

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Eliminace těkavých organických látek z provozu lakovací
linky Sprimag společnosti Inotech ČR s.r.o., Tachov**

**Vedoucí: Prof. Ing. Jan Škorpil, Csc.
Autor: Martin Buben**

2013

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická


Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.


Vedoucí bakalářské práce: **Prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **7. června 2013**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin BUBEN**
Osobní číslo: **E10B0146P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Eliminace těkavých organických látek z provozu lakovací linky
PRIMAG společnosti INOTECH ČR s.r.o., Tachov**
Zadávající katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Zásady pro vypracování:

1. Popište stávající technologii lakovací linky PRIMAG
2. Analyzujte výstupy těkavých organických látek z provozu lakovací linky PRIMAG
3. Srovnajte výstupy těkavých organických látek z provozu lakovací linky PRIMAG do ovzduší se zákonnými předpisy
4. Navrhněte optimalizaci eliminace těkavých organických látek z provozu lakovací linky PRIMAG

Anotace

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na lakovací linku společnosti Inotech ČR s.r.o., Tachov. Zabývá se výstupy znečišťujících látek do ovzduší, porovnání těchto látek se zákonnými předpisy, aktuální technologií linky a vhodnou optimalizací.

Klíčová slova

Lakovací linka, aktivní uhlí, filtr, emise, znečišťující látka

Elimination of volatile organic substances produced by coating line PRIMAG in INOTECH ČR, s.r.o, Tachov

Abstract

The presented thesis is focused on the coating line of the company Inotech ČR, s.r.o., Tachov. The thesis deals with pollutants released into the atmosphere, their comparison with legal regulations, technology used and suitable optimization.

Key words

Coating line, activated carbon, filter, emission, pollutants

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Plzni dne 31.5.2013

.....
Martin Buben

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval Prof. Ing. Janu Škorpilovi, CSc. za jeho odborné rady a konzultace pro vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat firmě Inotech s.r.o., především panu Ing. Radomíru Zezulkovi za vstřícnost, ochotu, odborné znalosti a poskytnuté materiály.

Obsah

ÚVOD	9
1. POPIS TECHNOLOGIE	10
1.1 PRINCIP LAKOVACÍHO AUTOMATU SPRIMAG	10
1.2 MOKRÉ ODLUČOVÁNÍ KALŮ.....	12
1.3 FILTRACE.....	13
1.4 PRINCIP LAKOVACÍ LINKY NŮTRO TYPU AMC 33086.....	14
1.5 STŘÍKACÍ STĚNA CPC- 20.....	15
1.6 AKTIVNÍ UHLÍ	15
1.6.1 Výroba aktivního uhlí.....	15
1.6.2 Princip adsorpce.....	15
1.6.3 Druhy aktivního uhlí	16
2. VÝSTUP Z TECHNOLOGIE	18
2.1 SPOTŘEBA NÁTĚROVÝCH HMOT ZA ROK 2010.....	18
2.1.1 Hmotnostní bilance rozpouštědel za rok 2010	19
2.2 VÝSLEDKY MĚŘENÍ TUHÝCH ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK A PLYNNÝCH LÁTEK 2010	21
2.3 SPOTŘEBA NÁTĚROVÝCH HMOT ZA ROK 2011.....	23
2.3.1 Hmotnostní bilance rozpouštědel za rok 2011	24
2.4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ TUHÝCH ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK A PLYNNÝCH LÁTEK 2011	26
2.5 SPOTŘEBA NÁTĚROVÝCH HMOT ZA ROK 2012.....	27
2.5.1 Hmotnostní bilance rozpouštědel za rok 2012	28
2.6 VÝSLEDKY MĚŘENÍ TUHÝCH ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK A PLYNNÝCH LÁTEK 2012	30
3. POROVNÁNÍ VÝSTUPU SE ZÁKONNÝMI PŘEDPISY	31
3.1 TĚKAVÉ ORGANICKÉ LÁTKY	31
3.2 EMISNÍ LIMITY	31
3.2.1 Porovnání naměřených hodnot se zákonnými předpisy pro rok 2012.....	32
3.2.2 Porovnání naměřených hodnot se zákonnými předpisy pro rok 2011.....	33
3.2.3 Porovnání naměřených hodnot se zákonnými předpisy pro rok 2010.....	34
3.2.4 Celkové porovnání za dané období.....	35
4. NÁVRH OPTIMALIZACE	36
4.1 REGENERATIVNÍ TERMICKÁ OXIDACE.....	36
4.2 KATALYTICKÁ OXIDACE	37
4.3 ADSORPCE NA ZEOLITOVÉM ROTORU.....	38
4.4 PROVOZNÍ NÁKLADY – SOUČASNÝ STAV VS. REGENERATIVNÍ TERMICKÁ OXIDACE	40
5. ZÁVĚR	42
POUŽITÁ LITERATURA.....	43

Seznam symbolů a zkratk

AU	aktivní uhlí
RTO	regenerativní termická oxidace
TZL	tuhé znečišťující látky
TOC	těkavé organické látky vyjádřené jako celkový uhlík
VOC	těkavé organické látky

Úvod

Firma provozuje technologii výroby a kompletace dílů pro automobilový průmysl. Převážně jsou to plastové díly pro interiéry automobilů. Firma se zabývá povrchovou úpravou plastových dílů a vyrobené součástky přímo expeduje k zákazníkovi.

Povrchová úprava se provádí v lakovně, pomocí lakovacích linek. Lakování probíhá denně. Ročně se tedy spotřebuje velké množství nátěrového materiálu. Nátěrový materiál je na součástky rozprašován a tím není možné, aby se celý zachytil na dané součástce. Vzduch z lakovací linky je filtrován přes dva stupně filtrace a vyveden ven do ovzduší. Každý rok se měří výstup z lakovny a je porovnáván se zákonnými předpisy. Musí být dodrženy emisní limity dle zákona 201/2012 Sb. a vyhlášky 415/2012 Sb., která platí od 1. 12. 2012.

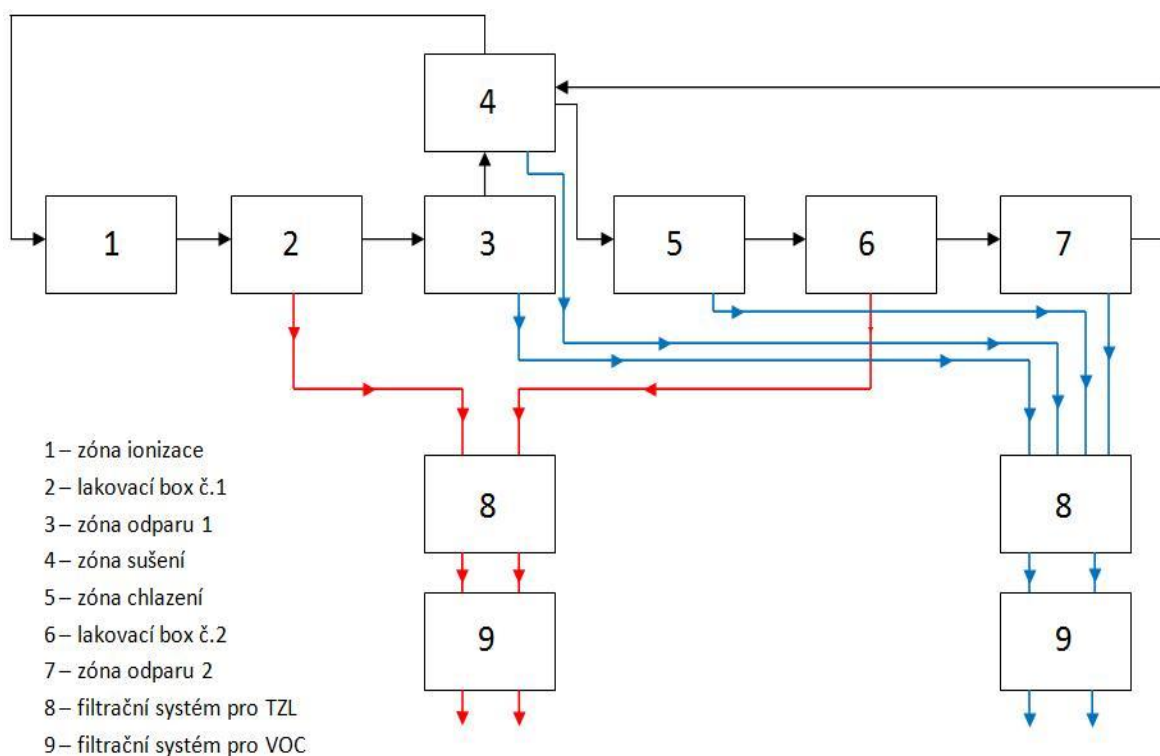
Je zde popsána technologie lakovny. Analyzovány výstupy škodlivých látek do ovzduší za rok 2010, 2011, 2012 a porovnány se zákonnými předpisy. Dále je navržena optimalizace škodlivých látek z lakovny.

1. Popis technologie

Jedná se o jednokomponentní a dvoukomponentní vstřikování plastů s následným zušlechťením. Úpravy povrchu se provádí speciální linkou na lakování dílů. Zde je zahrnuto laserové vypalování, tamponový potisk a sítotisk. [2]

1.1 Princip lakovacího automatu Sprimag

Automat Sprimag zajišťuje povrchovou úpravu vyrobených dílů. Skládá se z jednotlivých částí, které na sebe vzájemně navazují. Schéma lakovacího automatu je na Obr.1.



Obr. 1 - Schéma lakovacího automatu SPRIMAG

Dané plastové díly se musí nasadit na dopravník. Ten se skládá z jednotlivých upínacích pouzder a zajišťuje plynulý průchod celým lakovacím procesem. Délka dopravníku je 120 m a posouvá se rychlostí 1m/min.

Lakované díly musí být před samotným lakováním zbaveny usazených nečistot. Při výrobě i při dopravním pohybu se nabíjejí elektricky nevodivé součástky elektrostaticky. Povrch dílů tím přitahuje a zachycuje částice prachu. Proto musí díly na dopravníku nejdříve postupně projít skrz ionizační kabinu, která zajišťuje odstranění nečistot pomocí ionizační pistole. Ionizačním vzduchem ztratí nabitě plastické součástky jejich nabití a přilnavé části prachu budou odfouknuty.

Po ionizaci se díly dostávají do prvního lakovacího boxu, ve kterém se pomocí plynule regulovatelného pohonu dostanou do rotačního pohybu. Zde jsou pomocí automatické stříkací pistole rozprašovány nátěrové hmoty. Rozprašování je prováděno pomocí tlaku vzduchu. Účinnost nanášení materiálu je 65%. Řízení lakovacího procesu se provádí na obslužném panelu. Speciálně vyvinutý software umožňuje komfortní a rychlé nastavení stříkacího programu.

