prostředí.

[Realizace](#) už řeší vlastní nasazení v praxi. Každému bodu pro vypracování uvedených v zadání diplomové práce je zde věnována samostatná kapitola, v níž je shrnut problém, kterému bylo čeleno, jeho řešení a výsledky. Na konci jsou vždy uvedena doporučení, poznatky, a případné myšlenky ohledně budoucího vývoje práce.

Návrh a realizace centrálního dispečinku kotelny formou SCADA systému se povedlo, zatím však jen v omezené podobě. Transport a vyhodnocení dat z aplikace Synco™ IC proběhl úspěšně a výsledky byly prezentovány na konci příslušné kapitoly. Odečet fakturačních měřičů spotřeby byl také splněn a údaje z některých objektů jsou již v současné době v reálném čase zobrazitelné v aplikaci AN. Celková analýza a vyhodnocení sledovaných dat by se spíše dala označit jako import dat do aplikace AN a v několika objektech už je zprovozněný. V dalších objektech se postupně budou zavádět principiálně podobné metody. V kapitole je řešena filtrace dat a jsou zde diskutované další možnosti. Toto řešení je používáno i pro práci s daty z jiných projektů mimo Pardubický kraj. Integrace řídicích jednotek kotelen nebyla zatím z finančních a technických důvodů realizována.

V podstatě všechna řešení, která byla v práci použita, by měla být použitelná nejen v tomto projektu, ale i v praxi při řešení jakékoliv jiné realizace. Měla by ulehčit práci především specialistovi na vyhodnocování úspor AOC oddělení firmy Siemens, který data vyhodnocuje. Mělo by být zajištěno, aby specialista na vyhodnocování úspor i klienti měli v aplikaci AN vždy k dispozici nejnovější data ze sledovaných objektů. Na základě těchto dat se poté dají realizovat dílčí opatření, která mohou ještě zvýšit úsporu na energiích v jednotlivých objektech.

Celá práce má převážně aplikační charakter, a proto by bylo dobré zmínit několik poznatků. Práce operátora AOC oddělení by měla být rovnoměrně rozdělena na dvě části, které by spočívaly ve vývoji nových řešení za účelem zjednodušení a zautomatizování práce s daty a v dohledové činnosti nad běžícími projekty. V takovém případě se dá zoptimalizovat práce natolik, že by nemělo být přítěží spravovat větší množství současně běžících projektů. Práci je pochopitelně třeba koordinovat s projektovým manažerem a specialistou na vyhodnocování úspor, na kterých závisí příprava a realizace projektu po technické a administrativní stránce, respektive komplexní vyhodnocování sledovaných dat. Lze tvrdit, že maximální využití moderní aplikace AN v oddělení EPC společnosti Siemens je zatím na samém začátku a potenciál aplikace se teprve začíná využívat na maximum.

