

# **Návrh řídicího a informačního energetického systému v průmyslovém prostředí**

Project of operating and information - energy system in industrial environment

Bc. Pavel Jasenský

---

Diplomová práce  
2007



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

**Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně**

Fakulta aplikované informatiky

Ústav automatizace a řídicí techniky

akademický rok: 2006/2007

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Pavel JASENSKÝ**

Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Automatické řízení a informatika**

Téma práce: **Návrh řídicího a informačního energetického systému v průmyslovém prostředí**

### **Zásady pro vypracování:**

Předmětem diplomové práce je návrh technického řešení řízení a monitorování vybraných technologických procesů a procesů vytápění a ohřevu TUV v průmyslovém prostředí.

Technologická zařízení jsou především vybraná zařízení na tepelné zpracování výrobků, včetně energetických přidružených procesů (ohřev, chlazení) s využitím odpadního tepla, vytápění a ohřevu TUV.

Návrh bude obsahovat řízení a monitorování procesů, včetně návrhu přenosu dat, přístupových práv, s využitím přístupu z internetu. Provedení: Analýza, návrh software, návrh hardware, základní dokumentace.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tisková/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1/ Schramek,R.: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. R. Oldenbourg Verlag, 1994

2/ Bašta, J.: Hydraulika a řízení otopných soustav. ČVUT Praha, 2003

3/ Topenišská příručka. GAS Praha, 2001

4/ Firemní literatura Honeywel, Sneider Electric, AMIT, TECO, LDM, Siemens

5/ Příručka k programu Control Web

6/ Mykyška,L., Šebek,J.: Chladicí věže. SNTL Praha, 1989

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Martin Zálešák, CSc.**

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

**13. února 2007**

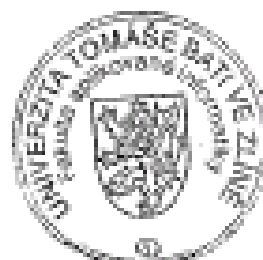
Termín odevzdání diplomové práce:

**24. května 2007**

Ve Zlíně dne 13. února 2007

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

ředitel ústavu

## **ABSTRAKT**

Předmětem práce je návrh řídicího a informačního energetického systému v průmyslovém prostředí. Systém je navržen za účelem monitorování a řízení vybraných technologických procesů pro potřeby firmy s využitím moderních a přesných výrobků od autorizovaných výrobců, kombinované s otevřeným komunikačním standardem na bázi lokální sítě. Text obsahuje porovnání vybraných systémů včetně funkčních principů techniky měření. Na základě porovnání je uvedeno vlastní konkrétní řešení podle zadání.

Klíčová slova: informační systém v průmyslu, Control Web, Lon Works, vizualizace.

## **ABSTRACT**

The subject of the paper is a design of operating and information-energy system in industrial environment. The system is designed for monitoring and control of selected technological processes for the purposes of the industrial firm, by using modern precise products from authorized producers, combined with an open-communication standard based on the local network. Based on the comparisons of the systems, the solution according to task is stated in the enclosed work.

Keywords: information-energy system, Control Web, Lon Works, visualization.

Touto cestou bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Martinu Zálešákovi CSc. za odborné vedení, pomoc a připomínky při řešení dané problematiky. Dále vedoucímu údržby firmy za poznatky z průmyslové praxe, kterého nemůžu jmenovat. V neposlední řadě patří poděkování mojí matce a bratrovi za morální podporu při vzniku tohoto díla.

Prohlašuji, že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně

.....  
Podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 OTEVŘENÉ SYSTÉMY V AUTOMATIZACI BUDOV</b> .....	<b>11</b>
1.1 FUNKČNÍ ÚROVNĚ .....	11
1.1.1 Úroveň řídicí centrály.....	11
1.1.2 Úroveň řídicích podstanic .....	11
1.1.3 Úroveň polní instrumentace .....	12
1.2 STANDARDY OTEVŘENÝCH SYSTÉMŮ .....	12
1.2.1 Sběrnice LonWorks.....	12
1.2.1.1 Obecné informace .....	12
1.2.1.2 Výhody a využití sítě LonWorks .....	13
1.2.1.3 Hlavní elementy a standardy využívané v síti LonWorks.....	14
1.2.1.4 Základní vlastnosti sítě LonWorks .....	14
1.2.1.5 Komunikace s aplikacemi na PC .....	15
1.2.1.6 Vývojové prostředky.....	17
1.2.1.7 český modulární systém pro LonWorks.....	17
1.2.2 Sběrnice KNX .....	17
1.2.2.1 Základní charakteristika.....	18
1.2.2.2 Použití .....	19
1.2.2.3 Struktura komunikaceKNX .....	19
1.2.2.4 Hlavní prvky sítě KNX .....	20
1.2.2.5 Fyzická a Linková vrstva .....	20
1.2.2.6 Síťová a Transportní vrstva .....	22
1.2.2.7 Struktura sítě - adresovací systém.....	22
1.2.2.8 Komunikační KNX rámec (KNX Frame).....	23
1.2.2.9 Aplikační vrstva.....	24
1.2.2.10 Aplikační modely, datové body jejich provázání.....	24
1.2.2.11 Datové body a distribuované aplikace .....	25
1.2.2.12 Profily .....	25
1.2.3 M – Bus .....	26
1.2.3.1 Základní charakteristika.....	26
<b>2 MĚŘICÍ PŘÍSTROJE, HARDVARE, SOFTWARE</b> .....	<b>28</b>
2.1 MĚŘICÍ PŘÍSTROJE .....	28
2.1.1 Měření výšky hladiny pomocí ultrazvuku .....	28
2.1.2 Měření průtoku a množství tekutin .....	29
2.2 HARDWARE .....	30
2.2.1 Hardwarová struktura uzlu .....	30
2.3 SOFTWARE.....	31
2.3.1 Co je Control Web? .....	32
2.3.2 Podpora hardware.....	32
2.3.3 Podpora otevřených protokolů .....	32
2.3.4 Podpora otevřených standardů .....	33
2.3.5 Schopnost práce v distribuovaném prostředí .....	33

2.3.6	Podpora jazyků a kódování .....	34
2.3.7	Podpora platforem .....	34
2.3.8	Trvalý provoz .....	34
2.3.9	Řízení přístupu uživatelů.....	35
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>36</b>
<b>3</b>	<b>NÁVRH ŘÍDÍCÍHO A INFORMAČNÍHO ENERGETICKÉHO SYSTÉMU.....</b>	<b>37</b>
3.1	ZADÁNÍ .....	37
3.1.1	Okrajové podmínky .....	37
3.1.2	Rozbor problému.....	37
3.1.3	Stávající stav .....	38
3.2	OBECNÝ ROZBOR.....	38
3.2.1	Existující řešení a jejich hodnocení.....	39
3.2.1.1	Nestandardní řešení malých firem .....	39
3.2.1.2	Otevřená řešení založená na standardech.....	39
3.2.2	Zhodnocení a dílčí závěry .....	40
3.3	NÁVRH ŘEŠENÍ .....	40
3.3.1	Technické parametry řešení.....	40
3.3.1.1	Výběr technologie .....	40
3.3.1.2	Popis řešení .....	40
3.3.1.3	Návrh plynoměru .....	42
3.3.1.4	Návrh vodoměru .....	43
3.3.1.5	Návrh teploměrů .....	44
3.3.1.6	Síť LON Works.....	44
3.3.1.7	Model OSI.....	46
	Linková vrstva OSI modelu (Data Link OSI layer).....	46
	Síťová vrstva OSI modelu (Network OSI layer) .....	46
	Transportní vrstva OSI modelu (Transport OSI layer).....	46
	Relační vrstva OSI modelu (Session OSI layer).....	47
	Prezentační hladina OSI modelu .....	47
	Aplikační vrstva OSI modelu .....	47
3.3.1.8	Schéma řešení .....	48
3.3.1.9	Schéma návrhu měřicích zařízení .....	52
3.3.1.10	Návrh vizualizačního software .....	54
3.3.1.11	Návrh přístupových práv do aplikace s využitím přístupu přes internet	58
3.4	POUŽITÁ ZAŘÍZENÍ.....	60
3.4.1	Turbínový plynoměr typ TZ.....	61
3.4.1.1	Obecně .....	61
3.4.1.2	Konstrukce a popis funkce.....	62
3.4.1.3	Charakteristiky a funkce .....	62
3.4.1.4	Mazání plynoměru .....	63
3.4.1.5	Vybavení plynoměru .....	63
3.4.1.6	Příslušenství .....	64
3.4.2	Vodoměr.....	64
3.4.2.1	Dálková komunikace .....	65

3.4.3	Teploměř .....	66
3.4.4	Hlídač spotřeby tlakového vzduchu SD2000 .....	67
3.4.5	Instalační stykače Merlin Gerin CT .....	67
3.4.6	Ultrazvukový hladinově Dinel ULM-55_-06.....	68
3.5	UDRŽITELNOST ŘEŠENÍ A MOŽNÝ ROZVOJ.....	69
3.6	TECHNICKÁ PROVEDITELNOST A ZÁKLADNÍ PARAMETRY ŘEŠENÍ.....	69
<b>4</b>	<b>DOPLŇUJÍCÍ PARAMETRY PROJEKTU.....</b>	<b>70</b>
4.1	EKONOMICKÉ HODNOCENÍ PROJEKTU .....	70
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>72</b>
<b>CONCLUSION .....</b>		<b>73</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>		<b>74</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>76</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>		<b>78</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>		<b>80</b>



## ÚVOD

V dnešní době nastává obrovský rozmach automatizace budov pomocí různých distribuovaných systémů řízení.

Aby systémy nebyly omezené pouze na jednoho vývojáře, implementátora či distributora, vznikla dohoda několika firem na vývoji univerzálních systémů tak, aby byly kompatibilní z hlediska komunikace s více zařízeními, které by mohla vyvíjet libovolná firma zabývající se danou problematikou. Tyto systémy se nazývají otevřené a je na ně možné začlenit jakýkoliv prvek, ať už ovládací, nebo snímací za předpokladu, že bude podporovat daný průmyslový standard.

Mezi přední dodavatele otevřeného systému je americká firma Echelon se standardem LonWorks. Sdružení podporující systém LonWorks se nazývá LonMark, do něhož je začleněno více než 3 000 firem z celého světa. Mezi přední představitel na trhu měřicí, ovládací nebo komunikační techniky patří firmy Schneider Electric, Honeywell a v neposlední řadě Johnson Controls. Mezi české dodavatele technologie Lonworks patří firma ATD Praha, spol. s r.o. s modulárním systémem LONET.

Dalším standardem na trhu je evropský Konnex BUS. Ta sdružuje tři existující technologie sběrnic EIB (European Installation Bus), BatiBus a EHS (European Home System). Konnex tak umožňuje komunikaci mezi mnoha přístroji od různých výrobců. Jedna s firem využívající tento standard je např. Siemens.

Dalším otevřeným systémem na trhu je M-Bus. Ten je určen pro aplikace sběru dat z měřičů odběru nejrůznějších médií (například pitné a užitkové vody, plynu, tepla, elektrické energie). Je vyvíjen ve spolupráci University Padeborn a firmy Texas Instruments Německo.

Cílem této práce je zasvětit čtenáře do problematiky otevřených systémů s ukázkou praktického návrhu s kompatibilními zařízeními a návrhu vizualizace na manažerské úrovni pomocí SCADA software.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 OTEVŘENÉ SYSTÉMY V AUTOMATIZACI BUDOV

## 1.1 Funkční úrovně

### 1.1.1 Úroveň řídicí centrály

Typické vybavení řídicí centrály jsou servery, počítače, pracovní stanice a jiná komunikační zařízení včetně nezávislého BMS software.

Software řídicí centrály BMS (Building Management System) je základem pro řízení systému. A má obvykle tyto funkce:

- databáze
- zobrazování grafiky s aktuálními hodnotami veličin
- registrace trendů
- zabezpečení před neautorizovaným přístupem a jiné

Při porovnávání softwaru BMS od různých výrobců je nutno vzít v úvahu funkce tohoto software, jakož i uživatelského pohodlí.

V současné době všechny systémy řízení používají na úrovni řídicí centrály protokol TCP / IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). Tyto úrovně založené na protokolu TCP/ IP mohou být součástí podnikové sítě (intranetu) nebo internet obsahovat. K předávání informací mezi tímto protokolem a systémem řízení budov je nutné zařízení Router IP. Ten může odesílat data na jiné routery nebo jen do počítače.

### 1.1.2 Úroveň řídicích podstanic

Podstanice a regulátory zpracovávají informace a realizují řídicí algoritmus. Mezi jejich typické vybavení se řadí konfigurovatelné regulátory pro konkrétní účely, volně programovatelné podstanice a brány (gateway) pro překlad protokolů.

Regulátory pro konkrétní účely bývají zpravidla naprogramovány výrobcem. Toto ve většině případů nelze změnit. Pouze vyžaduje konfiguraci většinou řídicích a časových konstant a modifikaci funkcí. Dalším hardware na této úrovni jsou programovatelné podstanice, které naopak neobsahují žádný software (ve většině případů). Ten je nutné zavést dle příslušné aplikace a tvoří se libovolně pomocí vhodných softwarových nástrojů.

### 1.1.3 Úroveň polní instrumentace

Snímače a čidla dodávají do podstanic informace, naopak pohony realizují řídicí signály s podstanic. Mezi polní instrumentaci se řadí snímače, čidla, nástěnné moduly, ventily a všechna přímo řízená zařízení.

## 1.2 Standardy otevřených systémů

V současné době je k dispozici mnoho otevřených standardů, které si mezi sebou konkurují. K tomu dochází nejméně na třech úrovních:

- komerční: počet výrobců využívající daný standard nebo počet komerčně dostupných výrobků
- technické: technické možnosti a použití pro různé účely
- formální: akceptace standardizačních organizací (ISO, CEN, ANSI)

V následujících kapitolách budou pro přehled vybrané standardy popsány.

### 1.2.1 Sběrnice LonWorks

Jeden s nejlepších a nejvšestrannějších systému pro využití v automatizaci budov. Tato technologie viz [10] nabízí univerzální komunikaci po libovolném vedení včetně RS-485, síťového rozvodu 230V nebo kabelové televize. Tím je vhodný nejen pro řízení spotřebičů a automatizaci budov (klimatizace, topení, světlo apod.), ale i dálkové odečty měřičů energií nebo regulaci v průmyslu.

#### 1.2.1.1 Obecné informace

Technologii LonWorks vyvinula firma Echelon v letech 1989 až 1992 ve spolupráci s firmami Toshiba a Motorola, přičemž v roce 1992 byla uvedena na trh. Ta vychází z obecné definice sítě zvané Local Operating Networks (LON), tj. místní datová síť. Ty jsou obecně složeny z inteligentních zařízení a uzlů, které jsou propojeny jedním či více komunikačními médii a komunikují spolu jedním komunikačním protokolem. Uzly jsou naprogramovány na vysílání zpráv při změně různých stavů a podmínek nebo jako reakci na přijatou zprávu. Samotný Echelon nabízí velké množství hardwarových i softwarových komponent pro vystavění distribuované sítě LonWorks. Technologie je však již přijata

mnoha výrobci a komponenty dnes už vyrábí a podporuje i tisíce dalších firem (okolo 3000 firem po celém světě) včetně výrobců a distributorů v ČR.

### *1.2.1.2 Výhody a využití sítě LonWorks*

Díky univerzálnosti a otevřené formě lze síť LonWorks použít v libovolné aplikaci od oblasti supermarketů až výrobní továrny, od aut přes železniční dopravu až po letadla, od řízení spotřebičů bytů či malých domácností až po mrakodrapy. Stačí použít správné existující rozhraní pro komunikaci s uzlem nebo naprogramovat volné I/O piny uzlu sítě na libovolné nově vzniklé rozhraní pro komunikaci s daným zařízením, CPU nebo senzorem. Nadneseně řečeno, LonWorks umožňuje přenos dat odkudkoliv, kamkoliv a po čemkoliv. Síť LonWorks se přisuzuje dynamický rozmach srovnatelný s Internetem. Některé výhody a příklady využití:

- řízení a automatizace budov - výtah, klimatizace, topení, zapínání / vypínání osvětlení a jiných libovolných zařízení, zabezpečovací zařízení, protipožární ochrana
- řízení domácích spotřebičů
- sledování spotřeby energií - odečty elektroměrů, plynoměrů, vodoměrů a spotřebičů tepla
- telekomunikace, metropolitní sítě, přenosu zvuku
- dálkové řízení libovolných procesů
- řízení v oblasti dopravy
- bezpečnostní zařízení
- měření a Regulace (MaR)
- HMI (Human-Machine Interface) - přenos a přímé zpracování dat od libovolných senzorů, klávesnic a zobrazení na displejích, LED apod.
- ovládání akčních členů / atenuátorů - motory, topná tělesa, sirény apod
- nízké instalační nároky - lze využít stávající přenosová média, příp. napájecí síťové kabely, kabelová televize nebo i Internet
- vysoká spolehlivost a zabezpečení sítě – speciální autentizační algoritmus
- dobrá flexibilita

- kvalitní diagnostické možnosti - díky inteligentním uzlům sítě
- případné jednoduché programování ->možnost naprogramovat a vytvořit vlastní interface a aplikaci
- 2 až 32000 zařízení připojených v síti
- Peer-to-peer architektura (P2P)
- komunikace Master / Slave
- interface pro RS-232, RS-485, VME, ISA, PCI atd

### ***1.2.1.3 Hlavní elementy a standardy využívané v síti LonWorks***

Hlavní a základní komponenty sítě LonWorks jsou:

- LonTalk protocol
- Neuron chipy
- LONWORKS transceivery
- Network management a aplikační software

Uvedené elementy v sobě zahrnují následující standardy:

- IFSF, CEN TC247, IEEE P1473.1 Rail Transit
- EIA 709.1 (LonTalk protokol)
- EIA 709.2 (FTT10 tranceiver)
- EIA 709.2-A-2000 (PLT22 power line tranceiver)

### ***1.2.1.4 Základní vlastnosti sítě LonWorks***

Síť LonWorks využívá peer-to-peer architektury (přímá komunikace systémem uzal-uzal) s prioritním systémem zasílání zpráv. Základem sítě LonWorks je inteligentní uzal, tzv. node, který je založen na speciálních mikrokontrolérech, nazývané Neuron chip, na němž běží LonTalk protokol. Komunikační model je nezávislý na fyzickém přenosovém médiu a na topologii sítě.

První vlastnost je docílena díky nezávislosti Neuron chipu na typu tranceiveru, který zprostředkovává jeho propojení s daným fyzickým médiem. Tak lze fyzicky pakety přenášet libovolným způsobem například využitím zkrouceného páru vodičů (twisted pair wires), radiového přenosu (RF links), optických vláken, koaxiálního kabelu, nebo i

napájecím výkonovým vedením a síťovými rozvody 230/400V. Využít lze i již natažené kabelové televize.

Druhá vlastnost je docílena díky použitím architektury peer-to-peer pro řízení přenosu a směrování paketů. Konkrétní použitá topologie je tak závislá na použitém transceiveru, ne na komunikačním modelu. Prioritní systém je řešen obsahem několika I/O bufferu v Neuron chipu, aby se v případě potřeby mohlo pozastavit vyslání zprávy s nižší prioritou z důvodu okamžitého a přednostního vyslání zprávy s prioritou vyšší.

Samotné řízení přenosu a směrování paketů (zpráv) provádí LonTalk protokol, který tvoří firmware každého Neuron chipu. Identifikace uzlu a tím adresace v síti je provedena unikátním 48 bitovým identifikátorem, tzv. Neuron ID, uloženého v EEPROM každém Neuron chipu. Každý Neuron chip může provádět i jednoduchá zpracování dat například ze senzorů, která jsou připojena na jeho I/O piny. Chip se pro tyto účely programuje prostřednictvím jazyka Neuron C, který je syntaxí založen na programovacím jazyku C standardu ANSI.

