

# **Komplexní automatizace recyklačních technologií**

Aleš Bitala

---

Bakalářská práce  
2006



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

## **ABSTRAKT**

Cílem práce je stručný popis technologie pro recyklaci koželužského odpadu a zařízení laboratoře mokrých procesů, na kterém je tato technologie realizována. Dále pak vytvoření programového vybavení pro řízení pracoviště odparky.

Tato práce je rozdělena do dvou hlavních částí. První část je věnována popisu technologie, jednotlivých pracovišť a jejich řídicích systémů. Druhá část je pak věnována řídicímu softwaru Control Web. Jsou popsány jeho hlavní přednosti a možnosti jeho využití.

Je zde také popsán návrh řídicí aplikace pro pracoviště odparky v prostředí Control Webu.

## **ABSTRACT**

The purpose the thesis is brief description of technology for recycling of tanning waste and devices in laboratory of wet processes, which the technology is realized. Another purpose is formation of program equipment for operating workplace of evaporator.

The thesis is divided to two main parts. First part is devoted to description of technology, various workplaces and their control systems. Second part is devoted to control software Control Web. There are described main qualities of this and possibilities of using.

In the final part was created suggestion for control workplace evaporator in Control Web environment.

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Dolinayovi za konzultace během práce a Ing. Petru Dostálkovi za věnovaný čas a cenné rady.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce, ředitele ústavu a institutu. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně 12. 6.2006

.....

Podpis diplomanta

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>5</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>6</b>
<b>1 CELKOVÁ KONCEPCE</b> .....	<b>7</b>
<b>2 POPIS JEDNOTLIVÝCH PRACOVÍŠŤ</b> .....	<b>9</b>
2.1 FERMENTACE .....	9
2.1.1 Fermentační reaktor .....	9
2.1.2 Dávkování louhu .....	10
2.1.3 Měření pH .....	11
2.1.4 Řídící skříň fermentačního reaktoru.....	11
2.1.5 Technologická karta ADVANTECH PCL-818PG .....	11
2.1.6 Propojení přístrojů.....	12
2.2 FILTRACE .....	14
2.2.1 Filtrační nálevka.....	14
2.2.2 Filtrační nádoba.....	15
2.2.3 Převodníková a regulační skříň.....	16
2.2.4 Blokové schéma pracoviště filtrace .....	16
2.3 ODPAŘOVÁNÍ .....	18
2.3.1 Rotační odparka .....	18
2.3.2 Použité senzory .....	20
2.3.3 Řídící systém odparky.....	21
2.4 RECYKLACE .....	23
2.4.1 Recyklační zařízení .....	24
2.4.2 Systém řízení recyklace.....	25
2.4.3 Výběr vhodných senzorů.....	27
<b>3 SOFTWARE VYBAVENÍ</b> .....	<b>28</b>
3.1 CONTROL WEB.....	28
3.1.1 Popis systému.....	28
3.1.2 Control Web 2000 Runtime Builder pro Windows CE.....	29
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>30</b>
<b>4 NÁVRH ŘÍDÍCÍHO SYSTÉMU PRACOVÍŠTĚ ODPARKA</b> .....	<b>31</b>
4.1 POPIS PROMĚNNÝCH .....	31
4.2 POPIS ŘÍDÍCÍ APLIKACE .....	32
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>36</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>37</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>38</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>39</b>

## ÚVOD

Se vzrůstajícím znečištěním životního prostředí vzrůstají požadavky na snížení množství nebezpečných odpadů, na jejich ekologickou likvidaci nebo efektivní využití.

Jedním z průmyslových odvětví, které produkuje potenciálně nebezpečný odpad je kožedělná výroba zpracovávající přírodní useň. Tato surovina je pro své jedinečné vlastnosti (měkkost, stálost, poddajnost tvarovou přizpůsobivost, absorpční vlastnosti) stále nenahraditelná. Pro dosažení požadovaných kvalit výsledných produktů se v současné době pro činění usní používají soli trojmocného chromu. Trojmocný chrom je přirozenou součástí životního prostředí a je zdraví neškodný, ale je zde nebezpečí jeho oxidace na chrom šestimocný, který již při malé koncentraci v ovzduší způsobuje podráždění nosních sliznic a některé jeho sloučeniny jsou karcinogenní. Proto je v současnosti snaha o výzkum nových postupů pro likvidaci těchto odpadů.

Na fakultě aplikované informatiky ve Zlíně byla vyvinuta nová technologie pro zpracování těchto kožedělných odpadů pomocí enzymatické hydrolýzy. V laboratorních podmínkách je sestaveno pokusné zařízení, na kterém je prováděna optimalizace tak, aby bylo možné tuto technologii co nejlépe využít v průmyslovém prostředí. Tato bakalářská práce se věnuje popisu jednotlivých částí tohoto zařízení, na kterých probíhá fermentace, filtrace, odpařování, recyklace a návrhu realizace řídicího systému pro pracoviště odparka.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 CELKOVÁ KONCEPCE

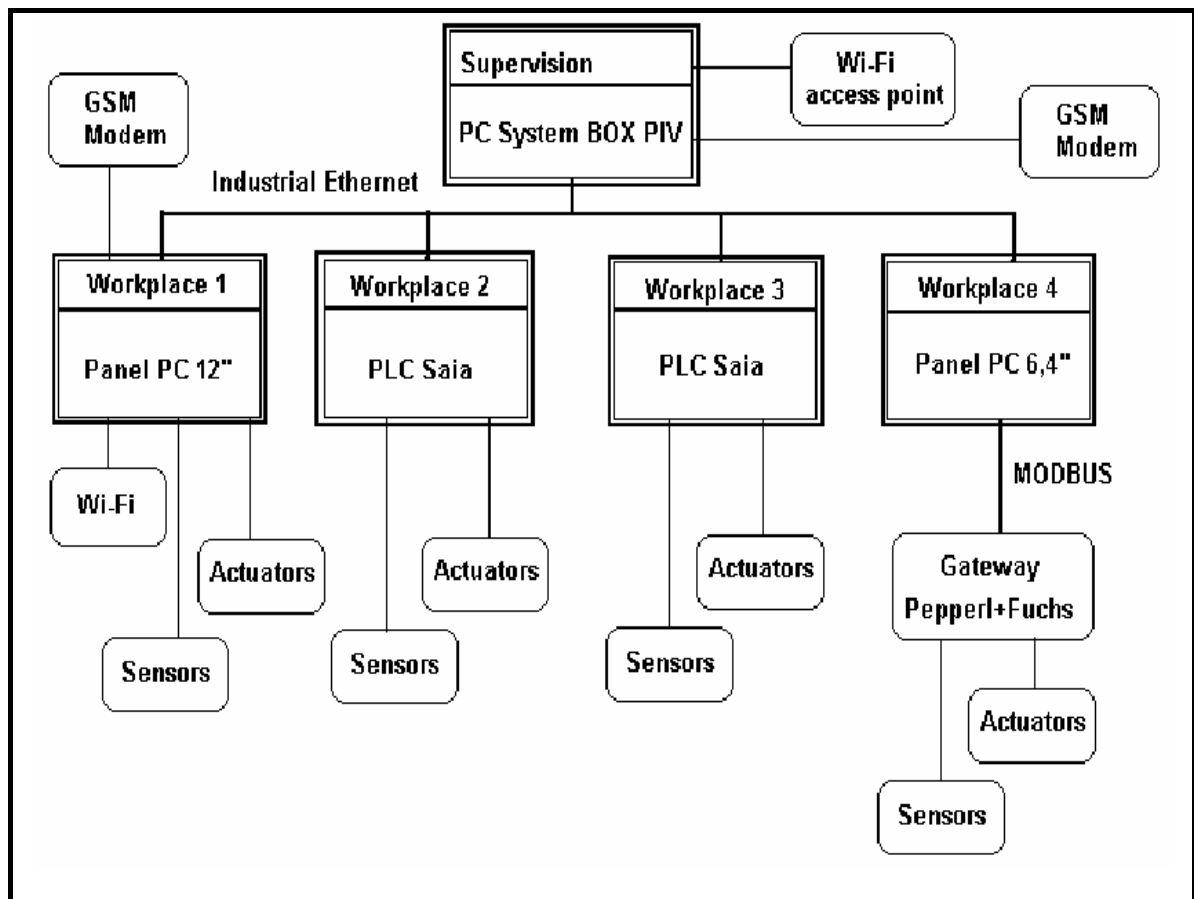
Laboratoř mokrých procesů reprezentuje čtyři technologické postupy (fermentace, filtrace, odpařování a recyklace) umožňující recyklaci kožedělných chromitých odpadů.

Jednotlivá pracoviště byla původně řízena osobními počítači prostřednictvím převodníkových skříní s výměnnými moduly podle typů použitých senzorů.

Původní zařízení je v současné době modernizováno zejména po stránce senzorů a řídicích počítačů.

Celá technologie je nyní v laboratoři rozdělena na 5 pracovišť, z nichž 4 jsou přímo spojena s technologií a jedno je nadřazené. Koncepte zapojení pak vychází z hierarchické struktury, kde na vrcholu je centrální počítač propojený s jednotlivými pracovišti technologie pomocí průmyslového Ethernetu a duplicitně i pomocí bezdrátové sítě WiFi či GSM. Na jednotlivých technologických pracovištích je pak použito průmyslové PC s dotykovým displejem, průmyslový počítač rozměru PDA a 2 PLC automaty. Na nejnižší úrovni jsou kombinovány jak standardní senzory s výstupem 4-20 mA, tak i inteligentní senzory propojené pomocí sériového rozhraní či sběrnice MODBUS v případě specializovaného měřicího systému Pepperl+Fuchs. Stěžejní části systému jsou postaveny na technologii firmy Advantech. Jak je vidět z obrázku 1., na nejvyšší úrovni řízení je použit osobní počítač v průmyslovém provedení typu BOX PIV. Tento počítač má sloužit především jako nadřazené pracoviště, odkud je možno sledovat celou technologii. Při použití příslušného programového vybavení se ovšem počítá i s možností jednotlivé technologie z tohoto pracoviště přímo řídit. Počítač je v konfiguraci odpovídající současnému standardu, tj. procesor Pentium 4, 3 GHz 512 MB RAM, pevný disk s kapacitou 160 GB, operační systém Microsoft Windows XP Profesionál. Propojení mezi centrálním počítačem a jednotlivými pracovišti je realizováno průmyslovým Ethernetem. Ve fyzické vrstvě je použit Ethernet switch v průmyslovém provedení ADAM 6520-B, který podporuje přenosové rychlosti 10/100 Mbps. Propojení tohoto počítače s pracovištěm recyklace je realizováno také duplicitně pomocí bezdrátového Ethernetu (Wi-Fi). Toto propojení je postaveno na standardních prvcích, centrální počítač vytváří přístupový bod a podřízená pracoviště se mohou připojit k tomuto bodu. Centrální počítač a počítač na pracovišti recyklace jsou navíc vybaveny GSM modemy, tak, aby bylo možno demonstrovat i tuto perspektivní technologii při použití v prak-

tické řídicí aplikaci. V následující části budou podrobněji popsána jednotlivá pracoviště.  
[6]



Obr. 1. Celková koncepce



## 2 POPIS JEDNOTLIVÝCH PRACOVIŠŤ

Jednotlivá pracoviště byla navrhována a optimalizována v průběhu několika let a v rámci mnoha diplomových a bakalářských prací. Během této doby se však již velká část zařízení stala zastaralým. Proto je nyní celá laboratoř mokrých procesů modernizována s ohledem na nejnovější technologie v oblasti měření a řízení. Všechny plánované změny však dosud nebyly realizovány, hlavně z důvodu velké nákladnosti požitého vybavení. Z toho důvodu je alespoň prozatím ponechána i velká část původního zařízení, která bude postupně obnovována.