Po nanesení materiálu přechází díly do zóny odparu, kam je přiveden upravený vzduch. Odpařovací zóna slouží k počátečnímu zaschnutí nátěrové vrstvy a zabraňuje usazování nečistot na povrchu. Upravený vzduch má teplotu 23°C a relativní vlhkost 60%. V odpařovací zóně se součástka zdrží přibližně 10 minut. Odpařená rozpouštědla se odsávají pomocí centrálního odsávacího ventilátoru.

Ze zóny odparu se následně díly dostávají do prostoru sušárny, kde dochází k vytvrzení naneseného nátěru. V důsledku vysokých nároků na kvalitu lakování je sušárna vybavena vzduchovými filtry. Sušárna je vyhřívána elektricky. Teplota uvnitř sušárny je 80°C. Průběžný čas sušení činí přibližně 30 minut.

Následuje zóna chlazení, kde se díly chladí zpět na původní teplotu před druhou fází lakování. Zchlazené díly postupují do druhého lakovacího boxu. Po nalakování v druhém lakovacím boxu následuje opět zóna odparu a zóna sušení. Díly, které prošly výše uvedeným procesem, jsou připraveny na kontrolu, balení a případnou expedici.

Aby byly zaručeny konstantní klimatické podmínky, je automat vybaven zařízením na přívod vzduchu s vytápěným zvlhčováním, které zásobuje upraveným vzduchem oblast ionizační kabiny, odpařovací zóny, chladicí zóny a stříkací kabiny. Jako vytápěcí medium je zde použit plyn propan.



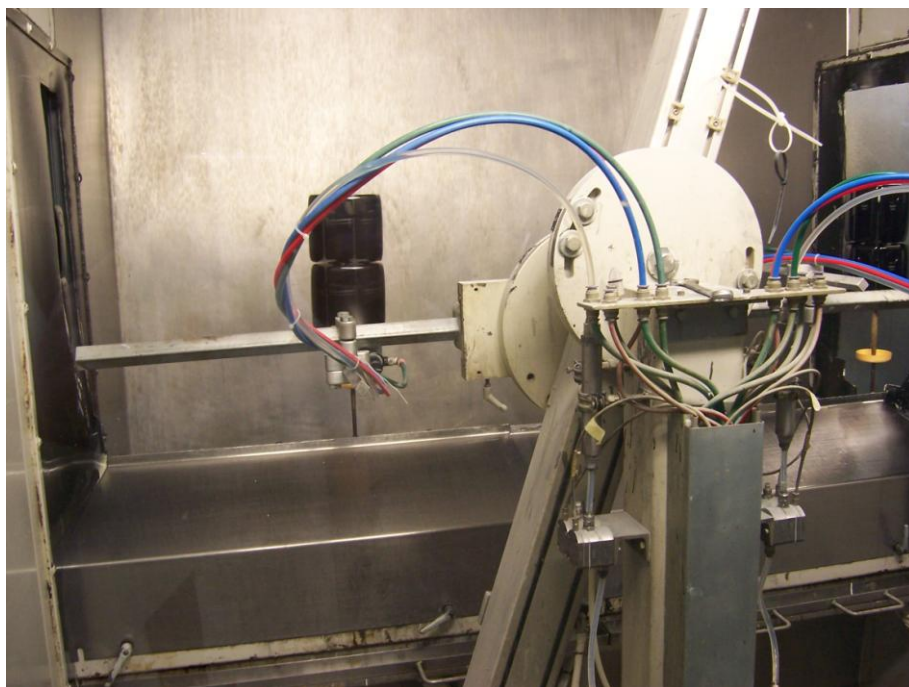
Obr. 2 - Lakovací linka PRIMAG



Obr. 3 - Díly nasazené na dopravníku

1.2 Mokré odlučování kalů

Obě lakovací kabiny jsou vybaveny vodními stěnami pro záchyt znečišťujících látek. Plocha lakované součástky nezachytí celý lakovací materiál. Část materiálu projde za součástku a vzniká tzv. overspray. Overspray je zachycen pomocí vodní stěny a čerpadlem odčerpáván do přepadového žlabu. Pro optimální odlučování se nesmí částice nanášeného materiálu slepovat. Proto se musí do vody přidávat koagulační činidlo. Znečištěná kapalina vede do rotoru, kde se čistí a je odebrána sběrnou tryskou pryč. Kal se usadí na stěně kalové vložky. Tam se vysuší a ručně odebere. [2]



Obr. 4 - Lakovací box (v pozadí mokré odlučování kalů)

1.3 Filtrace

K odsávání znečištěného vzduchu slouží dva výduchy. První je napojen na chladicí, odpařovací a sušící zónu, odkud je přes filtrační systém odveden pryč. Filtrační systém obsahuje dva stupně. První stupeň je odloučení TZL pomocí tkaninového filtru. Stupeň odloučení EU5. Účinnost filtrace 98-99,9%. Výměna kapsového filtru se provádí denně. Aby se zajistil správný chod jednotlivých zón, musí být sledován stav filtračního systému. Provádí se kontrola zanesení filtrů pro záchyt TZL kontrolou mikromanometru. Vzdušina, která je zbavena TZL dále vede do druhého stupně filtrace, kde dojde k odloučení VOC. K odloučení VOC slouží filtr s aktivním uhlím (patrony AU). Počet patron AU je 48ks. Náplň AU (kg/patron) je 2kg/ks. Hmotnost náplně AU celkem ve filtru je 96kg. Vyčištěná vzdušina je odtahovým ventilátorem vyvedena do volného ovzduší. [2]

Druhý výduch je napojen na oba lakovací boxy. Zde filtrační systém opět obsahuje dva stupně. Pro odloučení TZL slouží tkaninové filtry (F5+F9). K odloučení VOC slouží filtr s aktivním uhlím (patrony AU). Počet patron AU je 18ks. Náplň AU (kg/patron) je 42kg/ks. Hmotnost náplně AU celkem ve filtru je 756kg. Vyčištěná vzdušina je odtahovým ventilátorem vyvedena do volného ovzduší. [2]

Počáteční odlučivost na atmosférický prach (E A)		E A < 20%	E A ≥ 20%
Charakteristický parametr		Střední odlučivost na syntetický prach A m (%)	Střední odlučivost na atmosférický prach E m (%)
Skupina filtrů	ČSN EN 779	Hraniční hodnoty	
Hrubá filtrace (G)	G1	A m < 65	-
	G2	65 ≤ A m < 80	-
	G3	80 ≤ A m < 90	-
	G4	90 ≤ A m	-
Jemná filtrace (F)	F5	-	40 ≤ E m < 60
	F6	-	60 ≤ E m < 80
	F7	-	80 ≤ E m < 90
	F8	-	90 ≤ E m < 95
	F9	-	95 ≤ E m

Tab 1. - Klasifikace vzduchových filtrů [8]

Am(%) Odlučivost na syntetický prach pro filtry G1 – G4

Em(%) Odlučivost na atmosférický prach pro filtry F5 – F9

EN 779 Evropská norma pro filtry hrubé a jemné filtrace tříd G1 – G4, F5 – F9

1.4 Princip lakovací linky Nütro typu AMC 33086

Lakovací linka AMC 33086 je technologickým celkem pro úpravu vyrobených dílů. Tato linka se také skládá z jednotlivých dílů, které na sebe vzájemně navazují.

Před lakováním musí lakovaná součástka opět projít ionizační stanicí, aby došlo k odstranění prachu a zajištění odolnosti dílů proti přilnavosti nečistot. Ionizace se provádí pomocí ionizační pistole. Větrání je zde zajištěno pomocí ventilátorů z pracovního prostředí.

Dále součástky přechází na stříkací stanoviště. Zde se nachází plošný automat, pomocí něhož se nanese nátěrové hmoty na lakovanou součástku. Větrání je zde zajištěno pomocí ventilátorů přes filtry z venkovního prostředí.

Následuje odpařovací zóna, sušárna, chladicí zóna. V zóně odparu dojde k zaschnutí nátěru a tím se zabrání usazení nečistot na povrchu. K vytvrzení naneseného nátěru dojde v sušárně při teplotě 80 °C. Po vytvrzení dochází k chlazení součástky na původní teplotu v chladicí zóně.

První stupeň je odloučení TZL pomocí tkaninového filtru. Stupeň odloučení EU5. Účinnost filtrace 98-99,9%. Výměna kapsového filtru se provádí 1 x 14 dní. Aby se zajistil správný chod jednotlivých zón, musí být sledován stav filtračního systému. Stav filtračního systému je nepřetržitě indikován pomocí mikromanometru. Druhý stupeň filtrace je pro odloučení VOC. K odloučení VOC slouží filtr s aktivním uhlím (patrony AU). Počet patron AU je 32ks. Náplň AU (kg/patron) je 2,5 kg/ks. Hmotnost náplně AU celkem ve filtru je 80 kg. Účinnost filtrace VOC je 40 – 60%. Vyčištěná vzdušina je vyvedena nad střechu výrobní haly. [2]

1.5 Stříkací stěna CPC- 20

Slouží k ručnímu lakování malých dílů na nosiči. Díly o velikosti přibližně 500 x 500mm. Nástřik kapalných nátěrových hmot je prováděn při teplotě vzduchu 20 - 22 °C. Přiváděný vzduch do pracovního prostoru lakovacího boxu je z prostoru lakovny. V průběhu stříkání nátěrové barvy je vzduch z pracovního prostoru spolu s pevnými přestřiky nátěrové hmoty odsáván ventilátorem přes vícestupňový filtrační systém a filtr s aktivním uhlím. Stav filtračního systému je nepřetržitě indikován pomocí mikromanometru.