Každý uzel může být připojen k síťovému nástroji pro management (network management tool). Uživatel může řídit operační mód daného uzlu přes síťové řídicí příkazy (network management commands). Tím je možné provádět tyto operace:

- načíst nebo vyměnit řídicí konfiguraci uzlu
- změnit parametry konfigurace uzlu
- softwarově připojit a odpojit přístup na sběrnici (do sítě)
- přijímat a vysílat data na sběrnici

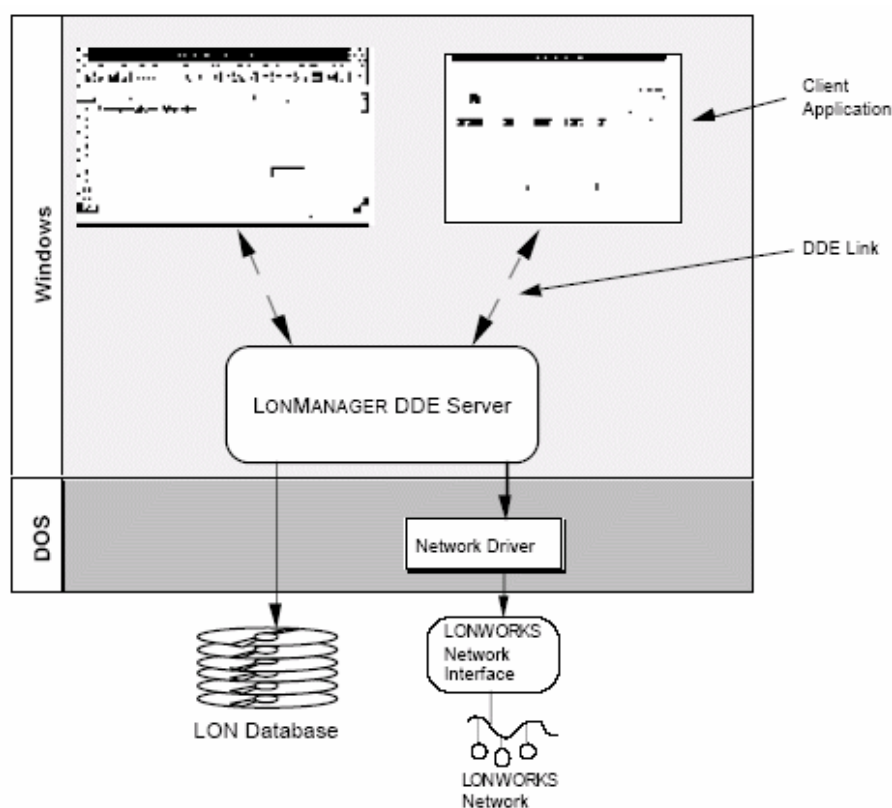
Všechny tyto funkce jsou automaticky podporovány firmwarem uzlu. Ten tvoří operační systém uzlu k vykonávání aplikačního programu, předávání dat potřebné pro vzájemnou komunikaci mezi uzly (s jiným Neuron chipem) a provozuje lokální 11-pinový I/O blok neuron chipu.

### ***1.2.1.5 Komunikace s aplikacemi na PC***

Technologie LonWorks podporuje dva druhy propojení aplikací běžící na PC v OS Windows:

- DDE Server (Dynamic Data Exchange Server)
- Device/User Interface/Network Management Application Programming Interface (API)

DDE definuje standardní cestu, jak mohou Microsoft Windows aplikace sdílet data s jinou aplikací. Takové aplikace jsou například Microsoft Excel, Microsoft Visual Basic, National Instruments LabVIEW nebo Wonderware InTouch. Jejich prostřednictvím je pak možné monitorovat a modifikovat komunikaci v síti LonWorks. Obrázek (viz *Obr. 1*) ukazuje dvě aplikace (klienti) komunikující přes DDE s Echelon DDE Server a jejich propojení se sítí. Dá se říct, že tvoří interface mezi Windows aplikacemi a LonWorks.



*Obr. 1: Komunikace LonWorks s aplikacemi pro OS Windows*

Echelon Application Programming Interface (API) poskytuje programátorům komplexní knihovnu sítě a základních datových prostředků. Tím umožňuje volně vývojářům připravovat aplikace. API obsahuje konfigurační a monitorovací funkce uzlu (Neuron chipu) jakými jsou například multi-channel, multi-media a router management služby.



### *1.2.1.6 Vývojové prostředky*

K vyváření aplikací pro LonWorks síť je potřeba vývojový software. To splňuje NodeBuilder Development System pro PC s OS Windows dodávaný firmou Echelon. Ta poskytuje v klasickém prostředí oken vývojové prostředí a překladač pro aplikace psané v jazyku Neuron C, Neuron C debugger, prohlížeč síťových proměnných a zpráv, program loader pro načítání nové aplikace do Neuron chipu, DDE Server pro programy OS Windows a mnoho konfiguračních utilit pro řízení uzlu. V nabídce jsou i vývojové kity a LonTalk interface.

### *1.2.1.7 český modulární systém pro LonWorks*

Pražská firma ATD s.r.o společně s ZPA CZ s.r.o Trutnov nabízí pod názvem LONET modulární systém pro síť LonWorks. Tento systém zajišťuje snímání veličin, monitorování stavů, řízení, regulaci a sběr dat po libovolném médiu, například po elektrorozvodné síti 230V. Každá jednotka Lonet obsahuje základní desku s neuron chipem a interface pro komunikaci po daném médiu s ostatními jednotkami. Deska obsahuje i napájecí zdroj. Dále je zde aplikační interface, který vytváří požadované propojení s okolím, tzn. analogové a digitální I/O, reléové výstupy a rozhraní na M-Bus, RS-232, RS-485 apod.

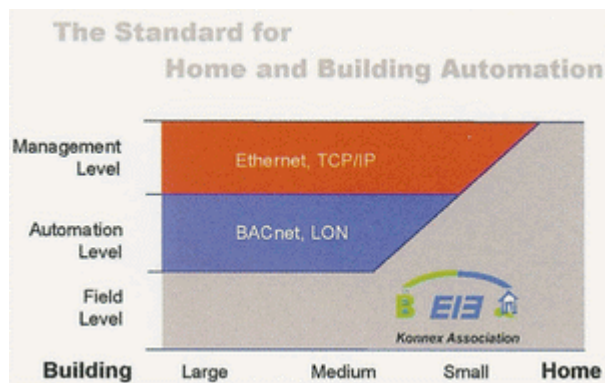
## **1.2.2 Sběrnice KNX**

Tento systém otevřeného standartu se stále rozvíjí a nemá tak všestranné použití jako výše zmíněný LonWorks. Jedná se evropský standard.

Pro stále sofistikovanější regulaci a automatické elektronické řízení provozu budov je pro vzájemnou komunikaci jednotlivých zařízení a senzorů nutné použít dostatečně robustní a zároveň všestrannou sběrnici.

Patrně mezi nejznámější sběrnice pro tzv. elektronické řízení budov je výše zmíněná LonWorks,. Ta je svojí rozsáhlou a sofistikovanou strukturou spíše vhodná pro větší a složitější aplikace. Pak jsou tu i další standardy, které nejsou tak známé, ale také je v celosvětovém měřítku podporuje mnoho firem a lze na ně připojit široké spektrum zařízení. Do této skupiny patří i dále popisovaná sběrnice Konnex bus, zkráceně KNX viz [11]. Ta sdružuje tři existující technologie sběrnic EIB (European Installation Bus), BatiBus a EHS (European Home System). Konnex tak umožňuje komunikaci mezi mnoha přístroji od

různých výrobců. Zařízení vhodná pro přímé napojení jsou označena logem KNX. Zajímavý je princip modelování aplikací pomocí tzv. datových bodů, vzájemně logicky propojených a předdefinovaných profilů zařízení.



Obr. 1. Vhodnost použití sítě KNX (Konnex) v závislosti na velikosti řízené budovy

### 1.2.2.1 Základní charakteristika

Charakteristické rysy standardní konfigurace lze shrnout do následujících bodů:

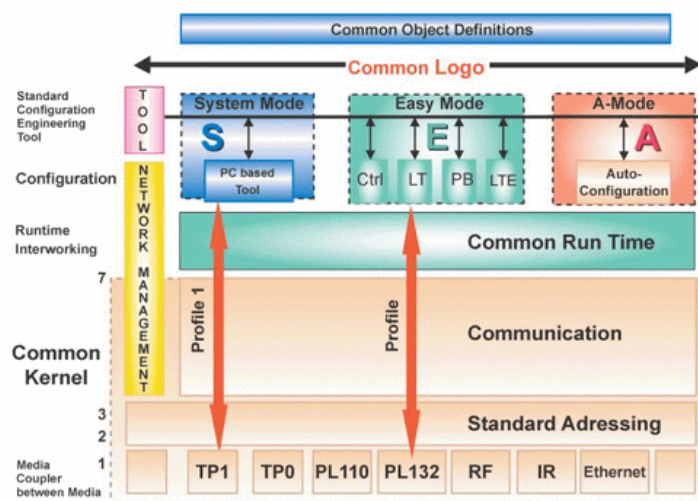
- Přenos dat s různou rychlostí 1.2, 2.4, 4.8, 9.6 nebo 32 kb/s, v závislosti na použitém komunikačním médiu
- Maximální velikost sítě (end-to-end network distance ): 1000 m
- Maximální vzdálenost mezi připojenými zařízeními: 700 m
- Možnost napájení jednotek po sběrnici
- Adresace v celé síti až přes 65 tisíc jednotek, až 256 v každé podsíti
- Datové pakety s volitelnou délkou 14 nebo 248 bajtů
- Segmentace pro vytváření rámců z větších bloků dat
- Point-to-point (peer-to-peer) komunikace s možností režimu Multicast a Broadcast
- Využití různých přenosových standardů na 1. a 2. (Fyzické a Linkové) vrstvě OSI modelu (EIB, BatiBus atd.)
- KNX (Konnex Bus) plně definuje síťovou, transportní a aplikační vrstvu, hierarchii adresování, strukturu uzlů a komunikujících zařízení

### 1.2.2.2 Použití

- řízení a automatizace budov - klimatizace, topení, zapínání / vypínání osvětlení a jiných libovolných zařízení
- zabezpečovací zařízení
- protipožární ochrana
- dálkové řízení libovolných procesů
- řízení v oblasti dopravy
- bezpečnostní zařízení
- měření a Regulace (MaR)
- HMI (Human-Machine Interface) - přenos a přímé zpracování dat od libovolných senzorů, klávesnic a zobrazení na displejích, LED apod.
- ovládání akčních členů / atenuátorů - motory, topná tělesa, sirény apod.

### 1.2.2.3 Struktura komunikace KNX

Sběrnice KNX specifikuje mnoho mechanismů a vlastností, které ji umožňují adaptovat na většinu aplikací z oblasti řízení budov. Následující obrázek (viz. *Obr. 2*) ukazuje přehled modelu standardu KNX. Tento model je složen z bloků komponent formující síťovou komunikaci a rozhraní aplikace.



Ctrl = Controller Approach LT = Logical Tag (e.g Code Wheel) PB = Push Button approach LTE = Logical Tag extended

Obr. 2: Struktura standardu KNX

#### 1.2.2.4 Hlavní prvky sítě KNX

- **Common Object Definitions** - vzájemně propojené distribuované aplikační modely pro zpracování a přizpůsobení různých úloh z oblasti automatizace domácností a budov
- **Configuration Tools** - schémata pro konfiguraci a přesné řízení všech síťových zdrojů a pro povolení logického propojení částí distribuovaných aplikací, běžící na různých uzlech. Struktura KNX je zde založena na tzv. konfiguračních módech.
- **Communication - KNX Common Kernel** - komunikační systém, který spravuje komunikaci po fyzickém médiu, protokol zpráv a příslušné modely v komunikačním stacku každém módu. Zároveň podporuje a vyřizuje všechny komunikační požadavky pro konfiguraci a řízení instalace, stejně jako běžících distribuovaných aplikací.
- **Média coupler** - konkrétní hardwarové provedení rozhraní pro připojení a přístup zařízení na zvolený typ komunikačního média

#### 1.2.2.5 Fyzická a Linková vrstva

KNX systém je z pohledu volby fyzické vrstvy nezávislý a umožňuje volit z několika známých standardů i je vzájemně kombinovat v jedné KNX síti. Linková vrstva poskytuje konkrétnímu zařízení řízení přístupu na médium a základní řízení navázání vzájemné komunikace. Její provedení a funkce je přímo závislá na médiu, připojeného k jednotce.

##### **Použit lze následující fyzická přenosová média:**

Zkroucené páry (Twisted pair) - metalické vodiče - v rámci standardu KNX existují dvě definovaná provedení, které však mají společné vlastnosti v podobě napájení a přenosu dat po jednom společném páru, asynchronní přenos dat poloduplexním systémem:

- TP0 - médium převzaté ze standardu BatiBus - definovaná komunikační rychlost 4.8 kbit/s, přístup na sběrnici CSMA/CA
- TP1 - médium převzaté ze standardu EIB - definovaná komunikační rychlost 9.6 kbit/s, přístup na sběrnici CSMA/CA

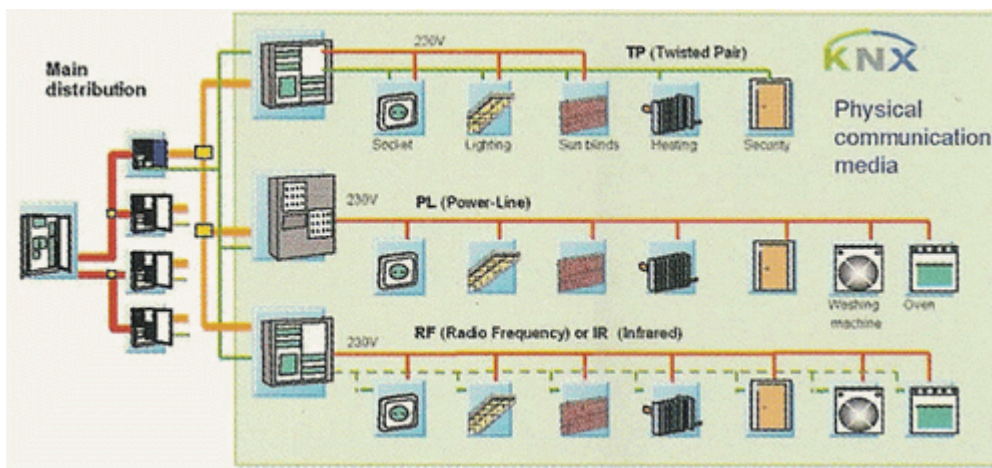
Napájecí (síťové) vedení (Power line) - metalické vodiče - v rámci standardu KNX existují dvě definovaná provedení, které však mají společné vlastnosti v podobě kódování komunikace SFSK (Spread frequency shift keying) a asynchronní přenos dat poloduplexním systémem:

- PL110 - médium převzaté ze standardu EIB - definovaná komunikační rychlost 1200 bit/s, nosná přenosová frekvence 110 kHz, přístup na sběrnici CSMA
- PL132 - médium převzaté ze standardu EHS - definovaná komunikační rychlost 2400 bit/s, nosná přenosová frekvence 132 kHz, přístup na sběrnici CSMA

Radiový přenos (RF = Radio Frequency) - bezdrátový - plně specifikovaná standardem KNX umožňuje bezdrátovou komunikaci na frekvenci 868 MHz, kódovanou systémem FSK (Frequency Shift Keying), jednosměrný nebo poloduplexní obousměrný přenos dat rychlostí 32 kbit/s a metodou přístupu CSMA. Médium na úrovni linkové vrstvy je specifikováno standardem CEN TC294 for metering, aby bylo schopné sdílet různé hardwarové platformy. RF přenos pak splňuje ERC doporučení ERC/REC 70-03 and ETSI European Standard ETS 300-220.

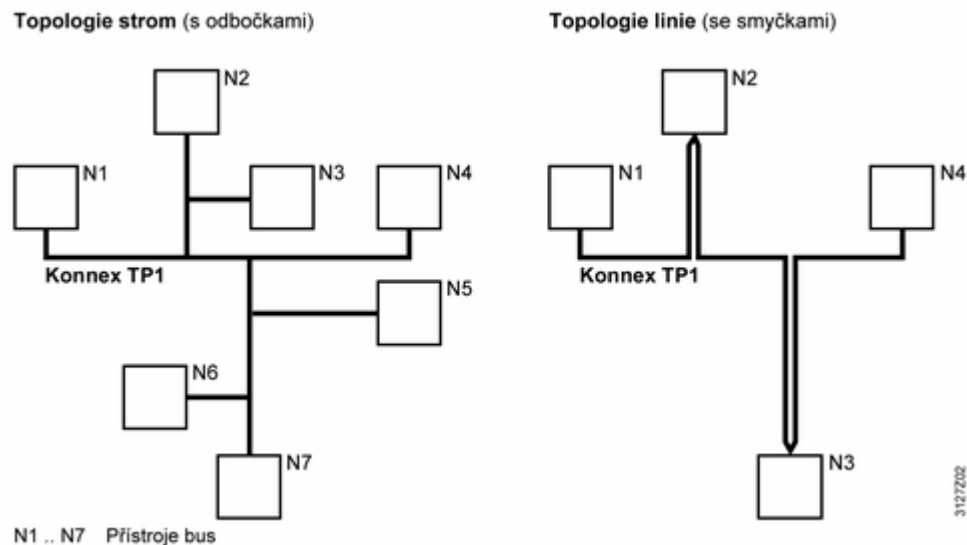
Infračervený přenos (Infra) - bezdrátový - byl plně převzat ze standardu EIB

Mimo výše vyjmenovaná média lze díky unifikovaným KNX službám použít i média, jejichž založená na IP komunikaci, jako jsou Ethernet IEEE 802.2, Bluetooth, WiFi /Wireless LAN (IEEE 802.11) nebo FireWire (IEEE 1394). Využívá se k tomu tzv. ANubis mód (Advanced Network for Unified Building Integration & Services).



Obr. 3: Příklady možností volby fyzického komunikačního média

Fyzická topologie je závislá na volbě média, ale například v případě použití TP (twisted pair) je možné vytvořit sběrnicovou, stromovou i hvězdicovou strukturu propojení – viz Obr. 4. Pouze kruhová topologie není nepřijatelná. Přestože celková maximální délka všech vodičů v jedné linii může být až 1000 m, maximální vzdálenost mezi dvěma sousedními přístroji může být maximálně 700 m. Pokud navíc je připojený přístroj napájen po sběrnici, nesmí se nacházet dále než 350 m.



Obr. 4: Příklady topologie využívající médium TP 1

#### 1.2.2.6 Síťová a Transportní vrstva

Zatímco síťová vrstva provádí segmentaci rámců a řízení jejich směrování v síti, transportní vrstva vytváří komunikačních propojení mezi komunikujícími uzly a řídí vyslání a příjem dat.

#### 1.2.2.7 Struktura sítě - adresovací systém

KNX je plně distribuovaný systém, ve kterém může vzájemně komunikovat až 65 536 zařízení/uzlů pomocí 16bitového adresování. Celá síť Konnex se skládá ze tří úrovní. Nejvyšší úroveň je centrální / páteřní linie (backbone line) s 15 hlavními liniemi (main line - střední úroveň) a na každou z nich může být napojeno dalších 15 linií (spodní úroveň - podsítě). Struktura podsítě umožňuje připojit až 256 zařízení na jednu linku, které mohou být spolu s hlavní linií a částí páteřní sběrnice zahrnuty do jedné skupiny zvané zóna 1 až 15 (area 1 až 15). Tříúrovňová struktura sítě však vyžaduje oddělovače zón (area coupler) a linií (line coupler). Bez nich je struktura sítě omezena jen na jednu linii (páteřní) s

maximálně 256 připojenými jednotkami. KNX volitelně umožňuje i integraci podsítě přes IP.