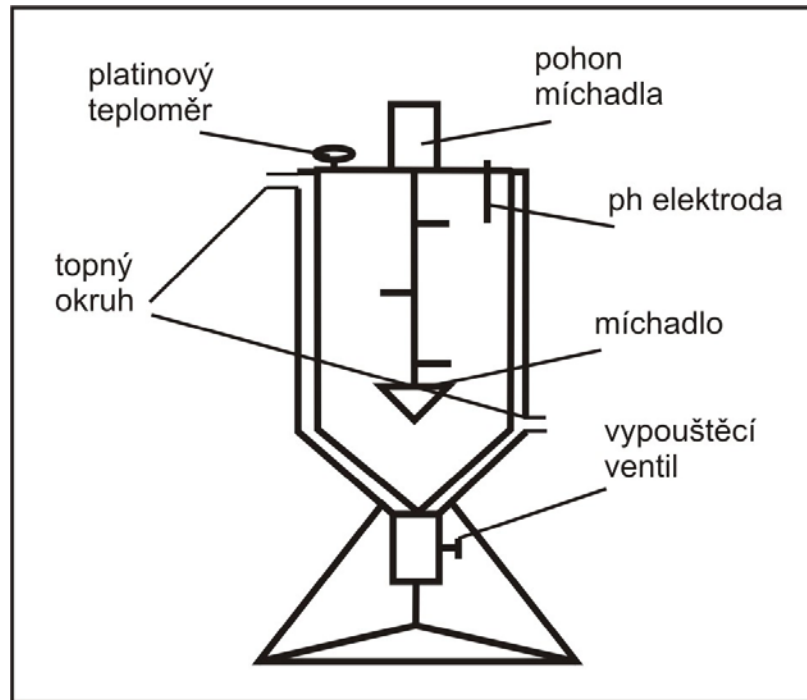
### 2.1 Fermentace

Fermentace patří mezi kvasné biologické procesy jejichž produktem jsou například etanol, organické kyseliny, pekařské droždí a jiné. Podstatou těchto procesů je biochemická přeměna roztoků, vyvolaná složitými organickými látkami – enzymy.

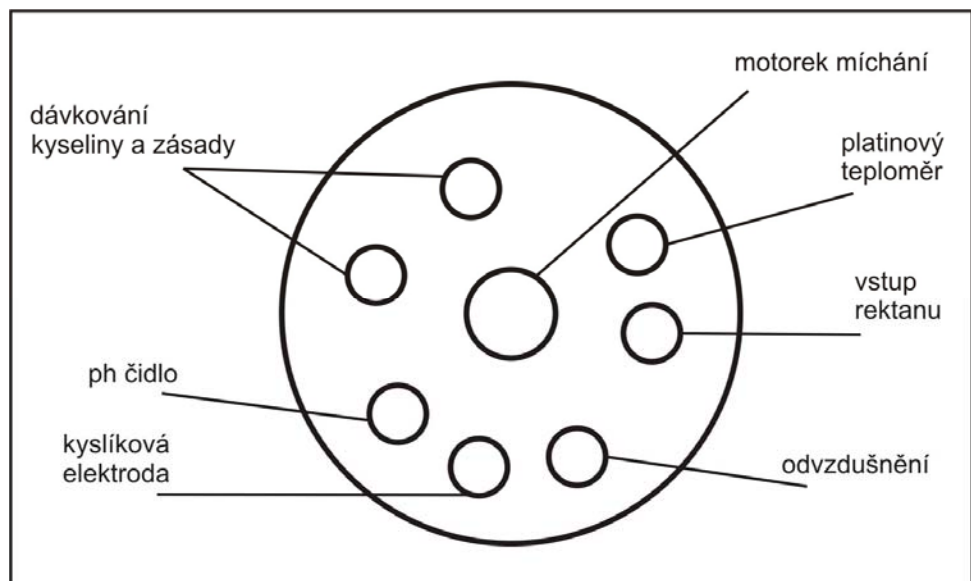
Při výrobě chromitých usní probíhá heterogenní reakce, katalyzovaná enzymem. Rychlost této reakce je závislá na koncentraci reaktantů, na jejich povaze a stavu reakčního prostředí, tj. na teplotě, tlaku a na přítomnosti katalyzátoru. Na optimum se reguluje teplota, která se u těchto enzymů udržuje na v rozsahu 60 – 80 °C a pH v rozmezí 8,5 až 9,5. Cílem je provedení enzymatické reakce, která spočívá ve štěpení koordinačních vazeb chromu s kolagenem, přičemž výsledkem reakce je nerozpustný hydratovaný hydroxid chromitý a rozpustný protein. [1]

#### 2.1.1 Fermentační reaktor

Chemická reakce probíhá v reaktoru tvaru válce umístěném na stojanu. Jedná se o míchaný neprůtočný izotermní heterogenní reaktor. Maximální objem reaktoru je 12 l. Je vybaven snímačem teploty (Pt100) a pH. V ose nádoby prochází víkem reaktoru míchadlo poháněné elektromotorem. K ohřevu reaktoru je použit olej, který proudí dutým pláštěm. Olej je zahříván v samostatné nádrži mimo reaktor. Olejová nádrž má objem 10 l. V jejím dně jsou umístěna dvě topná tělesa, každé o příkonu 1,7 kW. Teplota uvnitř nádrže je opět snímána pomocí Pt100. Cirkulaci oleje zajišťuje čerpadlo. [1]



Obr. 2. Fermentační reaktor



Obr. 3. Nákres víka reaktoru

### 2.1.2 Dávkování louhu

K dávkování louhu je použito peristaltické čerpadlo PS 10. Toto čerpadlo je vybaveno měřičem přetlaku, nebo podtlaku a měřičem transmembránového tlaku.

### 2.1.3 Měření pH

Hodnota pH ve fermentoru je měřena pomocí převodníku pH PHTX-014 od firmy Omega Engineering. Ten slouží k převodu slabého signálu z pH elektrod na unifikovaný signál 4...20 mA. Měření je možné v rozsahu 0 až 14 pH, při teplotách -25 až 70 °C. Pro samotné měření slouží elektroda PHE-7151 od stejné firmy. Ta je vhodná pro rozsah pH 0 až 12. [13]



Obr. 4. pH převodník a měřicí sonda

### 2.1.4 Řídící skříň fermentačního reaktoru

Toto zařízení bylo navrženo pro zpracování signálu z čidel umístěných ve fermentačním reaktoru. Je vybaveno měřicími a regulačními obvody, které zajistí stabilitu fyzikálních veličin tak, aby byl celý proces přesně definován. Tato skříň zajišťuje měření potřebných fyzikálních veličin, analogovou regulaci teploty případně slouží jako přizpůsobovací skříň pro číslicové řízení celého fermentačního procesu. [1]

### 2.1.5 Technologická karta ADVANTECH PCL-818PG

V původním návrhu byla fermentace řízena pomocí PC vybaveného technologickou kartou Adventech. PCL-818PG je víceúčelová karta určená pro počítače PC/AT a kompatibilní. Tato karta disponuje pěti hlavními funkcemi: A/D převodem, D/A převodem, digitálním vstupem, digitálním výstupem a čítačem/časovačem. Karta obsahuje 16 samostatně zakončených 12-bitových analogových vstupních kanálů, dva 12-bitové analogové výstupní kanály, 16 digitálních vstupních a výstupních kanálů a programovatelný čítač/časovač.

Při modernizaci bude řídicí PC nahrazeno automatem Saia. [8]



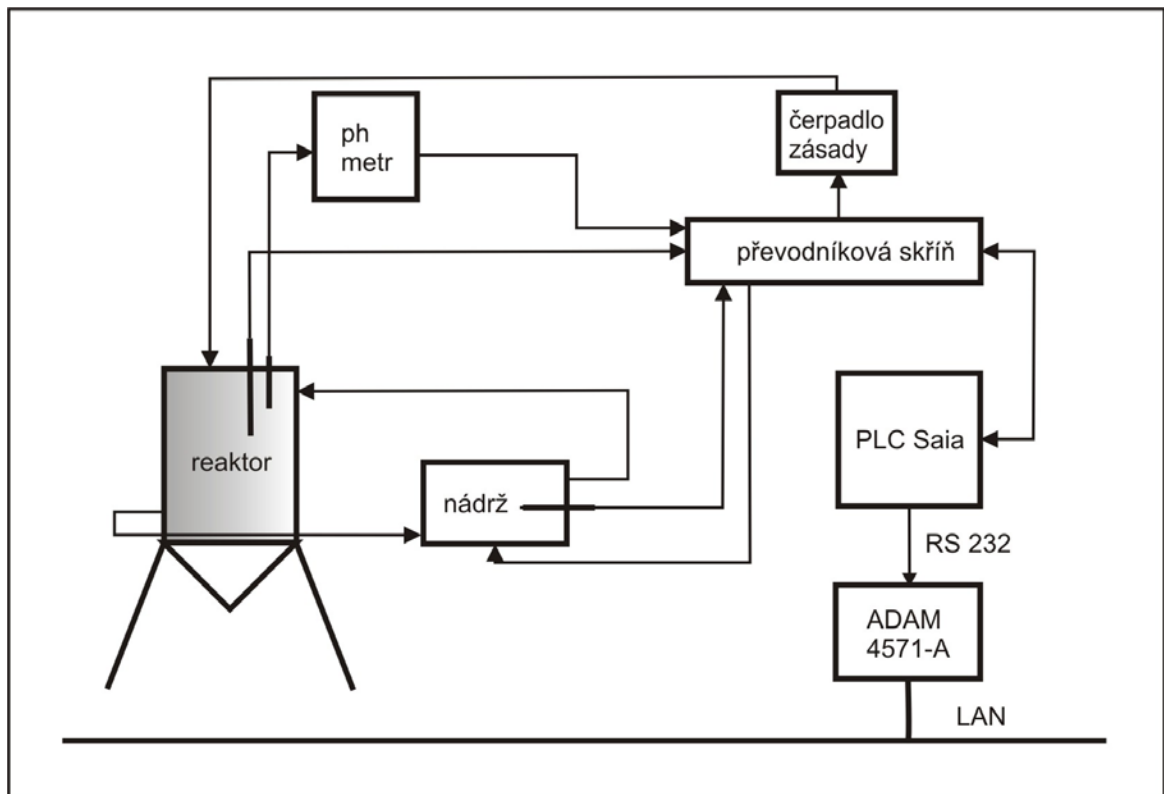
Obr. 5. ADVANTECH PCL-818PG

### 2.1.6 Propojení přístrojů

Na obr. 7 je blokové schéma celého pracoviště fermentace. V rámci modernizace budou stávající čidla nahrazena novými. Pracoviště bude řízeno programovatelným automatem Saia a připojeno na síť LAN tak, aby bylo možné proces monitorovat na supervizím počítači. Pro začlenění do sítě Ethernet budou použity moduly konvertoru Ethernet na RS 232/422/485 ADAM 4571-A. Jedná se o zařízení, které vytváří virtuální sériovou linku prostřednictvím sítě Ethernet. Z hlediska nadřazeného počítače se celé zapojení jeví jakoby bylo PLC připojeno přímo k sériovému portu tohoto počítače. Podporována je přenosová rychlost až 230 kb za sekundu. [1; 6]



