



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO
INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV PROCESNÍHO A
EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PROCESS AND
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

MODEL MODERNÍ KOMERČNÍ PRÁDELNY

MODEL OF AN UP-TO-DATE COMMERCIAL LAUNDRY PREMISE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. ZDENĚK TŮMA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MARTIN PAVLAS, Ph.D.

BRNO 2009

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá návrhem moderní komerční prádelny se zaměřením na použité zařízení. Proces je důkladně prostudován a analyzován. Důležitým aspektem pro výběr zařízení je spotřeba (páry, elektrické energie a zemního plynu). Tyto informace o zařízeních jsou získávány z katalogů výrobců a experimentálním měřením na existujících zařízeních.

Abstract

The thesis deals with a design of an up-to-date commercial laundry with focus on equipments applied. The proces is studied and analysed throughly first. Important aspects for choice of equipments are mentioned (i.e. steam, power and natural gas consumptions. These informations are summarized from data sheets provided by manufacturers as well as from experimental measurements in existing facilities.

Klíčová slova

Komerční prádelna, prádlo, experimentální měření

Key words

Commercial laundry, linen, experimental measurement

Bibliografická citace

TŮMA, Z. Model moderní komerční prádelny. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 63s. Vedoucí diplomové práce Ing. Martin Pavlas, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci MODEL MODERNÍ KOMERČNÍ PRÁDELNY vypracoval samostatně pod vedením Ing. Matřina Pavlase, Ph.D. a uvedl v seznamu literatury všechny použité literární a odborné zdroje.

V Brně dne 27. května 2009

Zdeněk Tůma

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Martinu Pavlasovi, Ph.D. za odborné systematické vedení diplomové práce, věcné připomínky. Dále pak Ing. Vladimíru Kšenzuliakovi za užitečné informace a podklady.

Obsah

1. Seznam symbolů	7
2. Úvod.....	8
3. Prádlo	10
4. Proces praní prádla	11
4.1 Příjem prádla	12
4.2 Třídění	12
4.3 Tunelová pračka	12
4.4 Extrakční zařízení - Lis	14
4.5 Bubnová sušička.....	15
4.6 Vsádkové pračky	17
4.7 Malé sušičky.....	18
4.8 Třídění	18
4.9 Válcový kalandr	18
4.10 Tunel finisher	19
5. Experimentální měření v komerční prádelně	20
5.1 Použitá metodika	20
5.1.1 Vztahy pro výpočet dílčích veličin pro vyhodnocení zařízení.....	22
5.2 Experimentální měření PRÁDELNA 1	25
5.3 Experimentální měření PRÁDELNA 2	29
5.4 Experimentální měření PRÁDELNA 3.....	33
5.4 Experimentální měření PRÁDELNA 4.....	39
6. Model moderní komerční prádelny	44
6.1 Provozní požadavky na provoz komerční prádelny	45
6.2 Procesní zařízení prádelny	47
6.3 Navrhované uspořádání modelu	56
6.4 Ekonomická náročnost řešení.....	57
6.4.1 Vyhodnocení provozních nákladů na provoz prací linky.....	58
6.4.2 Investiční náklady na pořízení prací linky	59
6.4.4 Vyhodnocení variant provozních a investičních nákladů aparátových variant pracích linek	60
7. Závěr.....	61
8. Seznam použitých zdrojů.....	62
9. Přílohy	64

1. Seznam symbolů

symbol	význam	jednotka
ϕ	absolutní vlhkost	g/m^3
ρ_p''	hustota sytých par	g/m^3
ρ_p	hustota vodní páry	g/m^3
φ	relativní vlhkost	%
Q	průtok	m^3/s
A	příčný průřez potrubí	m^2
v	rychlost odcházejících plynů	m/s
$Q'n$	průtok při norm. podmínkách	m_N^3/s
$Q'nh$	průtok při norm. podmínkách	m_N^3/h
pp''	tlak sytosti páry	kPa
A, B, C	koeficienty Antoinova vztahu	-
x	měrná vlhkost nenasyceného vzduchu	kg/kg s.v.
x_N	měrnou vlhkost suchého vzduchu při norm. podm.	$\text{m}_N^3/\text{m}_N^3 \text{ s.v.}$
x_V	hmotnostní zlomek vodní páry	$\text{m}_N^3/\text{m}_N^3 \text{ vl.vz}$
Q'_p	průtok vodní páry	m_N^3/s
Q_{SN}	průtok suchého vzduchu za normálních podmínek	m_N^3/s
Q_s	průtok suchého vzduchu	kg/s
i	entalpie odcházejících plynů	kJ/kg s.v.
i_s	teplo odcházející s plyny odtahem	kJ
m_{vody}	množství odpařené vody v daném časovém úseku.	kg
St	spotřeby tepla na odpaření vody	MJ
Tz	tepelné ztráty do okolí	MJ
Sp_o	spotřeby páry pro prosté odpaření	kg
Sp_{oo}	spotřeby páry pro ohřev sušícího média	kg
Sp_p	spotřeby páry ve formě tepelných ztrát	kg
S	celková spotřeba páry	kg
K_{pn}	koeficient provozních nákladů na 1 kg prádla	Kč/kg prádla
K_{IN}	koeficient investičních nákladů na 1 kg prádla	Kč/kg prádla
MP	plánované množství prádla	kg/rok
PNC	provozní náklady celkem	Kč/rok
IN	investiční náklady celkem	Kč/rok

2. Úvod

Současná etapa rozvoje společnosti je charakterizována snahou o dosažení maximálních úspor v oblasti energií, při současném zachování maximálně udržitelného ekologického přístupu k rozvoji technologií. V tomto úsilí nelze pokročit dále bez dostatečného a vědecky podloženého stupně poznání, podepřeného vědecky podloženými a experimentálně ověřenými výsledky v praxi.

Významnou úlohu v tomto procesu sehrává cílený aplikovaný výzkum, který propojuje poznatky vědy s konkrétní praxí. Mezi takto zaměřená pracoviště patří i VUT FSI Brno, Ústav ekologického a procesního inženýrství (ÚPEI), kde se spojují cíle pedagogické s cíli vědeckými.

Orientace na rozvoj činnosti v terciální sféře- rozvoji služeb, patří beze sporu do budoucna se rozvíjejících oblastí. **Proces profesní údržby prádla** představuje mimořádně náročný provoz z pohledu spotřeby energií a vody a s tím související možnou ekologickou zátěž pro životní prostředí.

Tímto problémem se zabývalo od konce 19 století několik málo firem. Za zmínku stojí firma Voss a Poensgen. Vyráběla prací zařízení s rotačním bubnem. Prádlo bylo plněno ručně přímo do bubnů. Avšak během století se zařízení vyvíjela až do současného stavu, který požaduje bezkontaktní plnění, plnou automatizaci při zvyšující se výkonnosti stroje a zvýšených požadavcích na dodržování hygienických zásad a kvalitě vyčištěného prádla. Tyto protichůdné požadavky je možno splnit jen díky vysoce kvalitnímu zařízení a péči o něj.

V České republice v současné době působí více než 350 provozů prádelen, z toho 90 z nich představují střední a velké provozy s vysokou energetickou náročností. Profesní údržba prádla se v současné době neobejde bez kvalitní chemie, což představuje další problémy s likvidací odpadů z provozů prádelen.

Provozy prádelen jsou organizovány jako soukromé subjekty, které ve velké většině vznikly privatizací bývalých prádelen. Úroveň technické a technologické vybavenosti je různá, rovněž tak úroveň znalostí souvisejících s údržbou prádla je v mnoha případech nízká.

Technologická zařízení trpí nedostatečnou a kvalifikovanou údržbou. K tomu, aby každá jednotlivá prádelna řešila problematiku svého rozvoje ať již technického nebo kvalifikace pracovníků není dostatek sil, navíc by tato činnost v malých provozech byla značně neefektivní. Pro podporu a řešení této problematiky vznikla v roce 1993 Asociace prádelen a čistíren (APaČ). Tato asociace poskytuje svým členům poradenství a konzultační služby v otázkách oboru, organizuje vzdělávání a informační servis s profesní tematikou, spolupracuje s orgány státní správy při přípravě právních předpisů, spolupracuje i s výrobcí a dodavateli strojů, materiálů, technologií i ekologie, se servisními a údržbářskými subjekty.

Avšak ani tato asociace se cíleně nezabývá systematickým rozbořením procesu profesní údržby prádla a souvisejících procesů v reálném provozu.

Současná nabídka prádelenských zařízení představuje velký objem možných dodavatelů, uvádějících ve svých nabídkách různé parametry zařízení, které jsou si podobné. Pro současné majitele prádelenských provozů je tato nabídka značně nepřehledná neboť chybí určité srovnání, jak jsou tyto parametry dodrženy v praxi, jaká je skutečná životnost zařízení, jak procesně řadit jednotlivé stroje tak, aby bylo dosaženo maximální efektivity fungování zařízení jako celku a jakým způsobem jednotlivá zařízení nastavit.

Ve spolupráci s firmou Procter and Gamble Professional je tato problematika na VUT FSI Brno dlouhodobě řešena v rámci projektu „Optimalizace vody a tepla na profesní prádelně“. Pro rozšíření vzájemných aktivit vznikl projekt Model komerční prádelny budoucnosti, který je zařazen do projektu „**NETME Center**“- Nové technologie pro strojírenství (New Technologies for Mechanical Engineering, NETME).

3. Prádlo

Produktem, který je v prádelně vytvořen je čisté prádlo. Toto prádlo je před vstupem do prádelny znečištěno v širokém spektru provozů (nemocnice, montážní dílny, hotely, domácnosti atd.)

Nejběžnější typy praného prádla s jakými se lze setkat se liší podle zákazníků prádelen. Jedná se o prádlo [1] z:

Hotelů,

- Jedná se o relativně čisté prádlo téměř každodenně prané - znečištěné prachem, tukem a cukry (biologické skvrny).

Nemocnicí,

- Bílé – nemocniční ložní prádlo,
- Stálobarevné – ostatní ložní prádlo,
- Prádlo pro nemocné – znečištěné včetně krve a lidských exkrementů,
- Prádlo pro personál – doktoři, zdravotní sestry a jiný personál,
- Pracovní oblečení – modré prádlo – pro pracovníky údržby,
- Operační – znečištění množstvím krve (1 kg prádla může obsahovat až 500g krve, části lidského těla a operační nástroje),
- Dermatologické (kožní) – znečištěné tuky, lidskými exkrementy, krémy a chemickými preparáty – velmi složité pro čištění,
- Infekční prádlo – prádlo vyžadující speciální péči.

Gastronomických provozů,

- Obsahuje velké množství přírodních tuků, živočišné krve, speciální látky pro barvení pokrmů – velmi složitě odstranitelných z prádla. Vyznačuje se velmi silným a nepříjemným zápachem zejména pokud jsou v provozu zpracovávány ryby.

Reprezentační.

- Velmi kvalitní látky - vojenské uniformy, aerolinie.

Typy znečištění (skvrny) prádla mohou být následující:

- Vodou dobře rozpustné – anorganické soli, moč, cukry,
- Pigmenty – oxidy železa, saze, uhličitany,
- Tuky – zvířecí, rostlinné, minerální, vosky,
- Bílkoviny – krev, vejce, mléko – problematické srážení bílkovin,
- Škroby – vyšší cukry – z jídla (bramborový škrob),
- Přírodní barviva – z ovoce, zeleniny, kávy, čaje,
- Chemické – lékařská péče, desinfekce, průmysl.

Velmi důležitým parametrem, který mimo-jiné určuje vedle dalších faktorů kvalitu prádla, je gramáž. Gramáž se může lišit v širokém spektru. Příklady ukazuje (tab. 1).

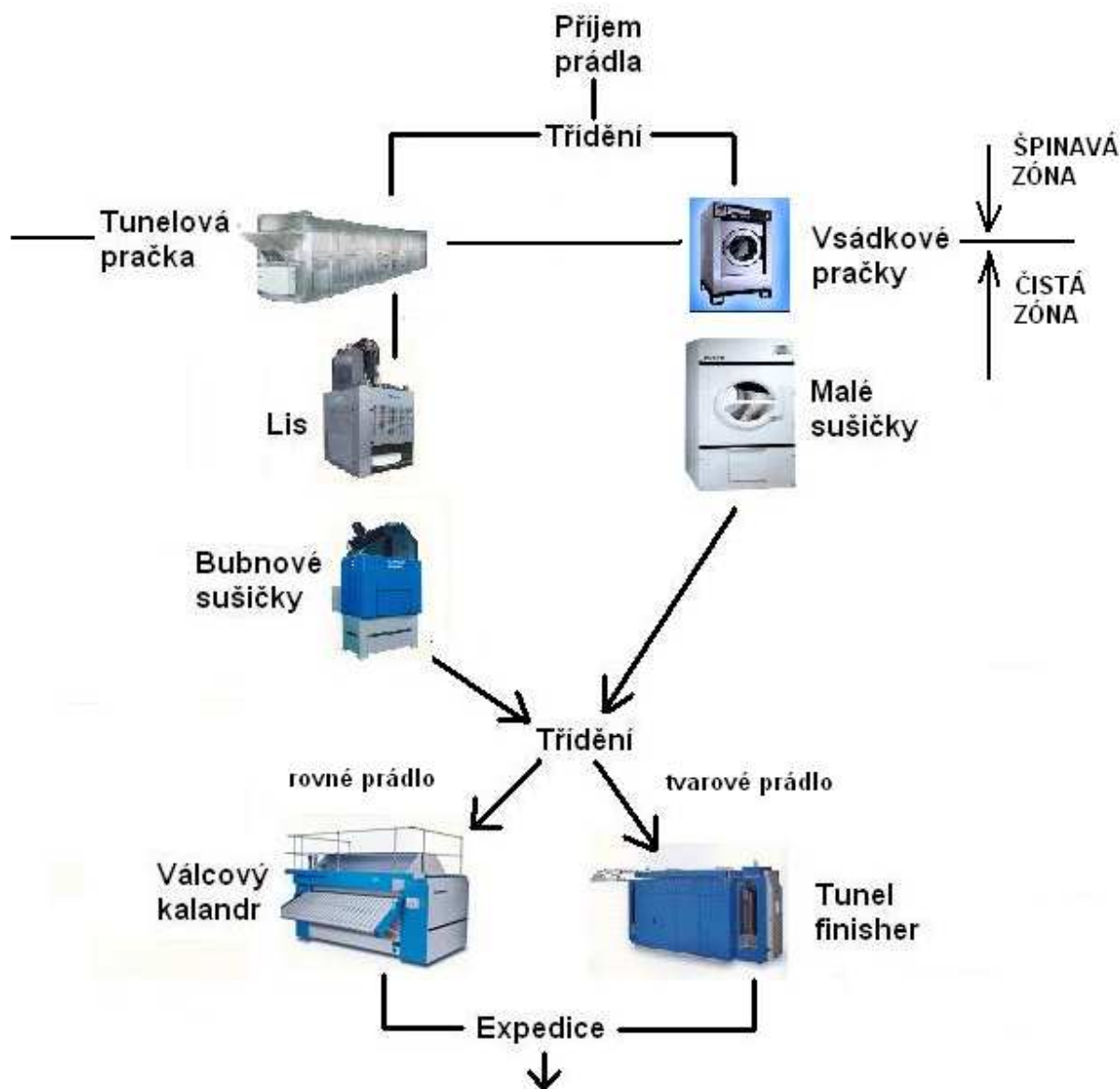
Druh látky	Gramáž (g/m ²)	Životnost (roky)
Plátno	Do 150	5-7
Montérky (KEPR)	220-260	3

Tab. 1: Gramáž vybraných typů prádla

4. Proces praní prádla

Uspořádání technologií používaných v procesu profesní údržby prádla se může odlišovat vzhledem k parametrům prádla a skladbě zákazníků prádelny. Nejčastěji je proces profesní údržby prádla složen z následujících aparátů a operací (obr. 1):

- Praní prádla v tunelových pračkách event. ve vsádkových,
- odvodňování v extrakčním zařízení (lis, ojediněle odstředivka),
- sušením v bubnových event. malých sušičkách,
- a následným dosušením v kalandrech nebo jiných zařízeních jako je tunel finisher.



Obr. 1: Zjednodušené schéma komerční prádelny

V následujícím textu budou jednotlivé operace blíže popsány.

4.1 Příjem prádla

Prádlo je dopravováno nákladními automobily od smluvních partnerů, kteří jsou rozmístěni po celém území ČR. Prádlo bývá nejčastěji umístěno v plastových polyethylenových obalech umístěných do přepravních vozíků, nebo bývá uloženo v transportních vacích. Prádlo vstupuje do prádelny do tzv. špinavé zóny přes separační zónu vybavenou dvojími dveřmi. Zde je následně uskladněno a dále tříděno.

4.2 Třídění

Tříděním je prádlo rozděleno podle hmotnosti zakázky a podle míry znečištění prádla. Menší objemy a silně znečištěné prádlo jsou prány ve vsádkových pračkách. Ostatní prádlo je práno v tunelové pračce. Prádlo je v případě tunelové pračky dopraveno pomocí dopravníku (obr. 2). Důležité je zajistit správné dávkování prádla na dopravník, aby byla dosažena zpracovatelská kapacita (25, 36, 50, 72, 90kg/dávka) pro rovnoměrný provoz. Správné dávkování je zajišťováno kvalitní obsluhou, která vážením ověřuje zpracovatelskou kapacitou a tím následně ovlivňuje dávkování chemikálií, vody a spotřebu tepla dle aktuální nakládky.

V případě starých linek je dávkování chemikálií a vody realizováno bez ohledu na skutečnou nakládku prádla. Dávkování je konstantně nastaveno. Při nerovnoměrné nakládce avšak narůstají provozní náklady.



Obr. 2: Dopravník do tunelové pračky

4.3 Tunelová pračka

Tunelová pračka (obr. 3) je jedno-bubnové průběžné prací zařízení krabicovitého tvaru. Vnitřní buben má modulovou konstrukci a jeho kývavý pohyb zabezpečuje třífázový motor s převodovkou a brzdou. Jednotlivé moduly jsou navzájem svařeny a

dohromady tvoří kompaktní celek. Dávka prádla nesmí obsahovat cizí předměty, aby se vyloučilo poškození prádla a stroje. Buben tunelové pračky je většinou rozdělen do 3 zón (zóna předepírání, prací zóna a máchací zóna)[1]. Každá zóna se může skládat z několika komor. Podle provedení mohou být dělicí stěny mezi jednotlivými pracími zónami perforované, aby se dosáhlo optimálního průtoku lázně v rámci prací oblasti. Alternativně mohou být dělicí stěny zhotoveny v neděrovaném provedení, aby bylo možné praní ve stojaté lázni. Na začátku a na konci prací zóny nejsou dělicí stěny děrované. Tunelová pračka se používá obvykle ve spojení s vkládacími a přepravními zařízeními, odvodňovacími systémy a taktovými sušičkami. Přitom je dávková pračka umístěna mezi vkládacím zařízením (podvěsný systém dopravy, vkládací dopravní pás apod.) a odvodňovacím systémem.



Obr. 3: Tunelová pračka

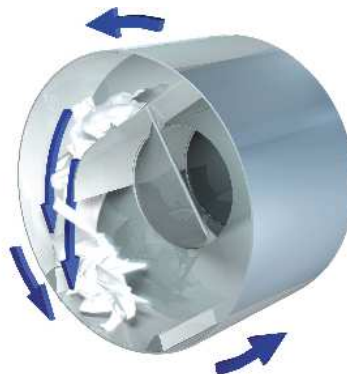
Tunelové pračky se dále rozlišují podle způsobu transportu prádla uvnitř zařízení na:

- Spodní provedení - Doprava prádla uvnitř pračky se u spodního provedení (obr. 4) provádí pomocí přepravní lopatky, která přepravuje prádlo s lázní u dna.



Obr. 4: Spodní provedení

- Horní provedení - U horního provedení (obr. 5) je doprava zajištěna pomocí přepravní lžice, která zvedá prádlo společně s lázní a přepravuje je do další komory.



Obr. 5: Horní provedení

4.4 Extrakční zařízení - Lis

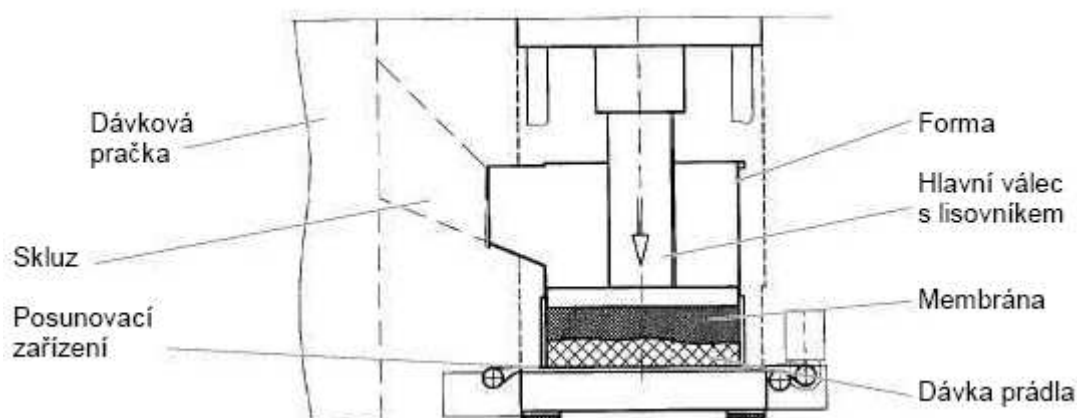
Odvodňovací lis (obr. 6) slouží k odvodnění textilií. Odvodňovací lis je výhradně určen pro provoz v plně automatické prací lince (v návaznosti na kontinuální prací linku). Každý lisovací cyklus se skládá z operací vkládání, odvodnění a vyjmutí.



Obr. 6: Lisovací zařízení

Vkládání je prováděno po odeslání signálu z tunelové pračky. Lis se připraví do pohotovostní polohy a je připraven na vkládání.

Po vložení jedné várky prádla je zahájeno odvodňování pomocí stlačování hlavního válce s lisovníkem ve formě (obr. 7). Na spodní straně lisovníku je umístěna membrána naplněná vodou. Tato membrána se prostřednictvím hlavního válce tlačena proti dávce prádla. Přitom se membrána přizpůsobí nerovnostem dávky prádla. Tlakem na dávku prádla unikne voda a odtéká do sběrných van.