## 7 Seznam zdrojů

- [1] *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov*. In: EU: EVROPSKÝ PARLAMENT A RADA EVROPSKÉ UNIE, 2010, ročník 10, číslo 31. Dostupné také z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:cs:PDF>
- [2] EPC (Energy Performance Contracting). TZB info [online]. [cit. 2017-12-31]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/epc-energy-performance-contracting>
- [3] MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ ČESKÉ REPUBLIKY a ÚSTAV ÚZEMNÍHO ROZVOJE. BYDLENÍ V ČESKÉ REPUBLICE V ČÍSLECH (září 2015). Praha, 2015. ISBN 978-80-7538-029-6. Dostupné také z: [https://www.mmr.cz/getmedia/3fda1c6e-643f-45f3-9b1a-032d5dae9b7d/Bydleni-v-CR-v-cislech-\(zari-2015\).pdf](https://www.mmr.cz/getmedia/3fda1c6e-643f-45f3-9b1a-032d5dae9b7d/Bydleni-v-CR-v-cislech-(zari-2015).pdf)
- [4] BEGENI, Marek a Vladimír ZMRHAL. Dotazníkový průzkum stavu školských budov [online]. 22-6-2015 [cit. 2017-12-31]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/12873-dotaznikovy-pruzkum-stavu-skolskych-budov>
- [5] SOCHOR, Vladimír. Zaručené úspory energie – jak začít: Návod na přípravu projektů, kde se investice zaplatí z následně dosažených úspor. Pro města a obce. 2015, 54-55. Dostupné také z: [http://www.svn.cz/assets/files/seven\\_v\\_mediich/2015/clanek\\_pro\\_epc\\_2015\\_2-1.pdf](http://www.svn.cz/assets/files/seven_v_mediich/2015/clanek_pro_epc_2015_2-1.pdf)
- [6] MORENO, M. Victoria, Luc DUFOUR, Antonio F. SKARMETA, Antonio J. JARA, Bruno LADEVIE a Jean-Jacques BEZIAN. Big data: the key to energy efficiency in smart buildings [online]. Berlín, 2015 [cit. 2017-12-31]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00500-015-1679-4>. Odborný článek.
- [7] AUTOMATION PYRAMID: The automation pyramid, going forward systematically. KUNBUS [online]. [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <https://www.kunbus.com/automation-pyramid.html>
- [8] Industry 4.0 Technology & Industrial Automation – A New Perspective. Blog EBV [online]. 2016-3-16 [cit. 2017-12-31]. Dostupné z: <http://blog.ebv.com/industry-4-0-technology-industrial-automation-a-new-perspective/>
- [9] The Foundation for Data Innovation. Oracle [online]. [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <https://www.oracle.com/big-data/index.html>
- [10] VOJÁČEK, Antonín. Co se skrývá pod výrazy Industry 4.0 / Průmysl 4.0? [online]. 19-03-2016 [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/mimochodem/co-je-se-skriva-pod-vyrazy-industry-40-prumysl-40.html>
- [11] VICH, Milan. Problematika EPC z pohledu zadavatele. Pardubice, 2017.
- [12] What is OPC? OPC Foundation [online]. [cit. 2017-12-31]. Dostupné z: <https://opcfoundation.org/about/what-is-opc/>
- [13] QUSAY, Hassan F. Demystifying Cloud Computing [online]. Mansoura University, 2011 [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <http://static1.1.sqspcdn.com/static/f/702523/10181434/1294788395300/201101-Hassan.pdf?token=30Sf1wZoxToA3xdJoWefLwJQ%2FPg%3D>
- [14] VIDIM, Jan a Martin CHLUPÁČ. Možnosti využití internetu věcí v zařízeních VZT. In: 22. konference Klimatizace a větrání: Větrání a klimatizace pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie. Praha, 2017, s. 172-178.
- [15] SIGFOX GEOLOCATION. SimpleCell [online]. [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <http://simplecell.eu/spotit/>
- [16] Objevte svět IoT. České radiokomunikace [online]. [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <https://www.cra.cz/objevte-svet-iot>
- [17] Sigfox Partner Network. Sigfox [online]. [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <https://partners.sigfox.com/>
- [18] Projektová dokumentace firmy Siemens