1.6 Aktivní uhlí

K odlučování (adsorpci) plynných nečistot ze vzduchu, které v poslední době stále častěji svou toxicitou a zápachem zatěžují životní prostředí a mohou být škodlivé pro člověka, zvířata i rostliny, se jako účinný prostředek osvědčilo aktivní uhlí. Aktivní uhlí se používá v klimatizačních, ventilačních a speciálních filtračních zařízeních k čištění přírodního, cirkulujícího a odpadního vzduchu. [6]

1.6.1 Výroba aktivního uhlí

Aktivní uhlí se vyrábí z organických látek jako např. skořápky kokosových ořechů, různé druhy uhlí, rašelina, dřevo, rozžhavením a speciální úpravou s cílem mimořádného zvětšení vnitřního a vnějšího povrchu. Vytvořením velmi jemných pórů se dosáhne adsorpce schopného povrchu až 1 250 m² na každý gram aktivního uhlí. Tato extrémně velká adsorpční plocha má vynikající stupeň odlučování a velkou schopnost ukládání škodlivin. [6]

1.6.2 Princip adsorpce

Aby bylo dosaženo co nejúčinnější adsorpce, musí být doba kontaktu molekul plynu ve vrstvě aktivního uhlí co nejdelší. Při návrhu adsorpčního zařízení pro přívod nebo odvod vzduchu se volí rychlost proudění od 0,09 do 0,5 m/sec. Pro vyčištění 1 m³/hod. vzduchu, je

potřeba nejméně 0,028 l (12,6 g) aktivního uhlí. Čím delší je doba kontaktu a čím specifitější aktivní uhlí je nasazeno, tím lepší je adsorpce škodlivin a využití aktivního uhlí. Sorpční schopnost a sorpční stupeň filtru s aktivním uhlím závisí především na kvalitě uhlí. Filtrační systémy KS KOPA, KS BD a další jsou osazeny aktivním uhlím s vynikající sorpční schopností, mohou tak přijmout na svůj povrch velké množství škodlivých a zápachových molekul. Adsorpční schopnost je lepší při vysoké koncentraci škodlivých látek. Pro stanovené efektivní schopnosti a akumulace (pohlcování) na filtračním systému je nutné znát koncentraci a složení znečištěného vzduchu. [6]

1.6.3 Druhy aktivního uhlí

Standardní neimpregnované aktivní uhlí

Je tvořeno válcovými tyčinkami (granulemi) o průměru cca 3 - 4 mm a délce 4 - 8 mm. Toto uhlí se vyznačuje vysokou odolností proti otěru a nižšími tlakovými ztrátami. Standardní granulované aktivní uhlí (neimpregnované) je ideální pro adsorpci organických par a zápachů z odpadního vzduchu. Díky své stálosti umožňuje provádět reaktivaci, následně opětne nasazení aktivního uhlí k adsorpci.

Adsorpce škodlivých plynů se děje hromaděním na vnitřním povrchu aktivního uhlí. Molekuly jsou vázány na základě fyzikálního efektu Van der Waalových sil. Adsorpce je účinná nejvíce pro škodlivé plyny s vysokou molekulární hmotností. Pro vysoký standard kvality, garantované technické parametry a účinnost adsorpce se používá do filtračních systémů KS KOPA, KS BD granulované aktivní uhlí od renomovaných, významných firem (typ SC 40). [6]

Speciální impregnované aktivní uhlí

Impregnované zrnité nebo granulované aktivní uhlí se nasazuje k adsorpci takových plynů a par, které jsou standardním aktivním uhlím adsorbovány velmi málo nebo vůbec. Jedná se o nízkomolekulární a polární látky s nízkou koncentrací a toxickými účinky. Složitou chemickou reakcí škodlivé látky s impregnantem dochází k odstraňování látky ze vzduchu – škodlivé plyny se chemicky váží na impregnant v aktivním uhlí (chemisorpce). Musí-li se současně v jednom zařízení odlučovat různé škodlivé látky, je třeba navrhnout vícestupňové filtrační zařízení s různě impregnovaným aktivním uhlím. [6]

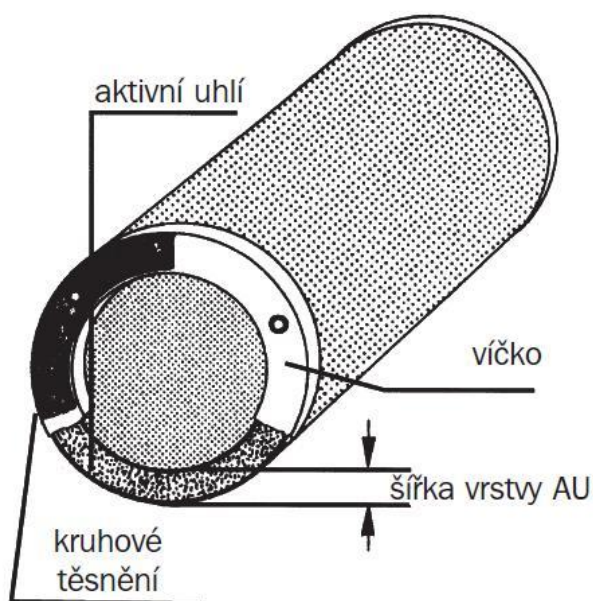
Filtrační patrony KS KOPA s možností opětovného naplnění

Uvědomělost mnoha podniků, tedy ochrana zdraví svých spolupracovníků před škodlivinami, a stále vzrůstající význam aktivní ochrany životního prostředí vyžadují ve stále větší míře nasazování vhodných stupňů filtrace k čištění přírodního, cirkulujícího a odpadního vzduchu.

Pomocí filtračních patron KS KOPA s možností opětovného naplnění, které je možné plnit standardním neimpregnovaným nebo speciálním impregnovaným aktivním uhlím pro zachyt plyných škodlivin a zápachů, je možné společně s filtry pro mechanické odlučování pevných částic realizovat ideální kombinace pro nejrůznější případy použití. [6]

Provedení a popis systému

Filtrační systém KS KOPA se skládá z ukládacího rámu a z adsorpčních patron naplněných aktivním uhlím. Patrona se skládá ze dvou válců s rozdílnými průměry, zhotovenými ze speciálního děrovaného plechu v eloxovaném provedení. Meziprostor, který vyplývá z rozdílných průměrů válců, udává šířku vrstvy aktivního uhlí. Na setřásacím zařízení se aktivní uhlí optimálně naplní do tohoto meziprostoru. Uzavřená patrona je opatřena těsněním, které zaručuje plynotěsné usazení na základním rámu. Patrony se upevní na základní rám třemi speciálními svorníky přes bajonetový uzávěr a vytvoří tak stabilní filtrační jednotku. [6]



Obr. 5 – Adsorpční patrona KS KOPA

2. Výstup z technologie

2.1 Spotřeba nátěrových hmot za rok 2010

Tab. 2 - Lakovací automat Sprimag [2]

Nátěrová hmota	spotřeba (kg)	obsah VOC (%)	množství VOC (kg)	obsah netěkavé složky (kg)
BERLAmono 2K - 1-Schicht	24.90	69	17.18	7.72
BERLAC 2K Basislack glanz	357.38	93	332.36	25.02
BERLACRYL 1K Basislack	4507.14	76	3425.43	1081.71
BERLACRYL 1K BASISLACK SILBER	58.20	76	44.23	13.97
BERLAC PP adhesio primer	1402.72	87.1	1221.77	180.95
HAERTER FUR BERLACRYL	317.74	39	123.92	193.82
BERLAC ABRASION RESIST	266.64	58	154.65	111.99
BERLACRYL PUR 2K KLARLACK SDGL	782.80	69	540.13	242.67
BERLAC ABRASION RESIST 2K-PUR	1392.16	56	779.61	612.55
BERLAmono 2K - 1-Schicht 0-20	623.80	73	455.37	168.43
BERLACRYL 2k-PUR Decklack	1270.70	74	940.32	330.38
HARTERLOSUNG FUR Berlacryl	863.18	73	630.12	233.06
PEHALUX COLORFIX-uni	340.92	51.9	176.94	163.98
BERLACRYL 2K Decklack	139.80	43.6	60.95	78.85
PEHAPOL-L HARTER	117.18	49	57.42	59.76
VERDUNNER	7.20	100	7.20	0
Alexit - Haptiklack HP 342-09	57.90	6	3.47	54.43
Alexit Harter 345-77	24.21	71	17.19	7.02
Alexit - Haptiklack HP 342-09 10U7	12.42	5	0.62	11.80
Alexit - Haptiklack HP 342-09 71W2	9.66	5	0.48	9.18
Alexit - Haptiklack HP 342-09 10TX	7.68	5	0.38	7.30
Alexit - Haptiklack HP 342-09 860F	3.14	5	0.16	2.98
PEHAFIX-P 1K Metallic varnish	10.62	81.3	8.63	1.99
Alexit - Haptiklack HP 342-09 889F	2.88	5	0.14	2.74
BERLAC ABRASION RESIST 2K	5.40	67	3.62	1.78
PEHACRYL 2K-Schutzlack Farblos	10.14	70	7.10	3.04
PEHAPOL tvrdidlo	1.44	54.9	0.79	0.65
Ředidlo na čištění zařízení	7800	100	7800.00	0
Celkem	20418		16810	3608

Tab. 3 - Stríkáci stěna CPC – 20 [2]

Nátěrová hmota	spotřeba (kg)	obsah VOC (%)	množství VOC (kg)	obsah netěkavé složky (kg)
VIMO, PL211	180.00	86.0	154.80	25.20
Woeropur - Härter 59619	56	40	22.40	33.60
Woeropur - Haftgrund mittelgrau	14	59	8.26	5.74
DILUANT CV 211	88	100	88	0
Celkem	338		273	65

Tab. 4 – Lakovací linka Nütro AMC 33086 [2]

Nátěrová hmota	spotřeba (kg)	obsah VOC (%)	množství VOC (kg)	obsah netěkavé složky (kg)
VIMO, PL211	650.75	86	559.65	91.11
VIMOPLAST ML383/A HVV	227.65	86	195.78	31.87
Laser-Decorlack schwarz LD800-L3X1	55.50	70	38.85	16.65
Harter 20407	11.96	62	7.42	4.54
DILUANT CV 211	840.99	100	840.99	0
DILUANT CV 146 - ředidlo	220.40	100	220.40	0
Verdunnung - ředidlo	100.47	100	100.47	0
VIMOPUR 160	107.50	65	69.88	37.63
PEHALUX Colorfix	40.75	50.4	20.54	20.21
DURCISSEUR	17.11	100	17.11	0
DILUANT - ředidlo	33.97	100	33.97	0
M07186307M - komponentní lak	82.25	55	45.24	37.01
BERLACRYL 1K Basislack silber glanz	111.30	79	87.93	23.37
M003910000 - ředidlo	90.75	100	90.75	0
Special thinner for PS/ABS - ředidlo	63.05	100	63.05	0
BARLAC 028.999.100	46.75	71	33.19	13.56
Celkem	2701		2425	276

Tab. 5 – Celková spotřeba lakovny

Nátěrová hmota	spotřeba (kg)	obsah VOC (%)	množství VOC (kg)	obsah netěkavé složky (kg)
Celkem lakovna	23457		19508	3949

2.1.1 Hmotnostní bilance rozpouštědel za rok 2010

Vstupy organických rozpouštědel (I)

I1- celková hmotnost organických rozpouštědel včetně jejich obsahu v přípravcích, které jsou zakoupeny a použity jako vstupy do procesů v časovém rámci, ve kterém je vypočítávána tato hmotnostní bilance ... 19,508 t/rok

I2- Celková hmotnost organických rozpouštědel včetně jejich obsahu v přípravcích, které jsou regenerovány a znovu použity jako vstupy do procesů v časovém rámci, ve kterém je vypočítávána tato hmotnostní bilance (recyklované rozpouštědlo se započítává pokaždé, kdy je využito pro danou činnost) ... 0 t/rok