Obr. 7: Funkce lisovacího zařízení

Dávka prádla je slisována do tvaru koláče a je vyjmuta pomocí posunovacího zařízení na dopravník. Dopravník (obr. 8) se pohybuje na kolejové dráze a podle signálu vyzvedne koláč prádla do bubnových sušiček.



Obr. 8: Dopravník do bubnových sušiček

4.5 Bubnová sušička

Bubnová sušička (obr. 9) [1] slouží k rozvolnění koláče, předsušení a celkovému sušení prádla. Sušič je určen pro plnoautomatickou sušicí linku a je spojen s dalšími stroji, které mu v pracím procesu předcházejí či po něm následují a jsou centrálně řízeny. Obvykle je tento sušič oddělen nebo je připojen na tunelovou pračku, lisovací zařízení a transportní pás (zdvihový pás či zdvihový dopravní pás). U tohoto sušicího stroje je možno přejít i na ruční ovládání. Každý sušicí cyklus je tvořen několika pracovními fázemi: plněním resp. naložením, sušením, chladnutím a vyprázdněním resp. vyložením.



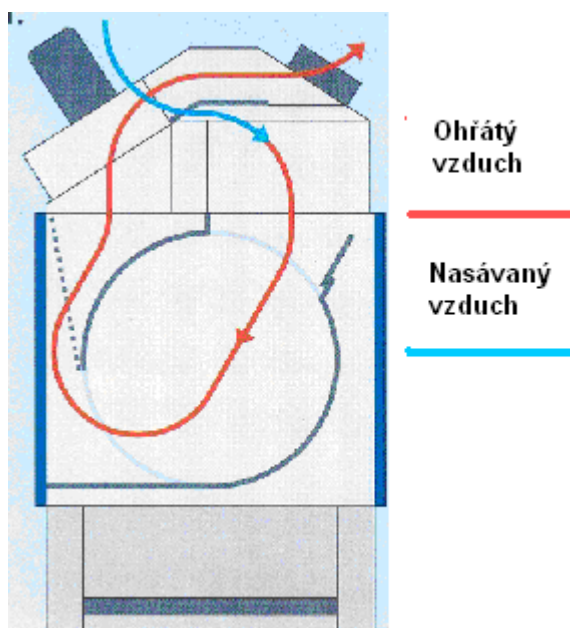
Obr. 9: Bubnové sušičky

Plnění

Provádí se přes pneumaticky ovládaná dvířka pro plnění na přední straně stroje (tato dvířka mohou být i posuvná). Dříve než se zahájí plnění musí být sušič uveden do klidu (pohotovostní nastavení), tedy připraven k plnění. V klidu jsou dvířka pro plnění a pro vyprazdňování uzavřena, pohon bubnu a nakládací pás vypnutý. Jakmile je dán pokyn z centrálního řízení zahájit provoz prací dráhy, otevřou se dvířka pro plnění stejně jako i tlakový ventilátor, pohon bubnu a nakládací pás se spustí. Prádlo pro sušení je následně transportováno pomocí nakládacího pásu do rotujícího bubnu. Světelná závora na konci nakládacího pásu kontroluje proces plnění. Jakmile světelnou závorou delší dobu nic neprojde (množství prádla určeného k sušení se již nachází v bubnu), vypne se automaticky nakládací pás a dvířka pro plnění se pneumaticky uzavřou.

Sušení

Během sušení jsou dvířka pro plnění i pro vyprazdňování zavřena. Buben je uveden do pohybu a tlakový ventilátor dopravuje vzduch nasávaný z prostředí prádelny a dále zahřátý v parním ohříváku do bubnu a zajistí tak proudění (obr. 10) vzduchu přes náplň bubnu. Zahřátý vzduch (teplota 150°C až 180°C) zbavuje prádlo vody a přitom se ochlazuje a odchází do odtahu. Po sušení nastává automaticky **fáze chlazení** (cooldown). Fáze chlazení je řízena časově či teplotně.



Obr. 10: Proudění sušícího vzduchu v bubnové sušičce

Vyprazdňování

Na provedení stroje záleží, zda se vyprazdňování provádí pomocí vyklopení či vyprázdnění vytlačení náplně pomocí axiálního proudu vzduchu. Při vyprazdňování pomocí vyklápění se otevře záklopka pro vyprazdňování, a zatímco se buben dále otáčí, prádlo se vyklopí. Naklopením a otáčením bubnu dojde k přemístění prádla v prostoru bubnu na stranu, kde se nachází záklopka pro vyprazdňování a jejím otevřením se prádlo přesune na transportní pás (obr. 11). Transportní pás bývá obvykle prodloužen až do prostoru dalšího třídění z důvodů lepší obslužnosti personálem. V tomto místě jsou parametry prádla:

- V případě rovného prádla, které bude následně zpracováno na kalandrech, je relativní vlhkost prádla 18 % až 45 % a s teplotou 45 až 50°C,
- V případě tvarového prádla, které je sušeno s požadavkem na cílovou relativní vlhkost 5% s teplotou 60 až 70°C.



Obr. 11: Dopravník za bubnovými sušičkami

4.6 Vsádkové pračky

Vsádkové pračky (obr. 12) jsou zařízení používaná pro menší objemy prádla (7 až 40 kg), velmi znečištěné prádlo, prádlo, které se vyznačuje velkým pouštěním barviva. Obsluha plní prádlo ve špinavé zóně a následně po procesu praní je prádlo vytaženo v čisté zóně.

Vsádkové pračky pracují na následujícím principu:

Po sepnutí spínače otevře ventil přívod čisté vody, která začne proudit do bubnu. Po cestě do bubnu voda strhává ze zásobníku detergent. Když voda v bubnu dosáhne určené hladiny, ventil uzavře přívod čisté vody. Následuje sepnutí spínače elektromotoru a roztočení bubnu pračky. Většinou se jedná o dvourychlostní elektromotor (nižší rychlost pro předpírku a praní, vyšší pro odstředění), který může otáčet bubnem oběma směry. Po namočení prádla dochází k ohřívání lázně buď topnou spirálou nebo parním vytápěním. Po dostatečném ohřátí lázně se roztáčí buben. Za určitou dobu je otevřen ventil a špinavá voda odchází z pračky ven. Následně je do pračky napouštěna čistá voda a následuje cyklus máchání. Po máchání je prádlo vyjmuto obsluhou ven a vloženo do sušičky. Celý tento cyklus obvykle trvá 20 až 50 minut dle typu zařízení a velikosti nakládky.



Obr. 12: Vsádková pračka

4.7 Malé sušičky

Sušičky (obr. 13) jsou určeny pro sušení prádla zpracovávané ve vsádkových pračkách. Pracují nejčastěji s parním ohřevem, ale existují i s ohřevem elektrických. Přicházející vzduch je ohříván ve výměníku a zároveň se roztáčí buben a pohybuje s prádlem.



Obr. 13: Malá bubnová sušička

4.8 Třídění

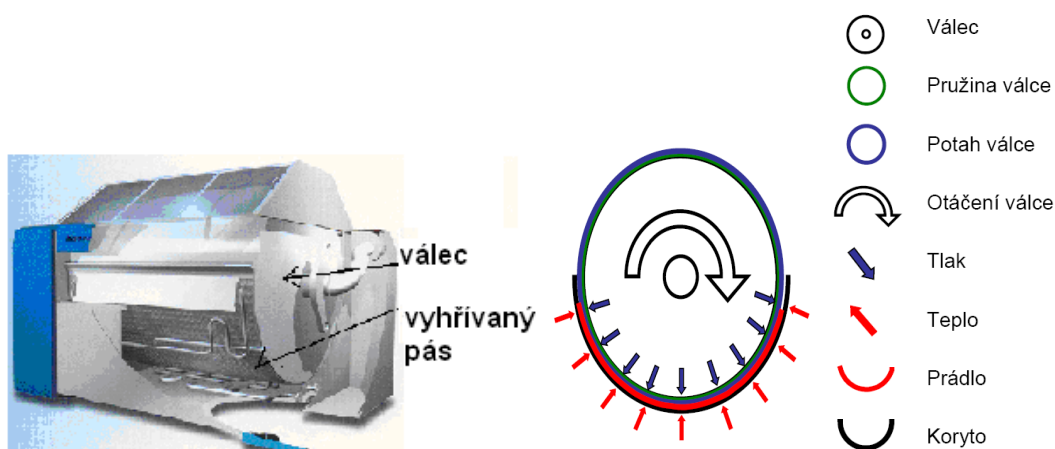
Prádlo za sušičkami je roztříděno na rovné a tvarové pro další zpracování buď na válcových kalandrech nebo v tunel finisheru. Pro třídění je zapotřebí velkého prostoru pro uskladnění vozíků, na kterých je uloženo roztříděné prádlo.

4.9 Válcový kalandr

Kalandr [2] je zařízení uzpůsobené pro zpracování rovného prádla (prostěradla atd.). Zbavuje prádlo zbývající vlhkosti a současně jej žehlí. Zařízení je vybaveno podle zpracovatelské kapacity 1 až 3 válci zařazenými za sebou. Válce jsou opatřeny textilními nábalý. Nábalý jsou připevněny na válec pomocí pružin. Funkce nábalů je následující:

- Vyrovnávají nerovnosti žehlené plochy,
- dokonalým utěsněním vytvářejí požadované klima,
- zamezují tvorbě lesku na žehleném materiálu.

Válce s nábalý se otáčejí v parou nebo plynem vyhřívaných korytech. Nejčastější konstrukcí koryta je vyhřívaný pás viz (obr. 14). Jsou známy i jiné konstrukce jako je např. pevné koryto. Pevné koryto je vzhledem k vyhřívanému pásu mnohem těžší a ekonomicky náročnější z důvodů velké spotřeby páry pro ohřev. Vyhřívané koryto je vytápěno parou pomocí trubkového hadu, který je nejen pod samotnými válci, ale i na vrchní části koryta pro udržení teploty prádla. Teplota ve žlabu se reguluje pomocí změny kvality páry, ale jelikož setrvačnost teploty na korytech je značná, používá se pro regulaci žehlení změna rychlosti posuvu prádla v kalandru tzv. kalandrovací rychlost.



Obr. 14: Funkce a složení válcového kalandru

4.10 Tunel finisher

Tunel finisher (obr. 15) je zařízení pro další zpracování tvarového prádla (košile, kalhoty). Prádlo prochází v tomto zařízení několika částmi. V parní komoře je oděv připraven pro další žehlení. V další komoře je prádlo vyrovnáno proudem horkého vzduchu. Pára je přiváděna potrubím na horní stranu zařízení. Po ochlazení společně s kondenzátem je odváděna na opačné straně.



Obr. 15: Tunel finisher

Po zpracování prádla v kalandu a tunel finisheru je prádlo složeno ve speciálních skladačích nebo ručně obsluhou. Složené prádlo je zabaleno, uloženo zpět na transportní vozíky a uskladněno. Takto připravené prádlo je naloženo obsluhou na nákladní automobil a exportováno zpět zákazníkovi.

5. Experimentální měření v komerční prádelně

Experimentální měření procesních veličin je nezbytnou součástí návrhu modelu moderní komerční prádelny. Bez těchto hodnot by nebylo možné správně a hlavně dostatečně přesně určovat výpočty, jakými jsou například hmotnostní nebo energetické bilance, jež jsou nezbytné pro správný návrh a funkci zařízení.

Zařízení poskytovaných výrobcí je na trhu nepřehledné množství. Někteří výrobci neposkytují relevantní informace pro další výpočet ekonomického i energetického zhodnocení. Jedná se zejména o energetickou spotřebu. Experimentální data jsou nezbytností pro udržování provozu linek v jejich optimálním nastavení, proto bylo nezbytné tyto údaje získat experimentálně.

5.1 Použitá metodika

Cílem měření je určit spotřebu tepla resp. páry resp. energetickou náročnost. Tu lze určit:

- Přímoou metodou – měřením přímo zjišťujeme spotřebu páry např. parním průtokoměrem [3][4] instalovaným na parní potrubí.
- Nepřímoou metodou - prostřednictvím měření jiné veličiny, jejíž hodnota závisí na množství páry.

Pro měření energetické náročnosti je aplikována tzv. nepřímá metoda vzhledem k nákladnému měření přímé spotřeby páry v sušičce a kalandru. Měření je prováděno v případě bubnových sušiček nejčastěji na vyšších konstrukcích z důvodů umístění výstupů na horní straně zařízení, nebo v samotné budově prádelny v případě kalandrů.

Výběr typu sondy závisí v největší míře na charakteru proudění v potrubí. Hlavními kritérii jsou

- Rychlost – dosahuje max. desítek (5-20) m/s – střední rychlosti,
- Teplota – špičkově až 130°C.

Pro tyto parametry se použily dvě sondy. Jedna sonda pro měření rychlosti (vrtulková anemometrická resp. teplotní sonda) a druhá vysokoteplotní resp. vlhkostní sonda. Obě sondy pochází od firmy Testo (obr. 16), jakožto i software pro zaznamenávání hodnot.



Obr. 16: Měřicí zařízení TESTO

Při vlastním měření by měly být sondy umístěny (obr. 17) a (obr. 18), pokud je to možné, v rovném úseku potrubí a to alespoň ve vzdálenosti desetinásobku průměru potrubí od jakékoliv singularity proti směru proudění média a čtyřnásobku průměru potrubí po směru proudění média [5]. Na celé této vzdálenosti by vlastní proud média proudícího v potrubí neměl být přerušen klapkami, koleny atd. V některých případech, vzhledem k dispozičním uspořádáním je splnění tohoto požadavku neproveditelné a vlastní měření může být zatíženo chybou.

Výstupní potrubí je navrtáno (12mm) a sondy jsou vloženy a důkladně utěsněny. Sondy jsou umístěny ve výstupním potrubí tak, aby bylo zamezeno jejich pohybu (speciální držák rychlostní sondy). Důležité je umístění rychlostní sondy ve správném směru (správné natočení sondy s vrtulkou) a také je nezbytné umístit tuto sondu do středu potrubí.



Obr. 17: Umístění sond na potrubí



Obr. 18: Umístění sond v potrubí

Během měření je zaznamenávána rychlost, teplota a relativní vlhkost odcházejících plynů. Další hodnoty jako průtok, absolutní vlhkost dopočítává software dodaný firmou Testo.

Důležité hodnoty (tab. 2), ze kterých se provádějí kvalifikované odhady energetické náročnosti jsou:

- množství odpařené vody
- teplo odnesené plyny
- měrná spotřeba páry
- odpařovací kapacita.

Microsoft Excel - pravý odtah.xls									
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help									
I1 = g/m3									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	testo445-6	datum	čas	m/s	m3/h	°C	%rF	°C	g/m3
2	1	18.3.2009	16:41:20	4,51	3186	41,3	67,7	43,3	40,7
3	2	18.3.2009	16:41:22	4,61	3256	41,1	70,2	43,3	42,2
4	3	18.3.2009	16:41:24	5	3531	40,9	69,4	43,3	41,7
5	4	18.3.2009	16:41:26	5,12	3617	40,7	67,9	43,3	40,8
6	5	18.3.2009	16:41:28	4,78	3379	41,9	64,1	43,3	38,5
7	6	18.3.2009	16:41:30	5,29	3736	42,5	59,8	43,5	36,3
8	7	18.3.2009	16:41:32	5,1	3605	42,1	62,5	44	38,9

Tab. 2: Hodnoty získané pomocí software Testo

K těmto hodnotám se dopracováváme pomocí vztahů, jejichž popis je uveden v následující kapitole.

5.1.1 Vztahy pro výpočet dílčích veličin pro vyhodnocení zařízení.

Z naměřené hodnoty rel.vlhkosti je pomocí vztahů [6] vypočtena absolutní vlhkost:

$$\varphi = \frac{\rho_p}{\rho_p''} [\%] \quad (1)$$

$$\phi = \rho_p = \phi \cdot \rho_p'' \text{ [g/m}^3\text{]} \quad (2)$$

kde ρ_p'' je hustota sytých par při barometrickém tlaku a určité teplotě [g/m³]

ρ_p je hustota vodní páry [g/m³]

ϕ je relativní vlhkost [%]

Z hodnot okamžitých rychlostí je přepočten průtok při změřeném průřezu potrubí

$$Q = A \cdot v \text{ [m}^3\text{/s]} \quad (3)$$

kde A je příčný průřez potrubí [m²]

v je rychlost odcházejících plynů [m/s]

Tento průtok je dále přepočten na průtok při normálních podmínkách (0°C, 1 atm)

$$Q'n = \frac{Q \cdot 273,15}{T} \text{ [m}_N^3\text{/s]} \quad (4)$$

kde T je teplota výstupních plynů [K]

Normální průtok je pro následující porovnání s katalogy přepočten na hodinový

$$Q'nh = Q'n \cdot 3600 \text{ [m}_N^3\text{/h]} \quad (5)$$

Pro další výpočet bylo zapotřebí vyjádřit tlak sytosti pomocí Antionova vztahu

$$\log pp'' = A - \frac{B}{C + t} \text{ [kPa]} \quad (6)$$

kde A , B , C jsou koeficienty Antoinova vztahu [25]

$A = 7,19621$ [-]

$B = 1730,637$ [-]

$C = 233,426$ [-]

t je teplota odcházejících plynů [°C]

Následně bylo použito vztahu pro výpočet měrné vlhkosti nenasyceného vzduchu.

$$x = 0,622 \frac{\phi \times pp''}{p - \phi \times pp''} \text{ [kg/kg s.v.]} \quad (7)$$

kde p je tlak v prostoru prádely [kPa]

Tato hodnota je dále přepočtena na měrnou vlhkost suchého vzduchu (poměr molární hmotnosti vzduchu a vody) při normálních podmínkách.

$$x_N = x \cdot \frac{MW_{\text{vzduchu}}}{MW_{H_2O}} \text{ [m}_N^3\text{/m}_N^3\text{ s.v.]} \quad (8)$$

a tato vlhkost je přepočtena na hmotnostní zlomek vodní páry

$$x_v = \frac{x_N}{(1 + x_N)} \text{ [m}_N^3\text{/m}_N^3\text{ vl.vz]} \quad (9)$$

Vypočtený hmotnostní zlomek je dále použit pro výpočet průtoku vodní páry

$$Q'_p = x_v \cdot Q'n \text{ [m}_N^3\text{/s]} \quad (10)$$

a pro výpočet průtoku suchého vzduchu za normálních podmínek

$$Q_{SN} = Q' n \cdot (1 - x_v) \text{ [m}_N^3/\text{s]} \quad (11)$$

Který je dále přepočten na průtok suchého vzduchu

$$Q_s = \frac{Q_{SN}}{Vn \cdot MW_{\text{vzduchu}}} \text{ [kg/s]} \quad (12)$$

Nezbytnou veličinou pro určení energetické náročnosti je výpočet entalpie odcházejících plynů

$$i = 1,01 \times (t - t_{\text{referenční}}) + x \times 1,84 \times (t - t_{\text{referenční}}) \text{ [kJ/kg s.v.]} \quad (13)$$

kde $t_{\text{referenční}}$ je teplota uvnitř prostoru prádelny

tato entalpie je přepočtena na teplo odcházející s plyny odtahem

$$i_s = i \times \Delta t \times Q_s \text{ [kJ]} \quad (14)$$

Do komína také odchází vlhkost, která je získána z prádla. Vyjadřuje se v množství odpařené vody v daném časovém úseku.

$$m_{\text{vody}} = \frac{(\phi - \phi_{\text{referenční}}) \times Q \times \Delta t}{1000} \text{ [kg]} \quad (15)$$

kde $\phi_{\text{referenční}}$ je hodnota absolutní vlhkosti uvnitř prádelny [g/m^3]
 Δt je daný časový úsek [s]

Dále jsou vypočítány spotřeby tepla na:

- odpaření vody

$$St = \frac{lw \cdot m_{\text{vody}}}{1000} \text{ [MJ]} \quad (16)$$

kde $lw = 2500 \text{ kJ/kg}$ je výparné teplo vody

- ve formě tepelných ztrát do okolí

$$Tz = St \cdot k \text{ [MJ]} \quad (17)$$

kde k je procentuelní vyjádření tepelných ztrát do okolí [%] (volí se 5%)

a spotřeby páry

- pro prosté odpaření. Energie, která je nutná na přeměnu vody ve vodní páru, která se následně odvádí. Jedná se o efektivně využitou část celkové spotřeby, protože odpařování vody je smyslem sušení a tuto hodnotu není možné žádným způsobem snížit.

$$Spo = \frac{St}{m_{\text{vody}} \cdot l_k \cdot 1000} \text{ [kg]} \quad (18)$$

kde l_k je kondenzační teplo páry při tlaku dodávané páry

- pro ohřev sušícího média. Představuje nevyužité teplo v odcházejícím vzduchu. Jedná se o položku ztrátovou a je žádoucí tuto hodnotu minimalizovat.

$$Spoo = \frac{i}{m_{vody} \cdot l_k \cdot 1000} [\text{kg}] \quad (19)$$

- ve formě tepelných ztrát. Představuje ztráty tepla radiací z povrchu stroje.

$$Spp = \frac{Tz}{m_{vody} \cdot l_k \cdot 1000} [\text{kg}] \quad (20)$$

Celková spotřeba páry je dána jako součet dílčích spotřeb páry:

$$S = Spo + Spoo + Spp [\text{kg}] \quad (21)$$

Popsaná metodika byla použita pro experimentální měření v několika prádelnách. Výsledky těchto měření jsou uvedeny v následující kapitole.