Logická topologie odráží číselnou strukturu individuálních adres, které jedinečně identifikují příslušný uzel v síti. Při komunikaci po napájecím vedení jsou sousední domény logicky separované 16bitovou doménovou adresou. Bez adres rezervované pro spojovací zařízení (couplers) je možné připojit  $(255 \times 16) \times 15 + 255 = 61\,455$  koncových zařízení k síti KNX. Instalační omezení mohou záviset na konkrétní implementaci (médium, typy vysílačů / přijímačů, kapacita napájecího vedení) a na faktorech okolního prostředí (elektromagnetického rušení apod.). Při bezdrátové komunikaci prostřednictvím radiového přenosu (RF komunikace) může znemožnit rozšířené adresování vzájemné rušení sousedních jednotek.

KNX definuje i různé važební členy, které je možné použít pro segmentaci sítě nebo vzájemného propojení linek typu zkrouceného páru vodičů (TP médium) s jinými médii. Použít lze opakovače, mosty, směrovače, paketové filtry, ochranné firewally apod.

#### **1.2.2.8 Komunikační KNX rámec (KNX Frame)**

Pro přenos dat se využívá KNX rámce, který definuje a přenáší všechna potřebná data a informace zajišťující správnou komunikaci jednotek a zařízení. Jeho standardní délka může být až 22 bajtů. První bajt (octet 0) obsahuje řídicí pole, které definuje prioritu rámce a rozlišuje mezi standardním a rozšířeným (extended) módem. Po něm následuje individuální adresa konkrétního zdroje rámce (Source Address) a individuální (unicast komunikace point-to-point) nebo skupinová (multicast komunikace) cílová adresa (Destination Address). Typ cílové adresy je určeno speciálním polem - Address Type & NPCI& length. Toto pole zároveň definuje tzv. hop counter = čítač přeskoků a délku rámce. Čítač přeskoků (průchodů) je dekrementován při každém průchodu routerem a tím se zamezí obíhání rámce v nekonečném kruhu. Jestliže se dekrementované číslo rovná nule, je rámec skartován.

Pak již následují pole, které definují vlastnosti transportní vrstvy a vyšších. Oktet číslo 6, označený jako TPCI (Transport Layer Protocol Control Information), řídí komunikaci mezi transportními vrstvami, tzn. navazuje a udržuje point-to-point spojení. Naopak oktet označený jako APCI (Application Layer Protocol Control Information) udává aplikační vrstvě, co se má následně provést, tzn. určuje službu aplikační vrstvy, která je dostupná pro

daný typ adresování a komunikačním módu a která má být vykonána (např. příkazy: přečti (Read), zapiš (Write), odpověz (Response), apod.).

V závislosti na adresovací schématu a hodnotě APCI může standardní rámec nést až 14 bajtů dat. V případě, že má být přenesen větší "balík" dat, provádí se jejich segmentace. Tento princip přenosu dat je kompatibilní se sběrnici EIB. Rozšířený rámec může přepravit až 248 bajtů dat. Poslední pole obsahuje kontrolní součet, který zabezpečuje přenos dat a jejich konzistenci.

Transportní vrstva může v rámci výše popsaného rámce vytvořit 4 typy komunikačních propojení mezi komunikujícími uzly:

- jeden uzel komunikuje se mnoha dalšími (multicast)
- jeden uzel se všemi připojenými a komunikujícími uzly (broadcast)
- jeden uzel komunikuje s jedním uzlem (point-to-point)

#### ***1.2.2.9 Aplikační vrstva***

Aplikační vrstva poskytuje velké množství služeb a aplikačních procesů, které se odlišují podle použitého typu komunikace a transportní a nižší vrstvy. Služby související s point-to-point a broadcast komunikací slouží pro správu sítě, zatímco služby související s multicast komunikací jsou určeny pro provozní operace.

KNX pokrývá značný rozsah konfigurací modelů zařízení a není jakkoliv vázaný na konkrétní zařízení nebo mikroprocesory. Přesné požadavky řízení každé konkrétní aplikace jsou založeny na detailních profilech propojených s konfiguračními módy.

#### ***1.2.2.10 Aplikační modely, datové body jejich provázání***

Doposud na všechny elementy architektury KNX bylo pohlíženo spíše z pohledu hardwaru nebo z pohledu jejich úlohy ve vzájemné komunikaci. Na úrovni aplikační hladiny již hlavní úlohu hraje role namodelování dané řízené aplikace do proměnných vhodných pro přenos a jejich vzájemné svázání s jinými aplikacemi a programy různých zařízení od různých výrobců. K tomu v síti KNX slouží modelování aplikací pomocí tzv. datových bodů (data-points) a jejich vzájemné logické provázání.



### *1.2.2.11 Datové body a distribuované aplikace*

KNX modely aplikací v každého připojeného zařízení jsou tvořeny kolekcí vysílacích a přijímacích datových bodů, distribuovaných přes určitý počet zařízení. Takový systém je správně funkční v případě, když datové body v různých zařízeních jsou propojeny přes společné identifikátory, tzv. svázány (bound), podobně jako jsou různé uzly spojeny společnou adresou do multicast skupiny.

Když lokální aplikace je zařízení typu senzor chce jinému zařízení předat nově naměřenou hodnotu, provede zápis dané hodnoty do vysílacího datového bodu a ten hodnotu vyšle společně s příkazem "zapiš (write)" s konkrétní cílovou adresou jednotky, které má být předána. Přijímací datový bod této adresované jednotky vyslanou hodnotu přijme a oznámí to své lokální aplikaci. Ta s ní může dle libosti nakládat až do doby, než je přepsána hodnotou novou. Prováděná akce může například představovat interní změnu stavu nějakých proměnných, updatování jednoho z vlastních vysílacích datových bodů nebo modifikaci stavu některých fyzických výstupů apod. Podobně tak vzájemně komunikují lokální aplikace běžící na vzájemně propojených zařízeních, propojené datovými body, mohou společně tvořit rozsáhlou distribuovanou aplikaci.

KNX zahrnuje tři základní schémata pro vzájemné propojení datových bodů, podle toho, zda hodnota adresy přenáší sémantickou informaci nebo ne a zda propojení je přesně předdefinované nebo se řídí některými volnými pravidly:

- volné propojení (free binding)
- strukturované propojení (structured binding)
- označené propojení (tagged binding)

### *1.2.2.12 Profily*

Aby bylo dosaženo i dodrženo spojitost systému a aby se zjednodušil návrh, jsou k dispozici skupiny vlastností označeny jako profily (profiles). Profilů je definováno několik a jsou navrženy tak, aby pokrývali většinu požadavků, které je možné řešit sběrníci KNX. Použití některého z profilu tak umožňuje jednoduše integrovat nové zařízení nebo systémy do již používané KNX sítě.

Ve standardu KNX jsou definovány profily vhodné pro zařazení zařízení a jednotek do následujících skupin:

- Zařízení v systémovém módu (System mode devices) - Systémový mód umožňuje nejvíce univerzální a multifunkční konfiguraci procesu. Při jeho návrhu se využívá výkonným softwarových PC nástrojů využívaných již ve standardu EHS, které navrhout optimální konfiguraci aplikace a její provázání s ostatními zařízeními v síti.
- Zařízení v jednoduchém módu (Easy mode devices) - Jednoduchý mód je určen pro rychlou instalaci limitovaného počtu zařízení na jeden logický segment komunikačního média. Podle typu zařízení lze zvolit několik přesně specifikovaných módů vhodná pro určité typy zařízení, např. mód pro zmáčknutí tlačítka (Push-button mode)
- Zařízení v A módu (A-mode devices) - A mód představuje "inteligentní automatický mód, který sám hledá vhodná propojení. Je tedy vhodný pro přenosná a pohyblivá zařízení, které se často odpojují od KNX sítě.

### 1.2.3 M – Bus

Dalším rozšířeným a stále se rozvíjejícím otevřeným standardem je M – Bus. Vzhledem k rozsáhlosti tématu budou uvedeny pouze některé základní údaje standardu.

#### 1.2.3.1 Základní charakteristika

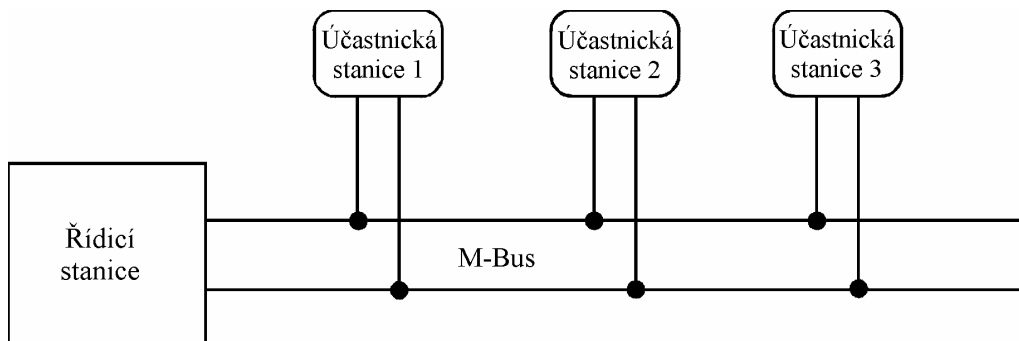
Standard M–Bus viz [12](z anglického Meter–Bus) je určen pro aplikace sběru dat z měřičů odběru nejrůznějších médií (například pitné a užitkové vody, plynu, tepla, elektrické energie). Je vyvíjen ve spolupráci University Paderborn a firmy Texas Instruments Německo. Standard je zatím ve vývoji, nicméně je natolik ustálen, že na jeho základě lze navrhovat jednotlivé prvky a budovat celé systémy. Zde uvedený popis vychází z verze 4.8 standardu M– Bus.

Vzhledem k relativně úzké a poměrně specializované aplikační oblasti jsou na M–Bus kladeny specifické požadavky. Musí zajistit propojení velkého množství zařízení (řádově několika set) na vzdálenost až několika kilometrů. Přenos dat musí být kvalitně zabezpečen proti chybám. Na druhé straně je typickou vlastností aplikace nepříliš časté odečítání naměřených hodnot s nízkými nároky na odezvy v reálném čase. To spolu s přenosovými

rychlostmi do 9600 Bd a obvykle nízkými požadavky měřičů na výpočetní výkon procesoru umožňuje implementovat všechny protokolové vrstvy ISO-OSI modelu programově a to včetně programové emulace sériového řadiče (UARTu).

Charakteristické rysy standardní konfigurace lze shrnout do následujících bodů:

- speciální implementace fyzické vrstvy
- galvanicky oddělené rozhraní
- možnost napájení účastníků po sběrnici
- dvoudrátové vedení s délkou až několik kilometrů
- řízení komunikace na principu Master - Slave
- bez implementace síťové vrstvy maximálně 250 účastníků
- asynchronní přenos znaků, 8 bitů dat, sudá parita
- přenosová rychlost 300 až 9600 Bd
- zabezpečení datového bloku pomocí kontrolního součtu



Obr. 5: Standardní struktura sběrnice M - Bus

## 2 MĚŘICÍ PŘÍSTROJE, HARDVARE, SOFTWARE

V následujících kapitolách bude uveden popis, princip funkce a způsob měření vybraných zařízení nebo software.

### 2.1 Měřicí přístroje

#### 2.1.1 Měření výšky hladiny pomocí ultrazvuku

Měření výšky hladiny pomocí ultrazvuku využívá princip odrazu zvukových vln od měřené hladiny nebo princip změny rychlosti při průchodu různým prostředím viz [7].

Přístroj pro měření výšky hladiny odrazem obsahuje vysílač a snímač ultrazvuku v jednom tělese umístěném na horním víku nádrže. Vysílač periodicky vysílá ultrazvukové impulzy, které prochází prostředím nad hladinou, odráží se na hladině a vrací se do snímače. Měří se doba, za kterou se odražený impuls vrátí do snímače. Platí vztah:

$$h = c.t / 2 \quad (2.1)$$

kde je  $h$  vzdálenost nad hladinou a vysílačem (m)

$c$  rychlost šíření ultrazvuku (m/s)

$t$  doba mezi odesláním a příjmem impulzu (s).

V případě průchozího způsobu měření je vysílač ultrazvuku umístěn na dně zásobníku, snímač na jeho horním víku. Vysílač opět vysílá periodicky impulzy přes hladinu a prostředí nad hladinou do snímače. Doba je dána rychlostí v prostředí hladiny a nad hladinou. Pro rychlost ultrazvuku platí vztah (výraz pod odmocninou platí pro plyny):

$$c = \lambda.f = \sqrt{\kappa.R.T / M} \quad (2.2)$$

kde je  $f$  frekvence ultrazvuku (Hz)

$\lambda$  vlnová délka (m)

$\kappa$  adiabatický koeficient plynu

$R$  plynová konstanta

$M$  molekulová hmotnost plynu

$T$  absolutní teplota (K).

Vysílač generuje ultrazvuk o frekvenci od 16 kHz do 100 kHz. Šíření impulzu v prostředí je ovlivněno především změnami teploty okolí, vlhkostí prostředí, hustotou látky v zásobníku, tvarem zásobníku. Měřicí rozsah je od 0,3 m do 60 m výšky hladiny. Vyhodnocování používá digitální metody měření doby průchodu impulzu nebo změny rychlosti. Proto lze dosáhnout třídy přesnosti až 0,1. Převodník je tvořen mikropočítačem a zajišťuje kompenzace parazitních vlivů i řízení impulzů vysílání.

Měření výšky hladiny pomocí ultrazvuku se používá pro agresivní kapaliny, ale i pro syké látky. Hlavní přednosti ultrazvukového principu je bezkontaktní měření bez pohyblivých částí, jednoduché nastavení a údržba.

### 2.1.2 Měření průtoku a množství tekutin

Měření průtoku a průtočného množství tekutin viz [7] patří obecně mezi 5 nejdůležitějších měřených veličin v systémech automatizace. Získané informace o průtoku nebo množství jsou využívány v regulačních okruzích při dávkování komponent v technologických procesech, v informačních systémech při sledování toku tekutin a energií, při vyhodnocování surovinové a energetické náročnosti, při obchodních jednáních o vstupních materiálech do výroby a o finálních výrobcích.

Nejčastěji se měří průtok tekutiny v uzavřeném potrubí, výjimečně průtok kapalin v otevřeném kanále. Podle způsobu vyjádření měřené veličiny, používáme hodnoty okamžitého hmotnostního nebo objemového průtoku nebo hodnoty celkového hmotnostního množství nebo celkového objemu.

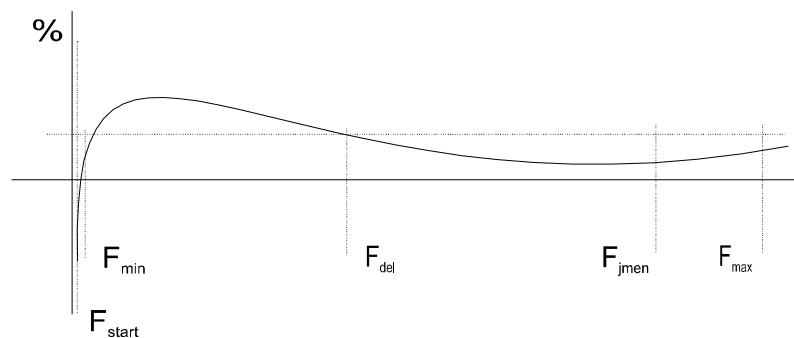
Obecně se v praxi používané průtokoměry pro potrubní systémy třídí podle metody měření na:

- objemové čítače (průtokoměr s turbínkou , s lopatkovým kolem, s oválnými koly),
- průřezová měřidla ( clona, dýza, Venturiho trubice, rychlostní sonda),
- plováčkové průtokoměry,
- termoelektrické průtokoměry,
- indukční průtokoměry,
- ultrazvukové průtokoměry,
- vírové průtokoměry,

- Coriolisovy hmotnostní průtokoměry.

Při navrhování průtokoměrů uvažuje s parametry:

- průtok jmenovitý „ $F_{\text{jmen}}$ “ (hodnota pro jmenovité podmínky nebo běžný režim technologie)
- průtok dělicí nebo přechodový „ $F_{\text{del}}$ “ (hodnota průtoku na hranici jmenovité přesnosti)
- průtok minimální „ $F_{\text{min}}$ “ (hodnota průtoku, kdy přesnost je ještě únosná)
- průtok startovací „ $F_{\text{start}}$ “ (hodnota průtoku, kdy začíná průtokoměr ukazovat počáteční hodnotu, i když přesnost je velmi špatná)
- průtok maximální „ $F_{\text{max}}$ “ (průtok maximální, v provozu se vyskytuje krátkodobě)



Obr. 6: Rozsah měření průtoku  $F$  v závislosti na přesnosti

měření v %

Grafické vysvětlení hodnot údajů rozsahu průtokoměrů je na obrázku (viz. Obr. 6).

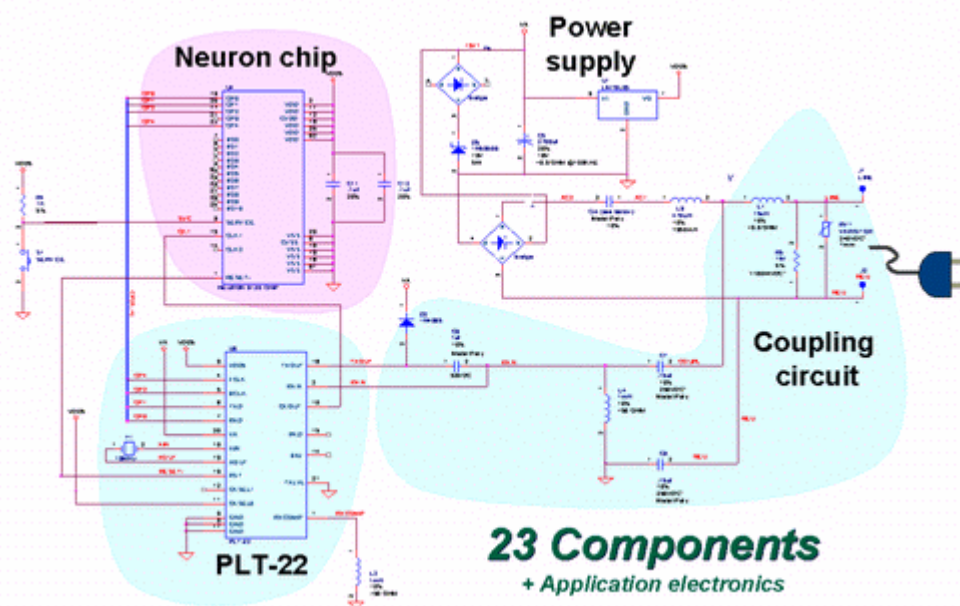
## 2.2 Hardware

### 2.2.1 Hardwarová struktura uzlu

Celý jeden uzel (angl. node) viz. [9] LonWorks síť je hardwarově složen z několika částí, které lze rozdělit do následujících bloků dle obrázku (viz. Obr. 7):

- Neuron chip - řídicí část uzlu, zajišťující komunikaci prostřednictvím protokolu LonTalk a případně i běh uživatelské aplikace jako například komunikaci se senzory, ovládání akčních členů nebo spolupráce s jiným CPU či MCU.