Výstupy organických rozpouštědel (O)

O1- Hmotnost organických rozpouštědel v odpadním plynu (v emisích) ... 1,058 t/rok

- O2- Hmotnost organických rozpouštědel obsažených v odpadní vodě ... 0 t/rok
- O3- Hmotnost organických rozpouštědel obsažených jako nečistoty nebo rezidua v konečných výrobcích ... 0 t/rok
- O4- Hmotnost nezachycených těkavých organických látek uvolněných do ovzduší vlivem větrání místností, kdy jsou tyto emise z pracovního prostředí vypouštěny do ovzduší okny, dveřmi, ventilačními otvory apod ... 2,72 t/rok
- O5- Hmotnost organických rozpouštědel spotřebovaných v průběhu chemických a fyzikálních procesů, například spalováním, sorpcí apod., pokud tato hmotnost nebyla započtena do veličin O_6 , O_7 a O_8 ... 8,542 t/rok
- O6- Hmotnost organických rozpouštědel obsažena ve shromážděných odpadech ... 7,188 t/rok
- O7- Hmotnost organických rozpouštědel v čisté formě nebo ve směsích prodaných nebo určených k prodeji jako komerční výrobek ... 0 t/rok
- O8- Hmotnost organických rozpouštědel, která byla regenerována ze směsí k opětovnému využití v rámci provozu daného stroje, a která nebyla v časovém rámci, pro který je zpracovávána tato bilance, opětovně využita jako vstup I_2 ... 0 t/rok
- O9- Hmotnost organických rozpouštědel uvolněných do životního prostředí jiným způsobem...0 t/rok

Základní bilanční výpočty organických rozpouštědel

- a) Spotřeba organických rozpouštědel C (t/rok)

$$C = I1 - O8$$
$$C = 19,508 - 0$$
$$C = \underline{19,508}$$

- b) Fugitivní emise F (t/rok) se vypočtou podle rovnice:

$$F = I1 - O1 - O5 - O6 - O7 - O8$$
$$F = 19,508 - 1,058 - 8,542 - 7,188 - 0 - 0$$
$$F = \underline{2,72}$$

c) Celkové emise (t/rok)

$$E = F + O1$$

$$E = 2,72 + 1,058$$

$$\underline{E = 3,778}$$

d) Měrná výrobní emise se vypočte jako podíl množství celkových emisí a množství nebo velikosti produkce... (g/kg nebo v g/m²)

$$ME = 3,778 / 23,457$$

$$\underline{ME = 0,16 \text{ (g/kg)}}$$

e) Emisní podíl fugitivních emisí se vypočte jako podíl množství fugitivních emisí a vstupního množství organických rozpouštědel I, kde I = I1 + I2 ... (%)

$$ME_F = (2,72 / 19,508) \times 100$$

$$\underline{ME_F = 13,94}$$

f) Emisní podíl celkových emisí se vypočte jako podíl množství celkových emisí a vstupního množství organických rozpouštědel... (%)

$$ME_C = (3,778 / 19,508) \times 100$$

$$\underline{ME_C = 19,37}$$

2.2 Výsledky měření tuhých znečišťujících látek a plyných látek 2010

Stříkáci stěna CPC- 20

Spotřeba paliva: 512 m³ propanu
 Provozní hodiny: 242 h/rok
 Spotřeba NH: 0,338 t/rok z toho 0,273 t VOC

Tab. 6 – Naměřené hodnoty z odtahu stříkáci stěny CPC-20

Měřená složka	Průměrná hmotnostní koncentrace	Průměrný hmotnostní tok
	[mg/m ³]	[g/hod]
TZL	0,286	1,11
TOC	10,5	40

Lakovací automat Sprimag

Spotřeba paliva: 7830 m³ propanu
 Provozní hodiny: 3620 h/rok
 Spotřeba NH: 16,591 t z toho 12,895 t VOC

Tab. 7 – Naměřené hodnoty - odtah vzdušiny č.II – lakovací kabiny

Měřená složka	Průměrná hmotnostní koncentrace	Průměrný hmotnostní tok
	[mg/m ³]	[g/hod]
TZL	0,672	3,82
TOC	27,6	150

Tab. 8 – Naměřené hodnoty - odtah vzdušiny I – sušící, chladící a odpařovací zóny

Měřená složka	Průměrná hmotnostní koncentrace	Průměrný hmotnostní tok
	[mg/m ³]	[g/hod]
TZL	0,227	2,55
TOC	3,87	42,4

Lakovací linka Nütro AMC 33086Spotřeba paliva: 1220 m³ propanu

Provozní hodiny: 1460 h/rok

Spotřeba NH: 2,701 t/rok z toho 2,425 t VOC

Tab. 9 – Naměřené hodnoty - odtah vzdušiny č.II – lakovací kabiny

Měřená složka	Průměrná hmotnostní koncentrace	Průměrný hmotnostní tok
	[mg/m ³]	[g/hod]
TZL	0,776	3,47
TOC	16,9	75,8

2.3 Spotřeba nátěrových hmot za rok 2011

Tab. 10 – Lakovací automat Sprimag [2]

Nátěrová hmota	spotřeba (kg)	obsah VOC (%)	množství VOC (kg)	obsah netěkavé složky (kg)
BERLAmo 2K – 1-Schicht	210	69	144.90	65.10
BERLAC 2K Basislack glanz	310	93	288.30	21.70
BERLACRYL 1K Basislack	5197	76	3949.72	1247.28
BERLACRYL 1K BASISLACK SILBER	130	76	98.80	31.20
BERLAC PP adhesio primer	544	87	473.82	70.18
HAERTER FUR BERLACRYL	330	39	128.70	201.30
BERLAC ABRASION RESIST	380	58	220.40	159.60
BERLACRYL PUR 2K KLARLACK SDGL	422	69	291.18	130.82
BERLAC ABRASION RESIST 2K-PUR	1802	56	1009.12	792.88
BERLACRYL 2k-PUR Decklack	521	74	385.54	135.46
HARTERLOSUNG FUR Berlacryl	762	73	556.26	205.74
BERLACRYL 2K Decklack	10	43.60	4.36	5.64
Alexit – Haptiklack HP 342-09	270	6	16.20	253.80
Alexit Harter 345-77	128	71	90.88	37.12
Alexit – Haptiklack HP 342-09 10U7	40	5	2	38
Alexit – Haptiklack HP 342-09 71W2	30	5	1.50	28.50
Alexit – Haptiklack HP 342-09 10TX	20	5	1	19
Alexit – Haptiklack HP 342-09 860F	20	5	1	19
Alexit – Haptiklack HP 342-09 889F	10	5	0.50	9.50
BERLAC ABRASION RESIST 2K	20	67	13.40	6.60
PEHACRYL 2K-Schutzlack Farblos	25	70	17.50	7.50
Ředidlo na čištění zařízení	5200	100	5200	0
DURCISSEUR	210	100	210	0
Celkem	16591		12895	3486

Tab. 11 – Stríkáci stěna CPC – 20 [2]

Nátěrová hmota	spotřeba (kg)	obsah VOC (%)	množství VOC (kg)	obsah netěkavé složky (kg)
VIMOPLAST ML383/A HVV	140	86	120.40	19.60
VIMO, PL211	300	86	258	42
Woeropor – Haftgrund mittelgrau	75	59	44.25	30.75
PEHAFIX-P 1K Metallic varnish	20	81.30	16.26	3.74
Woeropor – Härter 59619	5	40	2	3
Celkem	540		441	99

Tab. 12 – Celková spotřeba lakovny

Nátěrová hmota	spotřeba (kg)	obsah VOC (%)	množství VOC (kg)	obsah netěkavé složky (kg)
Celkem lakovna	17131		13336	3585

2.3.1 Hmotnostní bilance rozpouštědel za rok 2011

Vstupy organických rozpouštědel (I)

I1- celková hmotnost organických rozpouštědel včetně jejich obsahu v přípravcích, které jsou zakoupeny a použity jako vstupy do procesů v časovém rámci, ve kterém je vypočítávána tato hmotnostní bilance ... 13,336 t/rok

I2- Celková hmotnost organických rozpouštědel včetně jejich obsahu v přípravcích, které jsou regenerovány a znovu použity jako vstupy do procesů v časovém rámci, ve kterém je vypočítávána tato hmotnostní bilance (recyklované rozpouštědlo se započítává pokaždé, kdy je využito pro danou činnost) ... 0 t/rok

Výstupy organických rozpouštědel (O)

O1- Hmotnost organických rozpouštědel v odpadním plynu (v emisích) ... 0,148 t/rok

O2- Hmotnost organických rozpouštědel obsažených v odpadní vodě ... 0 t/rok

O3- Hmotnost organických rozpouštědel obsažených jako nečistoty nebo rezidua v konečných výrobcích ... 0 t/rok

O4- Hmotnost nezachycených těkavých organických látek uvolněných do ovzduší vlivem větrání místností, kdy jsou tyto emise z pracovního prostředí vypouštěny do ovzduší okny, dveřmi, ventilačními otvory apod ... 0,409 t/rok

O5- Hmotnost organických rozpouštědel spotřebovaných v průběhu chemických a fyzikálních procesů, například spalováním, sorpcí apod., pokud tato hmotnost nebyla započtena do veličin O_6 , O_7 a O_8 ... 7,963 t/rok

O6- Hmotnost organických rozpouštědel obsažena ve shromážděných odpadech ... 4,816 t/rok

O7- Hmotnost organických rozpouštědel v čisté formě nebo ve směsích prodaných nebo určených k prodeji jako komerční výrobek ... 0 t/rok

O8- Hmotnost organických rozpouštědel, která byla regenerována ze směsi k opětovnému využití v rámci provozu daného stroje, a která nebyla v časovém rámci, pro který je zpracována tato bilance, opětovně využita jako vstup $I_2 \dots 0$ t/rok

O9- Hmotnost organických rozpouštědel uvolněných do životního prostředí jiným způsobem...0 t/rok

Základní bilanční výpočty organických rozpouštědel

a) Spotřeba organických rozpouštědel C (t/rok)

$$\begin{aligned} C &= I_1 - O_8 \\ C &= 13,336 - 0 \\ \underline{C} &= \underline{13,336} \end{aligned}$$

b) Fugitivní emise F (t/rok) se vypočtou podle rovnice:

$$\begin{aligned} F &= I_1 - O_1 - O_5 - O_6 - O_7 - O_8 \\ F &= 13,336 - 0,148 - 7,963 - 4,816 - 0 - 0 \\ \underline{F} &= \underline{0,409} \end{aligned}$$

c) Celkové emise (t/rok)

$$\begin{aligned} E &= F + O_1 \\ E &= 0,409 + 0,148 \\ \underline{E} &= \underline{0,557} \end{aligned}$$

d) Měrná výrobní emise se vypočte jako podíl množství celkových emisí a množství nebo velikosti produkce... (g/kg nebo v g/m^2)

$$\begin{aligned} ME &= 0,557 / 17,131 \\ \underline{ME} &= \underline{0,03} \text{ (g/kg)} \end{aligned}$$

e) Emisní podíl fugitivních emisí se vypočte jako podíl množství fugitivních emisí a vstupního množství organických rozpouštědel I, kde $I = I_1 + I_2 \dots$ (%)

$$\begin{aligned} ME_F &= (0,409 / 13,336) \times 100 \\ \underline{ME_F} &= \underline{3,06} \end{aligned}$$

f) Emisní podíl celkových emisí se vypočte jako podíl množství celkových emisí a vstupního množství organických rozpouštědel... (%)

$$\begin{aligned} ME_C &= (0,557 / 13,336) \times 100 \\ \underline{ME_C} &= \underline{4,18} \end{aligned}$$

2.4 Výsledky měření tuhých znečišťujících látek a plynných látek 2011

Lakovací linka Nütro AMC 33086 byla v roce 2011 mimo provoz.