5.2 Experimentální měření PRÁDELNA 1

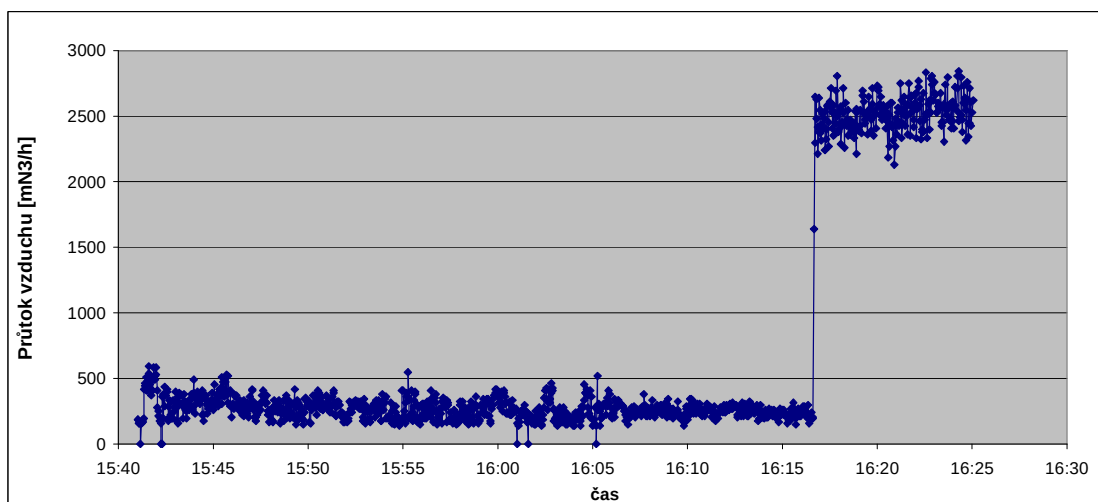
Měření (viz příloha 1.) bylo zaměřeno na sušičky Kannegiesser a Electrulox. Důvod měření bylo porovnání efektivity sušení a provedení odhadu spotřeby páry jednotlivých zařízení pro následnou energetickou optimalizaci celého procesu.

Průběh měření pro sušičku Kannegiesser vycházel z (tab. 3). Na obr. 19 až obr. 21 nalezneme průběhy nejdůležitějších veličin, tj. průtoku, teploty a relativní vlhkosti výstupních plynů. Sušicí program byl nastaven následujícím způsobem: 30 min sušení s následným 8 min ochlazováním. Jednalo se o sušení do sucha. Při sušícím cyklu je výstupní průtok a tedy i nasávané množství čerstvého chladného vzduchu velmi nízké (cca 250 m³/h, vztaheno na tzv. normální podmínky 0°C, 100,5 kPa). Potřebné proudění v bubnu je dosaženo výraznou recirkulací média. Relativní vlhkost vzduchu (stupeň nasycení) je poměrně vysoká (až 90 %). Při ochlazování se v důsledku změny polohy recirkulační klapky zvedne množství nasávaného vzduchu až na 2500 m³/h.

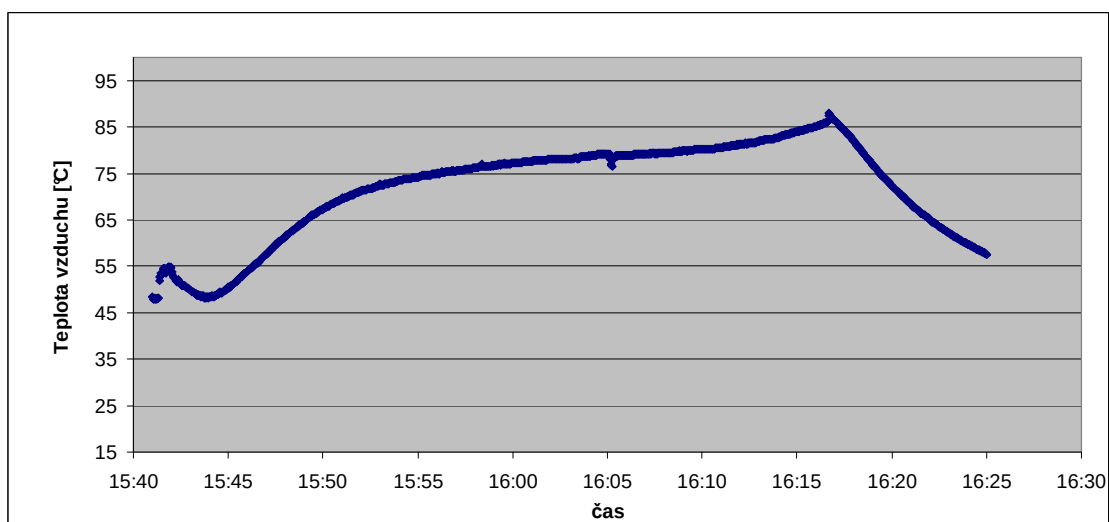
Měrná spotřeba páry pro stroj Kannegiesser při provedeném měření činila 2.0 kg páry na litr odpařené vody, jak zobrazuje obr. 22, což odpovídá i zjištěné katalogové hodnotě (2.0 kg páry na litr odpařené vody) [18]

Průřez výstupního potrubí [cm ²]	827
Barometrický tlak [kPa]	100,5
Referenční teplota [°C]	24
Referenční vlhkost [g/m ³]	7,2

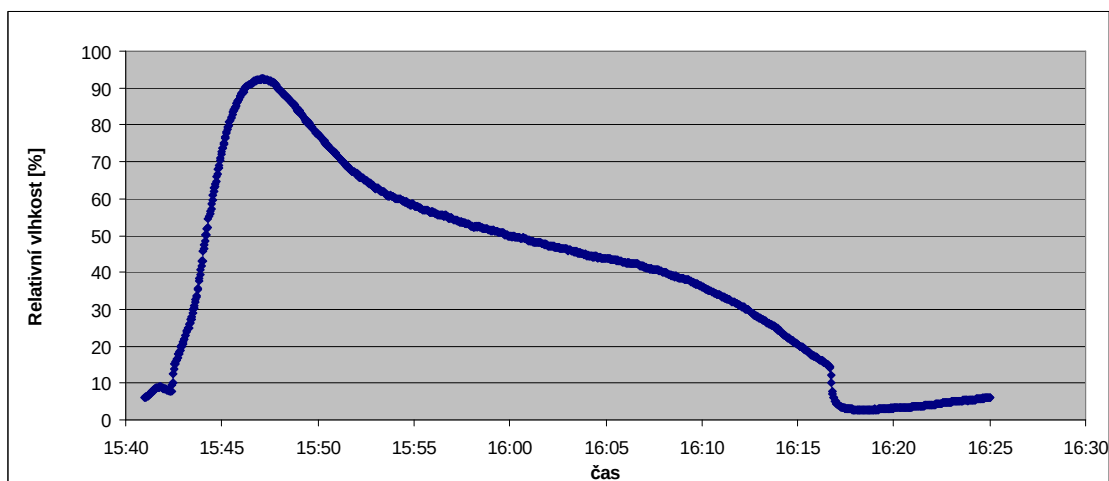
Tab. 3: Výchozí hodnoty pro měření pro sušičku Kannegiesser



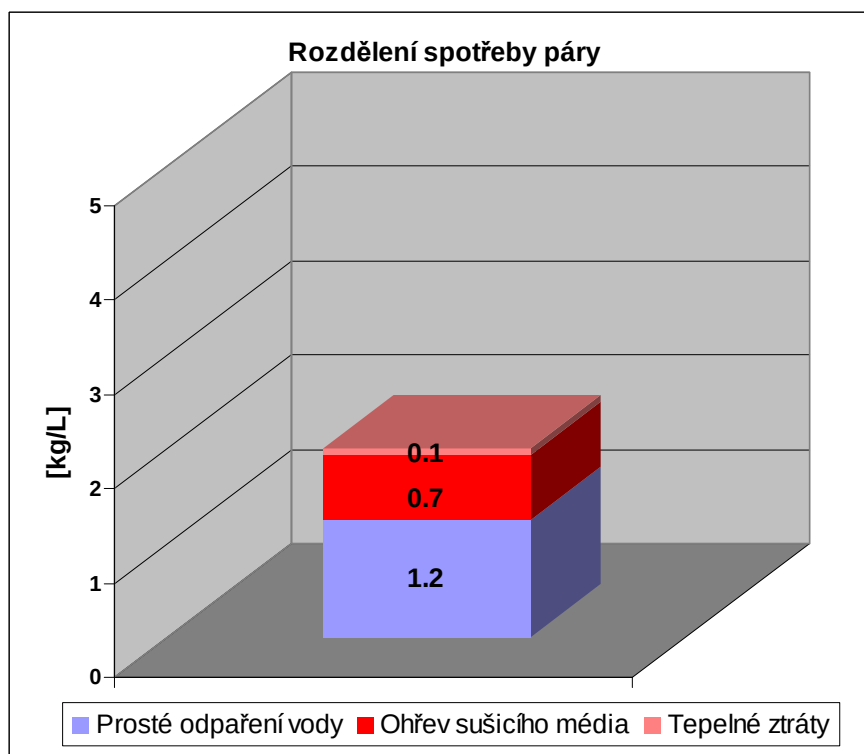
Obr. 19: Průtok výstupních plynů ze sušičky Kannegiesser



Obr. 20: Teplota výstupních plynů ze sušičky Kannegiesser



Obr. 21: Relativní vlhkost výstupních plynů ze sušičky Kannegiesser

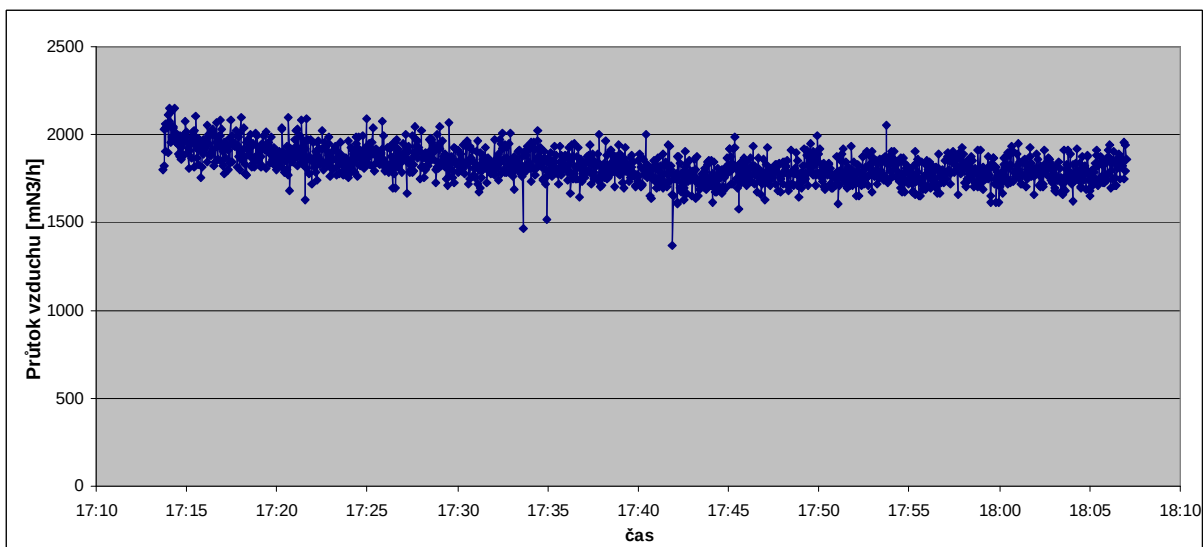


Obr. 22: Spotřeba páry pro sušičky Kannegiesser

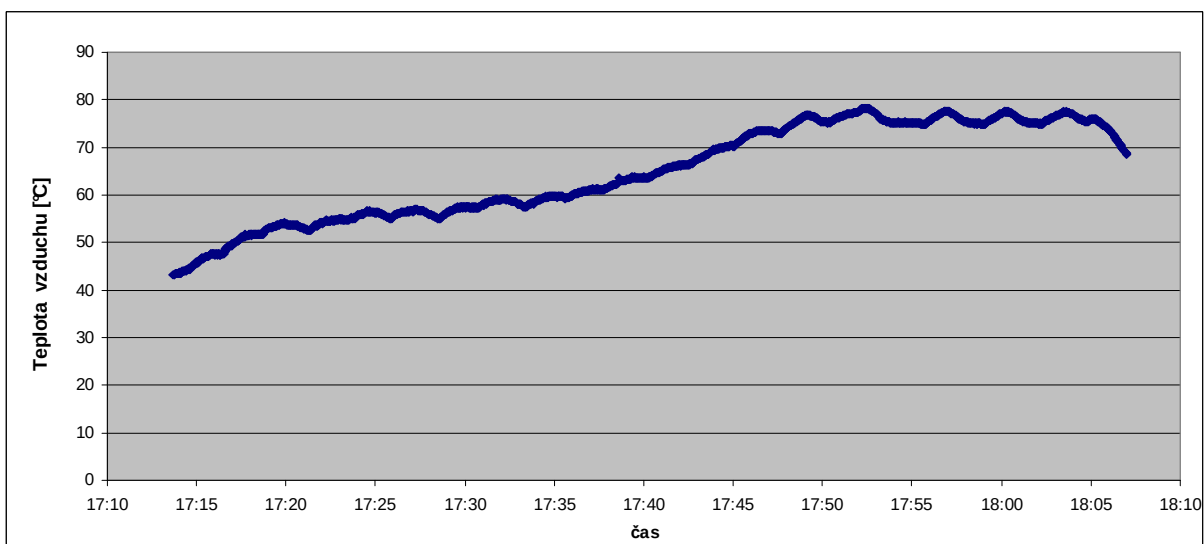
Výchozími hodnotami pro měření druhé sušičky jsou v (tab. 4).obr. 23 až obr. 25 zobrazují průběh podstatných parametrů pro sušičku Electrolux. Doba cyklu sušení byla nastavena na 1 hod. Průtok sušicího média je výrazně vyšší ($1800 \text{ m}^3/\text{h}$), ale nasycení ohozích plynů vlhkosti výrazně menší (35%). S tím souvisí téměř 2,5krát vyšší nároky na ztrátové teplo než v předchozím případě (1,7 kg/l pro Electrolux ve srovnání s hodnotou 0,7 pro Kannegiesser). Sušičky mají ve srovnání stejnou kapacitu (50 kg) [12], [7] Celková spotřeba páry pro tuto sušičku je **3.0 kg páry na litr odpařené vody** dle obr. 26, což je hodnota o 7 % vyšší než hodnota katalogová [7].

Průřez výstupního potrubí [cm ²]	754
Barometrický tlak [kPa]	100,5
Referenční teplota [°C]	24
Referenční vlhkost [g/m ³]	7,2

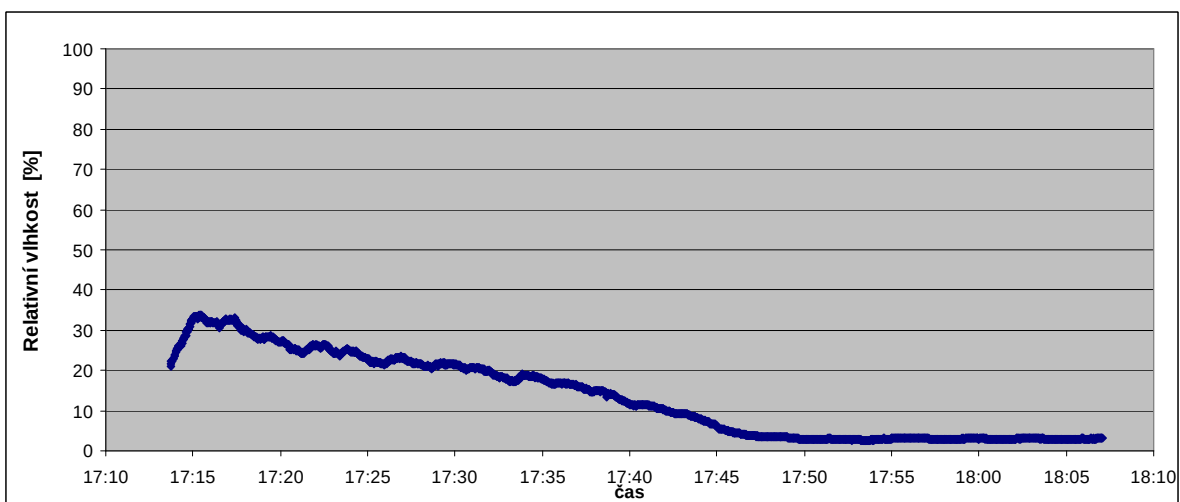
Tab. 4: Výchozí hodnoty pro měření pro druhou sušičku



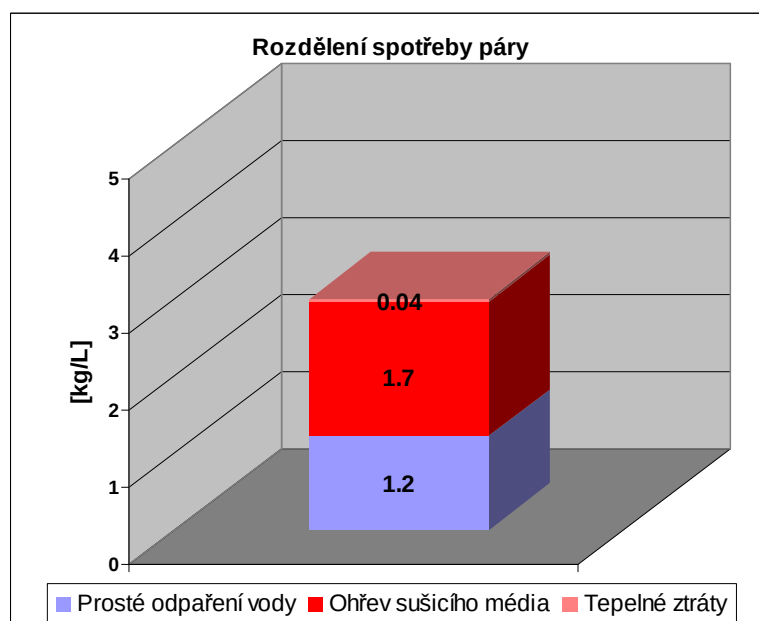
Obr. 23: Průtok výstupních plynů ze sušičky Electrolux



Obr. 24: Teplota výstupních plynů ze sušičky Electrolux



Obr. 25: Relativní vlhkost výstupních plynů ze sušičky Electrolux



Obr. 26: Spotřeba páry pro sušičku Electrolux

Závěr experimentálního měření v Prádelně 1:

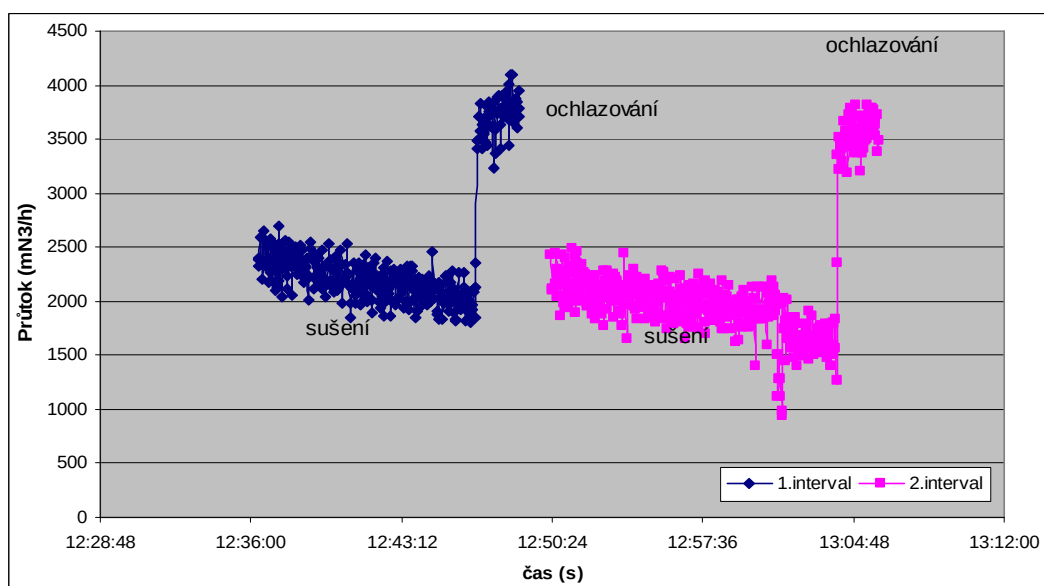
V důsledku použití recirkulace v prvním případě byla výrazně ovlivněna hodnota odpařovací kapacity (1,3 l/min) než ve druhém konstrukčně odlišném případě bez recirkulace (0,5 l/min). Také nebylo zapotřebí takového množství páry pro ohřev, jelikož se odcházející plyny částečně vracely zpět do sušičky a tím předešly čerstvý nasávaný vzduch. Rozdíl mezi spotřebami páry první a druhé sušičky je 60 %.

5.3 Experimentální měření PRÁDELNA 2

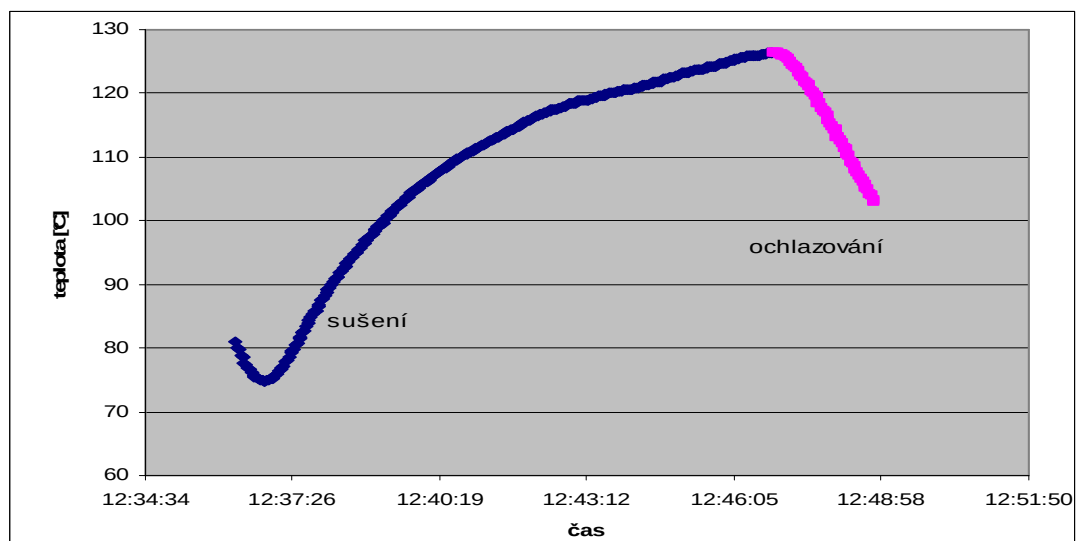
Měření (viz příloha č.2) bylo provedeno na 3 strojích. Na sušičce, kalandru a rozvolňovači. Rozvolňovač je sušící zařízení, které pracuje bez parního ohřevu a má za úkol rozvolnit koláč přicházející z lisovacího zařízení. Vstupními parametry pro bubnovou sušičku, kalandr a rozvolňovač jsou uvedeny v tab. 5. Na (obr. 27) až (obr. 30) jsou zobrazeny průběhy nejdůležitějších veličin měření bubnové sušičky. Pro měření byly nastaveny dva intervaly sušení, a to 10 a 14 min. Bylo sušeno hotelové froté prádlo, které je zapotřebí vysušit do sucha (5% vlhkost vysušeného prádla). Průběhy relativní vlhkosti a rychlosti jsou u obou intervalů shodné. Interval se odlišuje průběhem teplot. Odlišnost lze vysvětlit objemem sušeného prádla. V prvním intervalu je sušeno 31 kg suchého prádla, ve druhém 52 kg. První interval se oproti druhému odlišuje v nejvyšší dosažené teplotě o 20°C a také ve zvýšené spotřebě páry o 20 %, potřebné k ohřevu sušicího média (obr. 31). Průtok výstupních plynů byl 2200 m³/h, hodnota průtoku je zvýšená pouze ve fázi ochlazování až na 4000 m³/h.