- [19] SMETANOVÁ, Lucie. Internet věcí a možnosti jeho využití pro komerční účely [online]. Praha, 2017 [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/64721>. Bakalářská práce. ČVUT.
- [20] VOJÁČEK, Antonín. Co se skrývá pod označením PLC? [online]. 06-08-2007 [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz//co-se-skriva-pod-oznaceni-plc>
- [21] Technická dokumentace firmy Domat Control System s.r.o.
- [22] Technická dokumentace firmy Siemens s.r.o.
- [23] Co je OPC? OPC server? OPC klient? FOXON [online]. [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <https://www.foxon.cz/cs/blogs/80-co-je-opc-opc-server-opc-klient-.html>
- [24] Co je SCADA? PROMOTIC [online]. [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <https://www.promotic.eu/cz/pmdoc/WhatIsPromotic/WhatIsScada.htm>
- [25] ČAMBALA, Lukáš. Co je to Cloud? Patří mu budoucnost dat? [online]. 23-05-2014 [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <http://www.lenovoblog.cz/2014/05/co-je-to-cloud-patri-mu-budoucnost-dat.html>
- [26] Visual Basic for Applications. Wikipedie [online]. [cit. 2017-12-31]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Visual\\_Basic\\_for\\_Applications](https://cs.wikipedia.org/wiki/Visual_Basic_for_Applications)
- [27] Continuous Integration of Field Level Production Data into Top-level Information Systems Using the OPC Interface Standard. *ScienceDirect* [online]. [cit. 2017-12-31]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827115011385>
- [28] PĚRKA, Stanislav. Emulátor vývojového prostředí pro programování PLC Saia. Zlín, 2008. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [29] Technická dokumentace firmy Schneider Electric
- [30] VIKTORA, David. Systém pro analýzu proudu dat v reálném case. Praha, 2017. Bakalářská práce. ČVUT.
- [31] Technická dokumentace firmy LazNet s.r.o.
- [32] Vyhláška č. 82/2011 Sb. o měření elektřiny a o způsobu stanovení náhrady škody při neoprávněném odběru, neoprávněné dodávce, neoprávněném přenosu nebo neoprávněné distribuci elektřiny. In: ČR, ročník 2011, číslo 82.
- [33] Zákon 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů: energetický zákon. In: ČR, ročník 2000, číslo 458, paragraf §25, odst. 11 písmeno a.
- [34] ACHOUR, Gabriel. Developerské projekty (shrnutí právního prostředí). EURO [online]. 11-04-2005 [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <https://www.euro.cz/byznys/developerske-projekty-shrnuti-pravniho-prostredi-874885>
- [35] ČVUT díky nové metodě ušetřilo milióny za vytápění. Novinky.cz [online]. 01-08-2017 [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/veda-skoly/445118-cvut-diky-nove-metode-usetrilo-miliony-za-vytapeni.html>
- [36] ŠIROKÝ, Jan, Jan KUBEČEK a Petr KUDERA. Prediktivní řízení vytápění budov – pilotní aplikace. TZB info [online]. [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/7566-prediktivni-rizeni-vytapeni-budov-pilotni-aplikace>
- [37] GAJZLER, Jaroslav. OPC server pro úlohy automatické regulace. Zlín, 2006. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [38] BAŠTA, Jiří. Regulace v technice prostředí staveb. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2014. ISBN 978-80-01-05455-0
- [39] Co je kogenerace? TZB info [online]. [cit. 2018-01-05]. Dostupné z: <http://energetika.tzb-info.cz/kogenerace>
- [40] Co je to: Ethernet. UNET: Blog [online]. 01-06-2016 [cit. 2018-01-05]. Dostupné z: <https://www.unet.cz/blog/2016/06/01/co-je-to-ethernet/>

- [41] MLEJNEK, Pavel. ČVUT. Systémy pro sběr a přenos dat: Přednášky předmětu A3M38SPD. Praha, 2017
- [42] GARLÍK, Bohumír. Elektrotechnika a inteligentní budovy. Praha: ČVUT, 2014. Dostupné také z: <http://tzb2.fsv.cvut.cz/vyucujici/16/oppa/skripta-etb-garlik.pdf>
- [43] Vyhláška o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých. In: 343/2009. Praha, ročník 2009, částka 107, číslo 343, s. 4798-4812. ISSN 1211-1244.
- [44] MIADZVEZHANKA, Sergei, Atri BASU a Lourdes GINO. ASA Clientless Access with the Use of Citrix Receiver on Mobile Devices Configuration Example. Cisco [online]. 26-03-2014 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/security-vpn/webvpn-ssl-vpn/116742-configure-asa-00.html>
- [45] PRAVDA, Ivan. Mobilní a bezdrátové sítě [online]. 2015 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/236/03.html>. ČVUT.