Obr. 6. ADAM 4571



Obr. 7. Blokové schéma fermentačního reaktoru



Obr. 8. Fotografie fermentoru

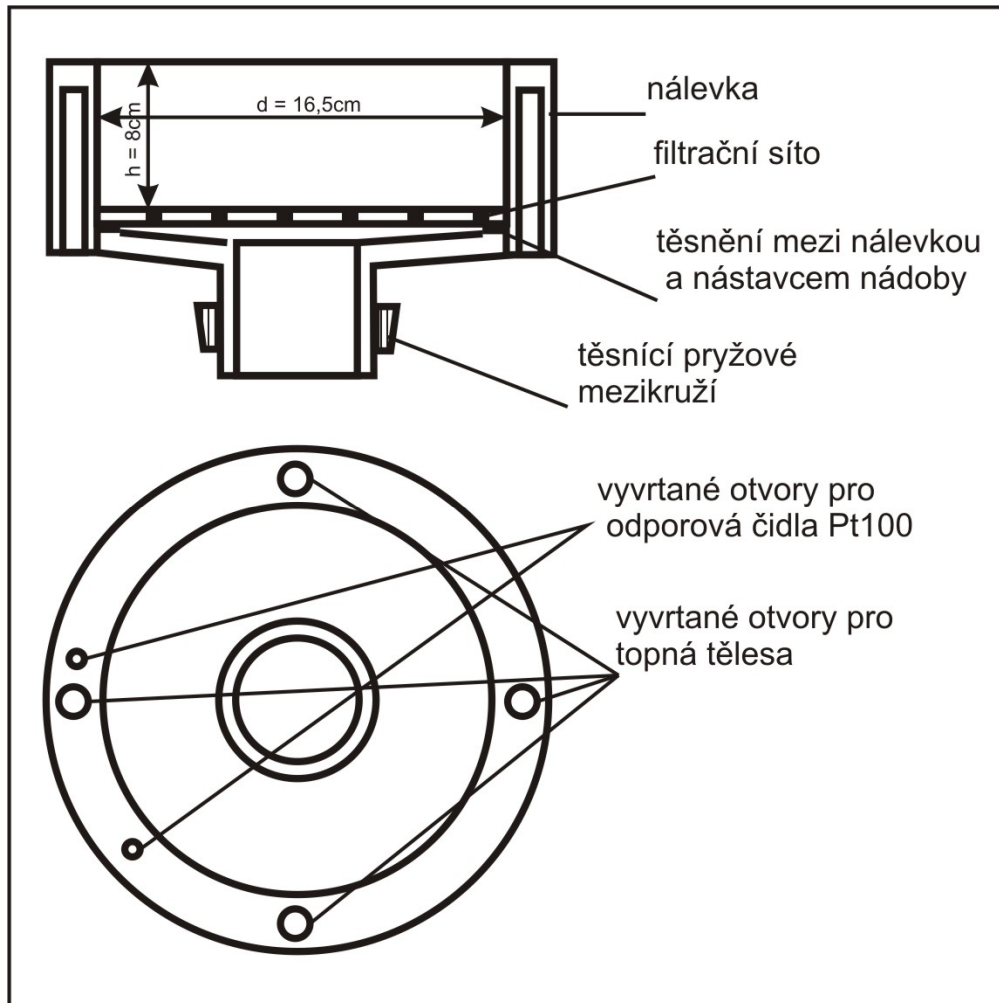
## 2.2 Filtrace

Filtrací nazýváme procesy rozdělení heterogenních systémů, při nichž se na filtrační přepážce zadržuje jedna fáze těchto systémů a druhá se propouští (např. rozdělení suspenzí na kapalinu a vlhký koláč, nebo aerosolů na plyn a suchý koláč). Podle mechanismu zachycování pevné fáze se filtrace kapalin dělí na povrchovou a hloubkovou. Při povrchové filtraci se využívá síťového efektu. Otvory v porézní vrstvě jsou zpravidla menší než velikost oddělovaných částic, které se na porézní přepážce zachycují, zatímco kapalina vrstvou prochází. Při hloubkové filtraci probíhá separační proces uvnitř filtrační přepážky, přičemž zachycované částičky jsou často mnohem menší než póry filtračního materiálu. Tloušťka filtrační vrstvy bývá podstatně větší, než při povrchové filtraci. [3]

Při enzymatické hydrolyze je produktem filtrace roztok proteinu a chromitý koláč. Na laboratorní model filtrace byly kladeny požadavky: vyhřívání filtračního prostoru na teplotu 30 – 80 °C, podtlak za filtrem cca 0,6kPa, objem filtrátu 2,6l. Pro tento účel bylo sestrojeno filtrační zařízení složené z vyhřívané filtrační nálevky s teplotním čidlem a filtrační nádobou která umožňuje regulaci podtlaku, jeho snímání a měření výšky hladiny filtrátu.

### 2.2.1 Filtrační nálevka

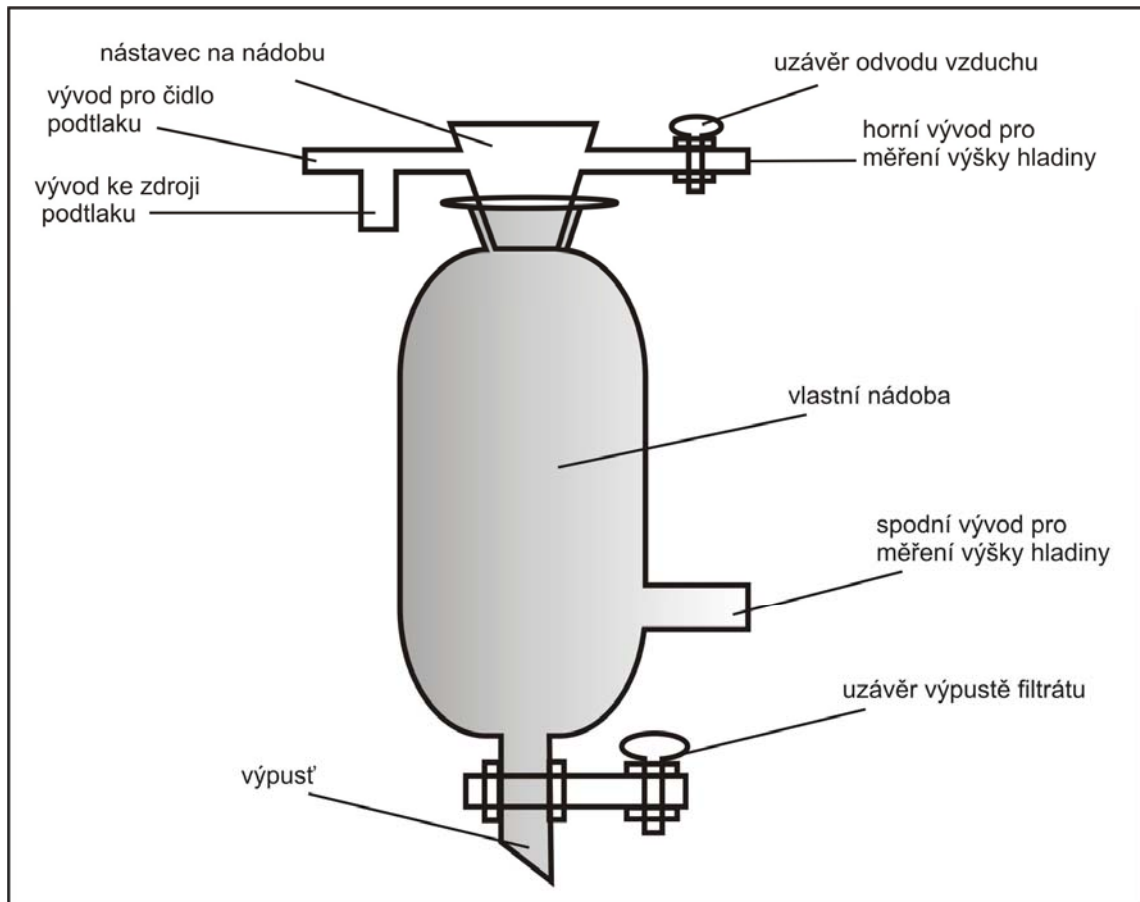
Kruhová filtrační nálevka je vyrobena z duralu z důvodu dobré tepelné vodivosti. Její rozměry jsou: vnitřní průměr 16,5cm, výška okrajů nálevky 5cm. V samotné nálevce je umístěna filtrační přepážka o průměru 16,5cm vytvořená taktéž z duralu vyvrtáním otvorů o průměru 2mm a roztečí 2mm. Vyhřívání nálevky je zajištěno čtyřmi topnými tělesy rozmístěnými po jejím obvodu. Příkon každého z topných těles je 60W. Tyto jsou zapojeny sérioparalelně a připojeny k externímu transformátoru. Teplota nálevky je snímána pomocí dvou odporových čidel Pt100. [3]



Obr. 9. Filtreační nálevka

### 2.2.2 Filtreační nádoba

Vlastní filtrační nádoba má objem 1,65 l a její výška je cca 30 cm. Ve spodní části nádoby je otvor pro napojení kapacitního snímače výšky hladiny a otvor opatřený uzávěrem pro vypouštění filtrátu. Na hrdlo nádoby je nasunut nástavec s kónickým zábrusem. Tento nástavec umožňuje připojení vývěvy pro regulaci podtlaku, připojení snímače podtlaku DMP 331 a kapiláry pro měření výšky hladiny. [3]