- Napájecí zdroj (Power supply) - napájí každý uzel. Na obrázku 1. je příklad uzlu komunikujícího přes společné datové a napájecí vedení. Proto je vstupem uzlu pouze jedna "dvojlinka"
- Obvody rozhraní (Coupling circuits) - zajišťují samotný interface mezi neuron chipem a samotným fyzickým médiem. Na obrázku se využívá integrovaného obvodu PLT-22, který umožňuje přenášet data a utvořit síť po napájecím vedení.



Obr. 7: Příklad obvodového řešení jednoho LonWorks uzlu s Neuron chipem

## 2.3 Software

Definovat co je Control Web viz [8] nebo vyjmenovat všechny jeho vlastnosti je na omezeném prostoru prakticky nemožné. Pro někoho je Control Web přístupný nástroj, který umožní levně realizovat řízení např. malé vodní elektrárny. Pro někoho jiného je to prostředek tvorby rozsáhlé podnikové distribuované aplikace s desítkami tisíc měřených bodů a obsahující stovky operátorských obrazovek, pracující na řadě počítačů zapojených do sítě.

Nebo může Control Web pracovat jako programový most mezi SQL databází, WWW prohlížeči a GSM sítí. Pro řadu studentů je to nástroj, který jim ušetří spoustu práce s laboratorními pracemi, neboť automatizovaně provádí měření a tvoří protokoly.

Pro získání alespoň rámcové představy o systému uvádíme alespoň v bodech shrnutý přehled základních vlastností.

### 2.3.1 Co je Control Web?

- programový systém rychlého vývoje aplikací pro průmysl, laboratoře, školy,...
- vizualizace a řízení technologických procesů v reálném čase
- most mezi technologií a informačním systémem podniku
- rozhraní člověk-stroj (HMI)
- přímé řízení strojů a technologií
- simulace, výzkum, vývoj a výuka

### 2.3.2 Podpora hardware

- Control Web je důsledně navrhován jako systém nezávislý na hardware
- s patřičným ovladačem komunikuje s jakýmkoliv průmyslovým zařízením
- PLC (Siemens, Mitsubishi, Omron, Teco, Allen-Bradley, ABB, Honeywell, ...)
- I/O moduly (DataLab IO, ELSACO, ADAM, ...)
- měřicí karty (Advantech, Axiom, Tedia, ...)
- „virtuální“ zařízení, např. WWW server apod.
- architektura ovladačů je otevřená a pečlivě dokumentovaná, každý může implementovat vlastní ovladač

### 2.3.3 Podpora otevřených protokolů

- ASCII komunikace po sériové lince
- Znakový protokol využívá velké množství jednoduchých zařízení ...
- OPC Data Access
- Stále vzrůstající množství OPC serverů
- DDE / NetDDE, FastDDE
- Zachování zpětné kompatibility s DDE servery



- GSM modemy, SMS zprávy
- HTTP přístup k WWW serverům
- Modicon Modbus, Modbus/TCP

#### 2.3.4 Podpora otevřených standardů

- Široká interoperabilita díky podpoře standardních protokolů a formátů dat
- TCP/IP, HTTP, HTML (Ethernet, WiFi, dial-up, ...)
- ODBC / SQL
- COM / ActiveX
- OPC (OLE for Process Control)
- GSM / GPRS
- DDE, NetDDE

#### 2.3.5 Schopnost práce v distribuovaném prostředí

Control Web Runtime („tlustý klient“)

- aplikace Control Web dokáže sdílet data po síti, volat vzdálené metody apod.
- data mohou být sdílena za účelem zálohování (synchronizace dat)
- nebo je možné přistupovat na vzdálené data (vzdálený přístup)
- oba způsoby je možno libovolně kombinovat a tvořit tak aplikace client/server nebo peer-to-peer.

Přístup k aplikaci přes WWW browser („tenký klient“)

- Control Web obsahuje zabudovaný HTTP server a dokáže vytvářet dynamické aplikace založené na WWW technologiích, zpřístupňované prostřednictvím standardních WWW prohlížečů
- je možné vytvářet serverové aplikace pro klienty na plnohodnotných PC i na mobilních telefonech
- bohatost aplikace lze nastavovat podle požadavků na přístup z různých klientů (čisté HTML, DHTML/CSS, Java, ActiveX, ...)

- WWW prohlížeč zobrazující stránku generovanou HTTP serverem systému Control Web prostřednictvím rozhraní GPRS

### 2.3.6 Podpora jazyků a kódování

Podpora kódování

- Control Web ANSI (8bitové znaky pro Evropu a USA)
- Control Web UNICODE (16bitové kódování obsahující znaky všech abeced)
- UNICODE verze je nutná pro podporu východních jazyků

Podpora jazyků

- Vývojová i runtime verze v Češtině, Angličtině, Němčině a Japonštině
- Možnost upravit texty v runtime verzi pro jakýkoliv jazyk
- Runtime ve Slovenštině, Ruštině, ...

### 2.3.7 Podpora platforem

Control Web podporuje všechny Win32 platformy:

- Windows 9x/Me (dožívající platforma)
- Windows XP Embedded (možnost práce z CF karty, bez HDD)
- Windows 2000 Advanced Server Clusters
- Windows CE na standardním x86 PC (CEPC)
- Windows CE na RISC systémech (verze pro procesory ARM, MIPS, SH3/4)

### 2.3.8 Trvalý provoz

- Control Web určen pro trvalý spolehlivý provoz 24 hodin, 7 dní v týdnu
  - o Server `cw.mii.cz` s max. uptime 472 dní, restart vyvolán nutností instalovat SP pro Windows NT, nikoliv problémy systému Control Web
- Interní velmi přísné testy prověřují každou jednotlivou alokaci paměti a její párovou dealokaci
- Control Web nasazen na kritických aplikacích ve Škoda Mladá Boleslav, JE Dukovany, ...

- Control Web pracuje na kritických aplikacích firmy Moravské přístroje (systém registrací a aktivací produktů).

### **2.3.9 Řízení přístupu uživatelů**

- Kompletní systém přístupových práv uživatelů
- Uživatelé mají přiděleny úrovně oprávnění
- Explicitní povolení či zakázání přístupu uživatelů s daným oprávněním k jednotlivým prvkům aplikace
- Programová detekce přihlášení / odhlášení operátora
- Stejný systém přístupových práv lze rozšířit i na aplikace zpřístupněné prostřednictvím WWW rozhraní

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 3 NÁVRH ŘÍDÍCÍHO A INFORMAČNÍHO ENERGETICKÉHO SYSTÉMU

### 3.1 Zadání

Předmětem diplomové práce je návrh řídicího a energetického informačního systému. Na přání vedoucího údržby ve firmě, která na příkaz vedení nesmí být jmenována, se jedná o řízení a monitorování vybraných energetických procesů v provozu a jejich centralizaci. Jde o ovládání technologických procesů pomocí PC se vzdáleným přístupem ze sítě internet pomocí prohlížeče.

#### 3.1.1 Okrajové podmínky

Měření, monitorování a ovládání musí zajistit údaje o zadaných parametrech pro zvýšení efektivity oddělení údržby a zvýšení bezpečnosti práce ve firmě. Procesy budou monitorovány pomocí dálkové komunikace s napojením na PC správce objektu (vedoucí oddělení údržby) přes síť internet. Ovládací program bude instalován na serveru firmy.

#### 3.1.2 Rozbor problému

Návrh řídicího a informačního energetického systému je zadán pro firmu, která se zabývá strojírenskou výrobou. Bylo zjištěno, že se jedná o dvě budovy, kde se nachází výrobní místa, kanceláře, šatny a prezentační místnosti. Budovy číslo 2 a 3 jsou situovány odděleně, pro potřeby firmy spojeny tubusem.

Pro zvýšení efektivnosti a lepší informovanosti pracovníků údržby o chodu provozu jako celku byli monitorované procesy stanoveny takto. Jedná se o monitorování odběru plynu, odběru vody, měření teploty ve výrobních halách, monitorování spotřeby vytápění, měření odběru stlačeného vzduchu jako celku a pro zkušební provoz návrhu monitorování odběru stlačeného vzduchu pro jeden stroj tak, aby se zjistilo, zda je nutné být informován o spotřebě jednotlivých zařízení či nikoliv. Monitorovaný stroj byl vybrán pracovníkem údržby. Jedná se o lis, typ LMZ 1600, pracovníě nazývaný jako číslo 1. Dále je nutná realizace dálkového spouštění světlych plynových zářičů KASPO. Jelikož se jedná o strojírenský provoz se znečištěnými pracovními podmínkami, což má za následek zanášení

těles zářičů a následně způsobení jejich nefunkčnosti. Je tedy nutné i monitorování jejich funkčnosti pro případ předejití úniku plynu a následné havárie. Toto bude realizováno senzory teploty.

### 3.1.3 Stávající stav

Technologické procesy nejsou automatizované a monitorované. Plynové zářiče KASPO jsou spouštěny ručně pomocí spínacích skříněk napětím 230 V. Funkce zářičů nejsou monitorované. Chod lze zjistit pouze fyzicky pověřenou osobou. Spotřeby plynu, vody a stlačeného vzduchu jsou odečítány s instalovaných mechanických měřidel bez možnosti dálkové komunikace.

Tab. 1: Technologické procesy pro monitorování v budově 2

Budova č. 2	
Monitorované procesy	Podmínky
Přívod plynu	Rozměr potrubí DN 150
Přívod stlačeného vzduchu	Rozměr potrubí DN 40, tlak 1,2 Mpa
Přívod stlačeného vzduchu	Rozměr potrubí DN 50, tlak 0,6 Mpa
Přívod vody	Rozměr potrubí DN 40
Měření teploty	5 míst ve výrobních prostorech
Plynové zářiče KASPO	16 zářičů ve výrobních prostorech

Tab. 2: Technologické procesy pro monitorování v budově 3

Budova č. 3	
Monitorované procesy	Podmínky
Přívod plynu	Rozměr potrubí DN 90
Přívod stlačeného vzduchu	Rozměr potrubí DN 50, tlak 0,6 Mpa
Přívod vody	Rozměr potrubí DN 40
Měření teploty	5 míst ve výrobních prostorech
Plynové zářiče KASPO	16 zářičů ve výrobních prostorech
Kotelna	1 x 29 kW, 2x 24 kW
Parní vytápění	

## 3.2 Obecný rozbor

V následující kapitole budou v krátkosti popsány některé dílčí případy existujících řešení tak, aby bylo možné určit jejich výhody či nevýhody.

### 3.2.1 Existující řešení a jejich hodnocení

Pro návrhy podobných systémů již vzniklo mnoho praktických či teoretických návrhů šitá na míru jednotlivých typů monitorovaných procesů, ať už pro inteligentní rodinné domy, státní instituce nebo průmyslová prostředí. Pro naše potřeby budou uvedeny řešení firem.

#### 3.2.1.1 *Nestandardní řešení malých firem*

Ačkoliv se může na první pohled zdát, že řešení malých firem nerespektujících standardy mohou snížit pořizovací náklady na celý systém vzdáleného monitorování, zdaleka tomu nemusí tak být. Při tomto způsobu realizace je zákazník odkázán na konkrétní firmu a to nejen ve všech fázích projektu, ale i v následném poskytování podpory a údržby systému. Jelikož se tyto systémy budují na dobu desítek let, existuje riziko, že dodavatel systému nebude na trhu působit po celou dobu jeho životnosti. Jedním z možných řešení je pak náhrada systému za jiný. S tím ovšem souvisí další nové investice.

#### 3.2.1.2 *Otevřená řešení založená na standardech*

Rozvoj otevřených systémů byl vynucen zájmem zákazníku o definici standardů. Jednoznačnou výhodou otevřených systémů jsou jasně definované standardy, které umožňují vznik konkurenčního prostředí této oblasti a tím pádem ke snížení cen řešení a závislosti na jedné firmě. V otevřených systémech je možno používat zařízení různých výrobců, existující standardní veřejné protokoly a média. Systémový software a jeho nástroje jsou všeobecně dostupné. Tedy může být dodáván vyvíjen i dodáván nezávisle na jeho výrobcu. Otevřené systémy bývají funkčně jednoduché, k dispozici je mnoho projektantů, integrátorů a poskytovatelů servisních služeb.

Příklady standardů otevřených systému:

- LonMarks
- KNX / EIB
- Modbus
- ProfiBUS
- M-BUS
- a další

### 3.2.2 Zhodnocení a dílčí závěry

Jelikož otevřené systémy nejsou výjimkou ani na našem trhu, stále více firem na nich začíná pracovat. Výhody pro zákazníka jsou naprosto zřejmé – funkční a odzkoušené standardizované systémy, možnost volby výrobce, dodavatele nebo implementátora jednotlivých komponent, nezávislost na službách – zákazník si volí správce systému dle aktuální situace na trhu tak, aby to bylo co nejvýhodnější. Dalším plusem jsou nižší náklady na projektování.

## 3.3 Návrh řešení

V předchozí části byly popsány jednotlivé systémy. Pro realizaci je tedy vhodné navrhnout otevřený systém pro monitorování jednotlivých technologických procesů.

### 3.3.1 Technické parametry řešení

#### 3.3.1.1 Výběr technologie

Průzkum trhu ukázal jako nejvhodnější standard LonWorks® od firmy Echelon. Sdružení firem využívající standard LonWorks® se nazývá LonMark®.

Pro rozsáhlost objektů pro monitorování technologických procesů je nutné zvolit volnou topologii, u níž může být síť v libovolném místě rozvětvena. Přitom jediným omezením je celková délka vedení, která nesmí překročit určitou mez a výhoda poskytnutí možnosti dodatečné jednoduché změny sítě nebo jejího rozšíření.

Dále je brán zřetel na kvalitu měřicích prvků, tedy jejich výdrž, přesnost, odolnost vůči svému prostředí apod.

#### 3.3.1.2 Popis řešení

Pro popis řešení je nutné znát polohu a charakter měřených veličin. Pro realizaci monitorování je nutný návrh otevřeného standardu sítě, hardware a software pro její vybudování a zajištění funkčnosti.

Měřicí řešení se skládá s následujících částí:



Měřicí přístroje: 2 x plynoměr, 2 x vodoměr, 2 x vzduchový průtokoměr pro tlak cca 1,2 MPa, 2 x vzduchový průtokoměr pro tlak cca 0,6 MPa, 10 x interiérový teploměr pro měření ve výrobních halách, 21 x interiérový teploměr pro měření výstupní teploty plynových záříčů KASPO.

Ovládání: 21 x stykač pro ovládání plynových záříčů KASPO

Hardware: systém LONET<sup>®</sup>, kabeláž (kroucená dvoulinka)

Software: vizualizační systém typu SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)

Tab. 3: Podmínky pro návrh měřicích přístrojů pro budovu 2

Budova č. 2	
Monitorované procesy	Podmínky
Plynoměr	DN 150, p = 21 kPa
Vzduchový průtokoměr	DN 40, p = 1,2 Mpa
Vzduchový průtokoměr	DN 50, p = 0,6 Mpa
Vodoměr	DN 40
Teploměr	5 (-30 ÷ 150 °C)
Teploměr pro KASPO	16 (-30 ÷ 150 °C)
Hladinoměr	0 - 2,5 m

Tab. 4: Podmínky pro návrh měřicích přístrojů pro budovu 3

Budova č. 3	
Monitorované procesy	Podmínky
Plynoměr	DN 90, p = 2 kPa
Vzduchový průtokoměr	DN 50, p = 0,6 Mpa
Vodoměr	DN 40
Teploměr	5 (-30 ÷ 150 °C)
Teploměr pro KASPO	5 (-30 ÷ 150 °C)
Kotelna	1 x 29 kW, 2x 24 kW
Parní vytápění	Napojení na stávající stav
Hladinoměr	2 x 0 - 2,5 m

### 3.3.1.3 Návrh plynoměru

Pro návrh tohoto zařízení je nutné znát dimenzi potrubí a veličiny uvedené ve vzorci pro výpočet tlakové ztráty.

$$\Delta P = \Delta P_{gn} \left( \frac{\rho_n}{0,6} \right) (P_b + 1) \left( \frac{q}{Q_{\max}} \right)^2 \left( \frac{273}{273 + T_b} \right) \quad (3.1)$$

kde

$\rho_n$  hustota plynu ( $kg/m^3$ ) měřená při teplotě 0 °C a tlaku 1013 mbar

$P_b$  provozní tlak (*bar*)

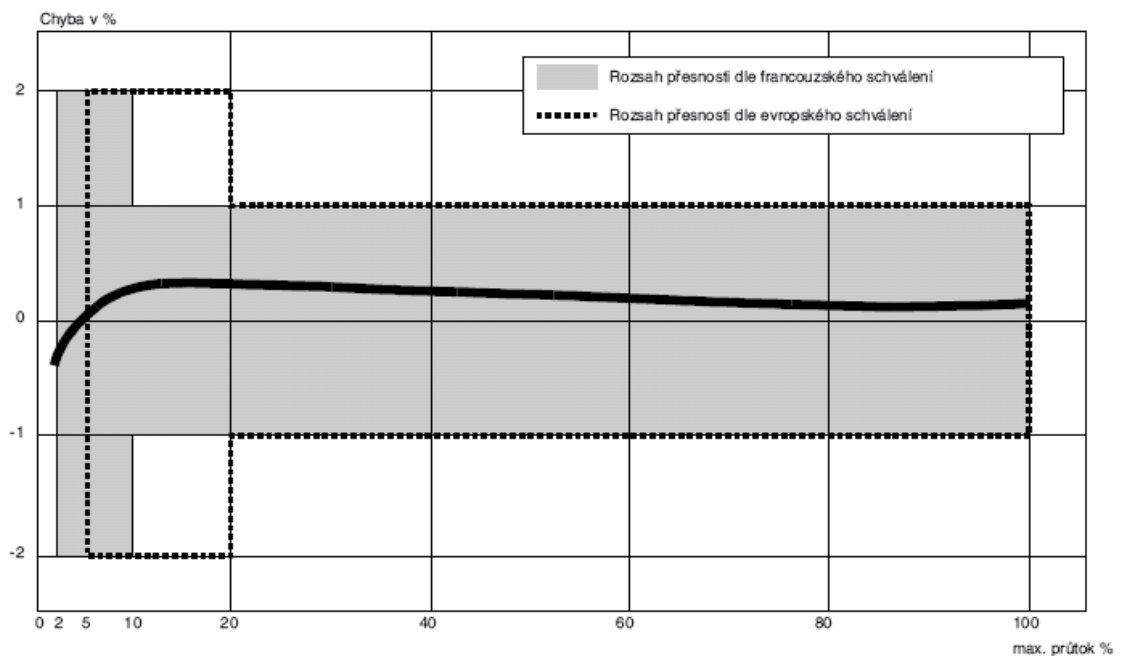
$q$  průtok ( $m^3/hod$ )

$Q_{\max}$  maximální průtok ( $m^3/hod$ )

$T_b$  teplota plynu (°C)

$\Delta P_{gn}$  tlaková ztráta při  $Q_{\max}$  pro zemní plyn, kde hutnota  $d = 0,6$

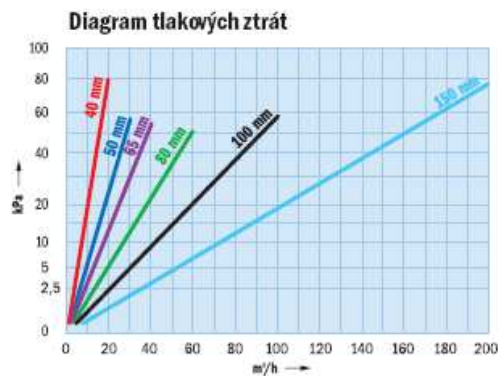
DN	G	$\Delta P_{gn}$	DN	G	$\Delta P_{gn}$
50	65	8,1	250	1000	1,5
80	100	2,0		1600	4,3
	160	4,8		2500	9,0
	250	11,0	300	1600	1,5
100	160	2,0		2500	4,3
	250	4,8		4000	9,0
	400	11,0	400	2500	1,5
150	400	1,5		4000	4,3
	650	4,3		6500	9,0
	1000	9,0	500	4000	1,5
200	650	1,5		6500	4,3
	1000	4,3		10000	9,0
	1600	9,0	600	10000	1,5
		16000		4,3	

 Obr. 8: Tabulka tlakové ztráty při  $Q_{max}$ 


Obr. 9: Typická křivka chyby plynoměru

### 3.3.1.4 Návrh vodoměru

Požadavky jsou obdobné jako u návrhu plynoměru.



