

Ústav hygieny a epidemiologie
1. lékařské fakulty University Karlovy v Praze
Studničkova 7
Praha 2, 128 00

Přednosta ústavu: prof. MUDr. Vladimír Bencko, DrSc.

Vedoucí práce: MUDr. Miriam Schejbalová

Sterilizátory a jejich nejčastější provozní závady

Sterilization machines and their most trequent operating defe

VYPRACOVAL: Radek Slanička, student III. ročníku oboru

Zdravotnická technika

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci zpracoval samostatně. Zdroje informací, ze kterých jsem čerpala, jsou uvedené v seznamu použité literatury.

.....

datum

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval za spolupráci se společností SDT Servis jmenovitě panu majiteli Janu Kučerovi, jeho synovi Martinu Kučerovi a panu Jiřímu Bauerovi. Všichni tito pracovníci se mi i přes značné časové vytížení věnovali s maximální ochotou a úsilím. Jejich informace nasbírané letitou praxí právě v oboru opravárenství sterilizační techniky byly pro mou práci klíčové a nenahraditelné. Zároveň bych rád poděkoval i za zapůjčení firemní literatury a servisních manuálů k jednotlivým typům přístrojů, společně s možností pořízení fotodokumentace konkrétních defektů a součástí sterilizátorů vůbec.

Dále bych rád poděkoval asistentce ochrany veřejného zdraví Oddělení ústavní hygieny Všeobecné fakultní nemocnice v Praze paní Ivaně Baláčkové. Nejen že mi zprostředkovala kontakt se společností SDT Servis, ale byla ochotná mi i vysvětlit problematiku kontroly sterilizátorů a zapůjčila mi testy používané při kontrolách. Díky její ochotě jsem měl možnost nahlédnout do osobní dokumentace týkající se evidence sterilizačních přístrojů ve Všeobecné fakultní nemocnici v Praze.

V neposlední řadě patří mé poděkování paní asistentce MUDr. Miriam Schejbalové z Ústavu hygieny a epidemiologie za dohled a vedení mé bakalářské práce a za zaštitění se za mou osobu svým jménem.

ABSTRAKT

Základní konstrukční řešení sterilizačních přístrojů se rozlišují na horkovzdušné, parní, formaldehydové či ethylenoxidové a plazmové. Každý z těchto typů má své specifické nároky na údržbu, provoz, vhodnost použití pro různé druhy materiálů a závadovost. Právě ta je hlavním předmětem mé bakalářské práce. Průměrný věk sterilizátorů běžně používaných v ČR je velmi vysoký.

Co se nejčastějších závad na sterilizátorech týká, u starších modelů z let 70. a 80. se kromě poruch na těsněních a těsnosti vůbec vyskytují i další provozní problémy, jako např. defekty trsky, časovače, triaku, ulomení základové desky zámku, uvolnění závěsného aparátu vnitřní komory, poškození teploměru, vývěvy, ventilů ať už seleneidových či pružinových, hlídacích elektrod, elektroinstalace atd. Obecně lze však říci, že starší přístroje jsou poruchovější, než novější modely, avšak často bývají opravy jednodušší a méně finančně nákladné. V žádném případě to ale neznamená, že by byly sterilizátory i přes své stáří méněcenné než moderní modely, nebo dokonce nefunkční.

Oproti tomu novější modely přístrojů z let 90. a pozdějších jsou poruchové méně. Nicméně opravy bývají zpravidla nákladnější. Kromě závad na elektroinstalaci se u novějších modelů vyskytují hlavně poruchy těsnosti a těsnících členů všech druhů.

Výhody novějších modelů sterilizátorů jsou nesporné a do budoucna by jejich zavádění měla urychlit i potřeba sterilizovat zcela nové druhy materiálů a součástí.

SELECTIVE ABSTRACT

Basic sterilization machine design concepts divide into hot-air, steam, formaldehyde, ethyl-oxide and plasma construction. Each of these types has its specific demands on maintaining, running, and utilization suitability for different kinds of materials and machine fault rate. The main theme of my Bachelor's work is already this indicator. The average age of sterilizers in common use is very high in the Czech Republic.