Průřez výstupního potrubí [cm ²]	1256
Barometrický tlak [kPa]	100,5
Referenční teplota [°C]	20
Referenční vlhkost [g/m ³]	8,2

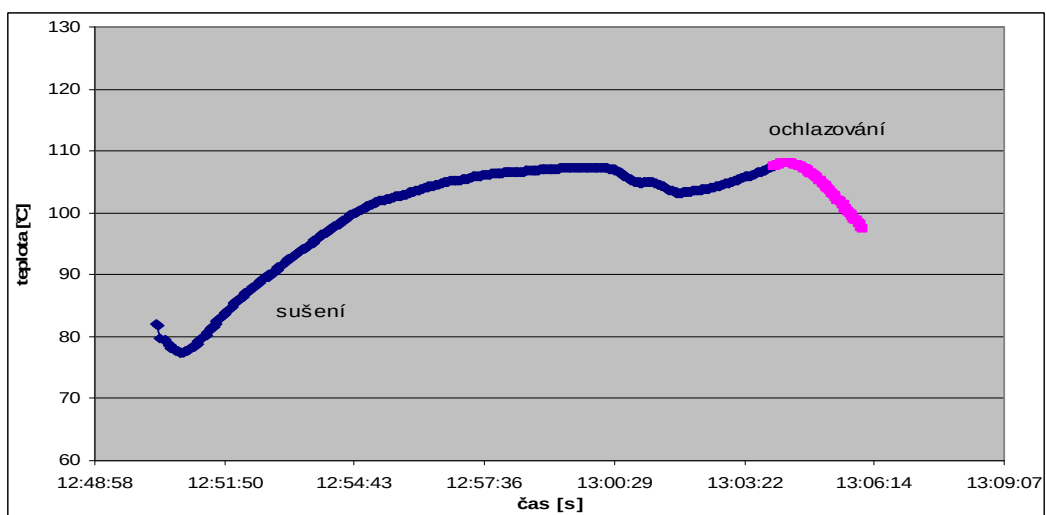
Tab. 5: Výchozí hodnoty pro měření



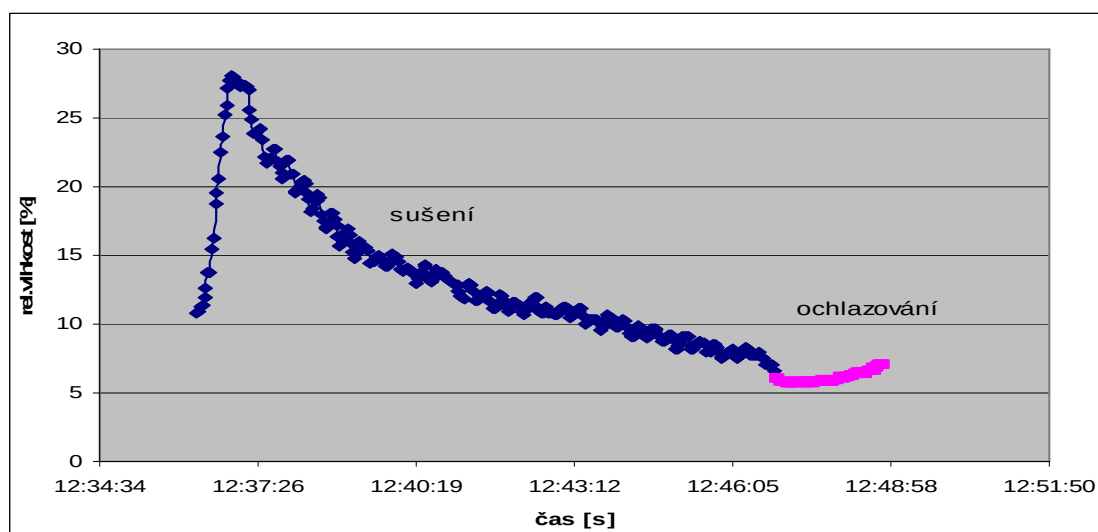
Obr. 27: Průtok výstupních plynů v 1. a 2. intervalu



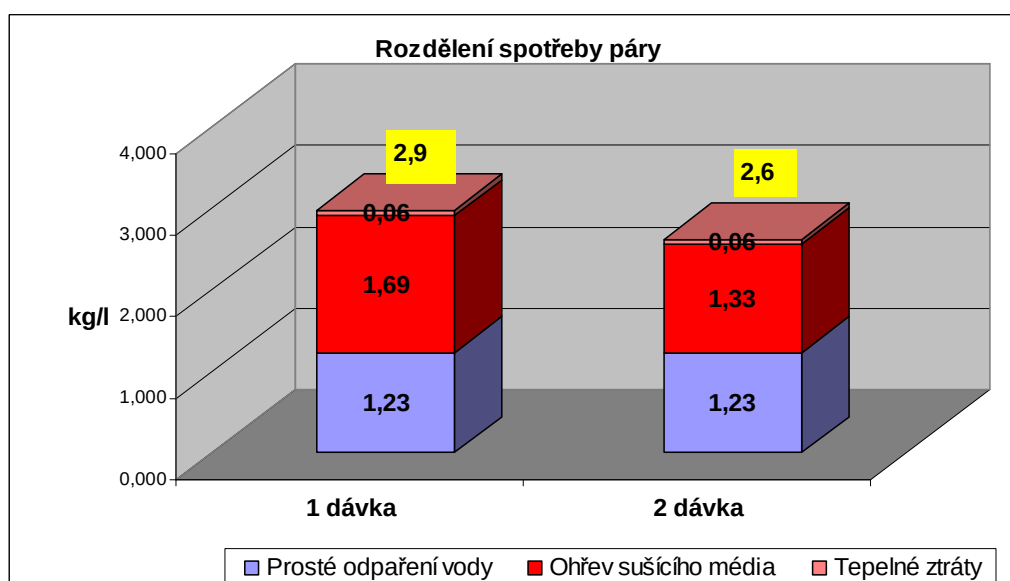
Obr. 28: Teplota výstupních plynů ze sušícího zařízení 1.intervalu



Obr. 29: Teplota výstupních plynů ze sušícího zařízení 2. intervalu

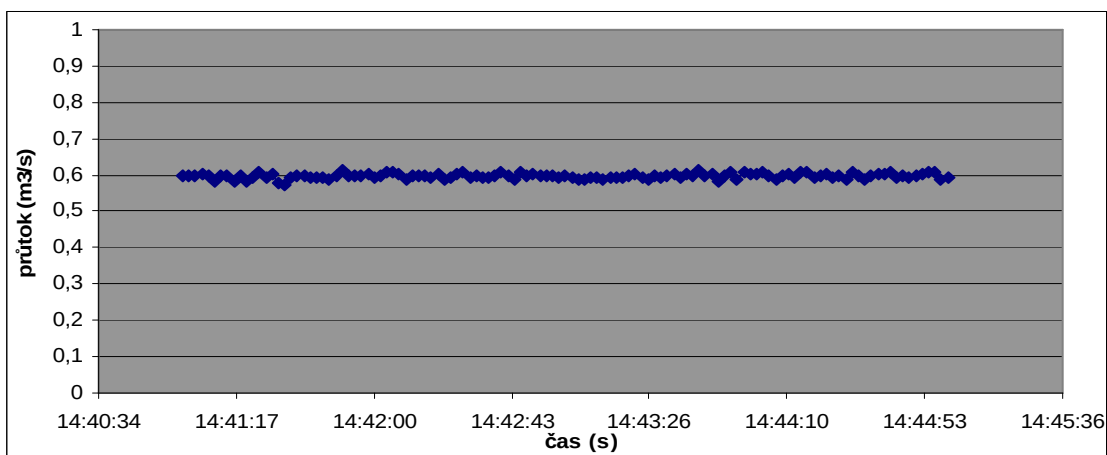


Obr. 30: Relativní vlhkost výstupních plynů ze sušičky

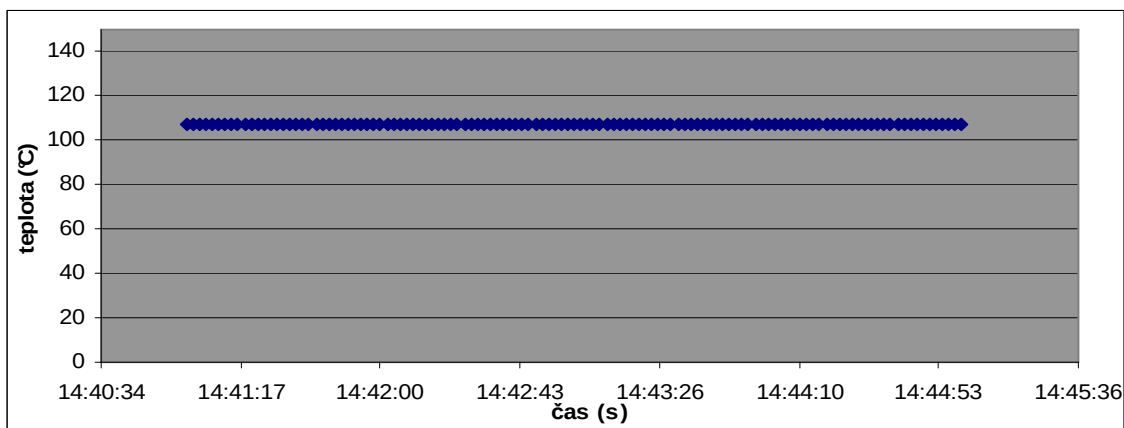


Obr. 31: Spotřeba páry 1., 2. intervalu

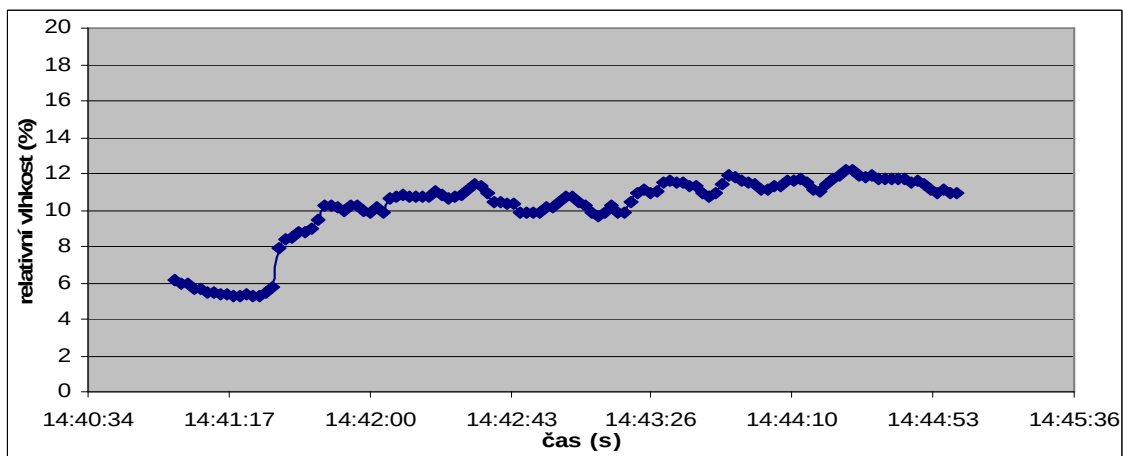
Kalandr byl vybaven dvěma válci o šířce 3 m s úhlem opásání 180°. Pro měření byla nastavena kalandrovací rychlost zařízení na 40 m/min a vybrán interval 15 minut. Testovací množství prádla bylo 72 kusů jednovrstvého prostěradla o rozměrech 135 x 225 cm. Na obr. 32 až obr. 34 jsou zobrazeny průběhy důležitých veličin z měření kalandru. V tomto případě změřená spotřeba páry činila 1,83 kg páry na litr odpařené vody (obr. 35) při odpařovací kapacitě 0,9 l/min.



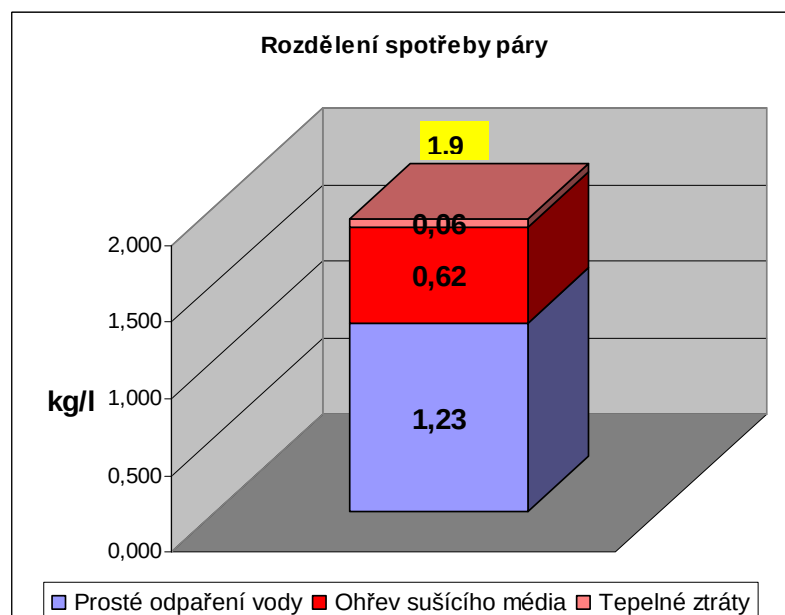
Obr. 32: Průtok výstupních plynů kalandru



Obr. 33: Teplota výstupních plynů kalandru



Obr. 34: Relativní vlhkost výstupních plynů kalandru



Obr. 35: Rozložení spotřeby páry kalandru

Závěr experimentálního měření

Z experimentálního měření byly zjištěny hodnoty spotřeby páry (obr. 31) a odpařovací kapacitu bubnové sušičky (1 l/min), které ve srovnání s hodnotami uváděnými v katalogu (2,5 až 2,8 kg páry na litr odpařené vody) odpovídají hodnotám pro zařízení, které nevyužívá recirkulaci.

5.4 Experimentální měření PRÁDELNA 3

Měření (viz příloha č.3) bylo provedeno na kalandrovacím zařízení Kannegiesser (rok.výroby 1991) vybaveném samostatným ventilátorem pro každý ze 3 válců o výkonu 0,82 kW. První a druhý válec je odtahován do společného odtahu a třetí válec je odtahován na druhý z důvodů recirkulace. Při recirkulaci se odtahované plyny vrací zpět, kde se smíchávají s přísávaným vzduchem, který přehřívají. Pracovní šířka kalandrovacího zařízení je 3,6 m.

Druhým měřeným zařízením byl kalandr vybavený společným ventilátorem umístěným na konci odtahu pro všechny ze čtyř válců. Pracovní šířka kalandrovacího zařízení je 2,6 m.

Důvodem měření bylo zjistit efektivitu žehlení a dále prověřit jakým způsobem se budou zařízení chovat při škrcení klapky výstupního potrubí.

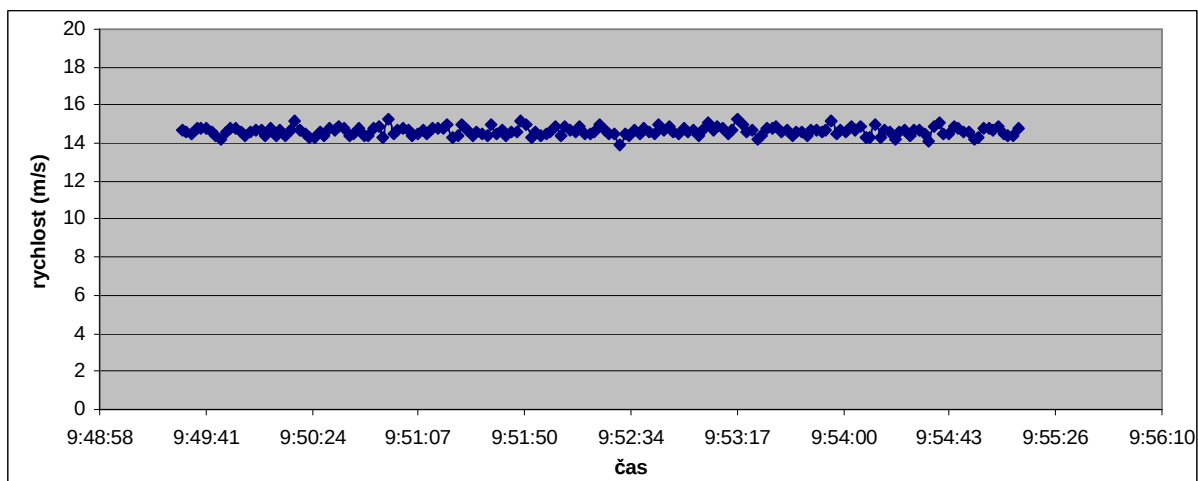
Výchozími hodnotami pro měření prvního kalandru byly uvedeny v tab. 6. Pro měření byly stanoveny dva intervaly 14 min a 16 min. V prvním intervalu se v zařízení zpracovávalo 96 kusů dvojitého prádla o rozměru 140 x 200 cm a v druhém intervalu bylo zpracováno 62 kusů rozměru 150 x 230 cm. Při kalandrovacích rychlostech v prvním intervalu 9 m/min a ve druhém 16 m/min.

Na (obr. 36) až (obr. 39) jsou zobrazeny průběhy nejdůležitějších veličin. Teploty a rychlosti výstupních plynů jsou pro oba intervaly stejné. Relativní vlhkosti se odlišují

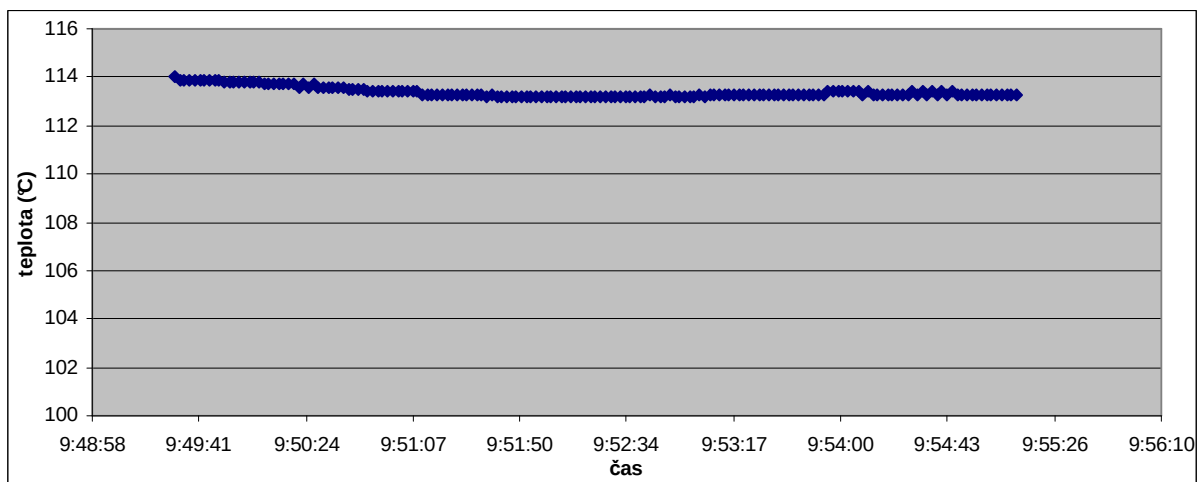
díky parametrům prádla. Odpařovací kapacita v těchto případech činí 3 l/min při spotřebě páry 1,65 kg páry na litr odpařené vody (Obr. 40).