Stříkací stěna CPC- 20

Spotřeba paliva: 480 m³ propanu
 Provozní hodiny: 126 h/rok
 Spotřeba NH: 0,54 t z toho 0,441 t VOC

Tab. 13 – Naměřené hodnoty z odtahu stříkací stěny CPC-20

Měřená složka	Průměrná hmotnostní koncentrace	Průměrný hmotnostní tok
	[mg/m ³]	[g/hod]
TZL	0,827	3,13
TOC	7,25	27,5

Lakovací automat Sprimag

Spotřeba paliva: 5220 m³ propanu
 Provozní hodiny: 2523 h/rok
 Spotřeba NH: 16,591 t z toho 12,895 t VOC

Tab. 14 – Naměřené hodnoty - odtah vzdušiny č.II – lakovací kabiny

Měřená složka	Průměrná hmotnostní koncentrace	Průměrný hmotnostní tok
	[mg/m ³]	[g/hod]
TZL	0,827	5,38
TOC	3,15	20,5

Tab. 15 – Naměřené hodnoty- odtah vzdušiny I – sušící, chladičí a odpařovací zóny

Měřená složka	Průměrná hmotnostní koncentrace	Průměrný hmotnostní tok
	[mg/m ³]	[g/hod]
TZL	0,626	1,81
TOC	8,38	24,2

2.5 Spotřeba nátěrových hmot za rok 2012

Tab. 16 - Lakovací automat Sprimag [2]

Nátěrová hmota	spotřeba (kg)	obsah VOC (%)	množství VOC (kg)	netěkavé složky (kg)
BERLAmo 2K - 1-Schicht	78	69	53,8	24,1
BERLAC 2K Basislack glanz	341	93	317,1	23,8
BERLACRYL 1K Basislack	4045	76	3074,2	970,8
BERLACRYL 1K BASISLACK SILBER	30	76	22,8	7,20
HAERTER FUR BERLACRYL	321	39	125,1	195,8
BERLAC ABRASION RESIST	678	58	393,2	284,7
BERLACRYL PUR 2K KLARLACK SDGL	1023	69	705,8	317,1
BERLAC ABRASION RESIST 2K-PUR	1967	56	1101,5	865,4
BERLACRYL 2k-PUR Decklack	81	74	59,9	21,0
HARTERLOSUNG FUR Berlacryl	1480	73	1080,4	399,6
BERLACRYL 2K Decklack	40	43.6	17,4	22,5
Alexit - Haptiklack HP 342-09	284	6	17,0	266,9
Alexit Harter 345-77	179	71	127,0	51,9
Alexit - Haptiklack HP 342-09 10U7	12	5	0,60	11,4
Alexit - Haptiklack HP 342-09 71W2	9	5	0,45	8,55
Alexit - Haptiklack HP 342-09 10TX	6	5	0,30	5,70
Alexit - Haptiklack HP 342-09 860F	33	5	1,65	31,3
Alexit - Haptiklack HP 342-09 889F	10	5	0,50	9,50
BERLACRYL PRIMER 079.960.100	203	87	176,6	26,3
VERDUNNER 043.000.000	284	100	284	0
VERDUNNER L05.2481.0-00	2024	100	2024	0
BERLACRYL 2K KLARLACK MATT	40	64	25,6	14,4
BERLACRYL PUR 2K METALLGLANZ	10	73	7,30	2,70
THINNER 1H 190	72	100	72	0
BERLAC ABRASION RESIST 2K	120	67	80	39,6
DILUANT 375 / VERDUNNER	36	100	36	0
DILUANT 3011 / VERDUNNER	15	100	15	0
PEHACRYL 2K-Schutzlack Farblos	65	70	45,5	19,5
Redidlo na čištění zařízení	3200	100	3200	0
Celkem	1668		1306	3620

Tab. 17 - Stříkací stěna CPC – 20 [2]

Nátěrová hmota	spotřeba (kg)	obsah VOC (%)	množství VOC (kg)	obsah netěkavé složky (kg)
Woeropor - Haftgrund mittelgrau	50	59	29,5	20,5
DURCISSEUR 16 / HARTER	8	100	8	0
DURCISSEUR 2D 256 / HARTER	56	100	56	0
SOMAPRIM AC 512 NOIR	341	67	228,4	112,5
SOMALAC CP 292 PSA MISTRAL	292	52	151,8	140,1
PEHAFIX-P 1K Metallic varnish	60	81.3	48,7	11,2
Woeropor - Härter 59619	8	40	3,20	4,80
Celkem	81		526	289

Tab. 18 - Celková spotřeba lakovny

Nátěrová hmota	spotřeba (kg)	obsah VOC (%)	množství VOC (kg)	obsah netěkavé složky (kg)
Celkem Lakovna	1750		1359	3910

2.5.1 Hmotnostní bilance rozpouštědel za rok 2012

Vstupy organických rozpouštědel (I)

I1- celková hmotnost organických rozpouštědel včetně jejich obsahu v přípravcích, které jsou zakoupeny a použity jako vstupy do procesů v časovém rámci, v němž je vypočítávána tato hmotnostní bilance ... 13,591 t/rok

I2- Celková hmotnost organických rozpouštědel včetně jejich obsahu v přípravcích, které jsou regenerovány a znovu použity jako vstupy do procesů v časovém rámci, v němž je vypočítávána tato hmotnostní bilance (recyklované rozpouštědlo se započítává pokaždé, kdy je využito pro danou činnost) ... 0 t/rok

Výstupy organických rozpouštědel (O)

O1- Hmotnost organických rozpouštědel v odpadním plynu (v emisích) ... 0,244 t/rok

O2- Hmotnost organických rozpouštědel obsažených v odpadní vodě ... 0 t/rok

O3- Hmotnost organických rozpouštědel obsažených jako nečistoty nebo rezidua v konečných výrobcích ... 0 t/rok

O4- Hmotnost nezachycených těkavých organických látek uvolněných do ovzduší vlivem větrání místností, kdy jsou tyto emise z pracovního prostředí vypouštěny do ovzduší okny, dveřmi, ventilačními otvory apod ... 1,534 t/rok

O5- Hmotnost organických rozpouštědel spotřebovaných v průběhu chemických a fyzikálních procesů, například spalováním, sorpcí apod., pokud tato hmotnost nebyla započtena do veličin O_6 , O_7 a O_8 ... 5,918 t/rok

O6- Hmotnost organických rozpouštědel obsažených ve shromážděných odpadech ... 5,895 t/rok

O7- Hmotnost organických rozpouštědel v čisté formě nebo ve směsích prodaných nebo určených k prodeji jako komerční výrobek ... 0 t/rok

O8- Hmotnost organických rozpouštědel, která byla regenerována ze směsí k opětovnému využití v rámci provozu daného stroje, a nebyla v časovém rámci, pro který je zpracována tato bilance, opětovně využita jako vstup $I_2 \dots 0$ t/rok

O9- Hmotnost organických rozpouštědel uvolněných do životního prostředí jiným způsobem...0 t/rok

Základní bilanční výpočty organických rozpouštědel

a) Spotřeba organických rozpouštědel C (t/rok)

$$C = I1 - O8$$

$$C = 13,591 - 0$$

$$C = \underline{13,591}$$

b) Fugitivní emise F (t/rok) se vypočtou podle rovnice:

$$F = I1 - O1 - O5 - O6 - O7 - O8$$

$$F = 13,591 - 0,244 - 5,918 - 5,895 - 0 - 0$$

$$F = \underline{1,534}$$

c) Celkové emise (t/rok)

$$E = F + O1$$

$$E = 1,534 + 0,244$$

$$E = \underline{1,778}$$

d) Měrná výrobní emise se vypočte jako podíl množství celkových emisí a množství nebo velikosti produkce... (g/kg nebo v g/m^2)

$$ME = 1,778 / 17,501$$

$$ME = \underline{0,10} \text{ (g/kg)}$$

e) Emisní podíl fugitivních emisí se vypočte jako podíl množství fugitivních emisí a vstupního množství organických rozpouštědel I, kde $I = I1 + I2 \dots$ (%)

$$ME_F = (1,534 / 13,591) \times 100$$

$$ME_F = \underline{11,29}$$

f) Emisní podíl celkových emisí se vypočte jako podíl množství celkových emisí a vstupního množství organických rozpouštědel... (%)

$$ME_C = (1,778 / 13,591) \times 100$$

$$ME_C = \underline{13,08}$$

2.6 Výsledky měření tuhých znečišťujících látek a plyných látek 2012

Lakovací linka Nütro AMC 33086 byla v roce 2012 mimo provoz.