Related to the most frequent sterilizer defects, except faults in sealing and tightness at all also other operational problems occur by the older models from seventies and eighties, such as timer or triac defects, abruption of the lock base plate, unlocking of internal chamber suspension equipment, impairment of thermometer, vacuum pump, valves whether solenoid or spring, watch electrodes, wiring system etc. However, generally it is possible to say, that older machines are more defective than younger models, but the reparations use to be simpler and less costly. Absolutely it does not mean, that sterilizers despite their age would be deficient than modern models or even functionless.

Compared to newer machine models from nineties and further years are less defective. Nevertheless the reparations generally use to be costlier. Except the wiring system defects, mainly faults of tightness and sealing members all types occur by newer models.

Advantages of newer sterilizer models are indisputable and into the future their implementing should put forward also a need of sterilization of unprecedented kinds of materials and components.

OBSAH:

1. ÚVOD.....	3
1.1 Sterilizace:	3
1.2 Dezinfekce:.....	3
1.3 Vyšší stupeň dezinfekce:.....	3
1.4 Předsterilizační příprava.....	3
1.5 Sterilizace fyzikální	4
1.6 Sterilizace chemická	4
1.7 Sterilizace radiační.....	5
1.8 Obaly.....	5
2. PROVOZ STERILIZÁTORŮ.....	7
2.1 Horkovzdušné sterilizátory	7
2.1.1 Funkce vysoušení materiálu:	7
2.1.2 Čištění a dekontaminace přístroje:	7
2.2 Parní sterilizátory.....	8
2.2.1 Kategorie parních sterilizačních přístrojů	9
2.2.2 Sterilizace jednotlivých druhů materiálů.....	10
2.2.3 Vakuový test:	12
2.3 Formaldehydové sterilizátory.....	12
2.3.1 Popis sterilizačního programu	13
2.3.2 Odplynění (vyvětrání):	14
2.3.3 Skladování aktivního roztoku formaldehydu	14
2.3.4 Vakuový test.....	14
2.4 Plazmové sterilizátory.....	15
3. KONTROLA STERILIZACE	16
3.1 Dokumentace sterilizace	16
3.2 Monitorování sterilizačního cyklu.....	16
3.3 Kontrola účinnosti sterilizačních přístrojů	17
4. METODIKA PRÁCE	19
5. NEJČASTĚJŠÍ PROVOZNÍ ZÁVADY STERILIZÁTORŮ	21
5.1 Vadné těsnění dveří	23
5.2 Vadné těsnění v rozvodné síti sterilizátoru	26
5.3 Uvolnění vnitřní komory.....	27
5.4 Vadný časovač.....	27
5.5 Vadná trska.....	28
5.6 Vadný triak	30
5.7 Ulomení zámku.....	32
5.8 Poškození teploměru	33
5.9 Poškození vývěvy	33

5.10 Poškození pružinových ventilů.....	34
5.11 Poškození seleneidových ventilů	34
5.12 Závada na elektroinstalaci	35
5.13 Závada hlídacích elektrod	36
5.14 Negativní výsledek vakuového testu	37
6. NÁVRH VLASTNÍCH ŘEŠENÍ.....	38
6.1 Závady na těsnění	38
6.2 Uchycení vnitřní komory	38
6.3 Tepelná pojistka.....	39
6.4 Hlavní vypínač přístroje.....	39
6.5 Náhrada triaku	40
6.6 Zámek.....	40
6.7 Teploměr	41
6.8 Hlídací elektrody	41
7. DISKUZE.....	42
8. ZÁVĚR.....	45
9. PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY.....	46

1. ÚVOD

1.1 Sterilizace:

Sterilizací je proces, který vede k usmrcování všech mikroorganismů schopných rozmnožování, včetně spór, k nezvratné inaktivaci virů a usmrcení zdravotně významných červů a jejich vajíček.(2,7)

1.2 Dezinfekce:

Dezinfekcí je soubor opatření ke zneškodňování mikroorganismů pomocí fyzikálních, chemických nebo kombinovaných postupů, které mají přerušit cestu nákazy od zdroje ke vnímavé fyzické osobě. (2,7)

1.3 Vyšší stupeň dezinfekce:

Vyšším stupněm dezinfekce jsou postupy, které zaručují usmrcení bakterií, virů, mikroskopických hub a některých bakteriálních spór, nezaručují však usmrcení ostatních mikroorganismů (například vysoce rezistentních spór) a vývojových stadií zdravotně významných červů a jejich vajíček. (2,7)

1.4 Předsterilizační příprava

Předsterilizační příprava je soubor činností, předcházející vlastní sterilizaci, jehož výsledkem je čistý, suchý, funkční a zabalený zdravotnický prostředek určený ke sterilizaci. Všechny použité nástroje a pomůcky se považují za kontaminované. Jsou-li určeny k opakovanému použití, dekontaminují se ihned po použití v myčkách nebo ručně.