Průřez výstupního potrubí [cm ²]	336
Barometrický tlak [kPa]	100,5
Referenční teplota [°C]	23
Referenční vlhkost [g/m ³]	40

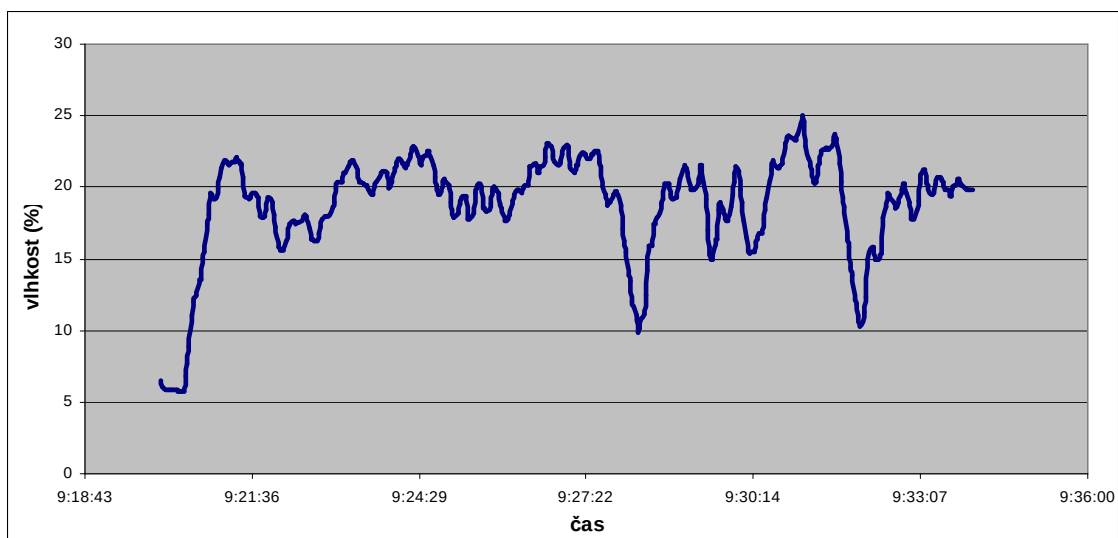
Tab. 6: Výchozí hodnoty pro měření 1.kalandru



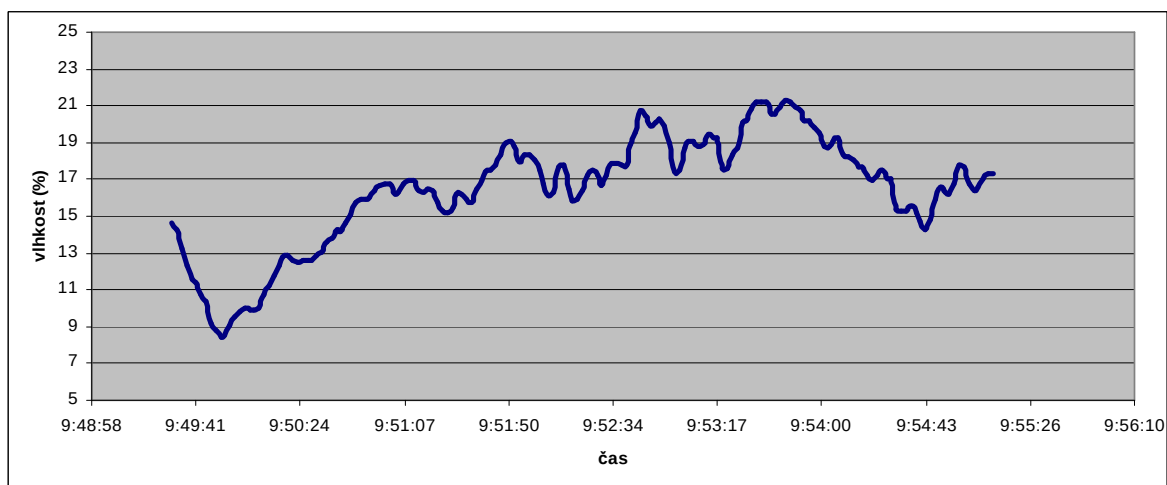
Obr. 36: Rychlost výstupních plynů z kalandrovacího zařízení



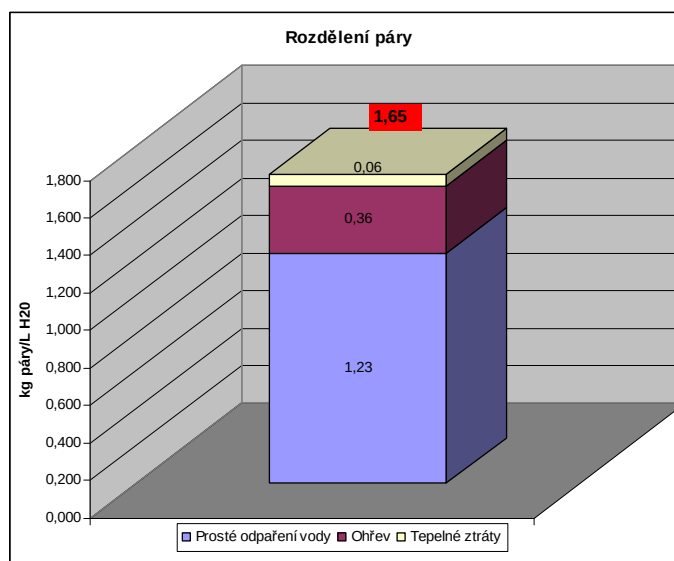
Obr. 37: Teplota výstupních plynů z kalandrovacího zařízení



Obr. 38: Vlhkost výstupních plynů z kalandrovacího zařízení 1.interval

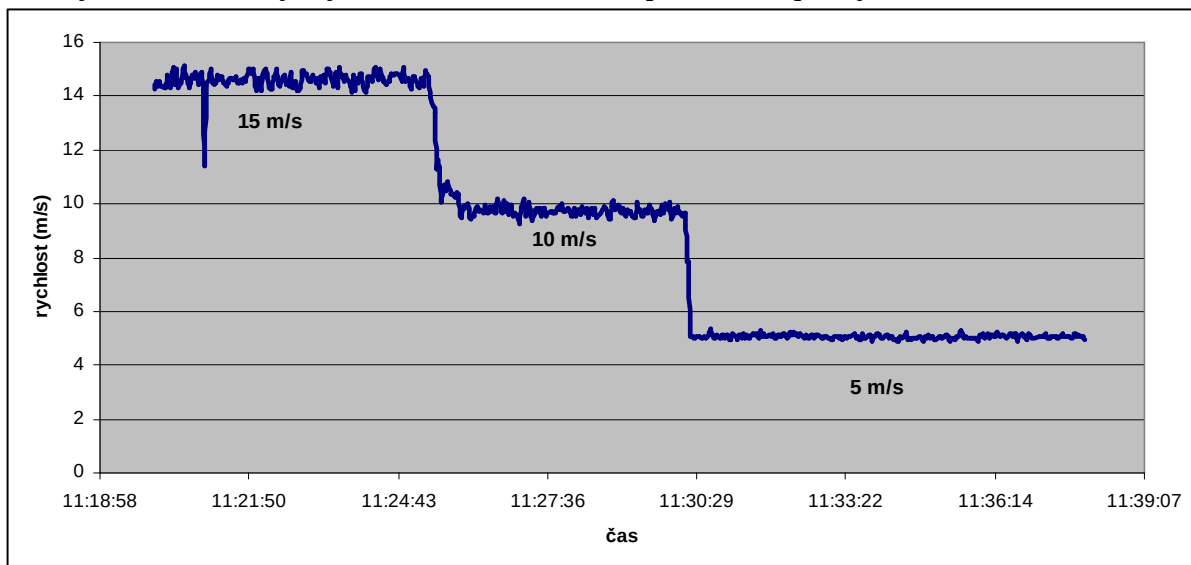


Obr. 39: Vlhkost výstupních plynů z kalandrovacího zařízení 2. interval

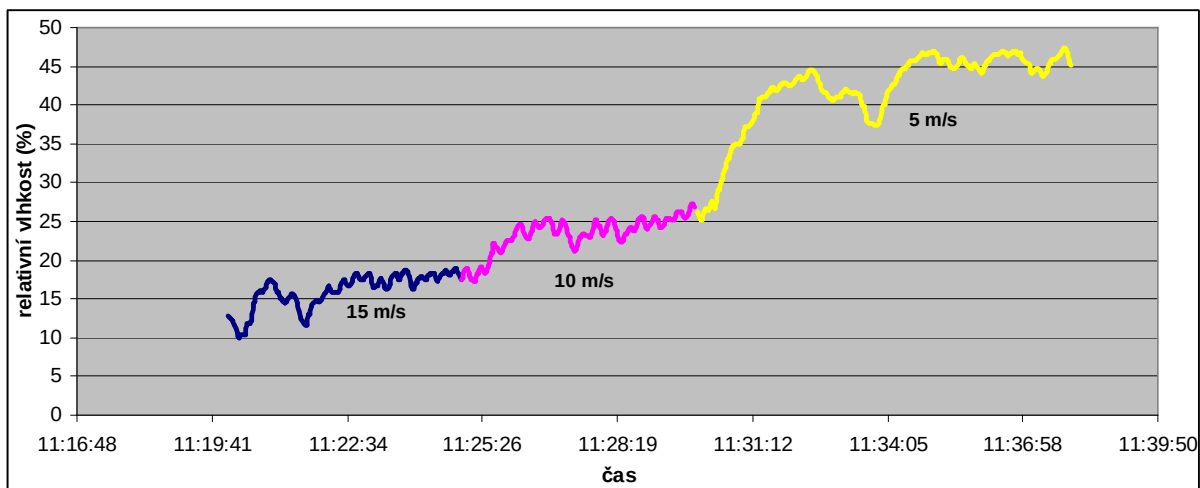


Obr. 40: Spotřeba páry pro kalandr 1

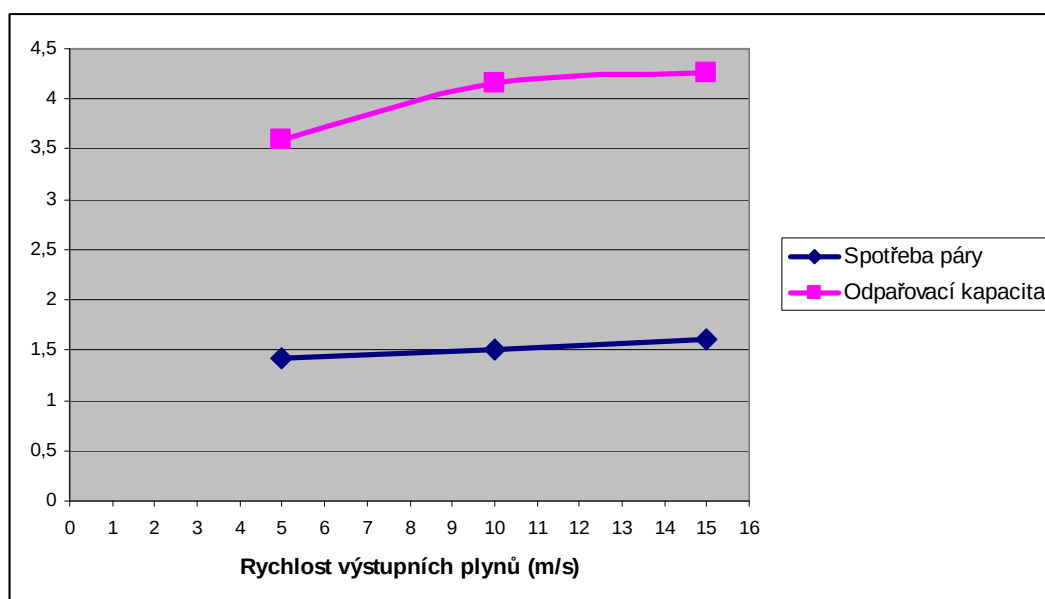
Následovně bylo provedeno měření důsledků škrcení klapky na odtahovém potrubí 1. kalandru. Měření probíhalo ve třech intervalech po 15 min. Škrticí klapkou se postupně snižovala rychlost (obr. 41) výstupních plynů z původních 15 m/s na 10 a dále pak na 5 m/s. Na obr. 42 je patrný nárůst relativní vlhkosti se snižující se rychlostí. Teplota výstupních plynů je konstantní a nemění se při snižování rychlosti výstupních plynů. Ke každému intervalu se dopočítala spotřeba páry a odpařovací kapacita. Zjištěné hodnoty byly zaneseny do grafu (obr. 43). Z uvedených hodnot je patrné, že snižováním rychlosti odcházejících plynů dochází ke snížení spotřeby páry avšak jako nežádoucí jev je současné snižování odpařovací kapacity.



Obr. 41: Rychlost výstupních plynů při škrcení klapkou



Obr. 42: Relativní vlhkost výstupních plynů při škrcení klapkou



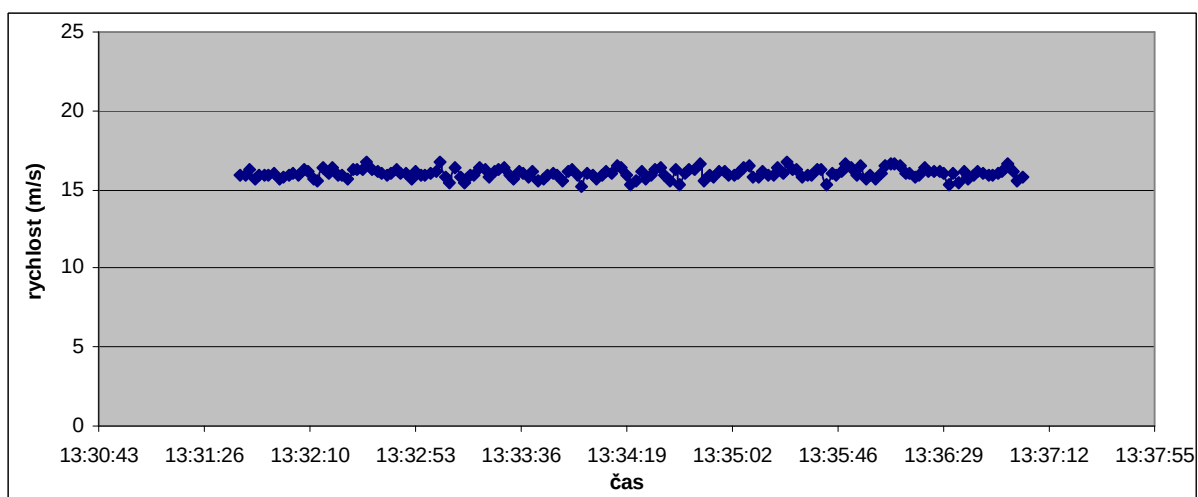
Obr. 43: Spotřeba páry a Odpařovací kapacita 1. kalandru

Měření druhého kalandru vycházelo z parametrů uvedených v tab. 7. Na obr. 44 až obr. 46 jsou zobrazeny průběhy nejdůležitějších veličin. Ve srovnání s prvním kalandrem byla teplota odcházejících plynů nižší. Spotřeba páry činila 1,71 kg páry na litr odpařené vody a odpařovací kapacita 2,5 l/min. Tyto hodnoty zobrazené na obr. 47 jsou vůči kalandru č. 1 z energetického i ekonomického hlediska méně výhodné. Teplené ztráty zařízení jsou výrazně vyšší, což je způsobeno konstrukcí zařízení (kalandr není zakrytován).

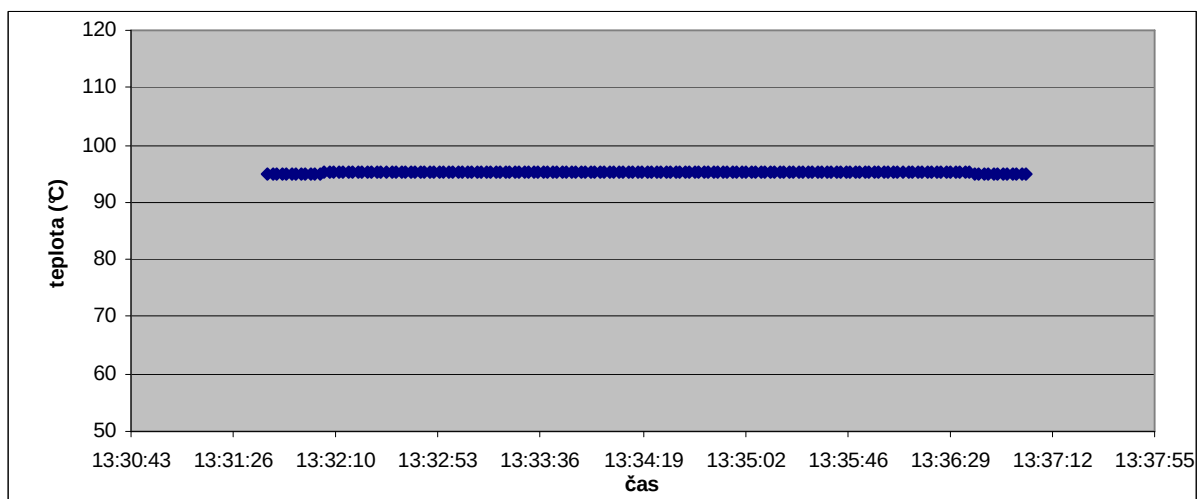
Taktéž u druhého kalandru bylo provedeno škrcení odtahového potrubí. V tomto případě měla poloha klapky na odtah malý vliv. Při hýbání škrtícími klapkami pronikly do odtahového potrubí nečistoty (koroze), které zastavily vrtulku anemometru.

Průřez výstupního potrubí [cm ²]	336
Barometrický tlak [kPa]	100,5
Referenční teplota [°C]	23
Referenční vlhkost [g/m ³]	30

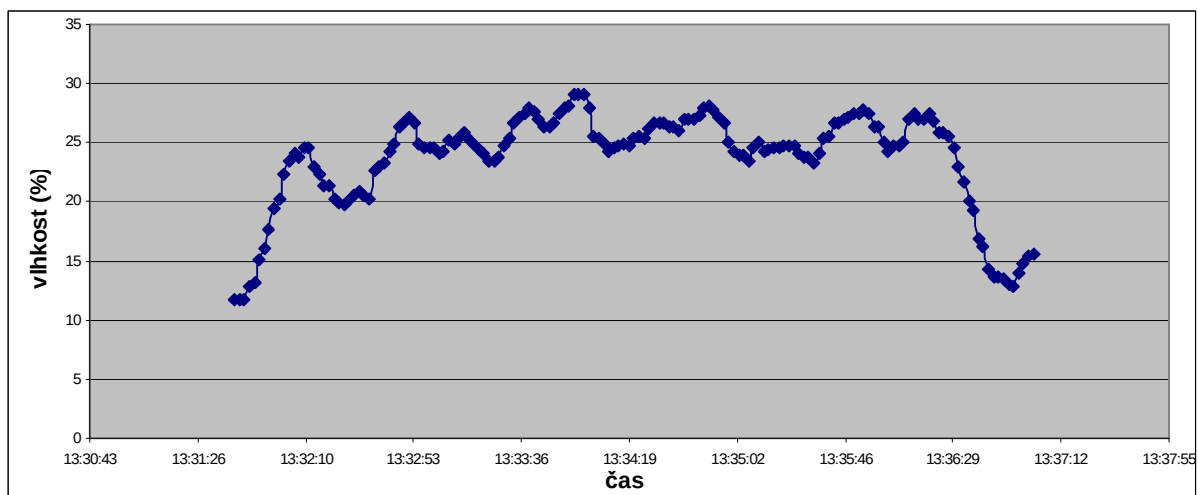
Tab. 7: Výchozí hodnoty pro měření 2. kalandru



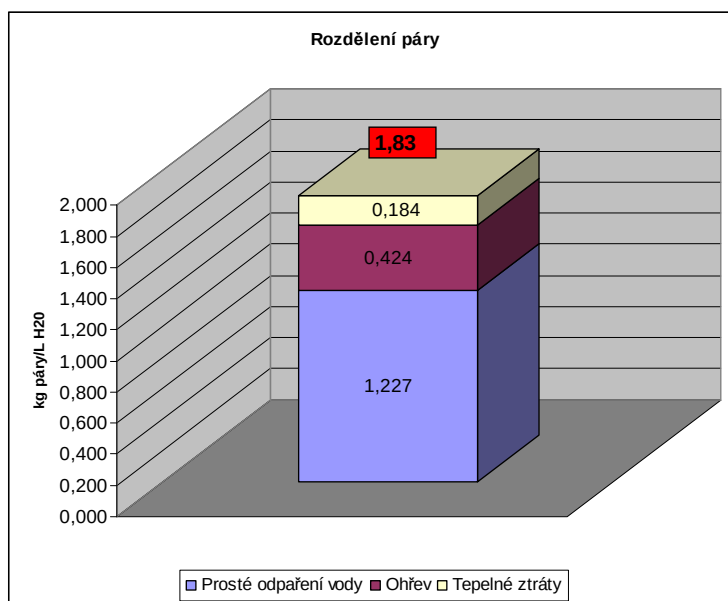
Obr. 44: Rychlost výstupních plynů z kalandrovacího zařízení



Obr. 45: Teplota výstupních plynů z kalandrovacího zařízení



Obr. 46: Relativní vlhkost výstupních plynů z kalandrovacího zařízení



Obr. 47: Spotřeba páry pro kalandr 2.

Závěr experimentálního měření

Z experimentálního měření je patrné, že kalandr č.1 pracuje ve srovnání s kalandrem č.2 efektivněji. Důkazem je nižší hodnota měrné spotřeby páry o 10 % a následně vyšší hodnota odpařovací kapacity o 20 %.

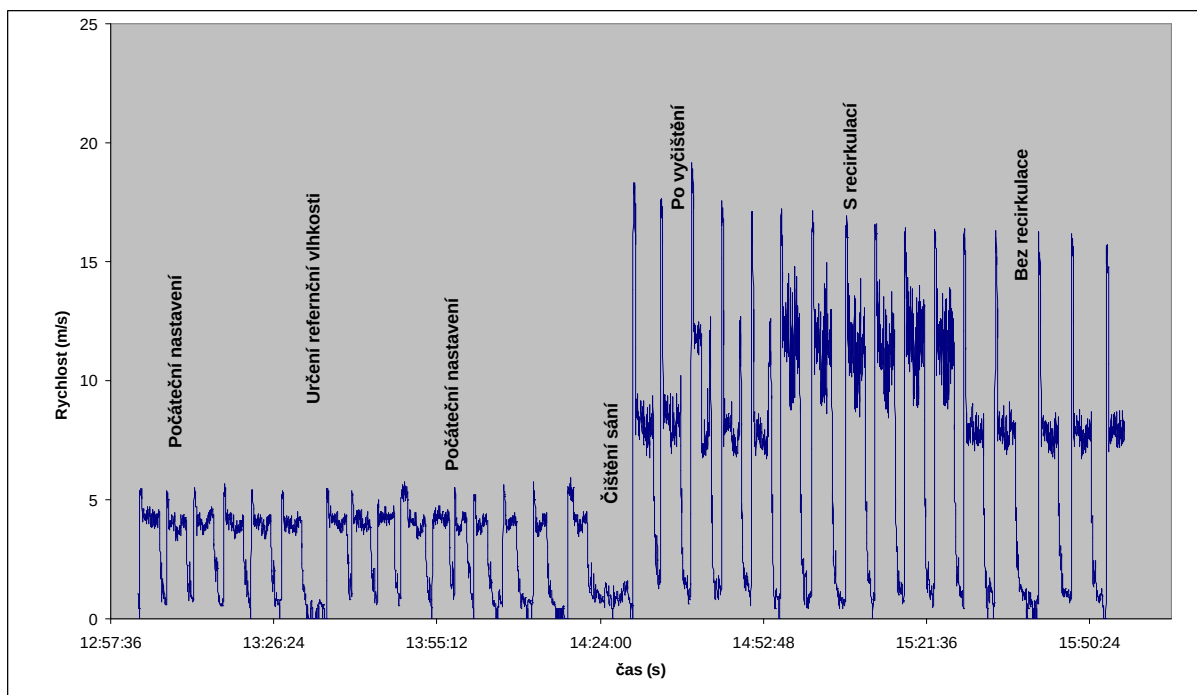
5.4 Experimentální měření PRÁDELNA 4

Měření (viz. Příloha č.4) byly podrobeny dvě bubnové sušičky. Důvodem měření bylo zajistit správné nastavení sušiček a zjistit jaké jsou hodnoty spotřeby páry. Měření první sušičky vycházelo z hodnot v (tab. 8). Nejprve bylo měřeno několik cyklů v počátečním nastavení, které byly proloženy jedním cyklem na prázdno pro určení referenční vlhkosti. Dále bylo provedeno čištění sání stroje a následně po několika cyklech byla spuštěna recirkulace výstupních plynů, která byla opět po několika cyklech odstavena.