Obr. 10. Filtrační nádoba

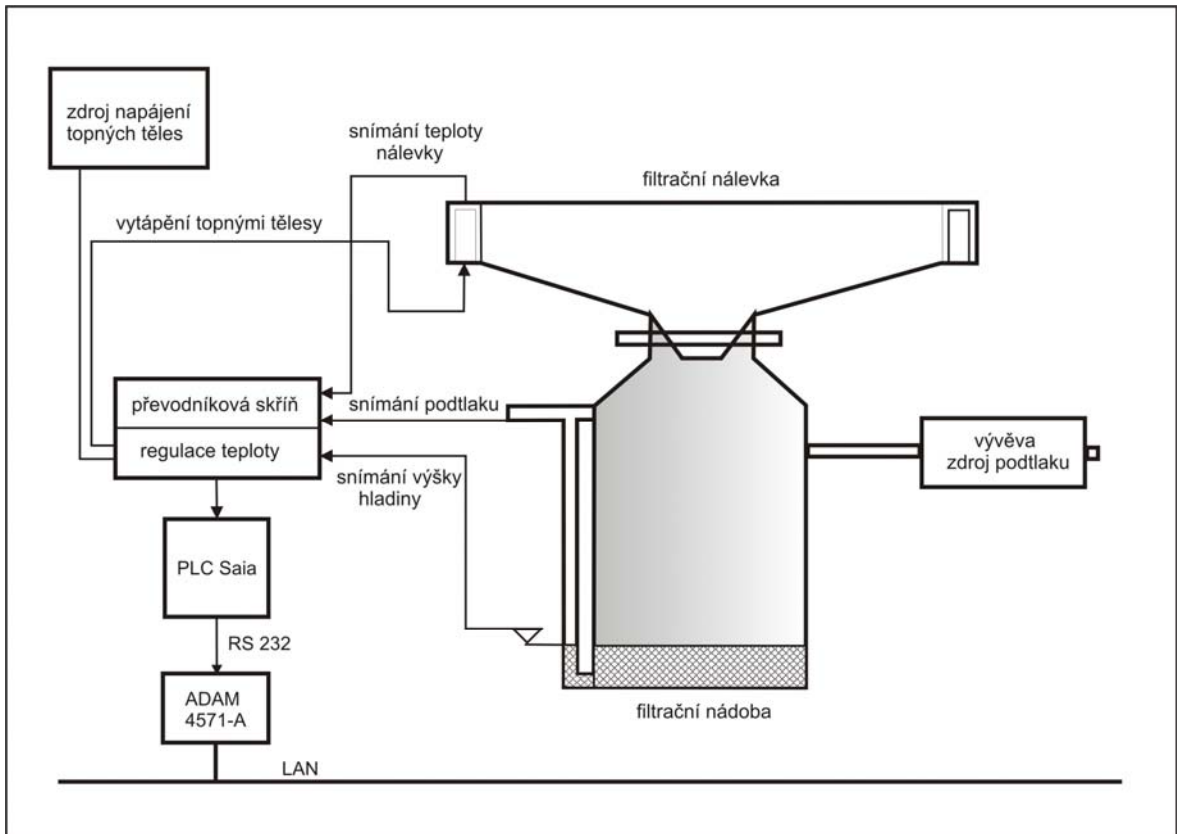
### 2.2.3 Převodníková a regulační skříň

Všechna čidla tj. teploty, podtlaku a výšky hladiny jsou připojeny k převodníkové skříni, do které jsou formou výměnných bloků zasouvány jednotlivé převodníky a člen regulátoru. Převodníky upravují signál z jednotlivých čidel na unifikovaný signál 0-10V, vhodný k připojení k řídicímu počítači. Pomocí regulátoru jsou ovládána topná tělesa ve filtrační nálevce. [3]

### 2.2.4 Blokové schéma pracoviště filtrace

Propojené jednotlivých bloku pracoviště je patrné z obrázku. Celý proces filtrace bude, podobě jako pracoviště Fermentace, řízen programovatelným automatem a pomocí sítě Ethernet spojen se supervizím počítačem.





Obr. 11. Filtrační aparatura



Obr. 12. PLC Saia

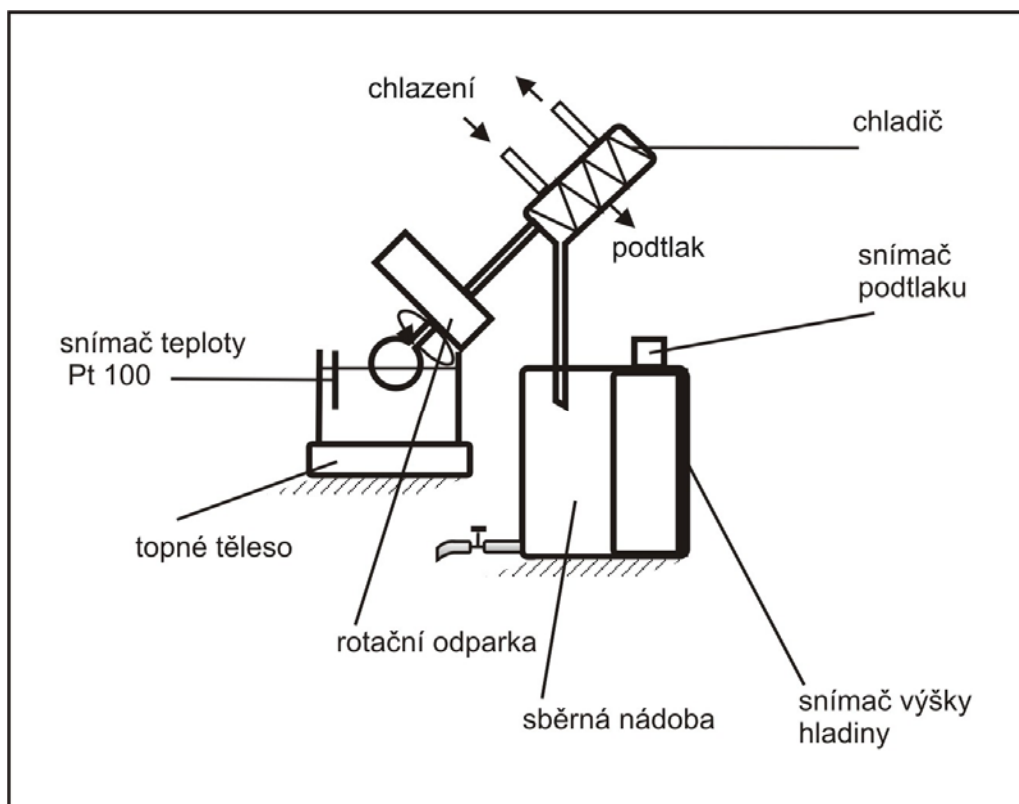
## 2.3 Odpařování

Při odpařování se z roztoku netěkavé složky odstraňuje kapalné rozpouštědlo. Tím vzrůstá v roztoku poměr množství netěkavé složky k množství kapalného rozpouštědla a roztok se zahušťuje .

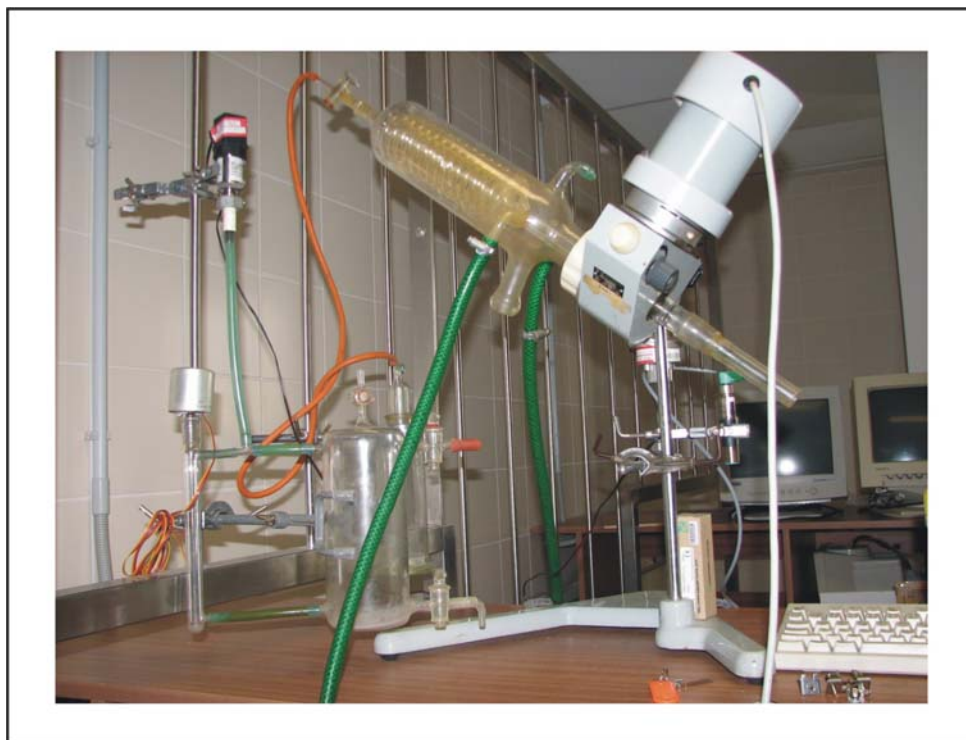
V případě použití enzymatické hydrolyzy a následné filtrace vznikne filtrační koláč s vysokým obsahem chrómu a filtrát, ve kterém je obsažen jakostní protein. Koncentrace proteinu ve filtrátu je však natolik nízká, že by například jeho přeprava byla velmi neekonomická. Proto je nutné tento filtrát zahustit odpařením přebytečné vody. Pro tento účel byla sestrojena rotační odparka založená na principu zahřívání roztoku a následném odvedení vodních par. [2]

### 2.3.1 Rotační odparka

Pro zahuštění filtrátu byla sestrojena jednostupňová periodicky pracující rotační odparka. Schéma odparky je na obr. 13.



Obr. 13. Rotační odparka

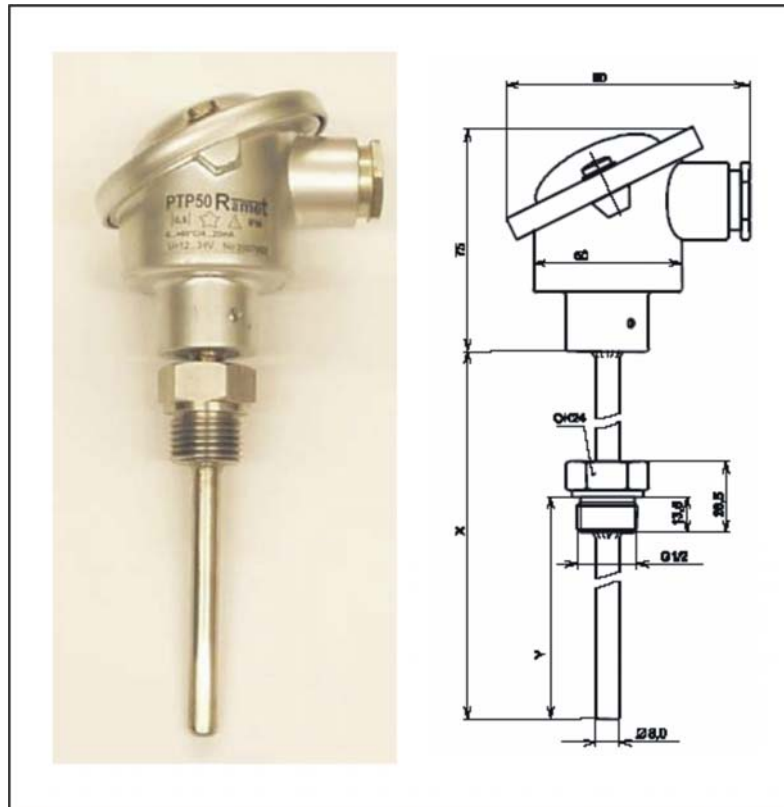


Obr. 14. Fotografie odparky

Jako topné těleso byl použit vaříč o příkonu 1200W. Tento vaříč ohřívá nádobu s vodou na teplotu 65 až 75°C. Teplota je snímána pomocí odporového teploměru Pt100 umístěného v nádobě. Do vody je ponořena odparná baňka s filtrátem. Baňka je pomocí kuželového zábrusu a pružné pojistky připojena k motoru. Celou aparaturou prochází dávkovací trubice sloužící ke kontinuálnímu přidávání filtrátu do baňky. Odpařené vodní páry kondenzují v připojeném chladiči, kterým nepřetržitě protéká studená voda. Kondenzát pak volně stéká do sběrné nádoby. Zde se měří výška vodního sloupce a tedy v přepočtu objem odpařené kapaliny. Nádoba je opatřena vypouštěcím ventilem pro vyprázdnění a ventilem k vyrovnání tlaku v soustavě s atmosférickým tlakem okolí. K nádobě je také připojen snímač podtlaku. Pro zlepšení odpařování rozpouštědla z roztoku je do systému pomocí vývěvy zaveden podtlak (70 až 90 kPa), získávaný pomocí vodní vývěvy. Vývěva je ovládána solenoidovým ventilem. Ten je stejně jako topné těleso ovládán pomocí relé řídicím systémem Pepperl+Fuchs. [2]