V myčkách probíhá očista v kyselém, alkalickém nebo enzymatickém prostředí. Dezinfekce je provedena termicky při teplotě 90 °C a vyšší po dobu 10 min nebo termochemicky s použitím předepsaného dezinfekčního prostředku při teplotě 60 °C po dobu 20 min. Pokud se prokáže účinnost a vhodnost jiných parametrů pro provoz myček, používají se za podmínek stanovených orgány ochrany veřejného zdraví. Průběžná kontrola účinnosti mycího a dezinfekčního procesu v myčkách se provádí pravidelně pomocí fyzikálních nebo chemických testů nebo bioindikátorů, dle návodu

výrobce, minimálně jedenkrát týdně. Obsluha myčky na ukazatelích sleduje, zda mycí a dezinfekční cyklus probíhá dle zvoleného programu. Ruční mytí nástrojů a pomůcek probíhá až po jejich dezinfekci v prostředku s virucidní účinností. Přípravky a postupy pro dezinfekci a mytí se volí tak, aby nepoškozovaly ošetřovaný materiál. Oplach vodou odstraní případná rezidua použitých látek. Čištění ultrazvukem frekvence 35 kHz se používá k doplnění očisty po předchozím ručním nebo strojovém mytí a dezinfekci. Po provedeném mytí se nástroje nebo pomůcky před zabalením důkladně osuší, pak prohlédnou a poškozené vyřadí. Řádné vysušení je důležitým předpokladem požadovaného účinku každého sterilizačního způsobu.

Poslední fází předsterilizační přípravy je vložení předmětů určených ke sterilizaci do vhodných obalů, které je chrání před mikrobiální kontaminací po sterilizaci. Materiál se do sterilizační komory ukládá tak, aby se umožnilo co nejsnazší pronikání sterilizačního média. Při sterilizaci se komora zaplňuje pouze do 3/4 objemu a materiál se ukládá tak, aby se nedotýkal stěn. Plnění je shodné pro všechny typy sterilizace. (1,7)

1.5 Sterilizace fyzikální

Základem fyzikální sterilizace je použití vlhkého či suchého tepla. Rozhodujícími faktory, které určují účinnost, jsou doba působení tepla na sterilizovaný materiál a výše dosažené teploty. Obecně platí, že čím kratší je doba působení tepla (expoziční doba), tím vyšší musí být průběžná teplota a naopak. Vlhké teplo působí při stejné teplotě mnohem účinněji než teplo suché.(1,6)

1.6 Sterilizace chemická

Je určena pro materiál, který nelze sterilizovat fyzikálními způsoby. Sterilizačním médiem jsou plyny předepsaného složení a koncentrace. Sterilizace probíhá v přístrojích za stanoveného přetlaku nebo podtlaku při teplotě do 80 °C. Pracuje-li přístroj v podtlaku, zavzdušnění komory na konci sterilizačního cyklu probíhá přes antibakteriální filtr. Přístroje jsou vybaveny programem kontrolujícím jeho těsnost před každým sterilizačním cyklem. Po sterilizaci se materiál odvětrává ve zvláštních skříních (aerátorech) nebo alespoň ve vyčleněném uzavřeném dobře odvětrávaném prostoru. Doba odvětrávání záleží na době a kvalitě fáze proplachovací po skončení sterilizační expozice, na druhu sterilizačního média sterilizovaného materiálu, na teplotě a na technickém vybavení odvětrávacího prostoru. Při nové výstavbě se chemická sterilizace

stavebně odděluje od sterilizace fyzikální, ve stávajících objektech by měla být oddělena alespoň čistá strana.

tabulka č.1. Přehled sterilizačních médií:

- a) Sterilizace formaldehydem - je založena na působení plynné směsi formaldehydu s vodní párou při teplotě 60 až 80 °C v podtlaku při parametrech stanovených výrobcem.
- b) Sterilizace ethylenoxidem - je založena na působení ethylenoxidu v podtlaku nebo přetlaku při teplotě 37 až 55 °C při parametrech stanovených výrobcem. Postupuje se podle ČSN EN 550.
- c) Pokud se prokáže účinnost a použitelnost jiných způsobů sterilizace, používají se za podmínek stanovených orgánem státního zdravotního dozoru.