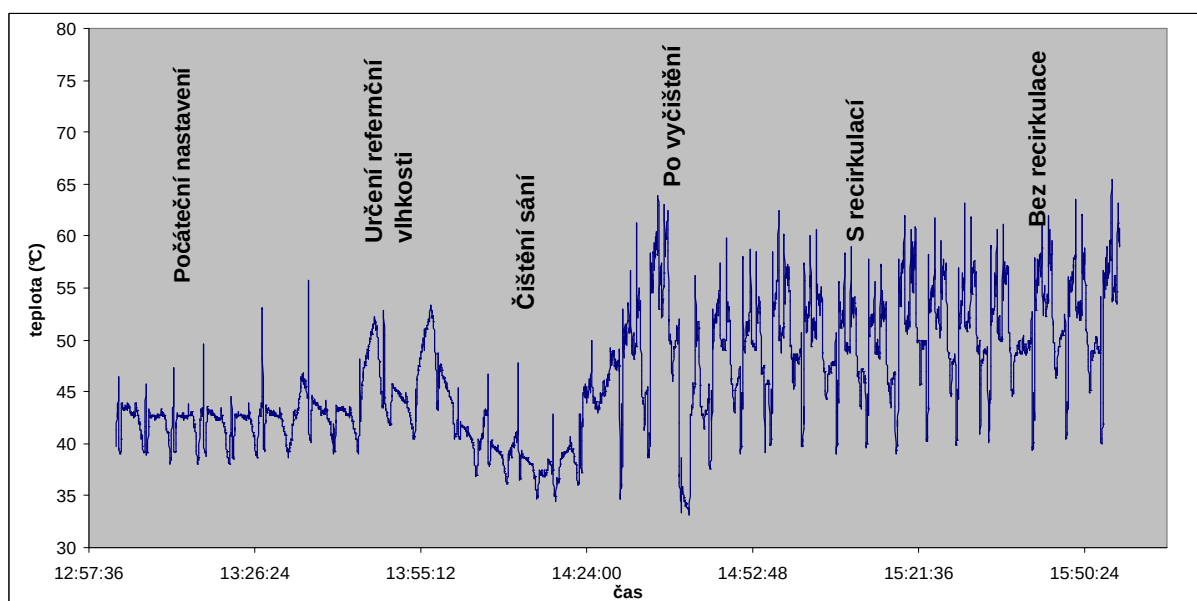
Obr. 48 až obr. 50 zobrazují průběhy nejdůležitějších veličin čtyř měřených intervalů (počáteční nastavení, po vyčištění, s recirkulací, bez recirkulace). Počáteční nastavení se projevovalo nejvíce v nízké rychlosti odcházejících plynů, avšak po vyčištění sání se průtok plynů zvýšil z hodnoty $2000 \text{ m}_N^3/\text{h}$ na $3500 \text{ m}_N^3/\text{h}$. Zlepšení parametrů odcházejících plynů bylo možné sledovat také u teploty, kde došlo k jejímu navýšení z hodnoty 43°C na 55°C . U každého intervalu byla dopočítána spotřeba páry (obr. 51) a odpařovací kapacita (počáteční nastavení: **1,03** l/min, po vyčištění:**1,78** l/min, s recirkulací:**2,22** l/min a bez recirkulace:**2,06** l/min)

Průřez výstupního potrubí [cm ²]	1590
Barometrický tlak [kPa]	100,5
Referenční teplota [°C]	22
Referenční vlhkost [g/m ²]	8,1

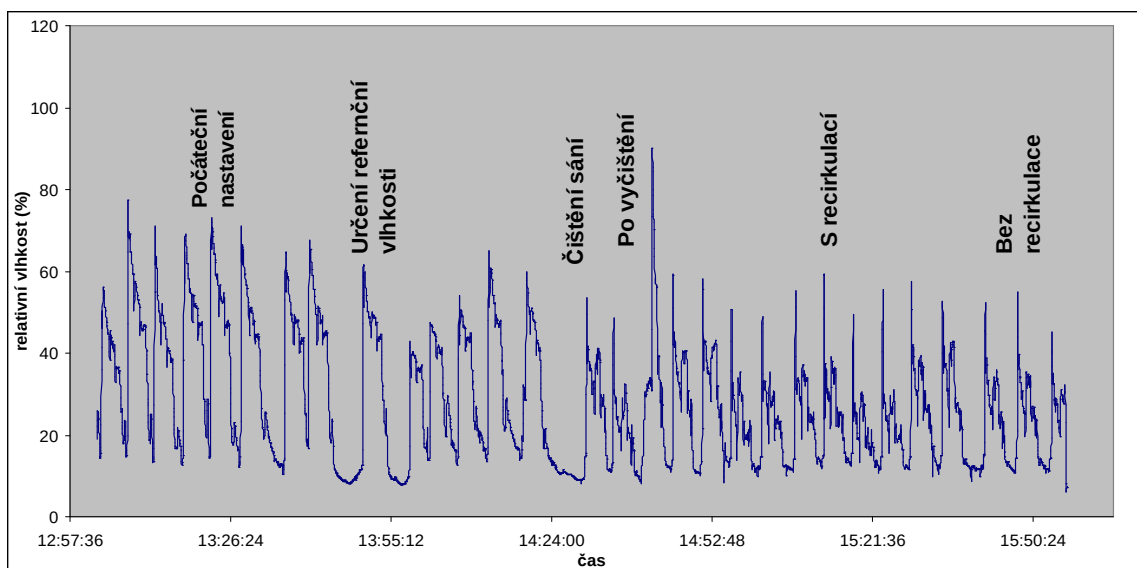
Tab. 8: Výchozí hodnoty pro měření 1 sušičky



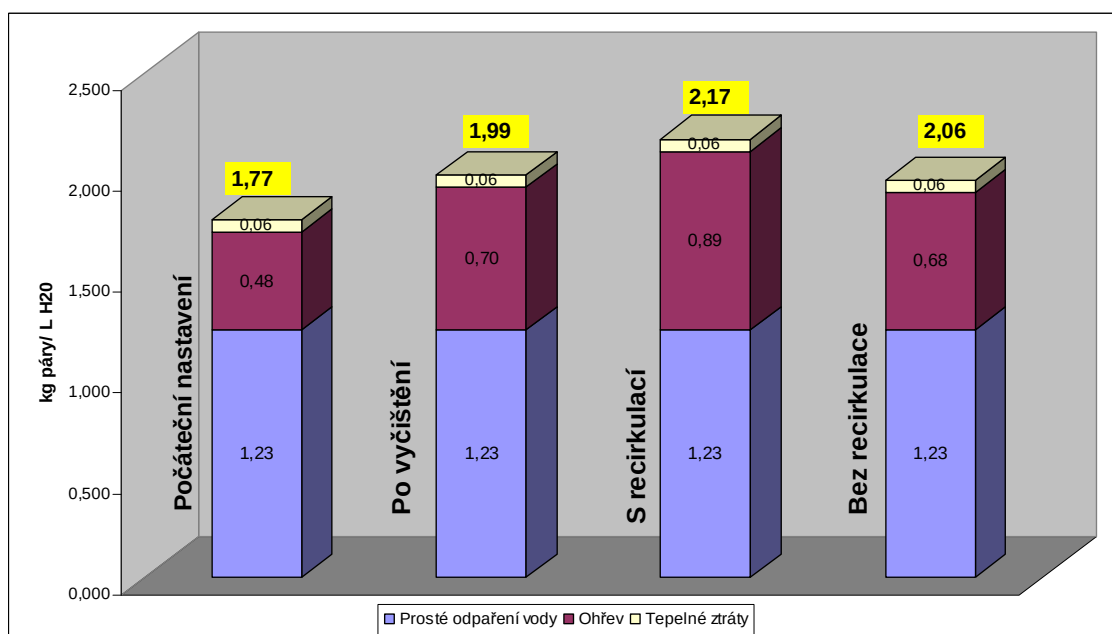
Obr. 48: Průběh rychlosti výstupních plynů sušícího zařízení



Obr. 49: Teplota výstupních plynů odcházejících ze sušičky pro jednotlivé intervaly



Obr. 50: Relativní vlhkost výstupních plynů ze sušičky pro jednotlivé intervaly

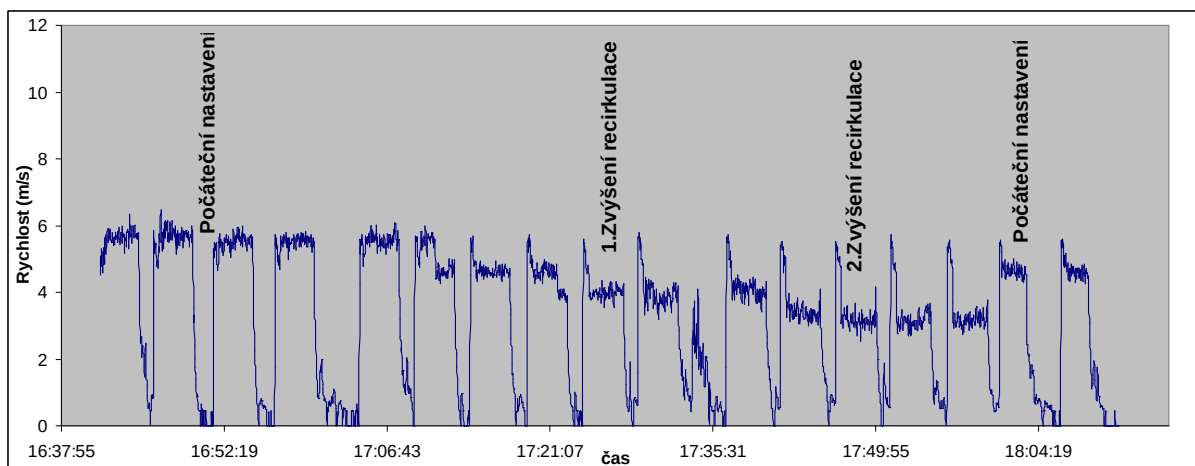


Obr. 51: Rozdělení spotřeby páry jednotlivých intervalů

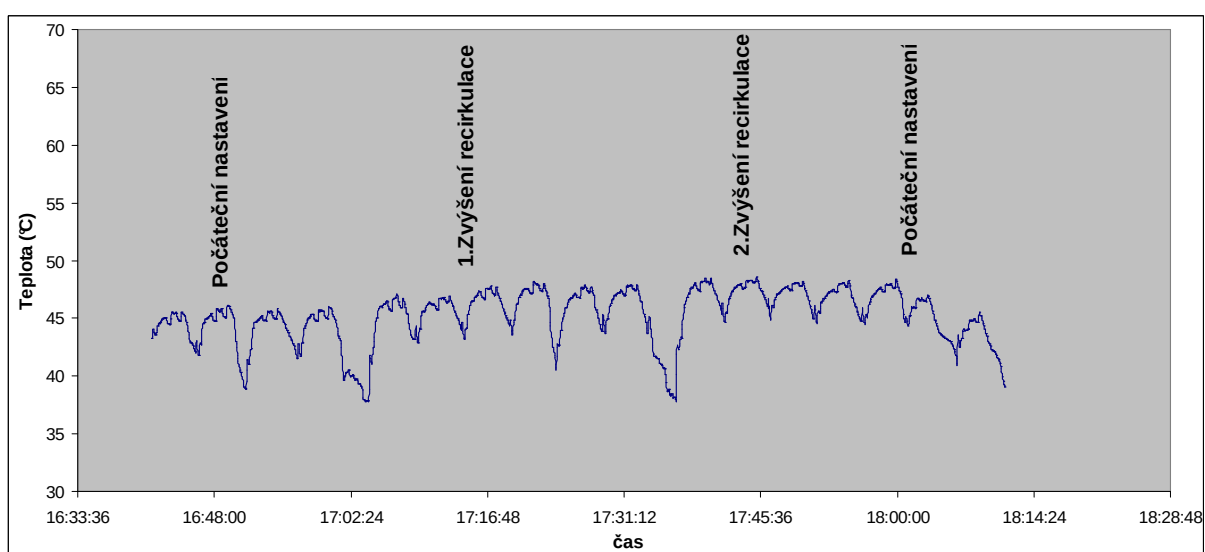
Na obr. 52 až obr. 54 je zobrazen průběh nejdůležitějších veličin intervalů počátečního nastavení a následně dalších dvou intervalů, ve kterých byly měřeny důsledky zvyšování recirkulace. Na obr. 52 je zobrazen pokles rychlosti odcházejících plynů se vzrůstajícím zvyšováním recirkulace. Hodnoty spotřeby páry byly doloženy pro jednotlivé intervaly dle obr. 55 a hodnoty odpařovací kapacity pro jednotlivé intervaly jsou následující: **1,2 l/min, 1,18 l/min, 1,09 l/min.**

Průřez výstupního potrubí [cm ²]	1590
Barometrický tlak [kPa]	100,5
Referenční teplota [°C]	22
Referenční vlhkost [g/m ³]	8,1

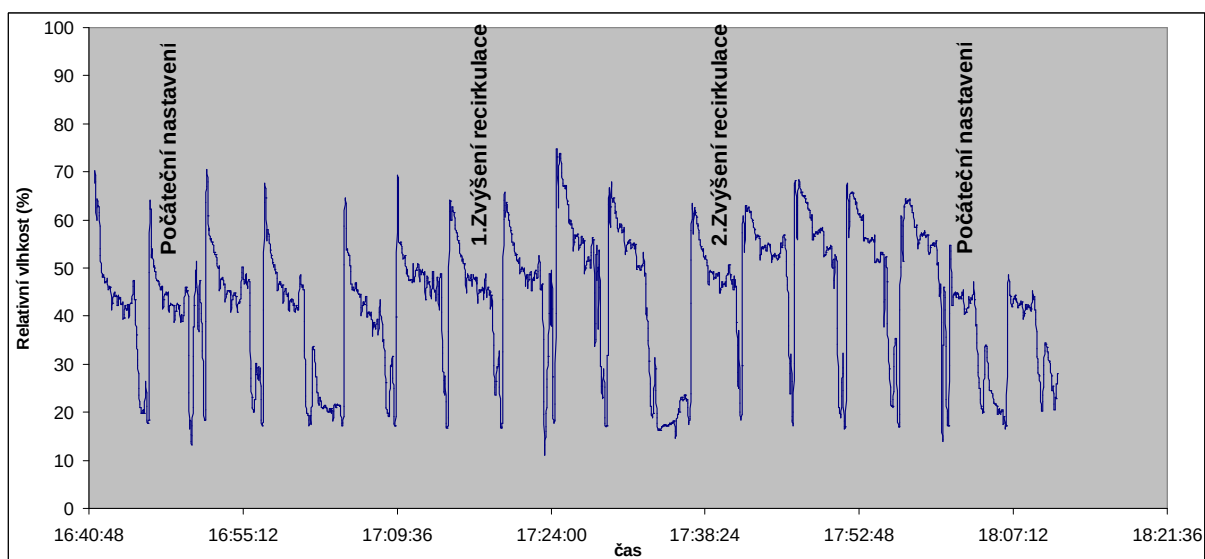
Tab. 9: Výchozí hodnoty pro měření 1 sušičky



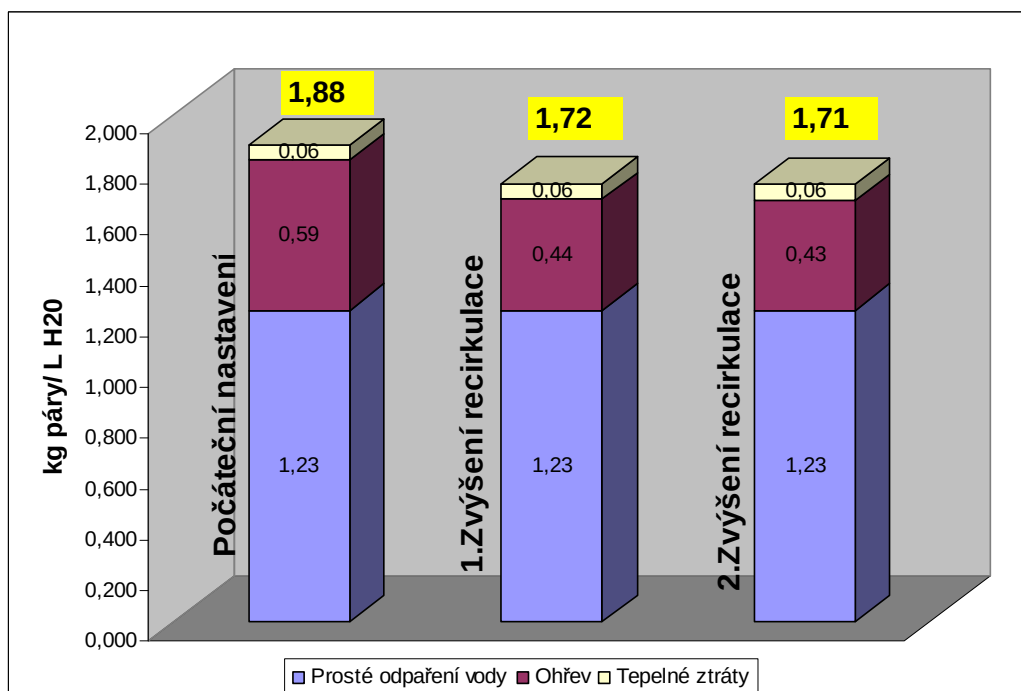
Obr. 52: Rychlost výstupních plynů ze sušičky pro jednotlivé intervaly



Obr. 53: Teplota výstupních plynů sušičky pro jednotlivé intervaly



Obr. 54: Relativní vlhkost výstupních plynů sušičky pro jednotlivé intervaly



Obr. 55: Rozdělení spotřeby páry pro jednotlivé intervaly

Závěr experimentálního měření:

Díky experimentálnímu řešení v prádelně byl zjištěn nedostatečný výkon zařízení, který byl zapříčiněn částečným ucpáním filtru sání sušícího média. Po odstranění nánosů prachu bylo zařízení experimentálně měřeno a byly zjištěno, že zařízení pracuje efektivněji (hodnoty rychlostí výstupních plynů se dvojnásobně zvýšily). K zanášení filtrů dochází největší měrou nedostatečným odsáváním prachových částic z provozu prádelny. Dalším měřením druhého stoje byly zjištěny nedostatečné teploty odtahovaného média, které naznačují nesprávnou funkci parního ohřevu sušícího média. Měřením posunu recirkulační klapky bylo zjištěno, jako u předchozích měření kalandru, že zvyšování recirkulace snižuje spotřebu páry, ale také snižujeme odpařovací kapacitu. Proto je nutné zvážit jakým způsobem stroj nastavit.

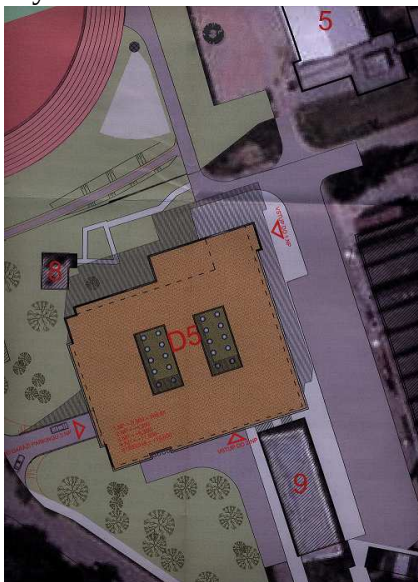
Ze série experimentálních měření provedených v několika reálných provozech bylo možné posoudit jakým způsobem se jednotlivá zařízení chovají při definovaných podmínkách (např. různě nastavená recirkulace), jaká byla spotřeba páry a odpařovací kapacita jednotlivých zařízení. Následně můžeme usoudit jestli zařízení pracuje efektivně a jestli zjištěná data z katalogů výrobců korespondují s naměřenými hodnotami z experimentálního měření. V některých případech se také ukazuje, že nezbytností pro provoz komerční prádelny je důkladná údržba zařízení.

6. Model moderní komerční prádelny

V rámci projektu NETME center je plánován model moderní komerční prádelny. Model bude umístěn v nově zrekonstruované budově obr. 56 a bude sloužit jako vývojové a testovací centrum zaměřené na proces profesní údržby prádla, a také jako prádelna. Plánovaná zpracovatelská kapacita je zvolena tak, aby model odpovídal reálnému provozu (8 tun vypraného prádla za den) při provozu dvou dnů v týdnu. Hlavní cíle projektu profesní prádelny jsou následující:

- systematický rozbor procesu profesionální údržby prádla a souvisejících procesů v reálném provozu s cílem snížit energetickou náročnost,
- analýza logistiky a to jak vnitřní (transport prádla a organizace práce v prádelně) tak vnější (logistika od zákazníka do prádelny a zpětně),
- testování jednotlivých strojních zařízení a jejich následná optimalizace doprovázená zaváděním inovativních a netradičních prvků,
- vytvoření tzv. „showroom“ a školicí středisko pro stávající nebo potenciální zákazníky P&G (Procter and Gamble).