Obr. 10: Diagram tlakových ztrát pro vodoměry Flostar

DN	mm	40	50	65	80	100	150	
Jmenovitý průtok	Q <sub>n</sub>	m <sup>3</sup> /h	10	15	20	30	50	100
Počáteční průtok		l/h	22	30	35	50	70	90
Přesnost ± 5%	Q <sub>min</sub>	l/h	45	60	100	120	140	200
Přesnost ± 2%	Q <sub>t</sub>	l/h	65	80	120	170	200	300
Maximální průtok	Q <sub>max</sub>	m <sup>3</sup> /h	20	30	40	60	100	200
Špičkový průtok (2hod. max.)		m <sup>3</sup> /h	30	40	60	90	120	260
Pracovní tlak		MPa	1,6	1,6	2	2	2	2
Pracovní teplota		°C	50	50	50	50	50	50
Rozsah počítadla		m <sup>3</sup>	999 999	999 999	999 999	999 999	999 999	9 999 999
Připojovací rozměr		závit	G 2"	Příruby dle ISO PN 16				
Stavební délka		mm	300	270/300*	300	300/350*	350/360	450
Hmotnost		kg	5,9	10	17	21	31,5	62,1

Obr. 11: Základní technické údaje a metrologické parametry

### 3.3.1.5 Návrh teploměrů

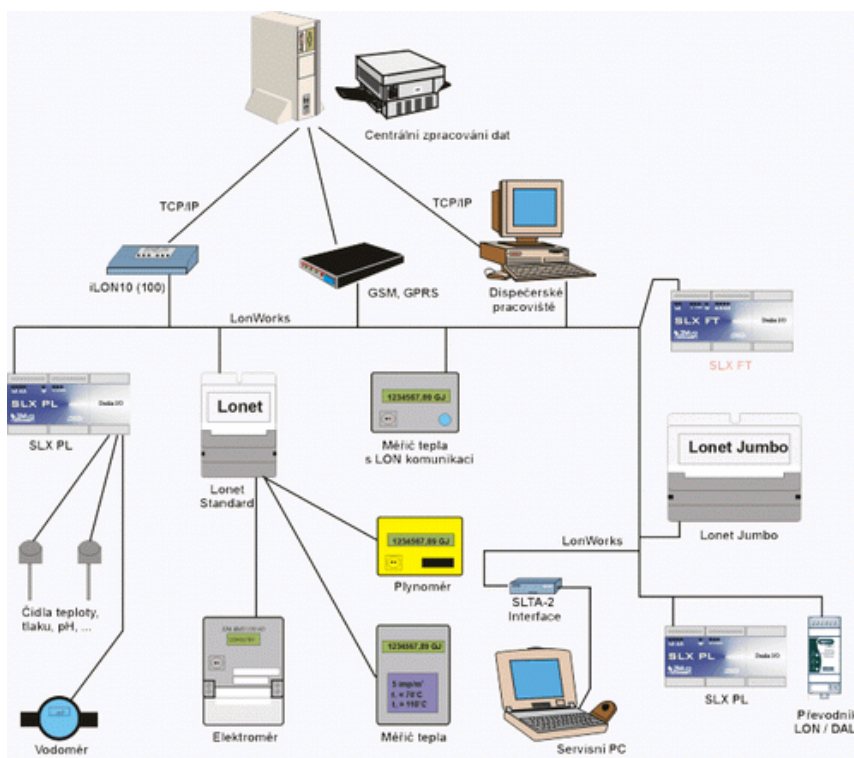
Měřicí rozsah zařízení musí být v rozmezí od 0 do 50 °C tak, aby bylo možné uspokojit rozsah teplot v měřených prostorech.

### 3.3.1.6 Síť LON Works

OSI Layer	Purpose	Services
<b>Application</b>	Application Program	Standard objects & types, config props, file xfer, network services
<b>Presentation</b>	Data Interpretation	Network variables, application messages, foreign frames
<b>Session</b>	Remote Actions	Dialog, remote procedure calls, connection recovery
<b>Transport</b>	End-to-End Reliability	End-to-End acks, service type, pkt sequencing, duplicate detect
<b>Network</b>	Destination Addressing	Unicast & multicast, destination addressing, packet routing
<b>Data Link</b>	Media Access & Framing	Framing, data encoding, CRC, media access, collision detect
<b>Physical</b>	Electrical Interconnect	Media specific details, xceiver type, physical connect

Obr. 12: Model OSI pro LON Talk protokol

Pro návrh sítě LON bude použit systém LONET<sup>®</sup> od firmy ATD spol. s r.o. Praha, který patří k nové generaci distribuovaných řídicích systémů a jeho jednotlivé prvky vycházejí ze špičkové technologie LonWorks, jejímž nositelem je firma Echelon, Inc., Palo Alto, U.S.A. Tento systém obsahuje základní hardware pro výstavbu řídicích struktur sítě. Jedná se o routery, neuron čipy a některé druhy senzorů. Přesto že se nejedná o návrh automatického řídicího systému, je LONET užit pro budoucí možný rozvoj sítě dle potřeb firmy. Výraznou předností systému je možnost pracovat bez centrální řídicí jednotky. Dle firmy ATD, viz. [19] je úloha řídicí jednotky pro vizualizaci na manažerské úrovni. V tomto případě bude chod sítě ovlivňovat SCADA software ControlWeb 5 přes DDE klient – slouží k propojení aplikací s libovolným DDE serverem, tedy i se sítí LON a s aplikacemi běžící pod OS Windows 2000, XP, 2003 Server atd. Na následujícím obrázku (viz. *Obr. 13*) je příklad použití sběrnice LonWorks a systému LONET, který obecně znázorňuje případ použití pro navrhované průmyslové prostředí.



*Obr. 13: Příklad použití sběrnice LonWorks a systému LONET od firmy*

*ZPA Trutnov*

Systém Lonet obsahuje důležité součásti pro chod celé systému. Jsou to zejména směrovače (routery), které předávají pakety protokolu LonTalk mezi různými druhy přenosových kanálů (FT, PL, FX, Radio ...) sítě LonWorks. Další skupinou v systému LONET jsou

brány (gateways), poskytující rozhraní pro přístup do sítě LonWorks z vně sítě. Například pro přístup k síťovým proměnným (Network variables).

Síť LON pracuje na všech vrstvách modelu ISO OSI. Dle tohoto referenčního modelu byl navržen síťový protokol LonTalk. Výhodou protokolu je možnost přenosu po libovolném médiu, tedy i po existující síti, ovšem pomocí příslušného tranciveru. V tomto případě se bude jednat o přenosovém médiu kroucená dvoulinka, vzhledem k velké vzdálenosti čidel od sebe je vhodné použít volnou topologii.

### **3.3.1.7 Model OSI**

#### **Fyzická vrstva OSI modelu (Physical OSI layer)**

Definuje propojení po fyzickém komunikačním médiu pomocí tranciveru. Ten je přímo napojen na k tomu určeným pinům neuron chipu. Dohromady tvoří uzel sítě.

#### **Linková vrstva OSI modelu (Data Link OSI layer)**

Tuto vrstvu má na starost Media access CPU (CPU pro přístup na médium) který je součástí neuron chipu. Ovládá a řídí všechny komunikační porty. Na jeho výstupu je kompletní signál do paketu protokolu LonTalk, který je určen pro přenos do dalšího uzlu.

#### **Síťová vrstva OSI modelu (Network OSI layer)**

Síťová vrstva je zodpovědná za správné doručení paketu cílovému uzlu nebo více uzlům. V neuron chipu ji ovládá Network CPU (síťový CPU). Řídí časovací služby využívané v různých stavech zpracování signálu, adresování uzlů apod.

#### **Transportní vrstva OSI modelu (Transport OSI layer)**

Transportní vrstva zajišťuje spolehlivost doručení paketů, tj. provádí kontrolu správného přenosu paketů sítě od vysílajícího uzlu k cílovému, zajišťuje potvrzování přijetí paketu, ničí duplikátně vyslané pakety a další služby. Těchto služeb existuje několik druhů:

- Služba potvrzování došlého paketu či zprávy
- Služba Žádost/Odpověď
- Služba zasílání zpráv typu broadcast

- Služba nepotvrzeného zasílání zpráv

### **Relační vrstva OSI modelu (Session OSI layer)**

LonTalk relační vrstva definuje standardní kódy zpráv pro síťový management a diagnostiku. Síťový management usnadňuje instalaci a řízení sítě, kde příkazy umožňuje měnit nastavení a konfiguraci neuron chipů, resp. obsah jejich EEPROM. Diagnostika zajišťuje prověřování sítě a případně opravy.

Dále tato vrstva provádí rozhraní mezi 6. a 7. vrstvou protokolu běžícím v hostitelské aplikaci a nižšími vrstvami běžící jako firmware na neuron chipch jednotlivých uzlů.

### **Prezentační hladina OSI modelu**

Prezentační vrstva provádí vyměňování zpráv mezi aplikacemi, tak že došlý paket zprávy interpretuje jako:

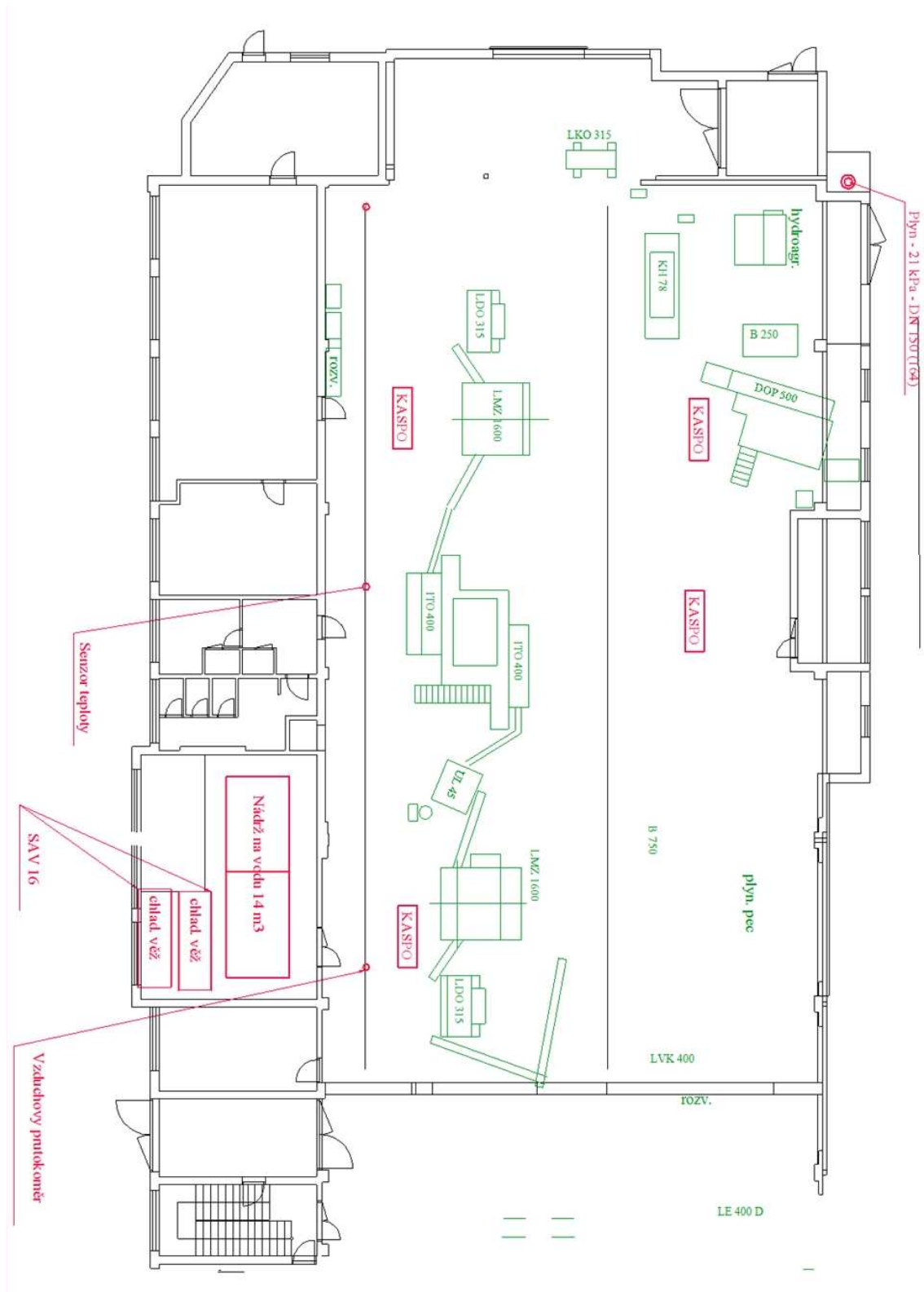
- síťovou proměnnou
- explicitní zprávu
- cizí rámeček

Aplikační data se obvykle vyměňují prostřednictvím síťových proměnných, které tvoří třídu zpráv, kde jsou data označena jako Neuron C proměnná a tak je s nimi i zacházeno.

### **Aplikační vrstva OSI modelu**

V neuron chipu ji má na starosti aplikační CPU (Application CPU), který provádí dat uživatelské aplikace napsané v jazyce neuron C. Toto CPU však nemusí zastávat uvedenou funkci a může se použít libovolný jiný CPU, např. s PC, který bude data ze senzorů zpracovávat. Poté aplikační CPU bude zastávat funkci zprostředkovatele dat. V tomto případě bude funkci zastávat CPU na serveru a instalovaným SCADA software ControlWeb 5, aplikován převážně pro vizualizaci na manažerské úrovni. S aplikačním CPU bude komunikovat pomocí integrovaného DDE klienta a bude deklarovat síťové proměnné, kódy explicitních zpráv apod.

3.3.1.8 Schéma řešení

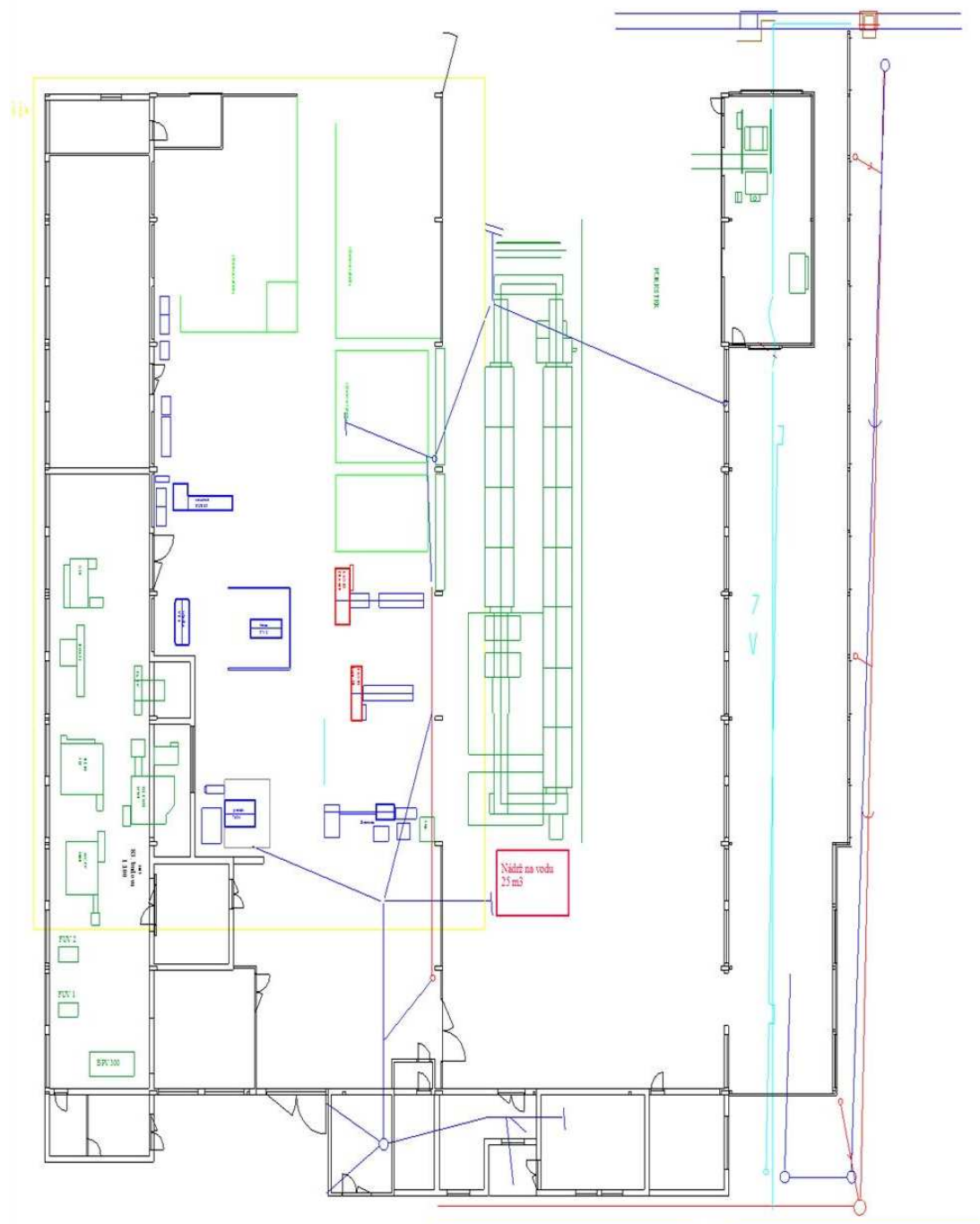


Obr. 14: Půdorys budovy 2 – západní část s polohou navržených zařízení









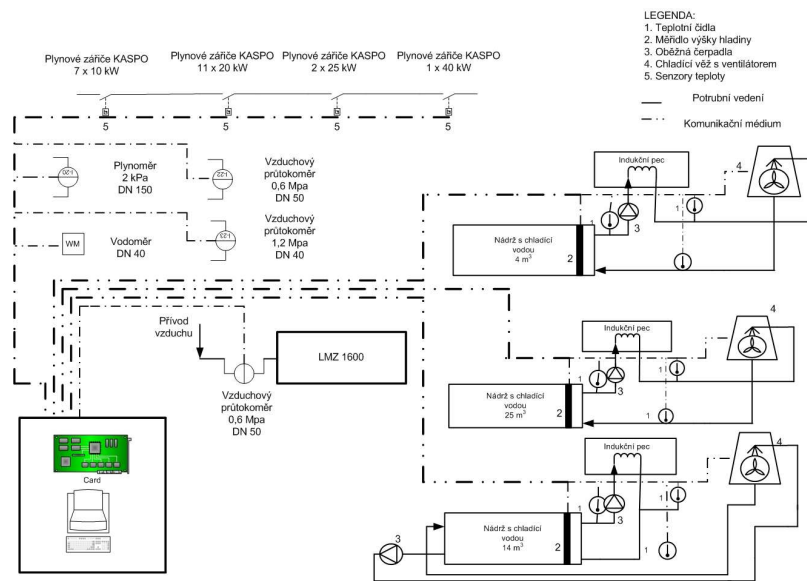
Obr. 17: Půdorys budovy – východní část s polohou navržených zařízení

Na obrázcích (viz. Obr. 14 až Obr. 17) jsou vykresleny půdorysy monitorovaných objektů a naznačena poloha monitorovaných veličin z technologického procesu. Tato výkresová dokumentace je nutná pro přehled o daných stávajících zařízeních a pro zjištění vzdálenosti od řídicí jednotky celého systému, která by neměla pro navrhovanou topologii a druh

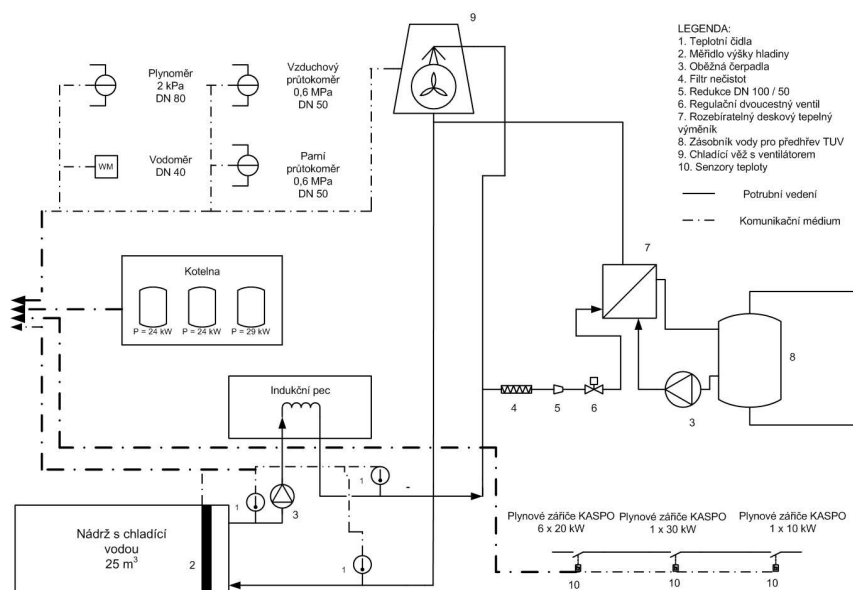
přenosového média přesáhnout vzdálenost 500 m, což je splněno. V případě nevyhovující podmínky by bylo nutné použít zesilovač signálu. Pro tento účel může sloužit i router, nebo neuron chip.