### 2.3.2 Použité senzory

Pro snímání teploty vodní lázně je v současné době používán platinový teploměr PT50 od firmy Rawet s.r.o. určený pro kapaliny. Teploměr má průměr 8mm, rozsah teplot  $-25\dots+120^{\circ}\text{C}$  ( $\tau\approx 10\text{sec}$ ) nebo  $-25\dots+400^{\circ}\text{C}$  ( $\tau\approx 25\text{sec}$ ). [10]



Obr. 15. Teploměr PT50

Tlak je snímán piezorezistivním nerezovým senzorem DMP 331 od firmy BD Sensors, určeným pro tlak 0 až 10 bar. Snímač je určen pro univerzální využití ve všech oblastech průmyslu. Převádí tlak plynu a kapalin na elektrický signál. Snímač je vhodný jak pro statická, tak i dynamická měření tlaku a je použitelný pro všechna tlaková média slučitelná s nerezovou ocelí 1.4571 popř. 1.4435 a těsněním Viton (FKM). Velikost tlaku je převáděna na unifikovaný signál 4...20mA. [11]



Obr. 16. Tlakový senzor DMP 331

Pro snímání výšky hladiny je použit ultrazvukový senzor UB500-18GM75-I-V15 od firmy Pepperl & Fuchs. Tento senzor je schopen měřit v rozsahu 30 až 500 mm. Senzor využívá frekvenci přibližně 380kHz. Výstup senzoru je realizován jako unifikovaný signál 4...20mA. [12]



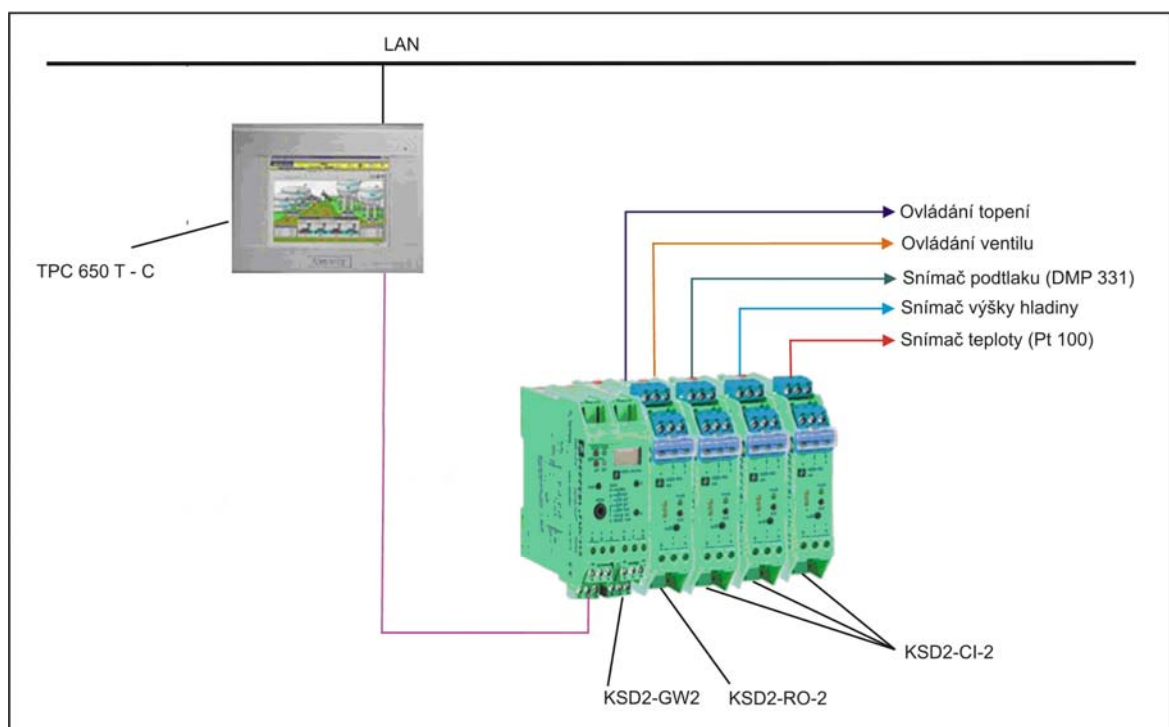
Obr. 17. Senzor výšky hladiny UB500-18GM75-I-V15

### 2.3.3 Řídící systém odparky.

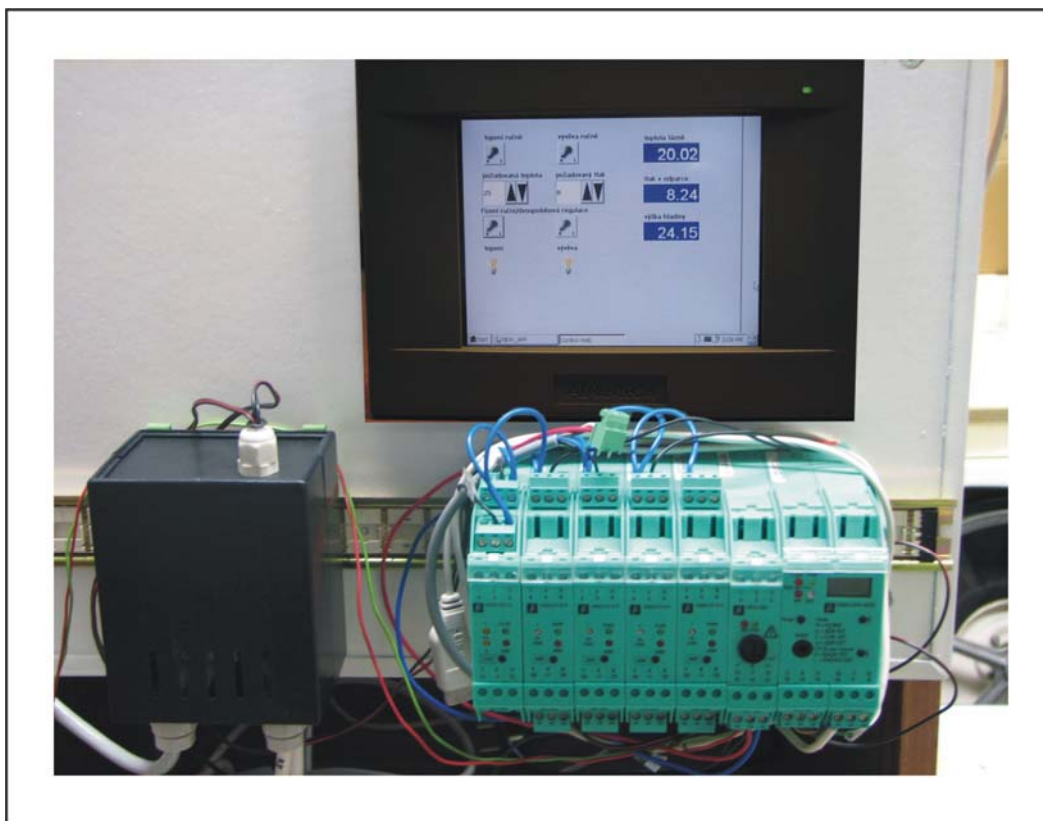
Toto pracoviště bude řízeno pomocí průmyslového počítače TPC 650 T - CE. Jedná se o panelové PC s dotykovou obrazovkou o úhlopříčce 5,7" a konfigurací CPU Intel Pentium 266 MMX a 32 MB paměti DRAM. Zařízení umožňuje pracovat s paměťovými kartami Compact Flash. Je využíván operační systém Windows CE. Počítač je vybaven jedním slotem PC/104, dvěma sériovými porty z nichž jeden může pracovat v režimu RS 422/485, Ethernet portem a zásuvku PS/2 pro případné připojení myši a klávesnice.

Snímače a akčními členy se s počítačem propojují prostřednictvím modulárního systému firmy Pepperl+Fuchs s gateway KSD2-GW2. Samotné PDA komunikuje s gateway pomocí protokolu MODBUS. Gateway slouží jako brána mezi řídicím počítačem a koncovými měřícími (vstupními) a řídicími (výstupními) členy.

Systém obsahuje kromě gateway i reléové moduly KSD2-RO-2 pro ovládání akčních členů a analogové vstupní moduly KSD2-CI-2 pro připojení měřících prvků. Analogové moduly KSD2-CI-2 umožňují připojit standardní snímače s výstupem 4-20 mA nebo inteligentní snímače s podporou protokolu HART. [5; 6]



Obr. 18. Schéma zapojení senzorů



Obr. 19. Řídicí systém odparky

## 2.4 Recyklace

Účelem této recyklační technologie je využití skutečnosti, že filtrační koláč, který je produktem enzymatické dechromace, obsahuje vedle hydratovaného hydroxidu chromitého také hydroxid hořečnatý, který se dávkuje do alkalické hydrolyzační směsi jako katalyzátor k podpoře a zvýšení účinnosti proteolytických enzymů.

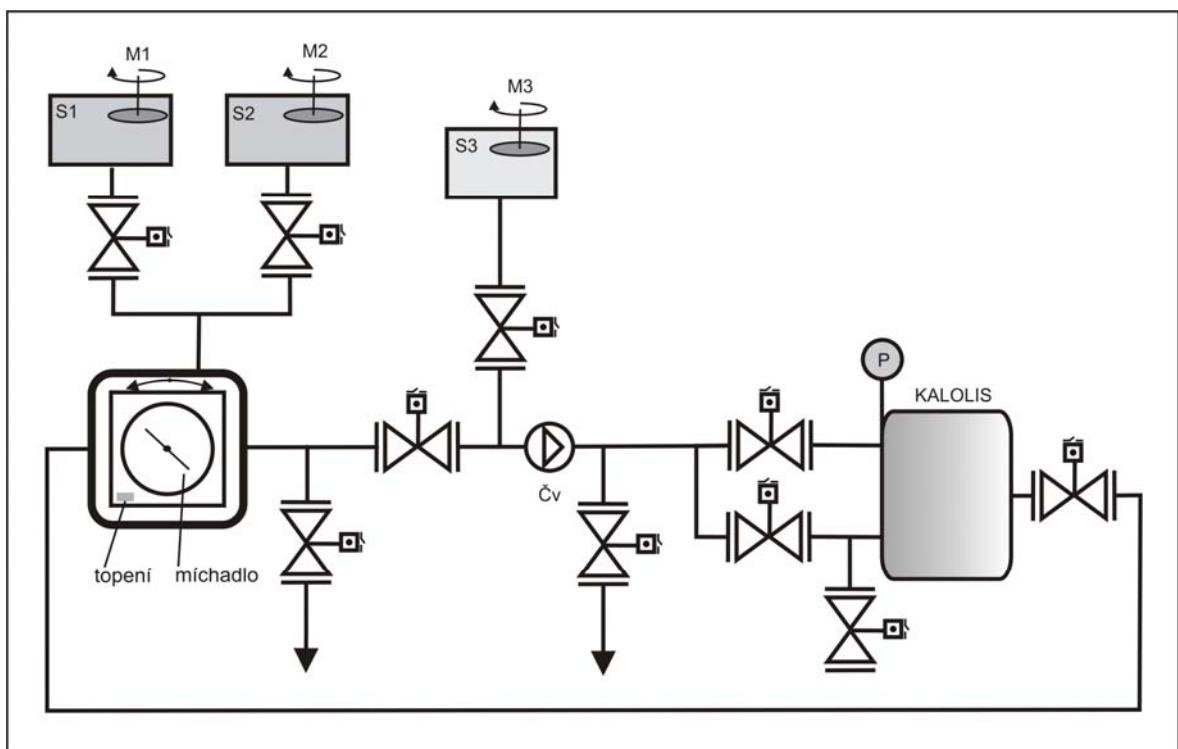
Koželužský průmysl produkuje kapalné a tuhé chromité odpady. Kapalné odpady jsou produkovány ve formě vyčerpané chromité břečky po procesu činění surové kůže. Chrom musí být z odpadních vod odstraněn, což se děje ve většině případů srážecími alkáliemi (uhličitan sodný, hydroxid sodný, hydroxid hořečnatý aj.).