Stříkací stěna typ CPC-20

Spotřeba paliva: 620 m³ propanu
 Provozní hodiny: 322 h/rok
 Spotřeba NH: 0,815 t z toho 0,526 t VOC

Tab. 19 – Naměřené hodnoty z odtahu stříkací stěny CPC-20

Měřená složka	Průměrná hmotnostní koncentrace	Průměrný hmotnostní tok
	[mg/m ³]	[g/hod]
TZL	0,770	2,85
TOC	40,1	143

Vřetenový automat Sprimag

Spotřeba paliva: 5840 m³ propanu
 Provozní hodiny: 2620 h/rok
 Spotřeba NH: 16,686 t z toho 13,066 t VOC

Tab. 20 – Naměřené hodnoty - odtah vzdušiny č.II – lakovací kabiny

Měřená složka	Průměrná hmotnostní koncentrace	Průměrný hmotnostní tok
	[mg/m ³]	[g/hod]
TZL	0,692	4,75
TOC	4,1	28,2

Tab. 21 – Naměřené hodnoty - odtah vzdušiny I – sušící, chladící a odpařovací zóny

Měřená složka	Průměrná hmotnostní koncentrace	Průměrný hmotnostní tok
	[mg/m ³]	[g/hod]
TZL	0,520	1,57
TOC	9,52	28,8

3. Porovnání výstupu se zákonnými předpisy

3.1 Těkavé organické látky

Těkavé organické látky, označovány zkratkou VOC (volatile organic compounds), jsou organické sloučeniny antropogenního původu, jejichž tlak nasycených par při 20°C je roven nebo větší než 1,3kPa. Dle vyhlášky č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečištění a jejím zjišťování, se dělí těkavé organické látky na: [1]

- a) těkavé organické látky, které jsou klasifikovány jako látky karcinogenní, mutagenní a toxické pro reprodukci, a jimž jsou přiřazeny standardní věty o nebezpečnosti H340, H350, H350i, H360D nebo H360F, nebo věty označující specifickou rizikovost R45, R46, R49, R60 nebo R61 s výjimkou benzínu,
- b) halogenované těkavé organické látky, jimž jsou přiřazeny standardní věty o nebezpečnosti H351 nebo H342 nebo které musí být těmito větami označovány,
- c) benzin a těkavé organické látky, které nespádají pod písmeno a) nebo b). [7]

Výstupem popisované lakovny jsou těkavé organické látky, které spadají pod bod c). Těkavé organické látky mohou být obsaženy v různých produktech, jako např. barvy, nátěrové a čisticí hmoty, rozpouštědla apod., odkud se značná část dostává do ovzduší. Zde ohrožují či poškozují lidské zdraví a negativně ovlivňují životní prostředí. Působících škody nejen na lidském zdraví, ale i na zemědělské a lesní vegetaci a urychlující korozi a stárnutí různých materiálů. Některé VOC se podílejí rovněž na destrukci ochranné ozonové vrstvy a na skleníkovém efektu. [1]

3.2 Emisní limity

Budou porovnány naměřené hodnoty z výstupu lakovny za rok 2010, 2011 a 2012. Jak naměřené hodnoty z let 2010, 2011, tak naměřené hodnoty z roku 2012 budou porovnávat dle staré vyhlášky 356/2002 Sb. Měření v roce 2012 proběhlo 5. listopadu, proto se nevztahuje na novou vyhlášku, která vyšla až 1. prosince 2012.

Tab. 22 – emisní limity dle vyhlášky 356/2012 Sb.

činnost	prahová spotřeba rozpouštědla	limitní měrná výrobní emise TOC (A)	emisní limit TOC (B)	emisní limit fugitivních emisí (C)	emisní limit TZL (D)
	t/rok	g/m ²	mg/m ³	%	mg/m ³
nanášení NH kontinuál	> 5	45	50	20	3

Poznámka:

- A) Měrná výrobní emise těkavých organických sloučenin vypočtená jako podíl množství celkového organického uhlíku a velikosti plochy opatřené nátěrem.
- B) Hmotnostní koncentrace celkového organického uhlíku ve vlhkém odpadním plynu vyjádřená pro normální stavové podmínky (tlak 101,325 kPa, teplotu 0°C).
- C) Podíl hmotnosti fugitivních emisí a hmotnosti vstupních rozpouštědel.
- D) Hmotnostní koncentrace tuhých znečišťujících látek ve vlhkém odpadním plynu vyjádřená pro normální stavové podmínky (tlak 101,325 kPa, teplotu 0°C)

3.2.1 Porovnání naměřených hodnot se zákonnými předpisy pro rok 2012

Tab. 23 – Stříkací stěna CPC-20

Znečišťující látka	Naměřená hmotnostní koncentrace	Emisní limit
	[mg/m ³]	[mg/m ³]
TZL	0,770	3
TOC	40,1	50

Tab. 24 - Odtah vzdušiny č.II – lakovací kabiny - Sprimag

Znečišťující látka	Naměřená hmotnostní koncentrace	Emisní limit
	[mg/m ³]	[mg/m ³]
TZL	0,692	3
TOC	4,1	50

Tab. 25 - Odtah vzdušiny I – sušící, chladící a odpařovací zóny - Sprimag

Znečišťující látka	Naměřená hmotnostní koncentrace	Emisní limit
	[mg/m ³]	[mg/m ³]
TZL	0,520	3
TOC	9,52	50

V tabulkách 23, 24 a 25 jsou porovnány naměřené hodnoty se zákonnými předpisy. Je zde vidět, že stříkací stěna CPC-20 a lakovací automat Sprimag nepřesáhly emisní limity a dle vyhlášky 356/2002 Sb. firma splňuje podmínky výstupu z lakovny.

3.2.2 Porovnání naměřených hodnot se zákonnými předpisy pro rok 2011

Tab. 26 - Stříkací stěna CPC-20

Znečišťující látka	Naměřená hmotnostní koncentrace	Emisní limit
	[mg/m ³]	[mg/m ³]
TZL	0,827	3
TOC	7,25	50

Tab. 27 – Odtah vzdušiny II – lakovací kabiny - Sprimag

Znečišťující látka	Naměřená hmotnostní koncentrace	Emisní limit
	[mg/m ³]	[mg/m ³]
TZL	0,827	3
TOC	3,15	50

Tab. 28 – Odtah vzdušiny I – sušící, chladící a odpařovací zóny - Sprimag

Znečišťující látka	Naměřená hmotnostní koncentrace	Emisní limit
	[mg/m ³]	[mg/m ³]
TZL	0,626	3
TOC	8,38	50

V tabulkách 26, 27 a 28 jsou porovnány naměřené hodnoty se zákonnými předpisy. Je zde vidět, že stříkací stěna CPC-20 a lakovací automat Sprimag nepřesáhly emisní limity a dle vyhlášky 356/2002 Sb. firma splňuje podmínky výstupu z lakovny.

3.2.3 Porovnání naměřených hodnot se zákonnými předpisy pro rok 2010

Tab. 29 - Stříkací stěna CPC-20

Znečišťující látka	Naměřená hmotnostní koncentrace	Emisní limit
	[mg/m ³]	[mg/m ³]
TZL	0,286	3
TOC	10,5	50

Tab. 30 – Odtah vzdušiny II – lakovací kabiny - Sprimag

Znečišťující látka	Naměřená hmotnostní koncentrace	Emisní limit
	[mg/m ³]	[mg/m ³]
TZL	0,672	3
TOC	27,6	50

Tab. 31 – Odtah vzdušiny I – sušící, chladičí a odpařovací zóny - Sprimag

Znečišťující látka	Naměřená hmotnostní koncentrace	Emisní limit
	[mg/m ³]	[mg/m ³]
TZL	0,227	3
TOC	3,87	50

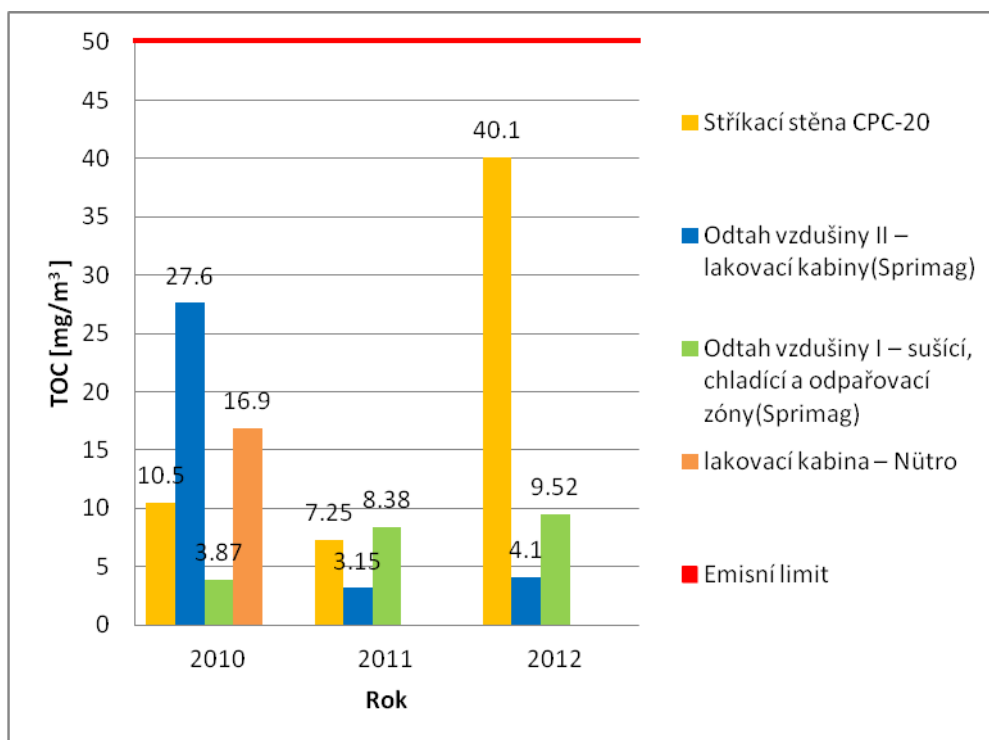
Tab. 32 – odtah vzdušiny č.II – lakovací kabiny – Nütro

Znečišťující látka	Naměřená hmotnostní koncentrace	Emisní limit
	[mg/m ³]	[mg/m ³]
TZL	0,776	3
TOC	16,9	50

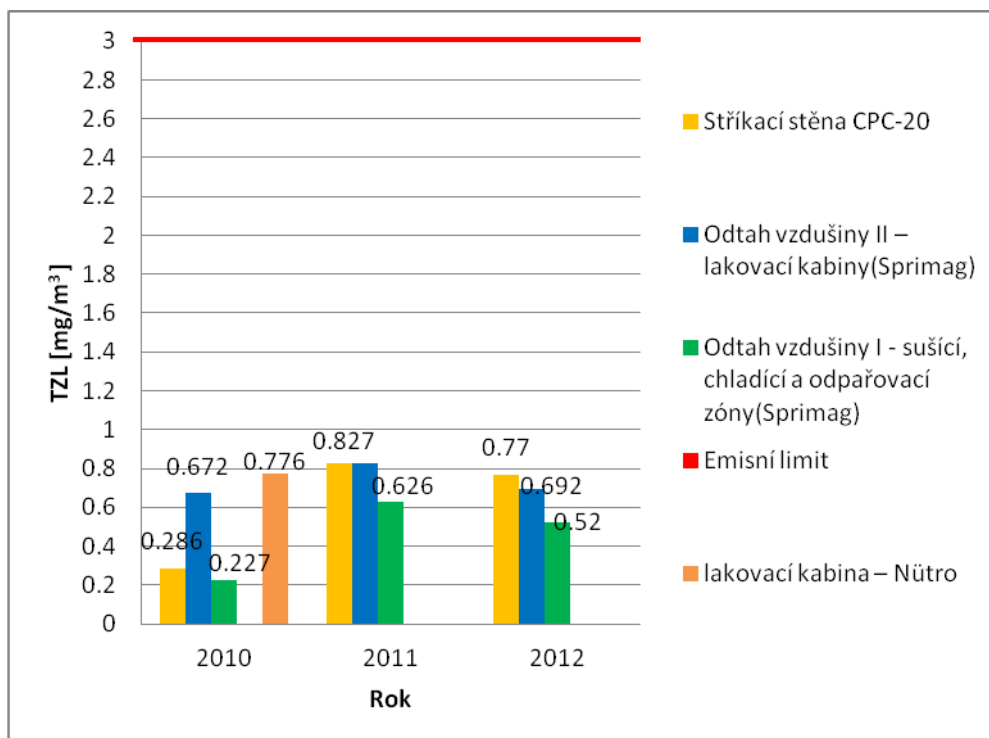
V tabulkách 29, 30, 31 a 32 jsou porovnány naměřené hodnoty se zákonnými předpisy. Je zde vidět, že stříkací stěna CPC-20, lakovací linka Nütro a lakovací automat Sprimag nepřesáhly emisní limity a dle vyhlášky 356/2002 Sb. firma splňuje podmínky výstupu z lakovny.