Vnitřní stěny budovy budou uzpůsobeny tak, aby bylo možné vyměňovat zařízení podle potřeby měření. V prostoru prádelny se bude nacházet jedna linka s tunelovou pračkou, lisem a dvěma sušičkami. Následně bude vybavena jedním kalandrem a místem pro možné použití druhého kalandru. Pro menší množství prádla bude provoz vybaven menšími pračkami a sušičkami. Dále pak pro žehlení tvarového prádla bude provoz vybaven tunel finisherem a skladačem. Pro návrh modelu prádelny se vycházelo ze zásad, které jsou vyžadovány při zpracování prádla ze zdravotnických zařízení a ústavů sociální péče podle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 195/2005 Sb [27] doplněné o požadavky zakazníka.



Obr. 56: Umístění budovy NETME centra v areálu FSI

6.1 Provozní požadavky na provoz komerční prádelny

Provozní požadavky na provoz komerční prádelny vycházejí z požadavků pro certifikaci asociací prádel a čistíren (APaČ) a požadavků stavebních.

Požadavky na stavbu prádelny:

- Rozměry haly prádelny jsou pevně určeny (45 m x 14,8 m a výškou 8 m). Jelikož byla navržena pozice NETME centra ve svahu je zapotřebí řešit expediční místo mimoúrovňově vůči příjmu prádla.
- Prostor prádelny bude funkčně rozdělen na dvě zóny. Na tzv. „špinavou“ zónu a na tzv. „čistou zónu“. Při provozu je nepřípustné, aby pracovník ve špinavé zóně přecházel do prostoru čisté zóny. V prostoru prádelny bude vybudována přepážka mezi těmito dvěma zónami. Přepážka bude vybavena zařízením pro desinfekci rukou a výměně pracovního oděvu. Prostor musí být zabezpečen tak, aby nedocházelo k současnému otevření dveří obou zón.
- V prádelně bude vybudována přepážka pro desinfekci vozíků pro další použití v čisté zóně. Tento prostor bude umístěn odděleně mimo separační zónu pro personál. V konkrétním řešení budou vybudovány další separační prostory v oblasti příjmu prádla a expedice.
- V prádelně bude vybudována šatna sloužící k uchovávání osobního šatstva. Společenská či klidová místnost pak musí umožňovat uchovávání potravin a nápojů.
- V čisté a špinavé zóně provozu budou vybudovány toalety určené zvlášť pro muže a ženy a dále prostor na mytí rukou. V budově prádelny bude vybudován prostor pro uložení osobních věcí a potravin.
- V prádelně bude vybudován systém pro větrání prostor, a to odděleně pro čistou a špinavou zónu.
- Pro dodržování hygienických pravidel na pracovišti bude určena osoba, k jejíž náplni práce také bude patřit i předkládání hygienického plánu a průběžné zaškolení ostatního personálu z hlediska hygienických opatření.

Požadavky na zpracování špinavého prádla jsou následující:

- Špinavé prádlo používané ve zdravotnických zařízeních a ústavech sociální péče musí být skladováno, přepravováno a přebíráno v dostatečně odolných a pevných nádobách nebo obalech (např. textilních pytlích, polyethylenových pytlích s minimální tloušťkou fólie 0,08 mm apod.). Mokrý prádlo smí být skladováno, přepravováno a přebíráno pouze v neprodyšných obalech.
Pozn. V konkrétním případě se očekává složení prádla: 70 % u ložního prádla (prostěradla, přikrývky atd.) a 30 % - tvarového prádla (košile atd.)
- Špinavé prádlo používané ve zdravotnických zařízeních a ústavech sociální péče musí být skladováno odděleně od ostatního prádla.
- Pracoviště špinavého prádla musí být zřízeno účelně a přehledně, aby umožnilo racionální průběh manipulace a praní při zachování pořádku a čistoty.

Požadavky na špinavou zónu jsou následující:

- Voda použitá k praní musí mikrobiologicky odpovídat jakosti pitné vody. Pokud není měkká, musí se upravovat ve vhodném zařízení tak, aby výsledná tvrdost byla nejvýše 0,5 mmol/l Ca, s obsahem nejvýše 0,1 mg/l železa, 0,03 mg/l manganu a 0,05 mg/l mědi. V knize kontrol musí být uvedeno denní přezkoušení funkce zařízení na přípravu technologické vody.
- Používané prací stroje musí mít funkční všechny řídící, regulační a kontrolní prvky. Musí také umožnit bezproblémový odběr vzorku lázně. Prací stroje musí mít plnicí otvor ve špinavé a vyprazdňovací otvor na čisté straně prádelny. Po skončení pracovního procesu se musí v souladu s hygienickým plánem čistit a dezinfikovat všechny plochy a části zařízení, které přicházejí do styku s prádlem.
- Technologické postupy musí být v prádelně viditelně umístěny u pracích strojů a musí mít uvedeny tyto technologické parametry: *Náplň pracího stroje, poměr lázně, teploty lázní, časy technologických kroků, dávky pracích, pomocných, bělicích, dezinfekčních a neutralizačních prostředků a způsob máchání.* V případě programového řízení jsou technologické postupy uloženy v paměti zařízení. Za dodržování technologických postupů je odpovědná pověřená osoba. Při praní zdravotnického prádla používá prádelna výhradně dezinfekční prací postupy.
- Pracoviště špinavé zóny musí být účelné a přehledné a musí umožnit dodržování pořádku a zásad hygieny

Požadavky na špinavou zónu jsou následující:

- Všechny regulační a kontrolní přístroje na sušičkách musí být funkční. Sušení vlhkého prádla musí být provedeno neprodleně po jeho odvodnění.
- Uskladnění čistého a vyžehleného prádla musí být přehledné. Skladovací prostory a plochy musí být pravidelně čistěny a udržovány v pořádku.
- Ložné prostory vozidel musí mít uzavřenou konstrukci. Ukládací i vnější plochy vozidel musí být čisté. Řidiči transportních vozidel musí nosit pracovní oblečení, o které se musí pravidelně starat. Musí být zejména čisté. Vnitřní prostory vozidel musí dovolit snadné čištění a dezinfekci. Po přepravě špinavého nebo před přepravou prádla čistého musí být přepravní prostor v souladu s hygienickým plánem dezinfikován. Prádlo musí být převáženo tak, aby nedošlo k poškození obalu.

Požadavky na hygienu:

- Podlahy, stěny, vnější plochy zařízení a strojů musí dovolovat mokré čištění a dezinfekci. Podlahy pracovních prostor se musí pravidelně dezinfikovat a nejméně jednou týdně čistit mechanicky za vlhka. Sanitární a společné místnosti musí být udržovány v čistotě. Čištění a dezinfekce se řídí hygienickým plánem.
- Přepravní zařízení, nádoby, místa na odkládání, police atd., které přicházejí do styku se špinavým prádlem, musí být 1x týdně vyčištěny a vydezinfikovány. Základní úklid se provádí denně. Personál musí mít v čisté a špinavé zóně, na toaletách, v umývárkách a šatnách příležitost k umytí rukou (teplá voda,

prostředky na mytí, ručníky) a jejich dezinfekci (dávkače dezinfekčních prostředků).

- Zaměstnanci pohybující se ve špinavé zóně provozu obdrží barevně odlišené ochranné pracovní oblečení, které se musí měnit nejméně jednou týdně. Personál bude veden k dezinfikování rukou, zvláště po použití toalety, k dodržování hygienických předpisů zvláště při přechodu mezi čistou a nečistou částí provozu. Při opuštění nečisté části musí být ochranné oblečení vyměněno a musí být vydezinfikovány ruce. V nečisté části provozu je zakázáno jíst, pít a kouřit mimo vyhrazené prostory. V čisté části je povoleno pít pro dodržení pitného režimu.
- Čisté prádlo musí být prosto všech nákazu způsobujících škodlivých zárodků. Tato podmínka je splněna, jestliže neobsahuje více než dvě kolonie tvořící jednotky CFU – (počet aktivních zárodků mikrobiálního kmene v 1 g výrobku) na 10 cm² [29].
- Pro provoz prádelny bude zpracován hygienický plán, jehož plnění se pravidelně kontroluje.

6.2 Procesní zařízení prádelny

Provoz moderní komerční prádelny bude složen ze zařízení:

Prací linky

- Nakládací mechanismus - D01
- Tunelová pračka - P01
- Extrakční zařízení - Lis - L01
- Dopravník do sušiček - D02
- Bubnové sušičky - S01, S02
- Dopravník na třídění prádla za sušičkami - D03

Vsádkových praček

- Vsádková pračka s kapacitou 7 kg - P02
- Vsádková pračka s kapacitou 20 kg - P03
- Vsádková pračka s kapacitou 40 kg - P04

Sušiček pro vsádkové pračky

- Sušička s kapacitou 7 kg - S03
- Sušička s kapacitou 20 kg - S04
- Sušička s kapacitou 40 kg - S05

Kontejnerového dopravního systému prádla

- Dopravní systém (třídění) - D05
- Dopravní systém (žehlič – expedice) - D06
- Vozíky – V01

Sekce žehlení rovného prádla

- Vkladač pro žehlič, žehlič, skládač, stohovač – K01
- K02 – navržen prostor pro eventuelní provoz

Sekce žehlení tvarového prádla

- Tunel finisher – T01
- Dopravník Tunel finisher - D04
- Dopravník Tunel finisher – skladač – D07
- Skladač – F01

Dezinfekčního boxu na kontejnerovou dopravu

Dezinfekční komory pro personál

Dávkovacího zařízení na chemikálie – Z01

Ostatního pomocného zařízení – výtah, přepážky

Pozn. označení zařízení odpovídá značení na výkrese v příloze č. 7

Výběr aparátů použitých v procesu profesní údržby prádla vycházel z katalogů výrobců. Zařízení byla vybírána na základě zadané kapacity pro další ekonomické zhodnocení. Byly vybrány dva aparáty se stejnou zpracovatelskou.

Katalogové hodnoty pro klíčová zařízení jsou uvedeny v příloze č.5:

- tunelová pračka [8], [7],
- extrakční zařízení [8], [9],
- bubnová sušička [8], [7],
- vsádková pračka [10], [12],
- malá sušička [10], [11], [12],
- kalandr [7], [11],
- tunel finisher [7].

Vedle těchto klíčových aparátů bude provoz vybaven celou řadou dalších pomocných zařízení. Jejich popis je uveden níže.

1. Kontejnerový dopravní systém prádla byly vybrány:

- **V1 – vozíky**

Vozíky [11] sloužící pro přepravu vypraného prádla a pro jeho další třídění. Větší vozík (obr. 57) svojí kapacitou pojme až 100 kg prádla.



Obr. 57: Dopravní vozík

- **D04, D07 – Dopravník**

Podvěsný dopravník (obr. 58) zajišťující přesun tvarového prádla od pracích linek k tunel finisheru a z tunel finisheru k zařízení na skládání prádla. Prádlo je na

dopravníku zavěšeno obsluhou na ramínko. Délka dopravníku je zvolena 12m. Výška 3 m.



Obr. 58: Podvěsný dopravník [13]

- **D05, D06 – Dopravník**

Dopravník přesunující vozíky z desinfekční zóny do zóny třídění prádla a z oblasti před kalandry do oblasti za kalandry. V těchto případech se jedná o podlahové [14] vozíkové dopravníky obr. 59. Základem je tažný řetěz, který bude zapuštěn ve žlabu pod podlahou. K tomuto řetězu připojuje obsluha samotné prázdné vozíky.



Obr. 59: Podpodlahový dopravní systém

2. Dezinfekční box na kontejnerovou dopravu

Zajišťující očistu příchozích vozíků. Kapacita desinfekčního boxu [15] obr. 60 je stanovena na 10 vozíků za hodinu. Box bude vybaven sprchovacím zařízením. Dále je vozík unášen dopravníkem.



Obr. 60: Dezinfekční box na kontejnerovou dopravu

3. Dezinfekční komora pro personál

Zajišťující oddělením špinavé a čisté zóny. Dezinfekční komora je vybavena dělicími dveřmi do každé zóny (špinavé i čisté). Systém musí zabezpečit, aby nedocházelo k současnému otevření dveří. V komoře bude umístěno zařízení na očištění rukou personálu a zajištěno místo pro převlečení personálu směřujícího ze špinavé zóny do čisté zóny.

4. Dávkovací zařízení na chemikálie

- **Z01 – dávkovač chemie**

Zařízení obr. 61 zabezpečuje přesun prací chemie do tunelové pračky.



Obr. 61: Dávkovací zařízení chemie

5. Další pomocná zařízení:

- **Nákladní výtah**

Nákladní výtah [16] zajišťuje přesun prádla z přízemí do prvního podlaží, kde je umístěn sklad vypraného prádla.

- **Přepážka**

V provozu prádelny budou zabudovány dvě přepážky. Jedna je navržena v prostoru příjmu prádla a druhá v prostoru expedice prádla v prvního podlaží. Komora má zajistit oddělení provozu prádelny od venkovních prostor z důvodů

prašnosti. Velikost přepážky je stanovena dle velikosti nákladu nákladního auta (4 x 4 m). Přepážka bude vybavena dveřmi, které budou uzpůsobeny tak, aby nedošlo k současnému otevření do obou prostor.

6. Energetické zásobování procesu praní prádla

V navrhovaném procesu jsou využívány zařízení, která z energetického hlediska využívají:

- elektrickou energii,
- páru,
- plyn.

Stěžejním zdrojem v tomto procesu je pára, jelikož zařízení vyhřívané tímto médiem jsou přímo závislé na kvalitě vyrobené páry. Kvalita páry přímo ovlivňuje procesy jako např. praní, sušení, kalandrování atd.

Pro vytápění budovy a ostatních zařízení bude v objektu zřízena kotelna. Zvažované alternativy zařízení pro vytápění jsou: Kotel a vyvíječ páry.

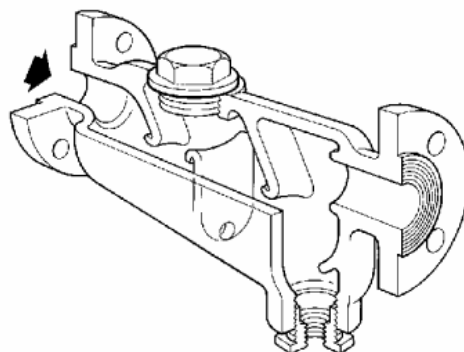
a) Výroba páry v parním vyvíječi

Základním stavebním prvkem vyvíječe obr. 62, který je uvažován pro výrobu technologické páry je šroubovitě vinutá trubka umístěná v proudu spalín hořáku. Ve šroubovitě vinuté trubce je ohřívána postupně voda, která se mění v páru. Jelikož trubka obsahuje jen velmi málo vody je náběh vyvíječe mnohem rychlejší než v případě parního kotle.

Při uvádění parního vyvíječe do provozu se setkáváme s jevy, které způsobuje malá plocha pro odpařování páry. Jedná se hlavně o strhávání kapek vody do potrubí. Jelikož parní vyvíječe obvykle nejsou vybaveny přehřívákem pro odstranění kapiček bývá řešením vhodně navržený separátor vlhkosti obr. 63.



Obr. 62: Parní vyvíječ GMT/V 300



Obr. 63: Separátor vlhkosti S3 SPIRAX SARCO [4]

Kvalitu vznikající páry do velké míry ovlivňuje napájecí voda. Pokud napájecí voda není upravována dochází k nebezpečí vylučování solí a minerálů rozpuštěných ve vodě. Vylučování minerálů přímo souvisí se zanášením teplosměnných ploch vyvíječe a tím pádem i snížením účinnosti celého zařízení a zvýšenou spotřebou paliva. Jednou z dalších nevýhod vyvíječe je neschopnost zásobovat parou ve špičkách spotřeby. V případě kotle jsou krátkodobě vysoké odběry zvládnuty díky naakumulované páře uvnitř zařízení za cenu snížení tlaku v parním prostoru kotle. Při delším vyšším odběru dochází k nežádoucím strhávání kotelní vody do potrubí avšak u parního vyvíječe k těmto jevům dochází okamžitě.

Výhody provozu parního vyvíječe jsou následující:

- Malé nároky na místo,
- Není zapotřebí speciální základ,
- Okamžitá výroba páry v požadovaném množství,
- Vrchní nasávání spalovacího vzduchu, nahromaděné teplo v kotelně je odsáváno (snížení prašnosti).

Mezi nevýhody provozu patří:

- Strhávání kapek vody do potrubí. Kapičky kondenzátu způsobují výraznou erozi kuželek a sedel regulačních a redukčních ventilů,
- Při odpařování a doplňování vody dochází ke zvýšení množství solí a nečistot v napájecí vodě, které v ní do jisté míry zůstávají. To může vést k pění v parním vyvíječi; nečistoty se zároveň mohou částečně usazovat na dně a ve spodní části svazku trubek jako kal, kde působí korozi (nutnost odkalovacích a odsolovacích ventilů).

Parní vyvíječ pro provoz komerční prádelny byl zvolen:

GMT/V 300 [18] obr. 62

s technickými daty a spotřebou popsanou v (tab. 10)

Rozměry: délka/ šířka / výška: 4 100/ 1 750/ 2 200

Hmotnost pohotovostní: 3 700 kg

Konstrukce:	Vertikální vyvíječ páry
Výkon:	700 až 6000 kg/h
Tlak:	do 29 bar
Palivo:	plyn, LTO
Teplonosné médium:	středotlaká sytá pára

Tab. 10: Parametry vyvíječe páry GMT/V 300

b) Výroba páry v parním kotli

K výrobě technologické páry se obvykle používají žárotrubné parní kotle, které vyrábějí sytou až mírně přehřátou páru. Spaliny z hořáku proudí postupně plamencem, obrátovými komorami a žárovými trubkami. Plamenec a žárové trubky jsou obklopeny vodou, která je přes stěny plamence a žárových trubek spaliny postupně ohřívána až do bodu varu. Parní bubliny postupně probublávají na hladinu vody v kotli, kde dochází k odpařování vody a vývinu páry. Vznikající sytá pára se shromažďuje v horní části pláště kotle a je odváděna z nejvyšší části kotle do rozvodného parního potrubí. Pokud je vyráběna přehřátá pára, součástí parního kotle je přehřívák, ve kterém spaliny dále ohřívají sytou páru a vzniká přehřátá pára. V parním kotli vždy dochází k vlnění hladiny vody, které je způsobeno více faktory. Vlnění hladiny nejvíce ovlivňuje množství rozpuštěných solí v kotelní vodě, které závisí na způsobu úpravy napájecí vody, a dále pak tlak páry v parním prostoru kotle, který je ovlivněn okamžitým odběrem páry. Při déle trvajících větších odběrových špičkách dochází k poklesu tlaku v celé parní rozvodné síti a následně přímo v parním prostoru kotle. Výsledkem je intenzivnější var vody v kotli, který se projevuje intenzivním vlněním hladiny vody v kotli, kde vzniká vrstva pěny. Pěna a kotelní voda je strhávána do parního potrubí a výsledkem je dodávka mokré páry, která způsobuje problémy s účinností a životností technologických zařízení. Voda strhnutá do potrubí může navíc zaplnit celý příčný průřez potrubí. Vzniká pístový tok, jež je hnán vysokou rychlostí parním potrubím. Pístový tok má vysokou kinetickou energii, která se v místě singularit přemění na tlakovou energii a vzniká vodní ráz, který ničí armatury a tvarovky v potrubí.

Pokud je parní kotel vybaven přehřívákem páry, kapky vody jsou strhávány do přehříváku se v přehříváku. Zde nastane jejich odpaření a zůstanou pouze jemné částice solí a minerálů, které se usazují na stěnách přehříváku, v potrubí a armaturách, kde způsobují vážné provozní potíže. Tento jev je zvláště patrný v případě špatné úpravy napájecí vody.

Výhody použití parního kotle:

- udržuje konstantní tlak páry,
- stabilní při špičkovém i nízkém zatížení, přizpůsobení změnám zatížení.

Mezi nevýhody patří:

- zapotřebí vybudovat speciální základ.

Pro provoz modelu je uvažován vysokotlaký horkovodní kotel
Vitomax 200-HW -Typ M236 obr. 64 [19]



Obr. 64: Parní kotel Vitomax 200-HW

S technickými parametry zařízení uvedenými v tab. 11

Typ:	Vitomax 200-HS
Konstrukce:	Tří-tahový žárotrubný kotel
Výkon:	700 až 3.800 kg/h
Tlak:	do 25 bar
Palivo:	plyn
Teplonosné médium:	vysokotlaká pára

Tab. 11: Technické parametry pro parní kotel Vitomax 200-HW

Jak již bylo uvedeno výše, kotle a parní vyvíječe jsou zařízení citlivá na kvalitu doplňovací vody. Kvalita doplňovací vody má vysoký vliv na životnost otopných soustav. Při nevyhovující kvalitě doplňovací vody může docházet k problémům, jako jsou koroze zařízení a tvorba inkrustů, zejména na teplosměnných plochách zařízení. Pravidelný rozbor vody je proto nezbytně nutný. Jen tak je možné včas zjistit změny a zabránit tím vzniku problému nebo zvýšení nákladů. Kvalita doplňovací vody je předepisována v ČSN EN 12952-12 [28]. Z těchto požadavků vyplývá základní způsob úpravy doplňovací vody parních kotlů a vyvíječů páry. K závaznému návrhu řešení je vždy nutná znalost kvality surové vody a technických provozních parametrů systému.

Pro řešení problému existují následující technologie:

- změkčovací filtry,
- filtry pro odstraňování dusičnanů, částečně i síranů a hydrogenuhličitanů,
- filtry pro snižování obsahu železa a manganu,
- filtry pro úpravu alkality a pH,
- filtry s náplní aktivního uhlí k odstraňování škodlivých látek,
- reverzní osmóza.

Pro provoz komerční prádelny bylo navrženo zařízení:

Delta superior Duplex

Jedná se o změkčovací zařízení [20] obr. 65 dvojité bez potřeby elektrické energie, které pracuje na principu regenerace protiproudem při paralelním provozu filtrů dle parametrů v tab. 12.

Připojení	3/4"
Průtok max.	6400 l/h při 0,1 MPa
Provozní tlak	0,1 až 0,8 MPa
Teplota max.	40°C

Tab. 12: Parametry pro Delta superior Duplex [12]



Obr. 65: Změkčovač Delta superior Duplex

7. Sklad pomocných prostředků

V procesu profesního praní prádla hraje mimo jiné důležitou roli prací chemie. Pro zajištění požadované kvality vypraného prádla je zapotřebí:

- prací prášek,
- alkalický zesilovač pro odmašťování prádla a pevných povrchů. Účinně smáčí, emulguje ropné produkty, přírodní tuky a oleje a disperguje pigmentová zašpinění. Působí jako antiredepoziční (zpětné usazující) činidlo a významně zabraňuje špíně usazovat se na čištěném povrchu. Omezuje šednutí zvláště polyesterových a směsových textilií,
- odmašťovací prostředek,
- bělicí prostředek,
- kyselina na neutralizaci.