V případě použité recyklační technologie se jak o srážedlo používá filtračního chromitého koláče, který obsahuje 10-30% MgO v sušině. Vymývací proces zde probíhá ve dvou krocích. V prvním kroku dojde k poklesu obsahu chromu ve vyčerpané břečce srážecí reakcí působením hořčíku, který je ve filtračním koláči. Ve druhém kroku přejde chromitá

břečka do srážecího reaktoru, kde se zbytky chromu odstraní přidáním hydroxidu alkalického kovu (např. NaOH). [4]

### 2.4.1 Recyklační zařízení

Zjednodušené schéma technologického zařízení je na obr. 20. Kapalné koželužské odpady se do systému přivádí z míchaných nádob S1 a S2 v nádobě S3 je rozředěný filtrační koláč z předchozího procesu. Čerpadlo obstarává plnění kalolisu filtračním koláčem a následnou cirkulaci kapalného chromitého odpadu hlavním okruhem recyklace. Během recyklace směs protéká přes nádobu s míchadlem, topnými tělesy a senzorem barevnosti, který vyhodnocuje průběh recyklace a množství zbytkového chromu v odpadu. Jednotlivé fáze recyklace tj. plnění kalolisu, napouštění odpadu, vlastní recyklace, vypouštění z recyklované směsi, promývání kalolisu, jsou řízeny solenoidovými ventily. [4; 6]



Obr. 20. Schéma recyklačního zařízení





Obr. 21. Fotografie recyklačního zařízení

#### 2.4.2 Systém řízení recyklace

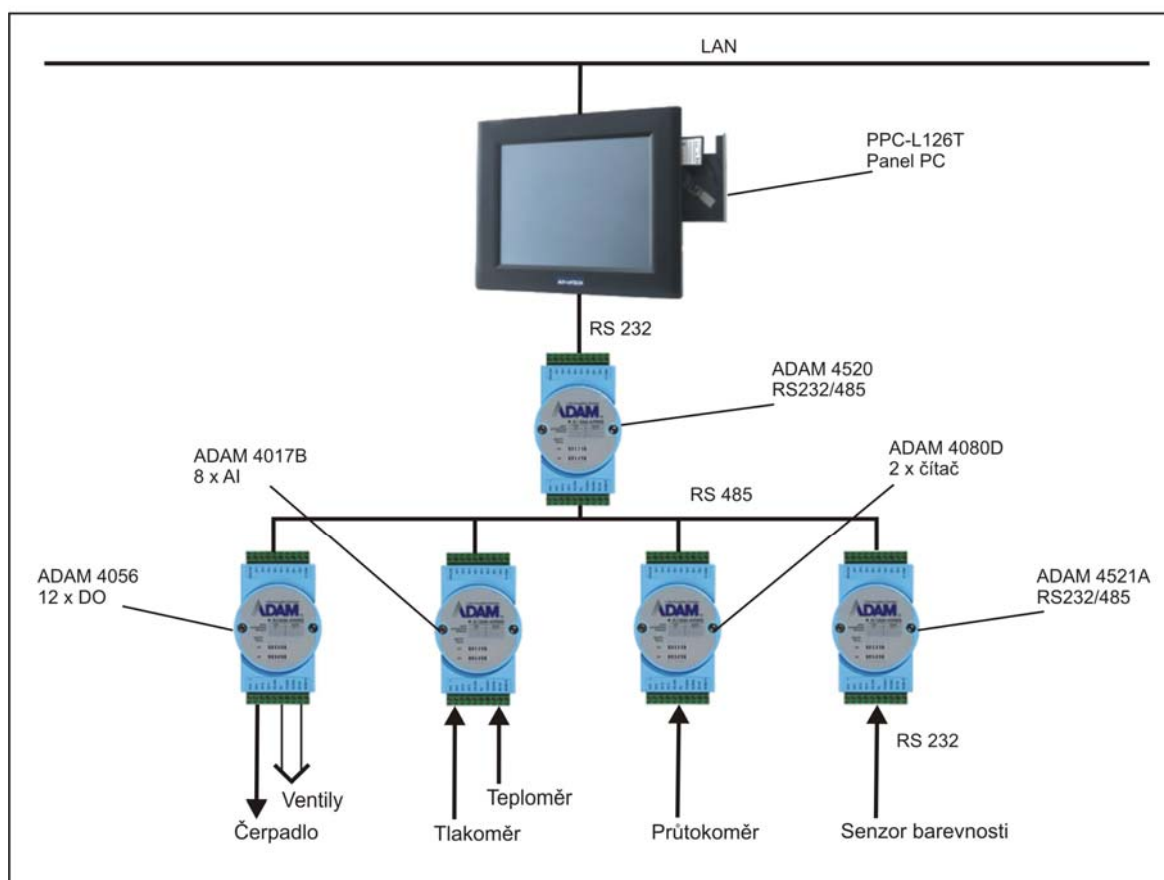
Jako základ na tomto pracovišti je použit průmyslový počítač Panel PC PPC-L126T-R70 s dotykovou obrazovkou, využívající operační systém Windows XP, který zajišťuje vizualizaci technologie přímo na pracovišti. Počítač je osazen procesorem Via 667 MHz s nízkou spotřebou, 256 MB paměti RAM a pevným diskem s kapacitou 40 GB. Pro zálohování v případě výpadku napájení slouží baterie s kapacitou 4 Ah. Propojení se snímači a akčními členy je realizováno prostřednictvím modulů ADAM přes sériovou linku, jak je patrné z obrázku. Tyto moduly vytvářejí síť založenou na RS 485, která je připojena k řídicímu počítači pomocí sériového portu RS 232 prostřednictvím modulu ADAM 4520, což je konvertor RS 232/RS485, který umožňuje transparentně připojit zařízení s rozhraním RS 485 k zařízení vybavenému rozhraním RS 232. Modul podporuje komunikační rychlost až 115,2 kbps, je vybaven přepětovou ochranou a automatickým řízením toku dat na RS485. Na úrovni sběrnice RS 485 jsou použity následující moduly:

- Modul digitálních výstupů ADAM 4056S – pro ovládání akčních členů, jako je

čerpadlo a především solenoidové ventily. Protože modul obsahuje 12 výstupů s otevřeným

kolektorem, max. 40V/200 mA, budou akční členy připojeny přes reléový blok.

- Modul analogových vstupů ADAM 4017B – pro snímače s proudovým nebo napěťovým výstupem. Tento modul je vybaven osmi analogovými vstupy s nezávisle nastavitelným rozsahem. Vstupy jsou chráněny optickým oddělením proti přepětí do 3000 Vss.
- Modul vstupního čítače – ADAM 4080-D pro připojení průtokoměru (popř. i jiného snímače) s impulsním výstupem. Modul poskytuje dva kanály pro čítání impulsů. Vstupy jsou vybaveny programovatelným časovačem, který umožňuje měřit frekvenci a také konfigurovatelným filtrem pro potlačení šumu.
- Modul konvertoru RS 232/485 ADAM 4521-A pro připojení inteligentního snímače barevnosti. [6]



Obr. 22. Systém řízení recyklace

### 2.4.3 Výběr vhodných senzorů

V rámci modernizace bylo potřeba najít vhodné senzory pro danou technologii a zároveň slučitelné s řídicím systémem. Velké nároky byly kladeny zejména na snímač pro měření barevnosti. Vzhledem k poměrně složitým podmínkám měření a požadavkům na citlivost představuje nalezení vhodného snímače značný problém. Nakonec byl zvolen RGB detektor barvy typu HSCD 16 od firmy M.U.T. Tento snímač se používá např. v medicínských aplikacích pro třídění zkumavek se vzorky. Je to vysokorychlostní detektor umožňující přesnou detekci barev. Senzor je možno naučit 16 barev. Detektor umožňuje detekci barev RGB. Detekci lze jednoduše spustit spouštěcím signálem nebo pomocí zabudovaného RS232 rozhraní z jakéhokoliv externího zařízení.

Pro snímání teploty byly vybrány odporový teploměr stejného typu jako u odparky, tedy PT50. Průtokoměr, který bude použit v modernizovaném zařízení dosud nebyl vybrán. [6]



Obr. 23. Detektor barvy

## 3 SOFTWAREVÉ VYBAVENÍ

### 3.1 Control web

Jako základ celého řídicího systému bude použito programové vybavení Control Web firmy Moravské přístroje a.s. Jedná se o komplexní systém pro rychlý vývoj aplikací (RAD) umožňující jak vytváření přímo řídicích aplikací pracujících v reálném čase tak i komfortní realizaci vizualizace technologických procesů. Pro spojení s technologií jsou dodávány příslušné ovladače. Na nejnižších úrovních pak bude použit jednak specializovaný software dodávaný výrobcí jednotlivých zařízení, a také vlastní software, který bude podle potřeby vytvořen.

#### 3.1.1 Popis systému

Koncepčně vychází z architektury svých předchůdců Control Panel a Control Web. Tento systém je nasazován do systémů od jaderných elektráren a celopodnikových informačních systémů až po přímé řízení jednotlivých strojů. To dokazuje velmi široké možnosti těchto produktů. Při tvorbě aplikací se využívá grafického rozhraní s paletou virtuálních přístrojů, které velmi usnadní vývoj. Každý přístroj je dynamicky linkovaná knihovna detekovaná při startu systému. Množina virtuálních přístrojů není pevně dána a zabudována v systému, ale je ji možné libovolně rozšiřovat. Control Web umožňuje práci v reálném čase. Každý vstupně/výstupní kanál je čten přesně v době, kdy jej některý virtuální přístroj (nebo skupina virtuálních přístrojů) požaduje. Real-time časování je přesně monitorováno a řízeno.

Systém umožňuje vizualizaci technologií prostřednictvím internetových standardů HTTP a HTML pomocí libovolného WWW klienta. Control Web obsahuje plnohodnotný HTTP server dynamicky tvořící stránky podle stavu technologie pracující i na obyčejných Windows 95. Navíc dokáže prostřednictvím HTTP a HTML technologii i řídit.