3.2.4 Celkové porovnání za dané období

V následujícím grafickém zobrazení na obr. 6 a obr. 7 jsou naměřené hodnoty za dané období a jsou porovnány se zákonnými předpisy. Je zřejmé, že TOC ani TZL nepřesáhly daný emisní limit.



Obr. 6 – Grafické znázornění naměřených koncentrací TOC za dané období



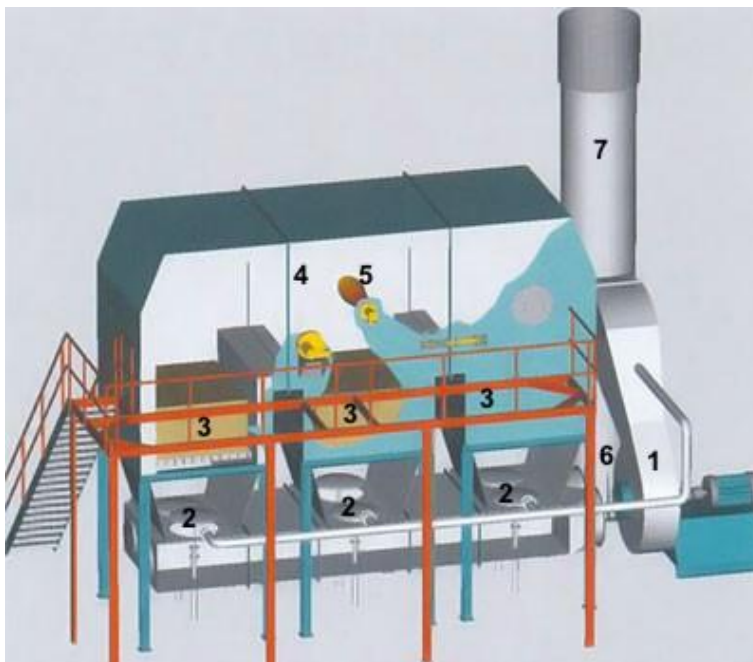
Obr. 7 – Grafické znázornění naměřených koncentrací TZL za dané období

4. Návrh optimalizace

4.1 Regenerativní termická oxidace

Termická oxidace je proces ochrany ovzduší, založený na přímém dopalování VOC, kterými je znečištěn odpadní vzduch. Probíhá formou exotermní oxidace VOC vzdušným kyslíkem. Při reakci dochází k uvolňování tepla. Velikost uvolněné tepelné energie je při dopalování úměrná koncentraci VOC v odpadním vzduchu a je ovlivněna hodnotou spalného tepla jednotlivých VOC. Při ději termické oxidace se směs látek, obsažených v odpadním vzduchu, zahřívá s potřebným množstvím kyslíku ve spalovací komoře a víří po dobu 1-2 sekund při teplotě 800 – 1 000 °C. [3]

Výsledkem reakce je narušení chemické struktury VOC a jejich následný rozklad na oxid uhličitý a vodní páru. Dodržením požadovaných podmínek děje proběhne termická oxidace standardně a výstupní emise čistého plynu ze zařízení klesnou pod stanové limity.



Obr. 8 – Části zařízení pro termickou oxidaci

Na obr. 8 je zařízení pro termickou oxidaci. Skládá se z **provozního ventilátoru** (č. 1) pro dopravu odpadního vzduchu s obsahem VOC. Ze **soustavy klapek** (č. 2) pro přívod odpadního vzduchu s obsahem VOC a odvod čistého plynu. Z **předehříváku** (č. 3), což je soustava kontejnerů, umístěných pod spalovací komorou. V kontejnerech je keramický materiál, který za provozu předává tepelnou energii odpadního vzduchu s obsahem VOC proudícímu směrem ke spalovací komoře. Čistý plyn naopak přenechává v keramické náplni tepelnou energii získanou dějem. Ze **spalovací komory** (č. 4), kde dochází k procesu termické oxidace. Materiál spalovací komory je odolný vůči vysoké teplotě, teplotním

změnám a korozi. Z **hořáku** (č. 5), který slouží k ohřevu odpadního vzduchu s obsahem VOC v prostoru spalovací komory. Z výstupního tepelně odolného **potrubí** (č. 6) čistého plynu ze zařízení termická oxidace. Z **komínu** (č. 7), který slouží pro odvod čistého plynu do atmosféry. [3]

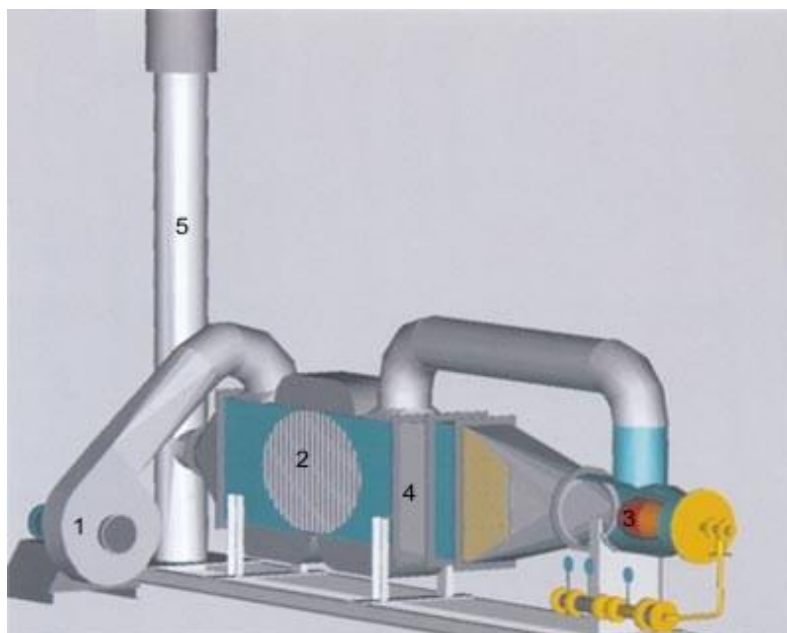
Přes klapku čerstvého vzduchu a soustavu klapek pro přívod odpadního vzduchu s obsahem VOC dopravuje ventilátor do prostoru keramického předehříváku odpadní vzduch s obsahem VOC, který zde převezme velkou část tepelné energie a vstupuje do spalovací komory. V prostoru spalovací komory se odpadní vzduch s obsahem VOC pomocí hořáku dohřeje na potřebnou teplotu. Ta umožní uskutečnit děj termická oxidace - dopalování. V případě, že má odpadní vzduch vyšší obsah VOC, proběhne děj bez podpory hořáku autotermní formou. Vzniklý čistý plyn se odvádí přes keramický předehřívák, ve které ponechá získanou tepelnou energii do spalínovodu a odtud směrem do komína. [3]

Celý proces termická oxidace je bezobslužný a je řízen vlastním řídicím systémem. Komunikace s technologickým výrobním zařízením provozovatele se provádí pomocí signální výměny. Provozní data systému termická oxidace lze předávat elektronicky nadřazenému systému provozovatele a pomocí modemu výrobcí zařízení.

4.2 Katalytická oxidace

Katalytická oxidace organických látek je obdobná jako termická oxidace, pouze s tím rozdílem, že plyn po průchodu plamenem prochází ložem katalyzátoru. Znečištěný vzduch je spálen, ovšem touto technikou je teplota spalování snížena pomocí katalyzátoru. Katalyzátor umožňuje stejnou účinnost odstranění VOC za nižší teploty. Znečišťující látky (s použitím ušlechtilých kovů a oxidů kovů jako katalyzátorů) oxidují při teplotách mezi 200 a 500 °C, což se dá označit za nespornou výhodu oproti termické oxidaci, jelikož energetická úspora při předehřevu znečištěného odpadního plynu je značná. Díky tomu je katalytická oxidace často používaná, neboť provozní náklady jsou nižší i při dosažení stejného stupně konverze. Oproti tomu nevýhodou katalytické oxidace je nutný nákup drahého katalyzátoru (cena cca 5000 Kč/kg). Během provozu dochází také k postupné deaktivaci katalyzátoru a je proto nutné pravidelné obměňování. To náklady zvyšuje. [3] [4] [5]

Katalyzátor je materiál, který zvyšuje rychlost (přeměnu molekul v čase) chemické reakce dokud samo nedojde k permanentní změně. Díky katalyzátoru je aktivační energie potřebná pro oxidaci nižší. Katalyzátory pro oxidaci VOC jsou obvykle drahé kovy, např. platina (Pt), paladium (Pd), rhodium (Rh) uložené na keramickém materiálu nebo kovu.