### 3.3.1.9 Schéma návrhu měřicích zařízení

Na následujících obrázcích (viz. Obr. 18 a Obr. 19) jsou nakresleny blokově monitorovaná zařízení v objektech.

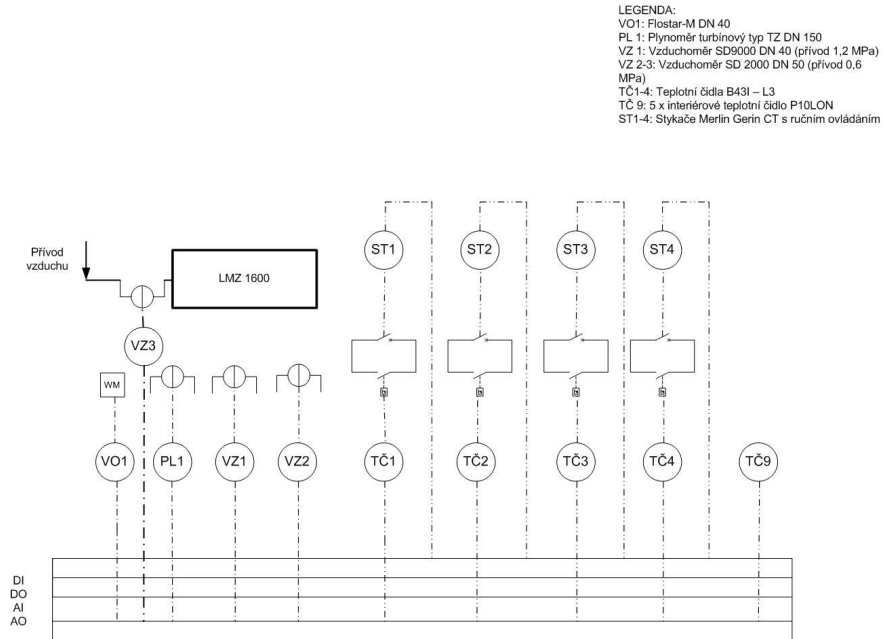


Obr. 18: Blokové schéma budovy č. 2

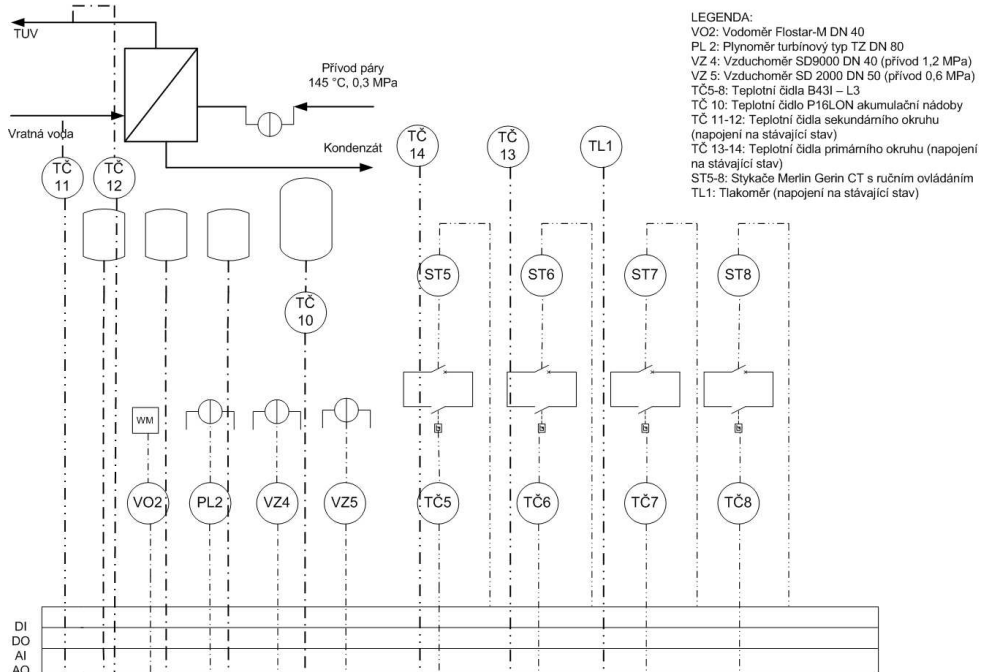


Obr. 19: Blokové schéma budovy č. 3

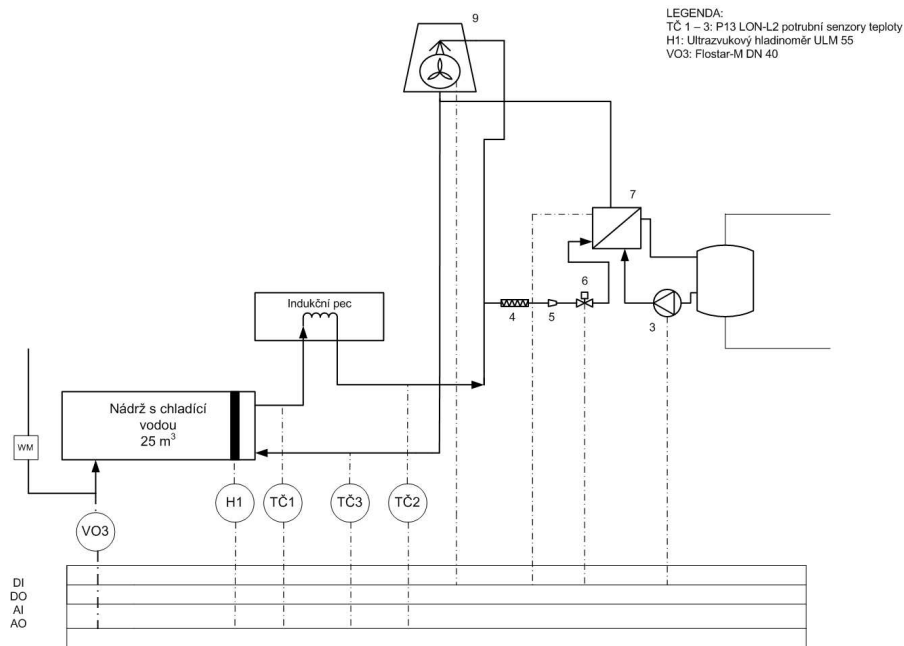
Dále je nutné znát, s jakým charakterem signálu jednotlivá zařízení pracují, jestli s analogovým či digitálním signálem. Toto a typy čidel jsou naznačeny na následujících obrázcích (viz. Obr. 20 až Obr. 22)



Obr. 20: Návrh čidel a ovládacích zařízení pro budovu 2



Obr. 21: Návrh čidel a ovládacích zařízení pro budovu 3



Obr. 22: Návrh čidel pro chladicí okruh v budově 2

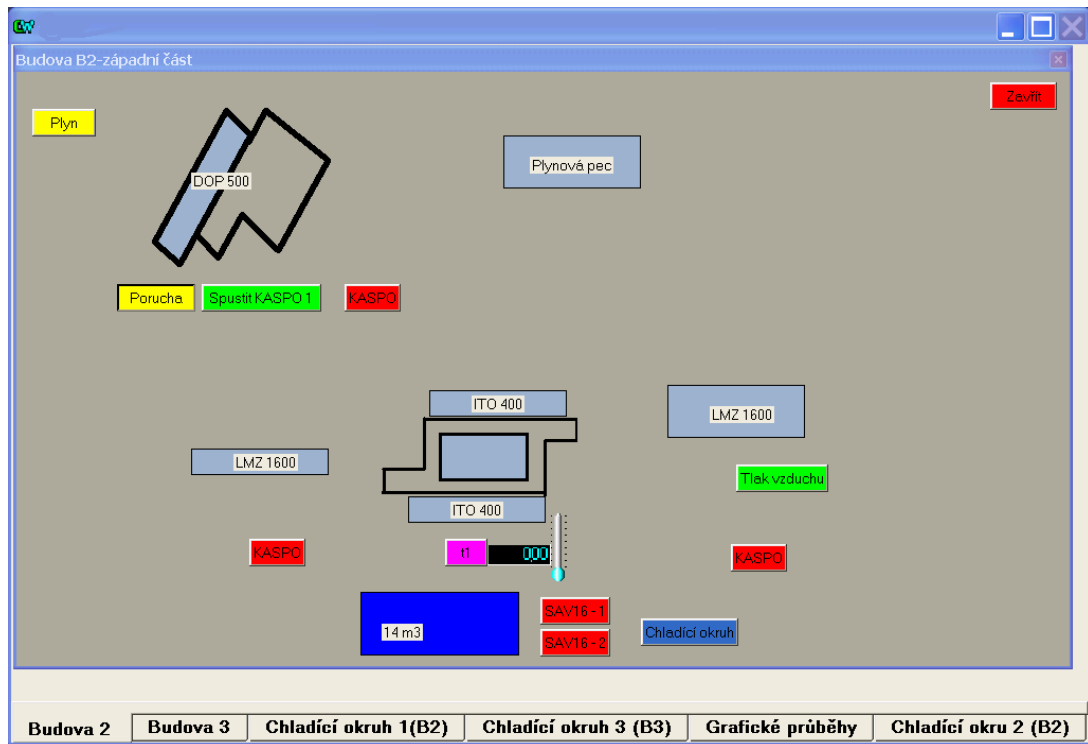
### 3.3.1.10 Návrh vizualizačního software

Pro návrh vizualizace byl použit SCADA software od firmy Moravské přístroje a.s. Control Web 5, resp. demo verze s celým názvem Control Web 5 Runtime SP 12. To znamená vývojová verze pro tvorbu aplikací s posledním service packem č. 12, ovšem časově omezená na běh programu cca. 30 minut a bez možnosti použití reálných ovládačů pro komunikaci s přístroji. Obsaženy jsou pouze ovladače simulační pro ladění aplikací.

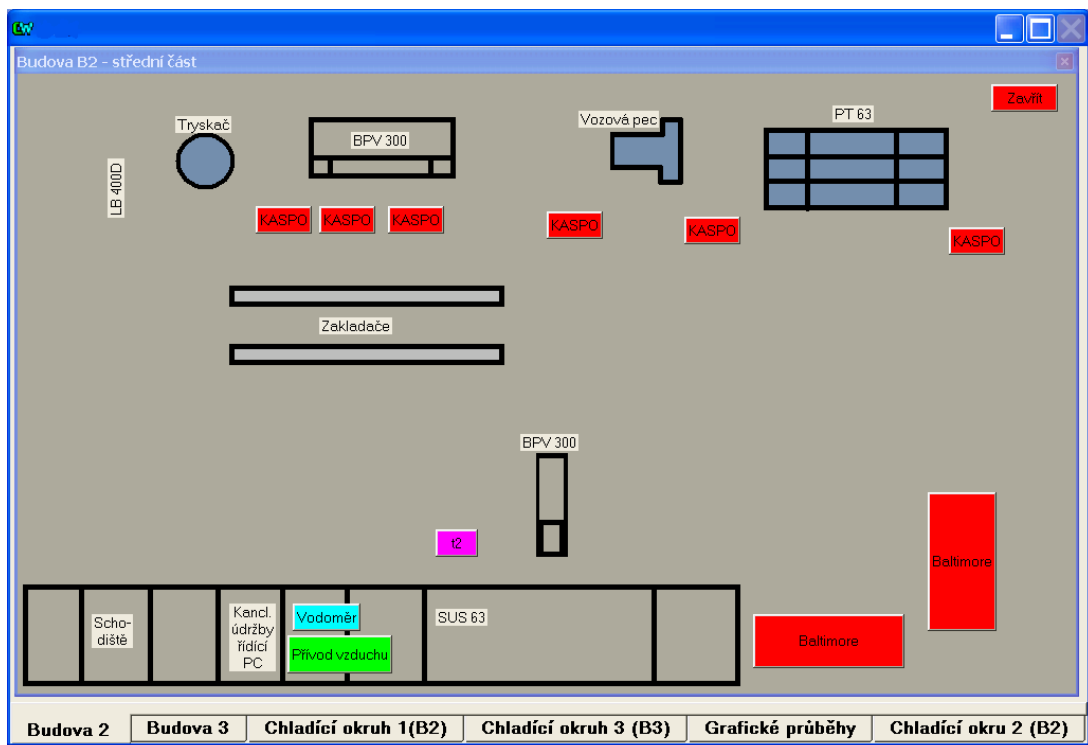
Pro vytvoření aplikace s virtuálními přístroji (funkční kresby přístrojů zobrazované na monitoru PC zastávajících přístroje skutečné) je nutné nejprve nadefinovat proměnné, z kterými budou pracovat. Ty mohou být číselného (real, string) nebo logického charakteru (boolean). Deklarace těchto proměnných probíhá pomocí tzv. datových inspektorů, které je spravují. Virtuální přístroje se umísťují na panely, které se zobrazují na ploše a jsou tzv. vlastníky těchto přístrojů.

Samotná vytvořená aplikace není schopná přímé implementace na reálné použití. K tomu je nutné zakoupit licenci na program Control Web s reálnými ovladači. V této aplikaci bylo použito jako simulaci běhu procesu v reálném čase již zmíněné proměnné, pro simulaci jednotlivých stavů byli použity slidery pro reálnou hodnotu a spínače pro logickou hodnotu. Pro vytvoření uživatelsky příjemného prostředí bylo užito půdorysu objektů B2 a

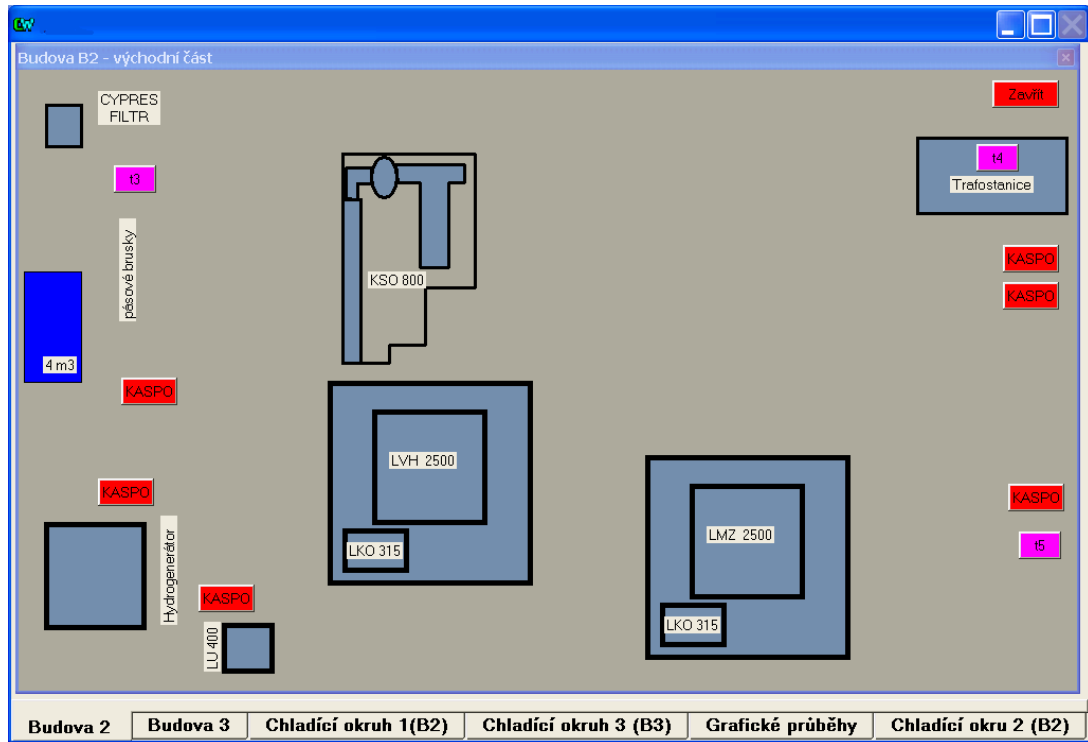
B3 pro zakreslení do panelů některých orientačních bodů, aby měl operátor přehled, kde se právě nachází.