Další výhodou Control Webu, je nezávislost na použitém hardware. Pro komunikaci s periferiemi využívá tzv. native ovladače, které dokáží pracovat efektivněji než např. DDE ovladače. DDE je plně podporováno spolu s OPC (OLE for Process Control) a řadou dalších standardů pro průmyslové automaty, samostatné moduly a měřicí karty. Rozhraní ovladačů je otevřeno, takže každý si může doplnit ovladač podle svých potřeb. [9]

### 3.1.2 Control Web 2000 Runtime Builder pro Windows CE

Control Web 2000 Runtime Builder pro Windows CE je verze systému Control web určená pro vývoj aplikací, které budou provozovány na kapesních počítačích (Pocket PC, Handheld PC, CEPC) využívající operační systém Windows CE. Jádro systému, ačkoliv upravené pro prostředí Windows CE, pracuje jako plnohodnotný Control Web Runtime.

Vývoj aplikace pro Windows CE se v systému Control Web neliší od vývoje pro běžné "stolní" verze Windows. Po instalaci "Runtime Builder pro Windows CE" stačí zvolit volbu "Vyvíjet aplikace pro WinCE runtime", kterou je možné nalézt v nové záložce "Windows CE". Prostředí Control Webu se přizpůsobí omezením kapesního počítače. To má za následek, že systém nabízí omezenou paletu virtuálních přístrojů. Také při překladu kontroluje, zda použité přístroje jsou podporovány na runtime verzi pro Windows CE. Absence některých přístrojů vychází zejména z faktu, že na cílovém zařízení není možno zapisovat na lokální disk. Dalšími aspekty ovlivňujícími omezení množiny přístrojů je absence některých systémových komponent, jako například ODBC, nebo jiná omezení, zejména v COM rozhraní. Hotovou aplikaci vygenerujete pro Control Web CE Runtime z menu "Soubor", položka "Generovat aplikaci...". Aplikaci pro Windows CE lze exportovat dvěma způsoby:

- Export aplikace včetně systému Control Web Runtime pro Windows CE - průvodce vygeneruje instalaci, která obsahuje veškeré aplikační soubory a také instalaci runtime komponent.
- Export samotné aplikace - tuto volbu oceníte zejména při testování, kdy je Control Web Runtime na cílovém zařízení již instalován. Volba předpokládá, že v aplikaci nedošlo ke změnám, které by měly vliv na skladbu aplikačních komponent nebo komponent runtime. [9]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 NÁVRH ŘÍDÍCÍHO SYSTÉMU PRACOVIŠTĚ ODPARKA

Byl realizován návrh na realizaci řídicího systému pro pracoviště Odparka. Návrh je vytvořen v prostředí Control Web 2000 Runtime Builder pro Windows CE. Pomocí této aplikace je možné ručně, popřípadě pomocí dvoupolohové regulace ovládat topení pro ohřev vodní lázně a vývěvu pro vytvoření potřebného podtlaku. Dále je možné monitorovat aktuální teplotu vody, tlak v odparce a výšku hladiny odpařené kapaliny.

### 4.1 Popis proměnných

Proměnné se v programu Control Web deklarují pomocí okna "Datové inspektory". Zde je možné také mimo jiné nastavit hodnoty konstant, nebo zavést ovladače potřebné pro komunikaci s připojeným hardwarem. V našem případě byl použit ovladač *modus*, který je určen pro komunikaci s gateway. Součástí ovladače je mapovací a parametrický soubor. Mapovací soubor obsahuje informace o kanálech, které budou využívány. Parametrický soubor obsahuje informace pro přenos dat (přenosovou rychlost, paritu, počet přenášených bitů atd.). V mapovacím souboru byly vyhrazeny dva výstupní kanály (ovládání topení a vývěvy) a tři kanály vstupní (měření teploty, tlaku, výšky hladiny). Pomocí „datového inspektoru“ byl zaveden příslušný ovladač a datové kanály. Jednotlivé kanály byly pojmenovány následovně:

#### Vstupy

- *teplota\_senzor* – údaj z čidla o teplotě vodní lázně
- *podtlak\_senzor* – údaj z čidla o tlaku v odparce
- *hladina* – údaj z čidla o výšce hladiny v nádobě s odpařenou tekutinou

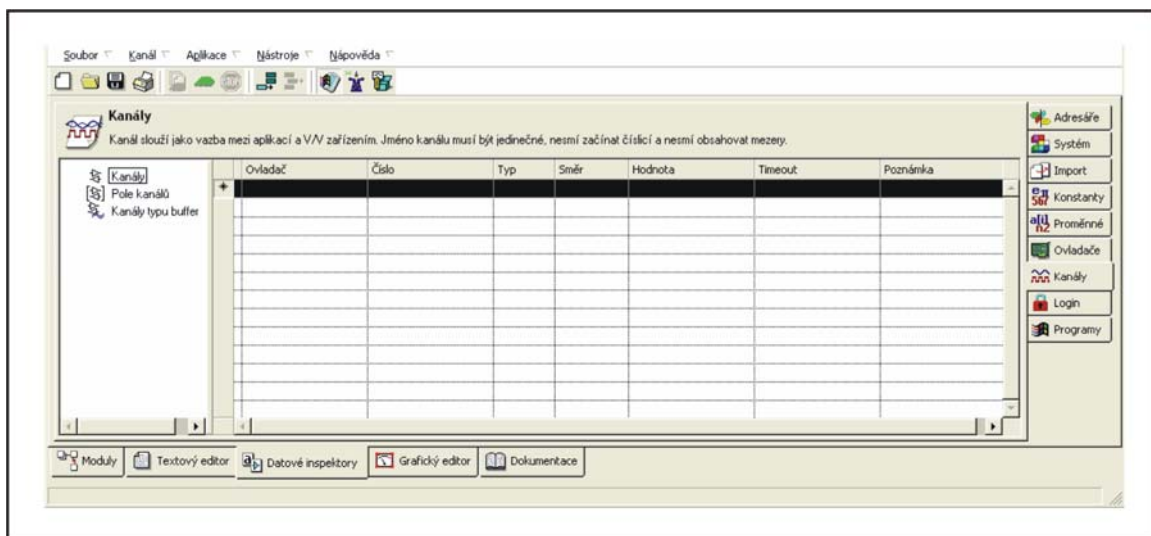
#### Výstupy

- *topeni* – ovládání topného tělesa
- *vývěva* – ovládání vývěvy

V aplikaci byly navíc použity proměnné „*regulator1*“, „*regulator2*“ (boolean) a „*zadana\_teploata*“, „*zadany\_tlak*“ (real). Tyto proměnné jsou využity pro dvoupolohovou regulaci.

Proměnná	Číslo kanálu	Vstup/výstup
teplot_senzor	101	vstup
podtlak_senzor	102	vstup
hladina	103	vstup
topeni	151	výstup
vyveva	152	výstup

Tab.1. Tabulka použitých kanálů ovladače MODBUS.



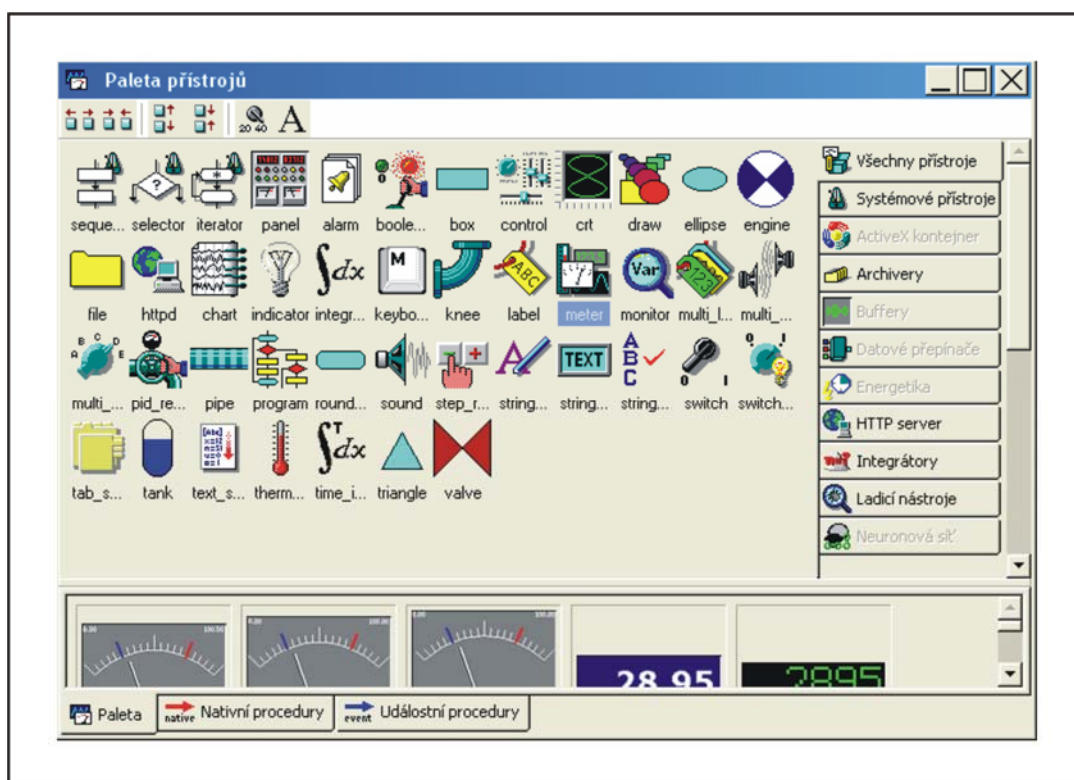
Obr. 24. Datové inspektory

## 4.2 Popis řídicí aplikace

Samotná aplikace byla navrhována pomocí grafického editoru v prostředí Control Web. V tomto editoru je k dispozici paleta s virtuálními přístroji pro zobrazování, ovládání a řízení, pro práci s daty. Dále obsahuje nastroj pro tvorbu panelů a složku s popisy a symboly. Vlastnosti jednotlivých přístrojů a jejich vzhled je možné nastavit pomocí tzv. inspektoru přístroje. Zde je také možné zvolit proměnnou, která má přístroj ovlivňovat nebo má být přístrojem ovlivňována. Další důležitou položkou, kterou je zde možné nastavit je způsob aktivace. Zde máme na výběr mezi aktivací časovačem, tzn., že přístroj je perio-