Obr. 9 – Části zařízení pro termickou oxidaci

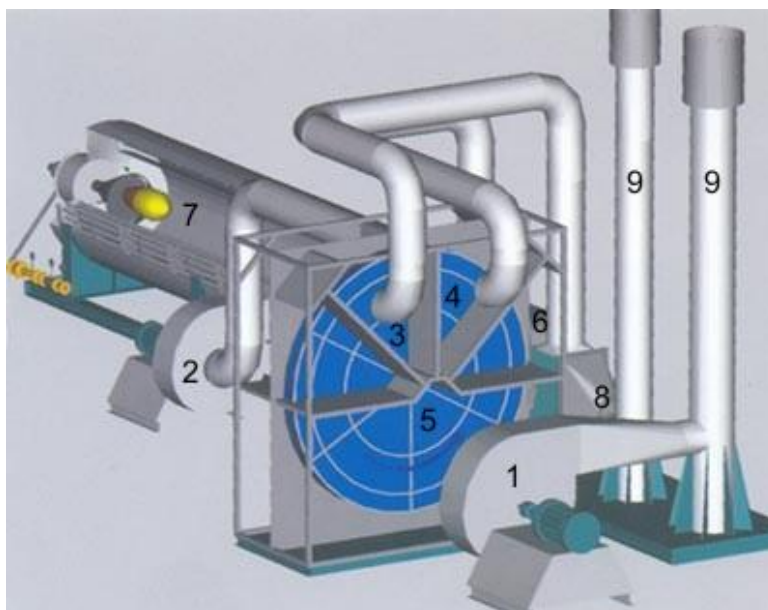
Na obr. 9 je zařízení pro katalytickou oxidaci. Skládá se z **provozního ventilátoru** (č. 1) pro dopravu odpadního vzduchu s obsahem VOC do zařízení. Z **předehříváku** (č. 2), což je soustava pro předehřev před vstupem odpadního vzduchu s obsahem VOC do nahřívací komory. Soustava je izolovaná a za provozu předává tepelnou energii odpadnímu vzduchu s obsahem VOC proudícímu směrem k nahřívací komoře. Materiál je odolný vůči vysokým teplotám, teplotním změnám a korozi. Z **hořáku** (č. 3), který slouží k ohřevu odpadního vzduchu s obsahem VOC v prostoru spalovací komory. Materiál komory je odolný vůči vysoké teplotě, teplotním změnám a korozi. Z **katalyzátoru** (č. 4), kde dochází k procesu katalytické oxidace. Z **komínu** (č. 5), který slouží pro odvod čistého plynu ze zařízení do atmosféry. [3]

4.3 Adsorpce na zeolitovém rotoru

Adsorpce je reakce, založená na záchytu VOC obsažených v odpadním vzduchu na povrchu adsorbentu, který tvoří pevná látka. Adsorbent zachycuje při určité teplotě některé typy par a oddělí je z VOC. Po vyčerpání adsorpční kapacity je adsorbovaný obsah zachycených látek z adsorbentu vytěsněn vzduchem o předepsané teplotě a tímto způsobem regenerace - desorpce se adsorbent vyčistí. Emise VOC obsažené v odpadním vzduchu se desorpcí zahustí a odsávají se do zařízení na omezování emisí VOC. [3]

Adsorpce a desorpce emise VOC na zeolitovém rotoru probíhá za provozních podmínek v automaticky řízeném režimu nepřetržitou formou. Není třeba provádět technologické či jiné

přestávky. Adsorpce na zeolitovém rotoru je proces s přímým průtokem odpadního vzduchu s obsahem emisí VOC přes zeolitové kolo do komína.



Obr. 10 – Zařízení pro adsorpci VOC

Na obr. 10 je zařízení pro adsorpci VOC. Skládá se z **provozního ventilátoru** (č. 1), který slouží k dopravě odpadního vzduchu s obsahem VOC. Z **provozního ventilátoru** (č. 2), který zabezpečuje dopravu části čistého plynu v množství cca 5 % z celkového objemu čistého plynu a odvádí jej k ohřevu na teplotu cca 200 °C. Ohřátý čistý plyn dopravuje přes část desorpce VOC rotoru do systému termická oxidace. Ze **zeolitového rotoru – zóna chlazení** (č. 3), část rotoru určeného pro ochlazení zeolitové vrstvy. Ze **zeolitového rotoru – zóna desorpce VOC** (č. 4). V zóně desorpce VOC dochází k desorpci VOC látek obsažených v zeolitovém adsorbentu. Desorpce zahuštěného adsorbentu se provede přivedeným čistým plynem o teplotě cca 200 °C. Plyn po desorpci znečištěný VOC se odvádí do zařízení na bázi termická oxidace. Ze **zeolitového rotoru – zóna adsorpce VOC** (č. 5). V zóně adsorpce VOC dochází k adsorpci VOC látek obsažených v odpadním vzduchu s obsahem VOC. Čistý plyn se odvádí do komína. Část čistého plynu v množství cca 5 % z celkového objemu čistého plynu se odvádí k ohřevu na teplotu cca 200 °C a použije se pro desorpci VOC. Z **ekonomizéru vzduchu** pro desorpci VOC (č. 6), ve kterém se využívá zbytkové teplo z procesu na bázi termická oxidace pro ohřev vzduchu určeného pro desorpci VOC. Ze **zařízení systému termická oxidace** (č. 7), které je určené k omezování emisí VOC formou termická oxidace. Ze **spalinovodu** (č. 8), výstupní tepelně odolné potrubí čistého plynu ze zařízení termická oxidace. Z **komínu** (č. 9), který slouží pro odvod čistého plynu do atmosféry.[3]

Přes klapku čerstvého vzduchu dopravuje provozní ventilátor do prostoru zeolitového rotoru – zóna adsorpce VOC odpadní vzduch s obsahem VOC, který zde přenechá VOC a jako čistý plyn je odváděn do komína. Provozní desorpční ventilátor zabezpečuje dopravu části plynu v množství cca 5 % z celkového objemu čistého plynu a odvádí jej přes chladicí zónu k ohřevu do ekonomizéru vzduchu pro desorpci VOC na teplotu cca 180 °C. Ohřátý plyn se poté dopravuje přes část zeolitového rotoru, kde proběhne desorpce VOC a zahuštěný plyn je odveden do zařízení na omezování emisí VOC pracujícím na bázi termická oxidace - dopalování. Vznikne čistý plyn, který se odvádí přes spalínovod do komína.

Celý proces je bezobslužný, systém je řízen plně automaticky. Komunikace s technologickým výrobním zařízením provozovatele se provádí pomocí signální výměny. Provozní data lze předávat elektronicky nadřazenému systému provozovatele.[3]

4.4 Provozní náklady – současný stav vs. regenerativní termická oxidace

Z hlediska případných změn nátěrového systému a jeho složení je metoda RTO optimálním řešením pro optimalizaci TOC. Řešený systém keramických výměníků udržuje vysokou efektivnost a hospodárnost tepla. Standardní pracovní teplota se pohybuje kolem 800°C, což s sebou nese vyšší provozní náklady než na katalytickou oxidaci. Náklady na spotřeby stlačeného vzduchu pro ovládání klapek jsou zanedbány. Spotřeby elektro jsou kalkulovány bez případného dodatečného výměníku tepla, který může sloužit k ohřevu vody pro vytápění vedlejší skladové haly.

Tab. 33 – Provozní náklady lakovny – současný stav

	Náklady (Kč)
Náklady na AU(vyčištění, nové patrony)	1 000 000
Likvidace nebezpečného odpadu (zbytky barev, ředidel, apod.)	260 000
Filtrace TZL	620 000
Poplatky za znečišťování ovzduší	3 000
	1 883 000

Tab. 34 – Provozní náklady RTO – Spotřeba elektro

	Spotřeba (kW)
Hlavní ventilátor	25,6
Ventilátor spalovacího vzduchu	1,8
Řídicí systém	0,6
	28

Bude-li cena elektrické energie 2,5 Kč/kWh, pak roční provozní náklady RTO za spotřebu - elektro budou (28 x 6000hod x 2,5) 420 000 Kč. Zahrneme-li i do RTO nákladů průměrnou spotřebu propanu cca. 3 m³/hod. Cena propanu se pohybuje zhruba kolem

42 Kč/m³. Budou celkové průměrné roční náklady za spotřebu propanu (3 x 6000hod x 42) 756 000 Kč. Celkové kalkulované průměrné roční provozní energetické náklady RTO budou 1 176 000 Kč. Nejsou zde zahrnuty náklady na systém TZL, poplatky za znečišťování ovzduší a likvidaci nebezpečného odpadu.

System RTO by pro stávající lakovnu nebyl vhodný. Provozní náklady by se o řád stovek tisíc snížily, ale nákladná je výstavba a instalace systému RTO. Ta se pohybuje kolem 9 500 000 Kč.

5. Závěr

V první části této práce jsem popsal technologie lakovny. Konkrétně princip filtrace daného systému a princip lakovacího automatu Sprimag, lakovací linky Nütro a stříkací stěny CPC-20. Dále jsem uvedl výstup z lakovny za období 2010-2012, kde jsou uvedeny spotřeby nátěrových hmot, hmotnostní bilance rozpouštědel, základní výpočty a výsledky měření. Ve třetí části této práce jsem se zabýval porovnáním výstupu z lakovny se zákonnými předpisy. Z výše uvedených tabulek popřípadě grafů, je vidět, že TOC a TZL nepřesáhly stanovené limity. Nejvyšší koncentrace TOC byla v roce 2012 ze stříkací stěny CPC-20, hodnota byla $40,1 \text{ mg/m}^3$. Nejvyšší koncentrace TZL byla v roce 2011 ze stříkací stěny CPC-20 a lakovacího boxu Sprimag, hodnota byla u obou $0,827 \text{ mg/m}^3$. V poslední části jsem uvedl optimalizace těkavých organických látek. Jsou zde uvedeny tři technologie: regenerativní termická oxidace, katalytická oxidace a adsorpce na zeolitovém rotoru. Porovnával jsem pouze provozní náklady regenerativní termické oxidace se současnou použitou technologií, protože RTO je z hlediska častých změn a složení nátěrového systému optimální volbou. Z porovnání je vidět, že pro firmu Inotech je RTO nevhodná.

Použitá literatura

- [1] OBROUČKA, Karel. *Látky znečišťující ovzduší*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, 2001, 73 s. ISBN 80-248-0011-X.
- [2] ZEZULKA, Radomír. *Provozní řád zdroje znečišťování ovzduší*. Tachov, 2012.
- [3] Ochrana ovzduší. *Ochrana ovzduší: čištění odpadního vzduchu* [online]. 2004-2013 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://www.ochranaovzdusi.cz>
- [4] *Zneškodňování odpadních plynů znečištěných freony*. Brno, 2008. Dostupné z: https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/4137/2008_DP_Frydrych_Tomas_53791.pdf?sequence=2. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [5] Česká informační agentura životního prostředí. *Integrovaná prevence a omezování znečištění* [online]. 2005 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: [http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFLZ7HNS/\\$FILE/Překlad BREF Zpracování odpadů.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFLZ7HNS/$FILE/Překlad_BREF_Zpracování_odpadů.pdf)
- [6] KS Klima-service a.s. [online]. 2002-2013 [cit. 2013-03-13]. Dostupné z: <http://www.ksklimaservice.cz/cz/aktivni-uhli-impregnovane>
- [7] ČR. Vyhláška o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování. In: *415/2012 Sb.* 2012. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/emisni_vyhlaska/\\$FILE/000-415_2012-23012013.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/emisni_vyhlaska/$FILE/000-415_2012-23012013.pdf)
- [8] IB filtr – Air filtration. [online]. [cit. 2013-03-29]. Dostupné z: <http://www.ibfiltr.cz/tabulka-filtracnich-trid.php>