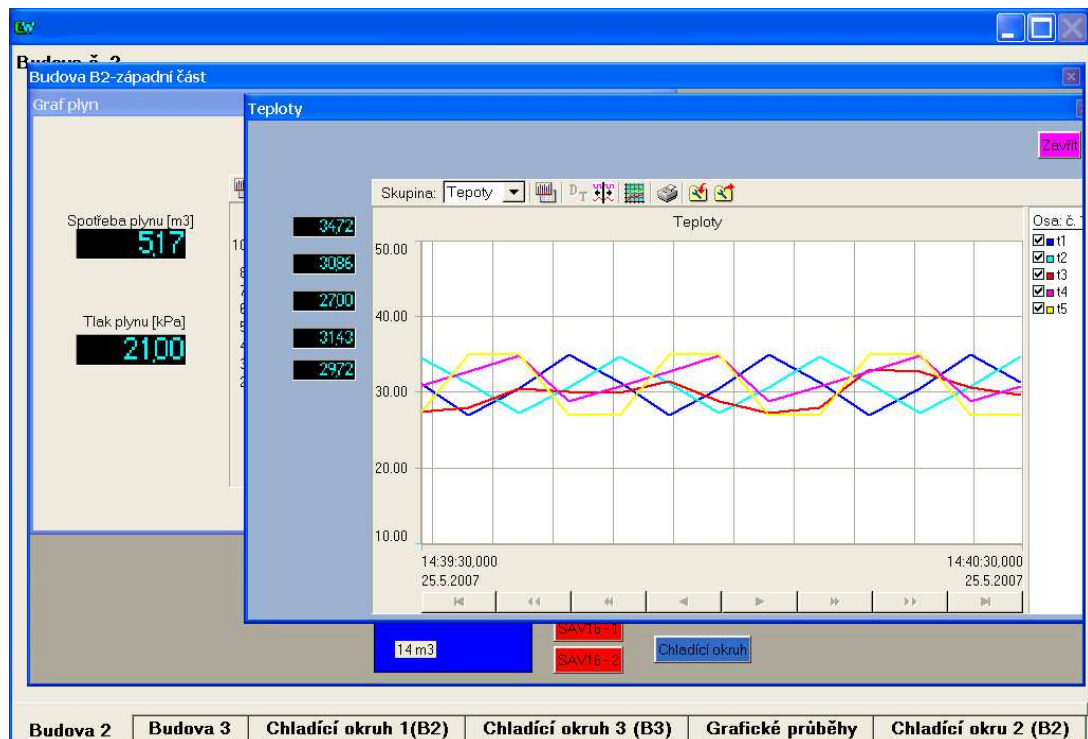
Obr. 23: Ovládací aplikace v programu Control Web – budova B2, západní část



Obr. 24: Ovládací aplikace v programu Control Web – budova B2, střední část

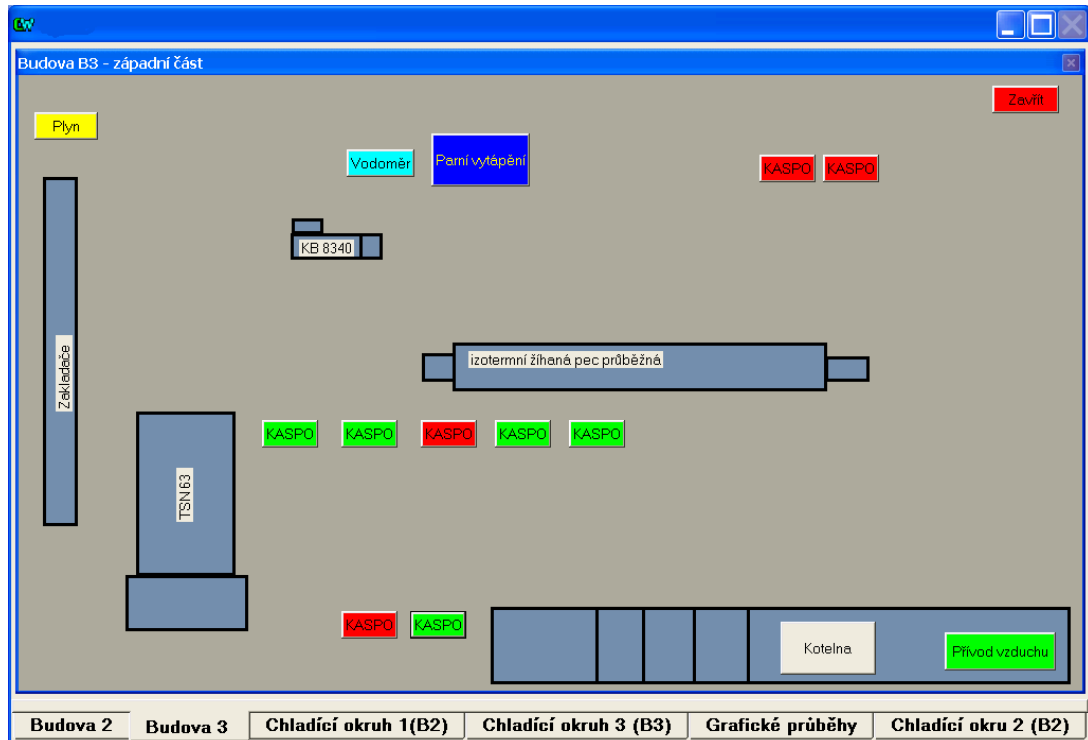


Obr. 25: Ovládací aplikace v programu Control Web – budova B2, východní část

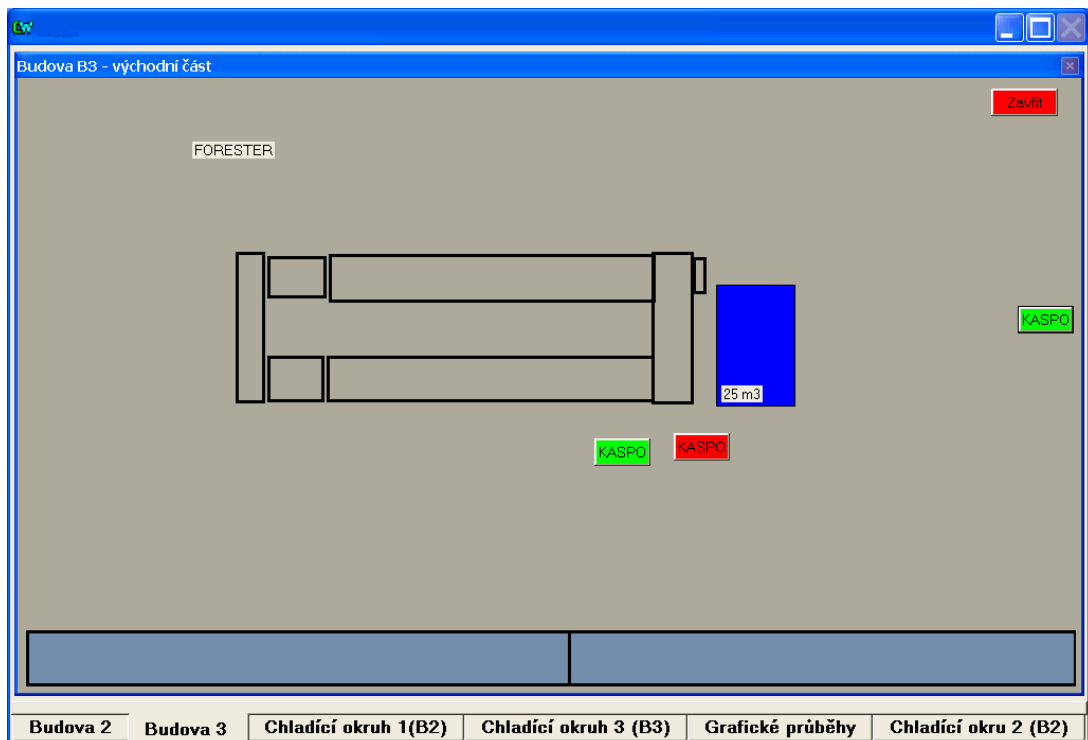


Obr. 26: Ovládací aplikace v programu Control Web – budova B2, západní část s vyvolaným grafem teplot pro budovu B2





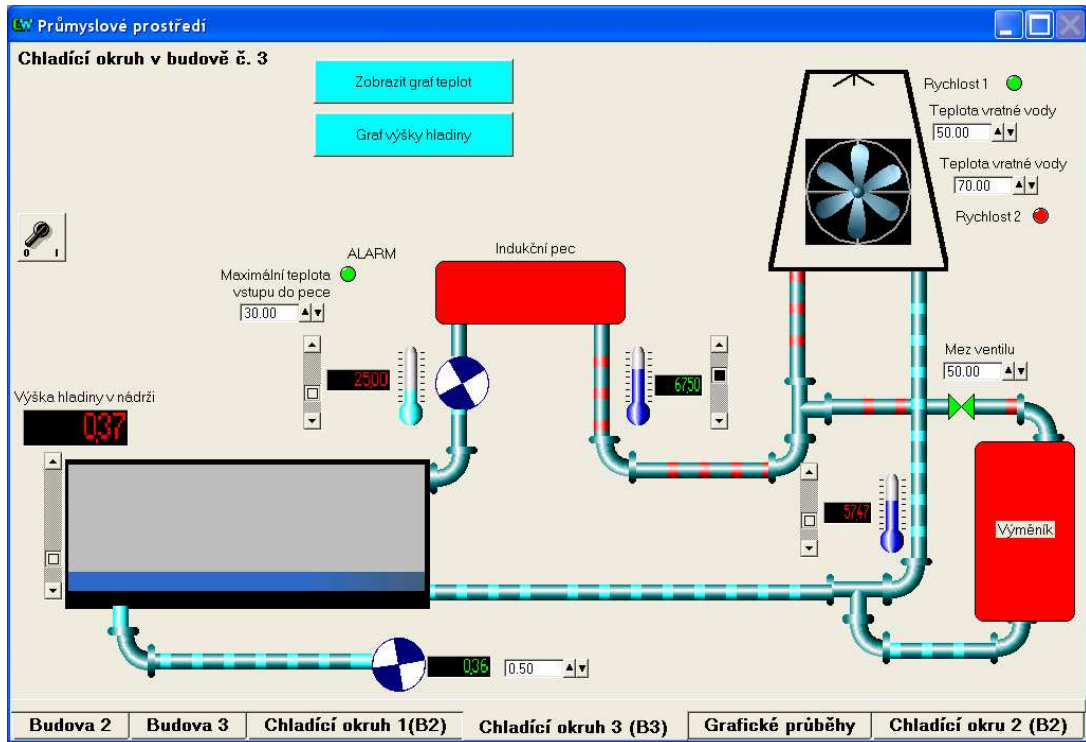
Obr. 27: Ovládací aplikace v programu Control Web – budova B3, západní část



Obr. 28: Ovládací aplikace v programu Control Web – budova B3, východní část

Na obrázcích (viz. Obr. 23 až Obr. 28) jsou naznačeny návrhy vizualizace vybraných technologických procesů s energetickým informačním systémem. Po vyvolání barevného tlačítka se aktivuje jemu přiřazená funkce. Např. po zmáčknutí tlačítka s názvem „Plyn“ se

na obrazovce objeví displej graf aktuálního tlaku plynu, graf nebo tabulka (dle volby uživatele) spotřeby plynu za časový úsek, který je volitelný. Maximum pro archivaci dat je doba cca. 1,5 roku. Na obrázku (viz. Obr. 26) je naznačeno vyvolání nabídky pro průběh teplot v budově B2.



Obr. 29: Chladicí okruh v budově B3

Na obrázku (viz. Obr. 29) je návrh vizualizace chladicího okruhu už s implementovaným návrhem využití odpadního tepla převzatým s diplomové práce od Martina Vysloužila. Konkrétně se jedná o zabudovaný výměník tepla, napojený na výstup s indukční pece, resp. induktoru. Ve spodní části nádrže je přívod vody ze sítě pro její dopouštění vlivem ztrát odparem s chladicí věže. Znázornění virtuálního přístroje motor je pouze pro větší přehled, aby bylo lépe zřetelné, zda se voda připouští, nebo ne

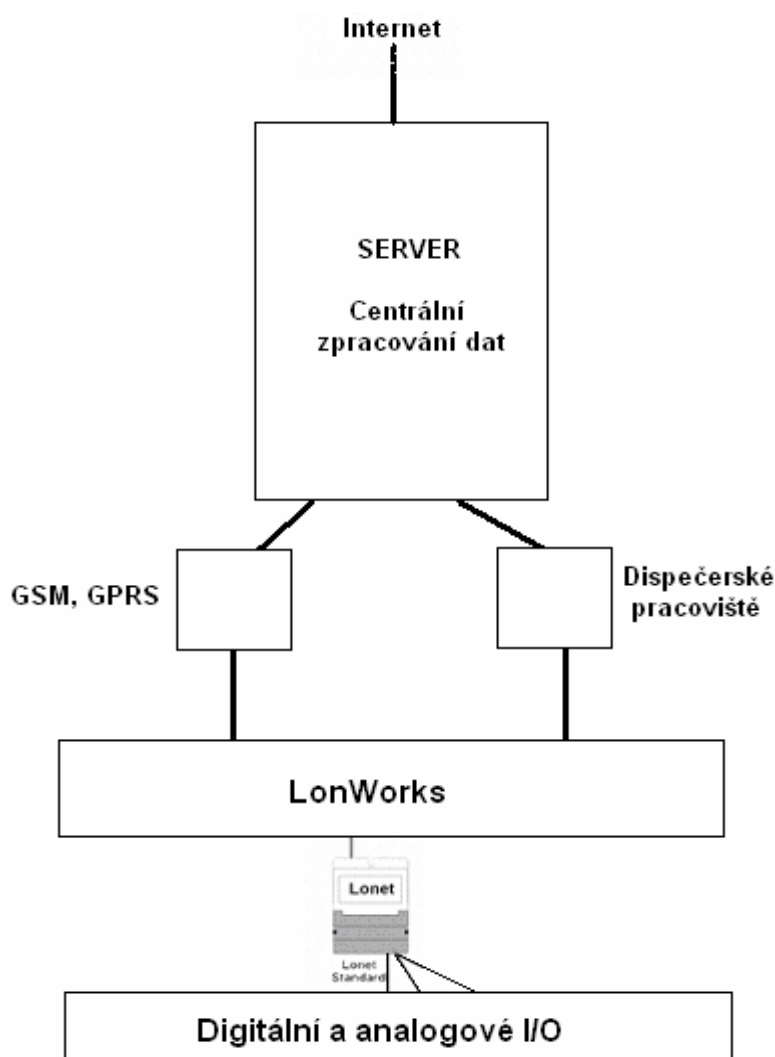
### 3.3.1.11 Návrh přístupových práv do aplikace s využitím přístupu přes internet

Jak již název programu napovídá, byl určen právě pro řízení aplikací se sítí a internetu. V prostředí systému Control Web je pro ochranu běžících aplikačních programů proti neautorizovaným zásahům nepovolaných osob k dispozici systém přístupových práv uživatelů. Tento systém nejen zabráni osobě bez příslušného oprávnění zastavit aplikační program, ale prakticky každá programová komponenta může mít omezen přístup jen na

určitou skupinu uživatelů, která je oprávněna s patřičnou komponentou manipulovat. V praxi to tedy znamená, že neoprávněný uživatel nedokáže např. pohnout knoflíkem nebo stisknout tlačítko.

Nastavení přístupových práv uživatelů se dělá pomocí datových inspektorů v menu nastavení aplikace. Jak je výše zmíněno, dají se přístupová práva odstupňovat dle obsluhy a to tak, že daný operátor (např. z nižší kvalifikací) může zasahovat pouze do vybrané skupiny přístrojů. Toto se provádí pro každý virtuální přístroj zvlášť, nebo skupinu přístrojů v inspektoru přístroje pomocí menu access.

Pro přístup z internetu je nutné vytvořit aplikaci pro internet, což se dělá naprosto stejným způsobem, jako tvoří nové aplikace, ovšem za pomoci generátoru aplikace pro internet, který je v programu implementován.



Obr. 30: Blokové schéma přenosu dat ze sítě LonWorks na internet

Na obrázku (Obr. 30) je naznačen návrh přístupu na řídicí systém z internetu. Toto je realizováno přes server, který si vyměňuje informace se zprostředkovateli přenosu dat se sítí LonWorks.

### 3.4 Použitá zařízení

Použitá zařízení musí být navržena tak, aby uspokojovali potřeby za účelem, kterým jsou navrženy. To znamená, že veškerá měřicí zařízení musí být kompatibilní s navrhovaným systémem LonWorks. Jestliže použité zařízení v sobě nemá implementovaný inteligentní uzel pracující se standardním protokolem LonTalk jako teploměry P16LON od firmy Regment, je nutné do obvodu zařadit neuron chip ze stavebnice Lonet dodávaný firmou ATD Praha, spol. s r.o. Ten je schopen předělat signál výstupní datové komunikace (např. protokol M-Bus) pro využití v síti LonWorks. Toto platí i pro výstupní analogový signál 4 – 20 mA.

Tab. 5: Použitá zařízení a jejich parametry

Číslo	Název	Počet kusů	Výrobce	Technické parametry	Cena Kč
VO 1-2	Flostar-M	2	Actaris	DN 40	11 600
PL 1	Typ TZ	1	Actaris	DN 150	7500

PL 2	Typ TZ	1	Actaris	DN 80	6500
VZ 1	SD 9000	1	Efecton Metris	DN 40	9800
VZ 2-3	SD 2000	2	Efecton Metris	DN 50	10200
TČ 1-8	B43I-L3	21	Regmet	$t_{\max} = 400 \text{ }^{\circ}\text{C}$	42 420
TČ 9	P10LON	5	Regmet	$t_{\max} = 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$	13 250
ST 1-8	Instalační stykače CT	21	Merlin Gerin	S ručním ovládáním, $I_{\max} =$ 100 A	25000
TČ 10	P16LON	1	Regmet	$t_{\max} = 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$	2 980
H1-3	ULN- 55_-06	3	Dinel	$H_{\max} = 6 \text{ m}$	20 700

### 3.4.1 Turbínový plynoměr typ TZ

Dle firemní dokumentace firmy Arktis viz. [14] je funkční popis plynoměru následující:



Obr. 31: Turbínový plynoměr typ TZ

#### 3.4.1.1 Obecně

TZ je navržen pro přesné měření průtoku různých druhů plynu. Plynoměr má pozoruhodné metrologické vlastnosti, jak při měření na nízkém, tak na vysokém tlaku. Jednou z jeho hlavních předností je jeho výjimečná odolnost proti poruchám v proudění plynu.

### 3.4.1.2 Konstrukce a popis funkce

Turbínový plynoměr TZ se skládá z 5-ti základních částí:

- těleso plynoměru
- vestavěný usměrňovač toku plynu
- měřící jednotka s turbínovým kolem
- magnetická spojka
- mechanické válečkové otočné počítadlo, které slouží k zobrazení proteklého objemu plynu

**Těleso plynoměru** obsahuje připojovací příruby. Je vyrobeno z hliníku, šedé nebo tvárné litiny nebo z oceli v závislosti na provozním tlaku.

**Usměrňovač toku** je zkonstruován tak, aby přiváděl na turbínové kolo plyn bez poruch v proudění, které by mohly ovlivnit jeho přesnost. Díky tomuto speciálně zkonstruovanému usměrňovači je možné, dle PTB, provádět montáž plynoměru pro DN 80 až DN 150 do potrubí s náběhovým rovným úsekem před plynoměrem  $\geq 2$  DN, bez jakéhokoliv usměrňovače toku a to při jakémkoliv rušení dle ISO.

Lopátkové kolo s pevnými lopatkami přesného proudnicového tvaru a převodový systém tvoří kompaktní **měřící jednotku**. Hřídel turbíny je upevněna ve dvou ocelových ložiscích, která jsou nepřetržitě mazána, čímž se zvyšuje jejich životnost.

Otáčky turbínového kola, které jsou přímo úměrné průtoku plynoměrem, jsou mechanicky přenášeny přes **magnetickou spojku** do osmimístného počítadla, které zaznamenává proteklý objem při provozních podmínkách.

**Počítadlo** je zkonstruováno tak, že odpovídá stupni ochrany proti vlivům vnějšího prostředí IP 67. Počítadlo může být natočeno do jakéhokoliv úhlu v rozmezí 360° bez jeho demontáže, což umožňuje nastavení polohy pro snadný odečet údajů z plynoměru.

### 3.4.1.3 Charakteristiky a funkce

Plynoměr odpovídá předpisům a normám EEC, doporučením O.I.M.L. a normě ISO/DIN 9951.

Plynoměr je rovněž typově schválen pro Českou republiku.

#### TCS 1433/83 - 451

- schválený rozsah měření : 1: 20 nebo 1:30

- účinný rozsah měření : >1:30 (narůstá s tlakem)
- přesnost plynoměru : 2% mezi  $Q_{min}$  a  $0,2 Q_{max}$   
1% mezi  $0,2 Q_{max}$  a  $Q_{max}$

Plynoměr TZ je standardně ověřován při atmosférickém tlaku. Na požádání je možné provést doplňkový test na vysoký tlak.

#### **3.4.1.4 Mazání plynoměru**

Mazání kuličkových ložisek v měřicím systému plynoměru je standardně prováděno pomocí olejové pumpy. V případě požadavku zákazníka je možné dodat přístroj se samomaznými ložisky.