Níže uvedená množství chemikálií reprezentují skladovou zásobu tab.13 pokrývající jejich spotřebu při předpokládané týdenní periodicitě doplňování

Chemikálie	Množství skladované látky [kg]	Pozn.
Prášek	392	
Alkalický zesilovač	224	Nebezpečná látka, žravý
Odmašťovací prostředek	224	
Bělící prostředek	392	Nebezpečná látka, oxidující
Kyselina na neutralizaci	840	Nebezpečná látka

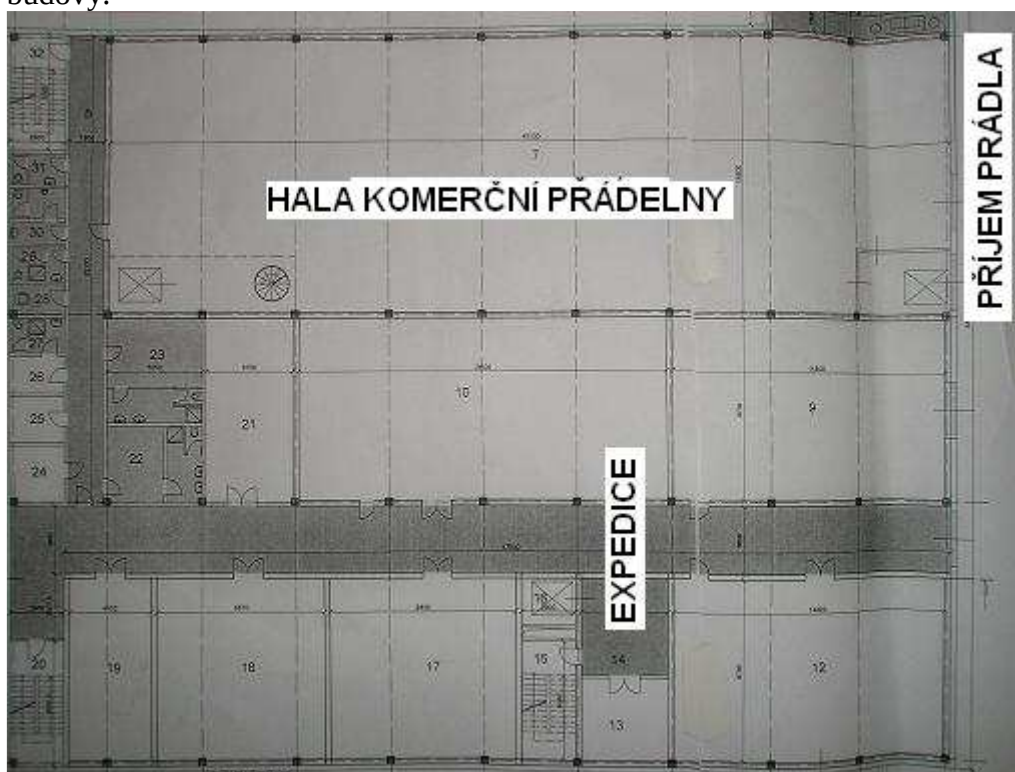
Tab.13: Skladované množství chemických látek

Požadavky na skladové prostory pro uskladnění chemikálií jsou následující:

- temperovaný prostor, teplota nesmí klesnout pod 5°C,
- nuceně větraný,
- sanitární vybavení (umyvadlo).

6.3 Navrhované uspořádání modelu

Návrh modelu komerční prádelny vycházel z architektonického návrhu nové budovy NETME centra obr. 66. Pro provoz prádelny byly vyčleněny prostory v 1. podlaží budovy.



Obr. 66: Půdorysný návrh NETME centra

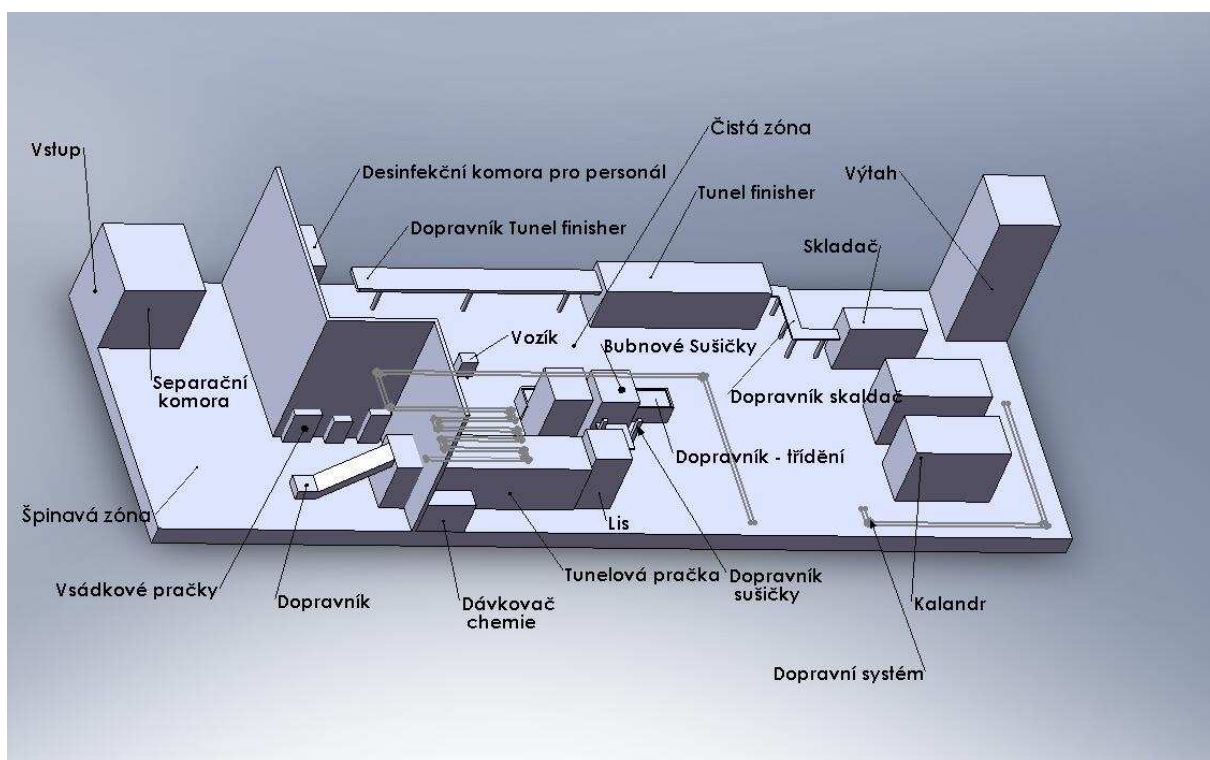
Navrhované prostorové řešení se nachází na obr. 67 a v (příloze č. 6). Podrobnější technologické schéma se nachází v (příloze č. 7).

V prostoru prádelny bude špinavá a čistá zóna rozdělena rozebratelnou stěnou z důvodů možného instalování jiných zařízení. Stěna je zalomená z důvodů využití skladovací plochy pro vozíky.

V prostoru špinavé zóny obsluhují zařízení 2 operátoři (tunelová pračka, vsádkové pračky). Naskladnění prádla z nákladního automobilu do špinavé zóny je zabezpečeno jedním z operátorů a řidičem.

V čisté zóně je nainstalován podpodlažní dopravní systém, který v první části zajišťuje funkci zásobníku čistých vozíků. Výtah je umístěn na konci procesu praní prádla. Čistá zóna končí v prvním podlaží přepážkou a následným skladem.

Zařízení Tunnel finisher je obsluhován 4 operátory pro plnění dopravníku a 1 operátorem u skládacího zařízení. Sekci třídění za bubnovými sušičkami zajišťují 3 operátoři a kalandrovací zařízení obsluhuje 6 operátorů.



Obr. 67: 3D model rozmístění aparátů

6.4 Ekonomická náročnost řešení

Pro posouzení ekonomické náročnosti navrhovaného uspořádání procesu (viz příloha č.8) bylo použito katalogových hodnot (viz kap 6.2) a experimentálně změřených hodnot (viz kap.6). První varianta zahrnuje vybrané zařízení (vždy první ze zařízení v příloze č.5) pro prací proces a zařízení na vývin páry v tomto případě parní kotel. Druhá varianta (v pořadí druhé ze zařízení v příloze č.5) a zařízení na vývin páry v tomto případě vyvíječ páry.

6.4.1 Vyhodnocení provozních nákladů na provoz prací linky

Pro výpočet energetických nákladů (tab. 14) byl proveden výpočet spotřeby elektrické energie, páry a plynu (viz příloha č.8) za předpokladu provozu prádelny po dobu 53 týdnů v roce a dvou dní v týdnu (106 dní). Ostatní pracovní dny bude prováděno testování a experimentální měření procesu profesní údržby prádla. Uvažované jednotkové ceny energií [21] až [24] jsou platné k 21.5.2009.

Plyn		I.varianta	II.varianta	
	objem	225 000	179 000	
	spalné teplo	10,5	10,5	kWh/m ³
	přepočtový objemový koefi	1	1	
	množství dodané energie	2 362 500	1 879 500	kWh
	cena -JP	1,21123	1,21123	Kč/kWh
Celkem cena plynu		2 862 000	2 277 000	Kč
El. energie		I.varianta	II.varianta	
	množství	95 000	94 000	kWh/h
	cena za 1MWh + jistič	4296,802419	4296,802419	
Celkem cena elektrické energie		410 000	400 000	Kč/rok
voda		I.varianta	II.varianta	
	množství	8 030	8 420	m ³ /rok
	jednotková cena	53,97	53,97	Kč/m ³
Celkem cena vody		430 000	450 000	Kč/rok
Celkové náklady - energie		3 702 000	3 127 000	Kč/rok

Tab. 14: Energetické náklady za 106 pracovních dnů

Pro určení spotřeby chemických přípravků viz (tab. 14) bylo vycházeno z kap. 5.2.

Materiálové náklady		I.varianta	II.varianta	
	alk.zesilovač	1 484 000	1 484 000	Kč/rok
	odmašťovací prostředek	2 778 048	2 778 048	Kč/rok
	bělící prostředek	872 592	872 592	Kč/rok
	kyselina na neutralizaci	1 113 000	1 113 000	Kč/rok
	prací prášek	1 121 904	1 121 904	Kč/rok
Celkem náklady - materiálové náklady		7 369 544	7 369 544	Kč/rok

Tab. 15: Materiálové náklady za 106 pracovních dnů

Výpočet mzdových nákladů (tab. 17) vychází z průměrné mzdy v textilním odvětví [25] a také z nezbytného počtu pracovníků pro udržení dvou denního provozu prádelny dle tab. 16.

zařízení	počet pracovníků
tunelová pračka, vsádková pračka	2
naskladnění prádla	1
Tunel finisher	4
skládací zařízení	1
bubnové sušičky – třídění	3
kalandrovací zařízení	6
ostatní pracovníci (vedoucí, technologický specialista, vedoucí směny)	3
pracovníci celkem	20

Tab. 16: Pracovníci

Mzdové náklady		I.varianta	II.varianta	
	počet pracujících	20	20	
	průměrná mzda v tex.odvětví	6 680	6 680	Kč/měs.
	za měsíc	133 600	133 600	Kč/měs.
	za rok	1 603 200	1 603 200	Kč/rok
	odvod státu 34%	1,34	1,34	
	mzdové náklady	2 148 288	2 148 288	Kč/rok
Celkem mzdové náklady		2 148 000	2 148 000	Kč/rok

Tab. 17: Mzdové náklady

Vypočet odpisů zařízení byl proveden podle zákona 586/1992 o daních z příjmu [27]
Tab. 18.

ostatní náklady		I.varianta	II.varianta	
- odpisy	odpisová skupina	2	2	
	doba odpisování	5	5	let
	roční odpis technologie	8 200 000	7 400 000	Kč/rok
- náklady na údržbu	5% z pořiz.nákladů	2 050 000	1 850 000	Kč/rok
- ostatní	prac.pomůcky, oděvy, úklid	360 000	360 000	Kč/rok
Celkem ostatní náklady		10 610 000	9 610 000	Kč/rok
Provozní náklady celkem		23 829 544	22 254 544	Kč/rok

Tab. 18: Ostatní a celkové náklady

6.4.2 Investiční náklady na pořízení prací linky

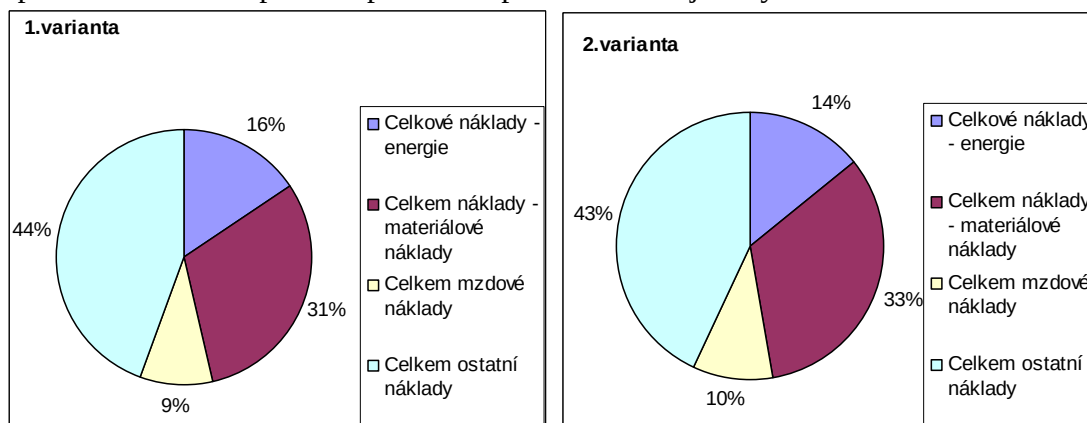
Ceny uvedených zařízení v (tab. 19) jsou odhadnuty podle cen zjištěných při konzultacích při měření v prádelnách s procesními odborníky.

Investiční náklady		I.varianta	II.varianta	
	prací linka + sušičky	10 000 000	10 000 000	Kč
	Tunel finisher + skladač	10 000 000	10 000 000	Kč
	dopravníky	10 000 000	10 000 000	Kč
	kalandr	5 000 000	5 000 000	Kč
	kotel - vyvíječ	6 000 000	2 000 000	Kč
Celkem investiční náklady		41 000 000	37 000 000	Kč

Tab. 19: Investiční náklady

6.4.4 Vyhodnocení variant provozních a investičních nákladů aparátových variant prací linek

Pro vyhodnocení jednotlivých variant je uveden následující obr. 68, který poukazuje na procentuelní zastoupení jednotlivých nákladů na provoz komerční prádely. Mzdové náklady lze do jisté míry snižovat zavedením vyššího stupně robotizace a automatizace procesu (viz kap. 6.2). Náklady na energie lze snižovat optimalizací celého procesu pomocí experimentálně zjištěných hodnot.



Obr. 68: Srovnání variant

Pro další zhodnocení provozních a investičních nákladů byl zaveden **koeficient provozních nákladů na 1 kg prádla**. Ten představuje poměr celkových provozních nákladů a objemu zpracovaného prádla v kg za rok.

$$K_{pn} = MP / PNC \text{ [Kč/ kg prádla]},$$

kde

MP je plánované množství prádla v kg/rok (848000kg/rok),
PNC představuje provozní náklady celkem /rok dle tab. 18

	I.varianta	II.varianta
K_{pn}	28,10	26,24

Tab. 20: Koeficient provozních nákladů

Koeficient investičních nákladů na 1 kg prádla: Představuje poměr investičních nákladů a objemu zpracovaného prádla v kg za rok.

$$K_{IN} = IN / MP \text{ [Kč/ kg prádla]},$$

kde

MP je plánované množství prádla v kg/rok (848000kg/rok),
IN je investiční náklady na pořízení prací linky dle tab. 19

	I.varianta	II.varianta
K_{IN}	48,34	43,63

Tab. 21: Koeficient investičních nákladů

Při hodnocení jednotlivých variant je zapotřebí také vzít do úvahy technologické hledisko. Zejména při výrobě páry v kotli resp. vyvíječi a jejich pořizovací náklady. Druhá varianta se jeví z hlediska investičních i provozních nákladů výhodnější, avšak s komentářem v kap. 6.2.

7. Závěr

Na základě konkrétní zpracovatelské kapacity (1t/h) a vymezeném prostoru v plánované budově byl vytvořen návrh pro možné strojní uspořádání procesu praní prádla. Byly vytvořeny dvě odlišné varianty aparátové skladby lišící se ve spotřebě energií. Náklady na energie dosáhly pro první variantu 3,7 mil Kč, pro druhou 3,1 mil Kč, což představuje 16 resp. 14 % celkových provozních nákladů.

Při určení energetické náročnosti provozu se vycházelo z katalogových údajů výrobců strojního zařízení. V některých případech byly dostupné hodnoty ověřeny a zpřesněny experimentálním měřením v reálných provozech. V práci je uvedena metodika i výsledky měření ze čtyř prádelen. Měření bylo zaměřeno na změny nastavení zařízení např. recirkulační klapky u sušících strojů, kalandrů.

Obě navrhovaná řešení jsou realizovatelná. Při finálním výběru je nutné zvážit další aspekty, které přímo ovlivňují provozní spolehlivost (parní kotel resp. parní vyvíječ pro provozní výrobu páry pro proces).

Součástí práce je zároveň výkresová dokumentace řešení procesu.

8. Seznam použitých zdrojů

- [1] Stehlík, P.: Laundry lessons, PROCTER&GAMBLE PROFESSIONAL, webové stránky dostupné na: <<http://www.pgprofsupport.com>>
- [2] Kšenzuliak, V. Systém pro výpočet stěžejních parametrů u energeticky náročného spotřebitele. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2007
- [3] Apoelmos: Měřicí přístroje, webové stránky dostupné na <http://www.apoelmos.cz/cz/kat-pdf/6_steamtherm_st.pdf>
- [4] Spiraxsarco, [online] , [cit. 3.května 2009]dostupné na <<http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-engineering-principles-and-heat-transfer/measurement-of-steam-consumption.asp>>
- [5] Česká technická norma ČSN ISO 9096 - Stacionární zdroje emisí, 1998
- [6] Pavelek, M.: Termomechanika. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2003
- [7] Kannegiesser, [online] , [cit. 3. dubna 2009]dostupné na <<http://www.kannegiesser.de/>>
- [8] Jensen, [online] , [cit. 3. dubna 2009] dostupné na <<http://www.jensen-group.com/>>
- [9] Girbau, [online] , [cit. 3. dubna 2009] dostupné na <<http://www.girbau.com/grup/home>>
- [10] Nork, [online] , [cit. 3.května 2009] dostupné na <http://www.nork.cz/pradelny_vybaveni.html>
- [11] Domus, [online] , [cit. 25.dubna 2009]dostupné na <<http://www.domus.es/>>
- [12] Kovoslužba, [online] , [cit. 3.května 2009]dostupné na <<http://www.kovosluzbaots.cz/>>
- [13] Prádelna Chřištof, [online] , [cit. 7.května 2009]dostupné na <<http://www.christof.cz/galerie.php?image=gallery/images/3.%20Pr%20E1delna/10.JPG>>
- [14] Podlahové dopravníky, [online] , [cit. 6.května 2009]dostupné na: <<http://www.doman.cz/>>
- [15] Anaequip Medical:Desinfekční komory, [online] , [cit. 8.května 2009]dostupné na <<http://www.anaequip.com.au/products.php?category=5299&id=212072>>
- [16] Výtahy Velké Meziříčí, [online] , [cit. 8.května 2009]dostupné na <http://www.vytahy.com/index.php?stranka=v_vytah>
- [17] HMS s.r.o, [online] , [cit. 3.května 2009]dostupné na <<http://eshop.hms-sro.cz/index.php?cmd=category&categoryID=44¤cy=CZK&lang=cs>>
- [18] Garionni Naval, [online] , [cit. 3.května 2009]dostupné na <<http://www.garioninaval.com>>
- [19] Viessman, [online] , [cit. 3.května 2009] dostupné na <http://www.viessmann.cz/cs/products/grosskessel/vitomax_200_hw.html>
- [20] KonceptEkotech, [online] , [cit. 6.května 2009]dostupné na <<http://www.koncept-ekotech.com>>
- [21] ČEZ, [online] , [cit. 15.května 2009] dostupné na <www.cez.cz>
- [22] TZB, webové stránky dostupné na <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=665>>
- [23] Vodné stočné, [online] , [cit. 13.května 2009]dostupné na <<http://www.bрно.cz/index.php?nav01=112&nav02=1627&nav03=1635>>

- [24] Cena plynu, webové stránky [online] , [cit. 13.května 2009] dostupné na
<<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=4&i=13&h=3>>
- [25] Mercedes, webové stránky [online] , [cit. 3.května 2009] dostupné na
<www.mercedes.cz>
- [26] Rovnováha kapalina – plyn v reálných systémech [online] , [cit. 3.května 2009]
dostupné na: <<http://www.vscht.cz/fch/cz/pomucky/bartovska/4-Real-rovnovaha-kap-para.pdf>>
- [27] Sbírka zákonů [online] , [cit. 3.května 2009]dostupné na:
<<http://www.sagit.cz/pages/sbirkatxt.asp?zdroj=sb00451&cd=76&typ=r>>
- [28] ČSN EN 12952-12: Požadavky na kvalitu napájecí vody a kotelní vody
- [29] Asociace prádeln a čistíren APaČ [online] , [cit. 3.května 2009]dostupné na:
<http://apac.cz/index.php>

9. Přílohy

	Příloha
1	Experimentální měření v prádelně 1
2	Experimentální měření v prádelně 2
3	Experimentální měření v prádelně 3
4	Experimentální měření v prádelně 4
5	Katalogové hodnoty pro vybraná zařízení
6	3D řešení procesu profesní údržby prádla
7	Technologické schéma provozu
8	Ekonomická náročnost řešení