(1,6)

1.7 Sterilizace radiační

Účinek vyvolává gama záření v dávce 25 kGy. Používá se při průmyslové výrobě sterilního jednorázového materiálu, případně ke sterilizaci exspirovaného zdravotnického materiálu. Postupuje se podle ČSN EN 552.(6)

1.8 Obaly

Obaly slouží k ochraně vysterilizovaných předmětů před sekundární kontaminací až do jejich použití (ČSN EN 868). Jednorázové obaly papírové, polyamidové a kombinované papír - fólie a jiné vždy opatřené procesovým testem se zatavují svárem širokým alespoň 8 mm nebo 2 x 3 mm, není-li vzdálenost svárů od sebe větší než 5 mm nebo lepením originálního spoje na obalu. Materiál do přřezů se balí standardním způsobem a přelepí se páskou s procesovým testem. Obal s vysterilizovaným materiálem se označuje datem sterilizace, datem expirace vysterilizovaného materiálu a kódem pracovníka odpovídajícího také za neporušenost obalu a kontrolu procesového testu. Pevné, opakovaně používané sterilizační obaly jsou kazety a kontejnery, které jsou výrobcem označeny jako zdravotnický prostředek. Na každý pevný sterilizační obal je nutno umístit procesový test.

Primární obal (jednotkový) - ČSN EN 868-1/3.8: utěsněný nebo uzavřený systém obalu, který vytváří mikrobiální bariéru uzavírající zdravotnický prostředek.

Sekundární obal - ČSN EN 868-1/3.11: obal obsahující jeden nebo více zdravotnických prostředků, z nichž každý je zabalen ve svém primárním obalu.

SKLADOVÁNÍ A TRANSPORT VYSTERILIZOVANÉHO MATERIÁLU:

Obaly s vysterilizovaným materiálem se skladují v odděleních centrální sterilizace a ve sterilizačních centrech v aseptickém prostoru nejlépe v uzavřených skříních. Na klinikách a dalších odděleních se skladuje buď volně s krátkou expirační dobou nebo s delší expirací chráněn před prachem v uzavřené skříně, skladovacím kontejneru, zásuvce nebo v dalším obalu. Pro dlouhodobou expiraci se použije dvojitý obal, který se po sterilizaci vkládá do uzavíratelného skladovacího obalu. Pro skladování vysterilizovaného materiálu se doporučuje teplota 15 až 25 °C a 40 až 60 % relativní vlhkost vzduchu.

Obaly s vysterilizovaným materiálem se převáží v uzavřených přepravkách nebo skříních, aby byly chráněny před poškozením a znečištěním. Přepravní obal (transportní) - ČSN EN 868-1/3.14: obal obsahující jednu nebo více jednotek primárních a/nebo sekundárních obalů určených k poskytnutí potřebné ochrany při dopravě a skladování.(6)

2. PROVOZ STERILIZÁTORŮ

2.1 Horkovzdušné sterilizátory

Je určena pro předměty z kovu, skla, porcelánu, keramiky a kameniny. Horkovzdušná sterilizace se provádí v přístrojích s nucenou cirkulací vzduchu při parametrech:

160 °C po dobu 60 min

170 °C po dobu 30 min

180 °C po dobu 20 min

Horkovzdušný sterilizátor se po skončení sterilizačního cyklu otevírá až po zchladnutí alespoň na 80 °C. Přístroj má vestavěný teploměr spřažený s časovým ovladačem, který odměřuje sterilizační expozici až po dosažení nastavené teploty. Odchylka skutečné teploty ve sterilizačním prostoru od nastavené se v průběhu sterilizační expozice pohybuje v rozmezí -1 °C +5 °C.(6)

2.1.1 Funkce vysoušení materiálu:

Horkovzdušné sterilizátory mají krom vlastní funkce sterilizace i program určený k vysoušení vkládaného materiálu. K tomu slouží vzduchový rozvod se vzduchovými klapkami (výfuková a u některých přístrojů i sací), které se otevrou právě pouze v tomto režimu. Při normálním sterilizačním procesu musí být nejenom uzavřené, ale i hermeticky těsné, aby tudy neunikal horký vzduch z komory. Při provozu přístrojů s otevřenou vzduchovou klapkou a není-li právě vysoušen vlhký materiál, zvyšuje se zbytečně spotřeba elektrické energie a navíc se nemusí v komoře dosáhnout maximálních teplot.