## 8 Seznam zkratek

AN – Advantage™ Navigator

AOC – Advantage Operation Center

ASP – Application Service Providing

COM – Component Object Model

DCOM – Distributed Component Object Model

EPC – Energy Performance Contracting

GPRS – General Packet Radio Service

GSM – Global System for Mobile communications

HMI – Human to Machine Interface

HTTP – HyperText Transfer Protocol

HW – HardWare

I/O – Input/Output

IoT – Internet of Things

IRC – Individual Room Control

JSON – JavaScript Object Notation

KGJ – KoGenerační Jednotka

LED – Light-Emitting Diode

LTE – 3GPP Long Term Evolution

M2M – Machine to Machine

MaR – Měření a Regulace

OPC – Object linking and embedding for Process Control

PLC – Programmable Logic Controller

REST – REpresentational State Transfer

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition

SIM – Subscriber Identity Module

SMTP – Simple Mail Transfer Protocol

SW – SoftWare

SWP – SoftWare Proxy

TCP – Transmission Control Protocol

TUV – Teplá Užitková Voda

TZB – Technická Zařízení Budov

VBA – Visual Basic for Application

VPN – Virtual Private Network

## 9 Seznam příloh

Přiložené DVD obsahuje kompletní diplomovou práci ve formátu „.pdf“ a soubory související s každou vypracovanou kapitolou v zadání (např. makra, výsledné tabulky atd.)

Obsah DVD:

Adresář	Jméno souboru	Popis
./01	01 Domov na zámku - Bystré -MaR 02 - regulační schéma 2.pdf	Regulační schéma kotelny 1
./01	01 Domov na zámku - Bystré -MaR 02 - regulační schéma 2.pdf	Regulační schéma kotelny 2
./03	SDS.c	Program nahraný do SDS (možno otevřít v pozámkovém bloku)
./03	TTCPRO.c	Program nahraný do SDS (možno otevřít v pozámkovém bloku)
./04	trend_in.csv	Vzorový vstup pro skript pro práci s trendy
./04	trend_out.csv	Vzorový výstup skriptu pro SWP
./04	trendy.xlsm	Soubor s makrem pro práci s trendy
./04	dotazy REST.txt	Ukázka některých příkazů architektury REST
./04	trendy_irc_vyhodnoceni.xlsx	Vyhodnocení trendů z IRC
./05	brandys_makro.xlsm	Soubor s makrem pro práci s daty
./05	KGJ_Analyza_08_in_brandys.CSV	Vzorový vstup pro skript pro práci s daty v Brandýse
./05	KGJ_Analyza_08_out_brandys.csv	Vzorový výstup skriptu pro SWP
./05	zampach_makro.xlsm	Soubor s makrem pro práci s daty
./05	H52B6000_in_zampach.DBF	Vzorový vstup pro skript pro práci s daty v Žampachu
./05	H52B6000_out_zampach.csv	Vzorový výstup skriptu pro SWP
./00	Manuál Synco IC.pdf	Manuál pro potřeby koncových uživatelů vypracovaný autorem práce
./00	Diplomová práce.pdf	Diplomová práce

Tabulka 9.1: Seznam příloh



## 10 Seznam obrázků<sup>7</sup>

Obr. 2.1: Automatizační pyramida; Zdroj obrázku: <http://www.invilution.com/comprehensive-solution>

Obr. 2.2: Topologie IoT; Zdroj obrázku [\[14\]](#)

Obr. 3.1: Domov Na Zámku v Bystré; Zdroj obrázku: <http://www.dnzbystre.cz/2017>

Obr. 3.2: Brandýs nad Orlicí; Zdroj obrázku: <http://www.slantour.cz/foto/full/1144-.jpg>

Obr. 3.3: SPŠ stavební Rybitví; Zdroj obrázku: <http://www.spsstavebni.cz/fotogalerie>

Obr. 3.4: Žampach; Zdroj obrázku:

[http://www.uspza.cz/#utm\\_source=firmy.cz&utm\\_medium=ppd&utm\\_campaign=firmy.cz-1882464](http://www.uspza.cz/#utm_source=firmy.cz&utm_medium=ppd&utm_campaign=firmy.cz-1882464)

Obr. 4.1: MXPLC od firmy Domat; Zdroj obrázku: [\[21\]](#)

Obr. 4.2: Topologie připojení PLC k dalším zařízením; Zdroj obrázku: [\[21\]](#)

Obr. 4.3: SDS-MICRO DIN E; Zdroj obrázku: [\[31\]](#)

Obr. 4.4: Topologie zapojení měřiče SDS-MICRO DIN E; Zdroj obrázku: [\[31\]](#)