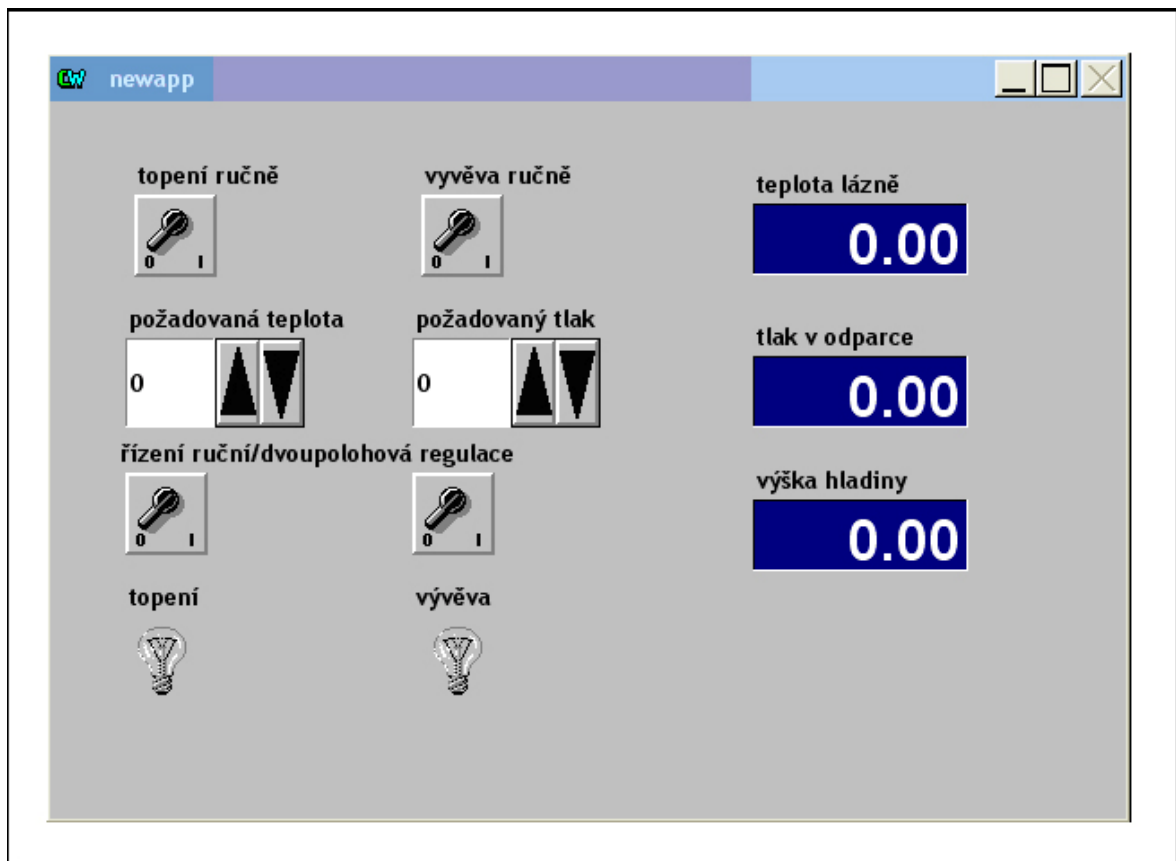
dicky aktivován v nastavených intervalech, aktivací jiným přístrojem a aktivací od ovladače. Pokud nenastane žádná z těchto aktivací, přístroj nekoná žádnou funkci. Všechny vlastnosti přístrojů je možné také ovlivňovat pomocí textového editoru, kde je pro každá přístroj k dispozici několik příkazů, které popisují vlastnosti přístroje. Pomocí textového editoru je rovněž možné programovat potřebné procedury. Tyto procedury se většinou vztahují ke konkrétnímu zařízení a mohou se aktivovat určitou událostí např. kliknutím myši na zařízení, nebo při každé aktivaci zařízení např. časovačem. Programování těchto procedur poskytuje téměř neomezené možnosti, při tvorbě aplikace.



Obr. 25. Grafický editor – paleta přístrojů

Návrh řídicí aplikace pro odparku je realizován pomocí jednoho okna, do kterého byly pomocí grafického editoru umístěny tři zobrazovací zařízení, která slouží pro monitorování teploty lázně, výšky hladiny kondenzátu a tlaku v odparce. Tyto zobrazovače jsou napojeny na příslušné vstupní kanály ovladače. Dále jsou v okně umístěny ovládací prvky, které umožňují ruční ovládání topení a vývěvy. Tyto jsou napojeny na výstupní kanály ovladače. Aplikace také umožňuje jednoduchou dvupolohovou regulaci. Pomocí dvou kontrolních prvků je možné nastavit požadované veličiny. Regulace se spouští pomocí dvou přepínačů. Stav výstupních kanálů je indikován pomocí „žárovek“ ve spodní části

okna aplikace. Při zapnuté regulaci je topení aktivováno pokud je měřená teplota nižší než teplota požadovaná. Vývěva je aktivována, pokud je naměřený tlak vyšší, než tlak požadovaný.



Obr. 26. Okno řízení odparky

## ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývala popisem technologie použité v laboratoři mokrých procesů pro recyklaci koželužského odpadu a zařízení jednotlivých pracovišť (fermentace, filtrace, odpařování recyklace). Byl zpracován stručný přehled celé technologie a jednotlivých pracovišť.

V první kapitole je uvedena celková koncepce laboratoře. Jsou zde stručně popsány řídicí systémy a způsob jejich propojení.

Druhá kapitola se věnuje popisu jednotlivých pracovišť tedy fermentace, filtrace, odparky, recyklace. Je zde popsán jejich význam při zpracování odpadů, konstrukce zařízení, prostředky použité pro monitorování a regulaci a způsob komunikace s nadřazenými systémy. Popis některých částí zařízení a senzorů nemusí odpovídat současnému stavu, protože právě probíhá modernizace celé laboratoře a v době, kdy byla psána tato práce ještě nebyly všechny změny provedeny a některé části vybavení ještě nebyly definitivně vybrány.

V další kapitole je popsán software Control Web, který byl zvolen k řízení a vizualizaci procesů v laboratoři. Jsou zde zmíněny vlastnosti tohoto systému a možnosti jeho využití. Část kapitoly je věnována runtime Builderu, který umožňuje vývoj Control Web aplikací pro kapesní počítače využívající operační systém Windows CE.

Poslední kapitola je věnována praktické části bakalářské práce. Je zde popsán návrh řídicího systému pro pracoviště odparky. Byla vytvořena jednoduchá aplikace pro monitorování a ovládání odparky. Regulace topení a vývěvy je realizována pouze dvoupolohově. Pro skutečný provoz odparky bude zřejmě nutné zvolit jiný typ regulace. Najít vhodný regulátor této soustavy bude zřejmě vyžadovat složitý řídicí systém, neboť jedním z požadavků pro řízení je, aby regulace odparky probíhala optimálně, nezávisle na množství filtrátu.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] DAVID, R. *Řídicí systém pro fermentační reaktor*. Diplomová práce, Zlín 1995
- [2] HUSTÁK, P. *Počítačové řízení rotační odparky*. Diplomová práce, Zlín 1999
- [3] JAŠKOVÁ, D. *Stanovení algoritmu řízení filtrace při stlačitelném filtračním koláči*. Diplomová práce, Zlín 1998
- [4] PHAM MANH, T. *Modelování recyklačních procesů v koželužské technologii s cílem řešení jejich automatického řízení*. Disertační práce, Zlín 2003
- [5] STAŠIAK, J. *Průmyslové sběrnice*, Diplomová práce, Zlín 2005
- [6] DOLINAY, J., VAŠEK, V. *Nové vybavení laboratoře recyklačních technologií*, ASR '2005 Seminar, Instruments and Control, Ostrava, April 29, 2005
- [7] OBDRŽÁLEK, Z. *Inteligentní prvky v řízení recyklačních technologií*. Bakalářská práce, Zlín 2005
- [8] Technologická karta ADVANTECH PCL-818PG. [Online] Dostupné z: <<http://www.advantech.com>>
- [9] Elektronická příručka k programu Control Web 5. [Online] Dostupné z: <<http://www.mii.cz>>
- [10] Odporový teploměr PT50 Rawet. [Online] Dostupné z: <<http://www.rawet.cz/cz/tepl/pt50.php?odkaz=tepl10>>
- [11] Snímač tlaku DMP 331 BD Sensors [Online] Dostupné z: <[http://www.bdsensors.cz/data/cesky/DMP331\\_CZ.pdf](http://www.bdsensors.cz/data/cesky/DMP331_CZ.pdf)>
- [12] Snímač výšky hladiny UB500-18GM75-I-V15 Pepperl & Fuchs [Online] Dostupné z: <<http://www.pepperl-fuchs.com/selector/navi/productInfo/45/450034.pdf>>
- [13] Převodník pH PHTX-014 Omega [Online] Dostupné z: <<http://www.omega.com/Green/pdf/PHTX014.pdf>>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

LAN Lokální síť

PC Osobní počítač

PDA Přenosný počítač využívající systém Windows CE

PLC Programovatelný automat

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Celková koncepce.....	8
Obr. 2. Fermentační reaktor.....	10
Obr. 3. Nákres víka reaktoru.....	10
Obr. 4. pH převodník a měřicí sonda.....	11
Obr. 5. ADVANTECH PCL-818PG.....	12
Obr. 6. ADAM 4571.....	12
Obr. 7. Blokové schéma fermentačního reaktoru.....	13
Obr. 8. Fotografie fermentoru.....	13
Obr. 9. Filtrační nálevka.....	15
Obr. 10. Filtrační nádoba.....	16
Obr. 11. Filtrační aparatura.....	17
Obr. 12. PLC Saia.....	17
Obr. 13. Rotační odparka.....	18
Obr. 14. Fotografie odparky.....	19
Obr. 15. Teploměr PT50.....	20
Obr. 16. Tlakový senzor DMP 331.....	21
Obr. 17. Senzor výšky hladiny UB500-18GM75-I-V15.....	21
Obr. 18. Schéma zapojení senzorů.....	22
Obr. 19. Řídící systém odparky.....	23
Obr. 20. Schéma recyklačního zařízení.....	24
Obr. 21. Fotografie recyklačního zařízení.....	25
Obr. 22. Systém řízení recyklace.....	26
Obr. 23. Detektor barvy.....	27
Obr. 24. Datové inspektory.....	32
Obr. 25. Grafický editor – paleta přístrojů.....	33
Obr. 26. Okno řízení odparky.....	34

## SEZNAM PŘÍLOH

**P 1:** CD ROM

**P 2:** Výpis mapovacího a parametrického souboru ovladače MODBUS

## **PŘÍLOHA P I: CD ROM**

### **Obsahuje:**

- samotnou diplomovou práci v PDF a MS Word formátu
- program odparka vytvořený v Kontrol Web 5



## **PŘÍLOHA P 2:**

### **Výpis mapovacího souboru modus.dmf :**

```
begin
  101 - 104 real input
  151 - 152 boolean output
end.
```

### **Výpis parametrického souboru modus.par**

```
[comm]
baudrate = 19200
parity = even
databits = 8
stopbits = 1
rx_buffer = 1152
tx_buffer = 1152
rx_frame_buffer = 1152
tx_frame_buffer = 1152
cts_flow = false
dsr_flow = false
dtr_control = disable
rts_control = disable
dsr_sense = low
rx_interchar_timeout = 0
rx_char_timeout = 0
rx_timeout = 0
tx_char_timeout = 0
tx_timeout = 0

[Modbus]
ComDriver = cwcomm, com2
Mode = RTU
Timeout = 1000
EnableMonitor = true
```

DisablePresetSingleRegister = false

MaxRegistersInBlock = 100

OffsetFromOne = false

NumRepeat = 1

[Channels]

;------ = ;-----

-----

;Block = Station, ChannelFrom, ChannelTo, Area, Offset, [Subtype], [Bidirect]

;------ = ;-----

-----

Block = 01, 101, 103, 3x, 4611, int16,

Block = 01, 151, 152, 0x, 48,

Block = 01, 104, 104, 3x, 4615, int16,