#### **3.4.1.5 Vybavení plynoměru**

##### **Standardní**

Vysílače impulzů

- NF1 na bázi reed kontaktu
- NF2 na bázi reed kontaktu
- kontrolní výstup pro registraci neoprávněné manipulace s plynoměrem na bázi reed kontaktu

Tyto výstupy jsou zabudovány do počítačidla jako standardní vybavení a jsou využívány pro dálkový přenos naměřeného objemu.

Výstupy mohou být dále využity jako :

- vstup naměřeného objemu pro elektronický přepočítávač pro přepočet na vztažné podmínky
- vstup naměřeného objemu pro přístroje sloužící pro odečet a záznam dat atd.

Činnost a parametry vysílačů

- činnost probíhá za pomoci kontaktu a magnetu vestavěného do prvního válečku na číselníku
- max. výkon : 8W dle CENELEC
- max. napětí : 13V
- max. proud : 20mA
- max. teplota : 60°C
- připojen na 6-ti kolíkový BINDER konektor
- certifikát LCIE a FTZÚ - Ostrava Radvanice.

Vnitřní silikagelová náplň

Slouží k pohlcení případné vlhkosti uvnitř počítadla a tím zabraňuje jeho orosení a korozi převodového mechanismu umístěného uvnitř hlavice počítadla.

#### 3.4.1.6 Příslušenství

Na požadavek je možné plynoměr dovybavit následujícím příslušenstvím :

- **Nízkofrekvenční impulzní vysílač NF 1(10)** - štěrbinový iniciátor typu NAMUR. Může být zabudován místo reed vysílače nebo jako další vysílač. K vysílači připojené přídavné elektronické zemnění musí být napájeno externě přes jiskrově bezpečný oddělovací obvod.
- **Reed kontakt** - na ose počítadla je standardně připevněn magnetický kotouček pro vnější odnímatelný reed kontakt. Kotouček je možné připevnit i odejmout bez demontáže krytu počítadla (neporuší se kalibrační plomba).
- **Vysokofrekvenční impulzní vysílač** - pro jmenovitou světlost DN 50 je plynoměr možné vybavit vysokofrekvenčním vysílačem VF 3 (snímá impulzy z turbínového kola). Pro jmenovitou světlost DN 80 a vyšší je plynoměr možno vybavit dvěma impulzními vysílači VF 3 a jedním vysílačem VF 2 (snímá impulzy z referenčního kola). Frekvence pulzů jsou uvedeny v tabulce technických údajů.
- **Středofrekvenční impulzní vysílač** - indukční středofrekvenční vysílač SF je možno použít spolu s převodníkem frekvence (0 - 20 mA nebo 4 - 20 mA) pro ukázování okamžité hodnoty průtoku.
- **Návarek pro snímač teploty** - na požádání je možno plynoměr od světlosti DN 80 vybavit návarkem pro snímač teploty pro elektronický přepočítač nebo pro zkušební teploměr pro kalibraci. Velikost připojovacího závitu uveďte v objednávce.
- **Externí silikagelová náplň** - pro extrémně zvýšenou vlhkost ovzduší je možné hlavici počítadla doplnit o vnější silikagelovou náplň. Tuto náplň je možné doinstalovat dodatečně bez porušení metrologických značek.

#### 3.4.2 Vodoměr

Viz [13]



- Montážní poloh poloha: -Horizontálně - třída přesnosti C. Bez nároků na uklidňující délku potrubí.
- Přesná registrace nízkých průtoků a úniků vody.
- Vysoká přesnost v širokém rozsahu průtoků.
- Možnost velkého přetížení po dobu dvou hodin (požární odběr), 1,5x Qmax!
- Měřící mechanismus s hydrostaticky a hydrodynamicky vyváženou turbínou, minimální třecí odpor, vysoká přesnost, nízká tlaková ztráta, metrologická stálost.
- Valivé uložení turbíny - prodloužená životnost a vyšší citlivost v oblasti velmi malých průtoků.
- Vysoká spolehlivost - jediný pohyblivý díl ve vodě.
- Suchoběžné otočné počítadlo spojené s měřící částí magnetickou spojkou, standartně předvybavené pro instalaci komunikačního členu CYBLE. Krytí počítadla IP68 - měděný plášť a minerální sklo.
- Verze pro redukce průřezů:
  - DN65 s přírubami DN80
  - DN80 s přírubami DN100
- Otočné příruby vodoměru DN 150 pro snadnou montáž

#### **3.4.2.1 Dálková komunikace**

Vodoměr lze vybavit pro integraci do odečtových systému:

- Pulsní komunikace CYBLE NF / VF
- MBus protokol CYBLE MBUS
- Radiová komunikace CYBLE RF

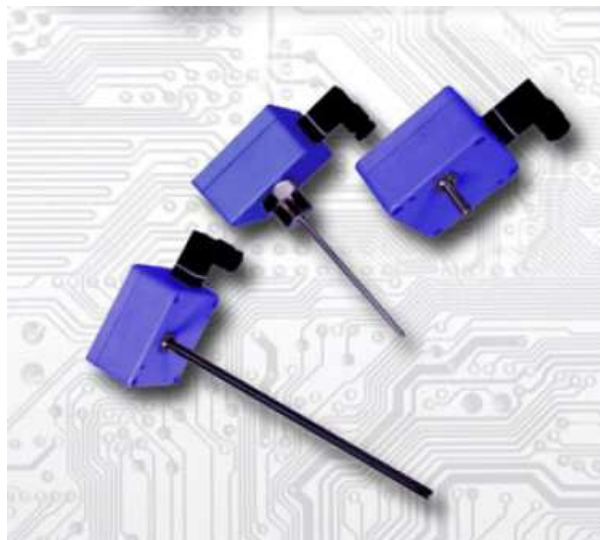


*Obr. 32: Průmyslový vodoměr*

*Flostar-M*

### 3.4.3 Teploměr

Snímače teploty viz [15] vyrobené technologií LonWorks jsou určeny především pro distribuované řídicí systémy typu LON. Pracují se standardním protokolem LonTalk, a proto mohou být zařazeny jako inteligentní uzly do sítí typu LON bez nutnosti použití přípojného univerzálního zařízení. Hlavice snímače je vyrobena z plastu, všechny kovové části jsou z nerez oceli.



*Obr. 33: Průmyslové snímače teploty LON od firmy*

*Regmet*

### 3.4.4 Hlídač spotřeby tlakového vzduchu SD2000



*Obr. 34: Hlídač spotřeby tlakového vzduchu SD2000*

Tento senzor proudění viz [16] procesního připojení DN 50 má dva programovatelné výstupy. OUT 1: čítač množství (impulsy) nebo předvolbový čítač (binární), OUT 2 : hlídač proudění (analog. nebo digital.) či signalizace teploty (0 – 60 °C). Pro použití v procesu bude užit OUT 1 jako impulsní výstup čítače množství a OUT 2 jako signalizace teploty vzduchu nebo okamžitého tlaku. Dále obsahuje integrovaný displej pro fyzický odečet.

### 3.4.5 Instalační stykače Merlin Gerin CT

Viz [17]

- počet pólů: 1P až 4P
- ovládací napětí: 24 V, 230 V
- krytí: IP20, z čela přístroje IP40
- soulad s normou ČSN EN 61 095



*Obr. 35: Stykač*

### 3.4.6 Ultrazvukový hladinově Dinel ULM-55\_-06

Viz [18]

- k měření hladiny kapalin (i znečištěných), kašovitých a pastovitých hmot v uzavřených i otevřených nádobách
- dvoudrátové připojení
- výstup dvoudrát  $4\div 20$  mA
- napájecí napětí hladinoměru  $12 \div 30$  VDC
- vnitřní teplotní kompenzace
- připojení konektorem dle DIN 43650
- kompaktní provedení v odolném pouzdru z PVDF
- rozsah provozních teplot  $-30$  až  $+70^{\circ}\text{C}$
- krytí IP65/IP67
- provedení N do normálního a Xi do výbušného prostředí



Obr. 36: Ultrazvukový hladinový měřič ULM-55\_-06

### **3.5 Udržitelnost řešení a možný rozvoj**

System je postaven na standardním řešení otevřených systému podporujících LonWorks. Pakliže by se nějaký měřicí přístroj zdál nevhodný z jakéhokoliv důvodu (nepřesnost, špatný vliv prostředí, malá odezva) je možné jej vyměnit za jiný bez závažnějších zásahů do celého systému. Právě v tomto spočívá zásadní výhoda otevřených systému.

### **3.6 Technická proveditelnost a základní parametry řešení**

Na praktickou realizaci navrženého řešení nejsou kladeny zvláštní požadavky. Odstávka celého provozu není nutná, pouze jednotlivých zařízení. Jako nejvhodnější termín je letní období, při nízkých odběrech plynu a páry.

## 4 DOPLŇUJÍCÍ PARAMETRY PROJEKTU

### 4.1 Ekonomické hodnocení projektu

Tab. 6: Seznam použitých zařízení + ceny

Typ	Funkce	Počet kusů	Výrobce	Cena Kč
Flostar-M	Vodoměr	2	Actaris	11 600
Typ TZ	Plynoměr	1	Actaris	7500
Typ TZ	Plynoměr	1	Actaris	6500
SD 9000	Hlídač spotřeby tlakového vzduchu	1	Efecton Metris	9800
SD 2000	Hlídač spotřeby tlakového vzduchu	2	Efecton Metris	10200
B43I-L3	Teploměr	21	Regmet	42 420
P10LON	Teploměr	5	Regmet	13 250
Instalační stykače CT	Stykač	21	Merlin Gerin	25000
P16LON	Teploměr	1	Regmet	2 980
ULN-55_-06	Hladinoměr	3	Dinel	20 700
Control Web 5 verze Runtime	SCADA software	1	Moravské strojírny a.s.	6 500
Univerzální DDE klient	Komunikační klient	1	Moravské strojírny a.s.	zdarma

*Tab. 7: Pokračování tabulky 6*

Typ	Funkce	Počet kusů	Výrobce	Cena Kč
System LONET	Zajištění komunikace v síti LonWorks	1	ATD , spol. s r.o.	10 000
Montážní práce, návrh software, konzultace a jiné				100 000
Celkem				266 450
Celkem s DPH				298 075

Pro tento návrh řešení nelze ekonomicky vyhodnotit, protože je obtížné vyhodnotit přínosy automatického řízení a monitorování.

## ZÁVĚR

V práci je uveden návrh řešení řídicího a informačního energetického systému v průmyslovém prostředí. Aplikace byla provedena pro podmínky reálného prostředí nejmenované firmy. Systém je napojen do prostředí strojírenské výroby s nízkým stupněm automatizace, s potřebou zavedení informačního systému .

Technické řešení prokázalo možnost využití existujících řešení prověřených na jiných případech s vysokou kvalitou přenosů informací, odolností a stálostí vůči rušivým vlivům a využitelností téměř ve všech odvětvích automatizace.

Problémem je ekonomické hodnocení investice, kdy se dá jen obtížně vyčíslit ekonomický přínos investice. Systém je navržen pro potřeby oddělení údržby, pro zajištění bezproblémového chodu provozu a zvýšení bezpečnosti práce ve výrobních prostorách, s možností budoucího rozšíření na distribuovaný systém a zavedení vyššího stupně automatizace strojů.

Cílem této práce bylo provést návrh řídicího a informačního energetického systému v konkrétním průmyslovém prostředí se zohledněním provozních podmínek a konkrétní situace.

Stanovený cíl práce byl splněn podle zadání. Ověření funkce navrženého systému bude až po případné realizaci.



## CONCLUSION

Design of operating and information-energy system in industrial environment is described in the diploma work. The application was done for real-environment conditions in a real but not specified industrial firm. The system is designed into low-level automation production process, where the automation and control system is required for higher efficiency of the production.

Technological solution is based on proved number of existing solutions, which are using high quality transmission of information, durability and stability towards disturbances and working in nearly all industrial branches.

The problem is an economical evaluation of investment. The system is designed for maintenance department for ensuring smooth production with the view of safety. The designed open distributed system, might be upgraded in the future easily.

The aim of the work was achieved according to the task. The evaluation of the design will be done after the design implementation.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] SCHRAMEK, R. *Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik*. R. Oldenbourg. 1994. Auflage. Verlag : [s.n.], 1994.
- [2] BASTA, J. *Hydraulika a řízení otopných soustav*. ČVUT Praha, 2003
- [3] Topenářská příručka. GAS Praha, 2001
- [4] Firemní literatura Honeywell, Schneider Electric. AMIT, TECO, LDM, Siemens
- [5] Příručka k programu Control Web
- [6] Mykyška, L. Šebek J. *Chladící věže*. SNTL Praha, 1989
- [7] Hruška, F.: Technické prostředky automatizace IV, Snímače, převodníky, regulátory, průmyslová výpočetní technika, ovládací jednotky. Učební texty, I.vydání, Zlín: UTB ve Zlíně, 2001, s.107. ISBN 80-7318-026-X
- [8] *Control Web 5* [online]. 2005 , 16. 11. 2005 [cit. 2007-05-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.mii.cz/art?id=179&cat=94>> =405>.
- [9] VOJÁČEK, Antonín. *Sběrnice LonWorks - 3.část - Neuron chip & ostatní hardware* [online]. 2005 , 10. 6. 2005 [cit. 2007-05-21]. Dostupný z WWW: <<http://automatizace.hw.cz/view.php?cisloclanku=2005061001>>.
- [10] VOJÁČEK, Antonín. *Sběrnice LonWorks - 1.část - Úvod* [online]. 2005 , 05. 04. 2005 [cit. 2007-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://automatizace.hw.cz/view.php?cisloclanku=2005040501>>.
- [11] VOJÁČEK, Antonín. *Sběrnice KNX pro řízení budov - 1.část* [online]. 2006 , 10. 06. 2006 [cit. 2007-05-18]. Dostupný z WWW: <<http://automatizace.hw.cz/view.php?cisloclanku=2006061001>>.
- [12] *M - Bus* [online]. Dostupný z WWW: <<http://fieldbus.feld.cvut.cz/mbus/mbus.html>>
- [13] *FLOSTAR M* [online]. c2003 , 2005 [cit. 2007-05-17]. Dostupný z WWW: <[http://www.actaris.cz/cs/voda/prumyslove\\_vodomery/flostar\\_m.htm](http://www.actaris.cz/cs/voda/prumyslove_vodomery/flostar_m.htm)>.

- [14] *Typ TZ* [online]. 2003. c2005 [cit. 2007-05-11]. Dostupný z WWW: <[http://www.actaris.cz/cs/plyn/turbinove\\_plynometry/typ\\_tz.htm](http://www.actaris.cz/cs/plyn/turbinove_plynometry/typ_tz.htm)>.
- [15] *Snímače teploty Lon Works* [online]. 2007 [cit. 2007-05-11]. Dostupný z WWW: <<http://www.regmet.cz/download/lon.pdf>>.
- [16] *Senzory proudění* [online]. 2005 , 15. 12. 2005 [cit. 2007-05-07]. Dostupný z WWW: <<http://www.ifm-electronic.com/ifmcz/web/dsfs!SD2000.html>>.
- [17] *Instalační stykače CT* [online]. 2005 [cit. 2007-05-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.schneider-electric.cz/produkty/rozvody/nizke-napeti/ovladani-obvodu/instalacni-stykace-ct.html>>.
- [18] *Ultrazvukové hladinoměry ULM-55* [online]. c2006 [cit. 2007-05-14]. Dostupný z WWW: <<http://cs.dinel.cz/?content=popis-vyroбку&type=ulm-55>>.
- [19] *Distribuovaný řídicí systém Lonet* [online]. 2005 [cit. 2007-05-11]. Dostupný z WWW: <<http://www.atd.cz/cz/lonet/lonetz.pdf>>.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1: Komunikace LonWorks s aplikacemi pro OS Windows .....</i>	16
<i>Obr. 2: Struktura standardu KNX.....</i>	19
<i>Obr. 3: Příklady možností volby fyzického komunikačního média .....</i>	21
<i>Obr. 4: Příklady topologie využívající médium TP 1 .....</i>	22
<i>Obr. 5: Standardní struktura sběrnice M - Bus .....</i>	27
<i>Obr. 6: Rozsah měření průtoku F v závislosti na přesnosti.....</i>	30
<i>Obr. 7: Příklad obvodového řešení jednoho LonWorks uzlu s Neuron chipem.....</i>	31
<i>Obr. 8: Tabulka tlakové ztráty při <math>Q_{max}</math>.....</i>	43
<i>Obr. 9: Typická křivka chyby plynoměru.....</i>	43
<i>Obr. 10: Diagram tlakových ztrát pro vodoměry Flostar.....</i>	44
<i>Obr. 11: Základní technické údaje a metrologické parametry .....</i>	44
<i>Obr. 12: Model OSI pro LON Talk protokol .....</i>	44
<i>Obr. 13: Příklad použití sběrnice LonWorks a systému LONET od firmy .....</i>	45
<i>Obr. 14: Půdorys budovy 2 – západní část s polohou navržených zařízení .....</i>	48
<i>Obr. 15: Půdorys budovy 2 – východní část s polohou navržených zařízení .....</i>	49
<i>Obr. 16: Půdorys budovy – západní část s polohou navržených zařízení .....</i>	50
<i>Obr. 17: Půdorys budovy – východní část s polohou navržených zařízení .....</i>	51
<i>Obr. 18: Blokové schéma budovy č. 2.....</i>	52
<i>Obr. 19: Blokové schéma budovy č. 3.....</i>	52
<i>Obr. 20: Návrh čidel a ovládacích zařízení pro budovu 2 .....</i>	53
<i>Obr. 21: Návrh čidel a ovládacích zařízení pro budovu 3 .....</i>	53
<i>Obr. 22: Návrh čidel pro chladicí okruh v budově 2 .....</i>	54
<i>Obr. 23: Ovládací aplikace v programu Control Web – budova B2, západní část.....</i>	55
<i>Obr. 24: Ovládací aplikace v programu Control Web – budova B2, střední část.....</i>	55
<i>Obr. 25: Ovládací aplikace v programu Control Web – budova B2, východní část .....</i>	56
<i>Obr. 26: Ovládací aplikace v programu Control Web – budova B2, západní část s .....</i>	56
<i>Obr. 27: Ovládací aplikace v programu Control Web – budova B3, západní část .....</i>	57
<i>Obr. 28: Ovládací aplikace v programu Control Web – budova B3, východní část .....</i>	57
<i>Obr. 29: Chladicí okruh v budově B3.....</i>	58
<i>Obr. 30: Blokové schéma přenosu dat ze sítě LonWorks na internet .....</i>	59
<i>Obr. 31: Turbínový plynoměr typ TZ.....</i>	61

---

<i>Obr. 32: Průmyslový vodoměr .....</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 33: Průmyslové snímače teploty LON od firmy.....</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 34: Hlídač spotřeby tlakového vzduchu SD2000.....</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 35: Stykač .....</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 36: Ultrazvukový hladinoměr ULM-55_-06.....</i>	<i>68</i>

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1: Technologické procesy pro monitorování v budově 2</i> .....	38
<i>Tab. 2: Technologické procesy pro monitorování v budově 3</i> .....	38
<i>Tab. 3: Podmínky pro návrh měřicích přístrojů pro budovu 2</i> .....	41
<i>Tab. 4: Podmínky pro návrh měřicích přístrojů pro budovu 3</i> .....	42
<i>Tab. 5: Použitá zařízení a jejich parametry</i> .....	60
<i>Tab. 6: Seznam použitých zařízení + ceny</i> .....	70
<i>Tab. 7: Pokračování tabulky 6</i> .....	71



## **SEZNAM PŘÍLOH**

CD – ROM: Control Web Runtime SP 12 Demo

- funkční aplikace prum\_prostredi.cw