Obr. 4.5: Připojení centrály QAX903 na webserver OZW722; Zdroj obrázku: [\[22\]](#)

Obr. 4.6: SSA955; Zdroj obrázku: [\[22\]](#)

Obr. 4.7: Topologie připojení ke vzdálenému serveru přes aplikaci Citrix Reciever; Zdroj obrázku:

<http://www.thorlee.com/project2/2015/11/7/citrix-receiver>

Obr. 4.8: Proces přihlášení ke vzdálenému počítači přes službu Citrix Reciever; Zdroj obrázku: [\[44\]](#)

Obr. 4.9: Topologie procesní stanice s runtimem; Zdroj obrázku: [\[21\]](#)

Obr. 4.10: Uživatelské rozhraní softwaru SoftPLC

Obr. 4.11: Konfigurace vzdáleného připojení k PLC

Obr. 4.12: Vzdálené připojení k PLC

Obr. 4.13: Seznam aktualizovaných datových bodů včetně aktuálních hodnot

Obr. 4.14: Ukázka trendování pomocí SoftPLC

Obr. 4.15: Menu kotelny Bystré včetně hlavního ovládacího panelu aplikace Desigo Insight

Obr. 4.16: Object viewer (prohlížení datových bodů) v prostředí Desigo Insight

Obr. 4.17: Nastavení SWP

Obr. 4.18: Nastavení struktury parseru v SWP

Obr. 4.19: Topologie Synco™ IC; Zdroj obrázku: [\[22\]](#)

Obr. 4.20: Mapa ovládacích panelů v Synco™ IC

Obr. 4.21: Grafické uživatelské rozhraní Synco™ IC, Rybitví

---

<sup>7</sup> Pokud není uvedeno jinak, obrázky byly vytvořeny nebo pořízeny autorem práce

Obr. 4.22: Trendování teplot v Synco™ IC, Rybitví

Obr. 4.23: Topologie integrace měřičů do AN; Zdroj obrázku: [22]

Obr. 4.24: Mapa sledovaných objektů v AN

Obr. 4.25: Porovnání spotřeb tepla referenčního roku s aktuálním v AN, Bystré

Obr. 4.26: Modifikovatelná nástěnka aplikací pro kogeneraci v Přelouči v AN

Obr. 4.27: Seznam odečtů měřiče v AN, kalorimetr Rybitví

Obr. 4.28: Topologie OPC serveru a OPC klienta; Zdroj obrázku:

Obr. 4.29: OPC klient MatrikonOPC Explorer

Obr. 4.30: Topologie sítí GSM; Zdroj obrázku: [45]

Obr. 5.1: Konfigurace OPC serveru pro vytvoření klienta v SW SoftPLC

Obr. 5.2: OPC klient Desigo OPC import tool včetně aktuálně čtené hodnoty

Obr. 5.3: SCADA Menu

Obr. 5.4: SCADA Kotelna

Obr. 5.5: SCADA Rozdělovač

Obr. 5.6: Topologie odesílání e-mailů z PLC

Obr. 5.7: Webové rozhraní SDS

Obr. 5.8: Aktuální odečty na kalorimetru v administrativní budově

Obr. 5.9: Vizualizace odečtů z kalorimetrů

Obr. 5.10: Vizualizace odečtů z vodoměrů

Obr. 5.11: Ukázka webového portálu naměřených dat firmy ČEZ

Obr. 5.12: Elektroměr v Synco™ IC

Obr. 5.13: Dotaz na výpis zařízení v program ARC

Obr. 5.14: Dotaz na výpis trendu z řídicí jednotky umístěné v Jevíčku

Obr. 5.15: Google Sync

Obr. 5.16: Makro Žampach

Obr. 5.17: Brandýs nad Orlicí v prostředí AN

Obr. 5.18: Výpis teplot na zpátečce v Brandýse nad Orlicí v prostředí AN

# 11 Seznam tabulek

Tabulka 2.1: Srovnání vlastností IoT a klasického datového spojení

Tabulka 3.1: Seznam objektů

Tabulka 9.1: Seznam příloh