2.1.2 Čištění a dekontaminace přístroje:

Čištění se provádí zásadně po vychladnutí přístroje a po odpojení síťové šňůry z elektrické sítě. Vnitřní stěny komory i povrch přístroje čistíme vodou a saponátem, popř. vhodnými chemickými prostředky. Abrázivní čisticí prostředky mohou způsobit

poškrábání plechů. Pokud chceme očistit i vnější plášť komory, vyjmeme vnitřní stěny komory.

V případě úniku kontaminovaného materiálu do komory přístroje je uživatel odpovědný za řádné provedení dekontaminace všech kontaminovaných ploch vhodným a schváleným dezinfekčním prostředkem.(3)

2.2 Parní sterilizátory

Sterilizace vlhkým teplem v parních přístrojích je vhodná pro předměty z kovu, skla, porcelánu, keramiky, textilu, gumy, plastů a dalších materiálů odolných k těmto parametrům sterilizace.

tabulka č.2. Přehled expozičních dob v parní sterilizaci (4)

teplota [°C]	tlak		přetlak [atm]	expoziční doba [min]
	atm	kPa		
112	1,5	150	0,5	40
115	1,7	170	0,7	30
121	2,0	200	1,0	20
126	2,4	240	1,4	15
134	3,0	300	2,0	10

V přístrojích, kde se provádí vakuový a Bowie Dick test a které dosahují ve fázi odvzdušňování podtlaku alespoň -87 kPa, se nebalené kovové nástroje k okamžitému použití sterilizují při teplotě 134 °C po dobu 4 min. Tento způsob se nepoužívá v centrálních sterilizacích.

V přístrojích, kde se automaticky provádí vakuový a Bowie-Dick test a které dosahují ve fázi odvzdušňování podtlaku alespoň -87 kPa, lze při teplotě 134 °C snížit expoziční dobu na 7 minut pro materiál v obalu. Pro inaktivaci prionů se používá teplota 134 °C po dobu 60 min.

Sterilizace vlhkým teplem se řídí ČSN EN 554 "Sterilizace zdravotnických prostředků validace a pravidelná kontrola sterilizace vlhkým teplem". Uvedená norma určuje požadavky na kvalifikaci personálu, technické vybavení přístroje, kvalitu sterilizačního média, sterilizovaný materiál, sterilizační proces, zkušební přístroje, údržbu, validaci a revalidaci. Parní sterilizátory musí být vybaveny antibakteriálním

filtrem. Výjimku lze připustit u malých stolních sterilizátorů kategorie N. Filtr se pravidelně obměňuje.

Ke sterilizaci zdravotnických prostředků se smí používat pouze sterilizační přístroje za podmínek stanovených pro zdravotnické prostředky. Sterilizační jednotka (STJ) je kvádr o rozměrech 300 mm x 300 mm x 600 mm. Tlakem [kPa, bar] se rozumí tlak absolutní, vztažený k vakuu (tj. normální atmosférický tlak činí 100 kPa, 1 bar). Sytá pára je vodní pára, jejíž teplota a tlak přesně odpovídají křivce sytosti páry.(6)

2.2.1 Kategorie parních sterilizačních přístrojů

A) Přístroje do 1 sterilizační jednotky (1 sterilizační jednotka = 54 l):

1. Přístroje označené N slouží pouze ke sterilizaci nebalených nástrojů bez dutin. Nepoužívají se pro porézní materiál. Tyto přístroje mají alespoň teploměr nebo tlakoměr.

2. Přístroje označené B jsou vybaveny vývěvou odsávající vzduch před sterilizační expozicí. Lze v nich sterilizovat nebalený i balený materiál, který snáší provozní teploty. Tyto přístroje mají teploměr a tlakoměr a umožňují provedení vakuového a Bowie-Dick testu.

3. Přístroje označené S se používají pouze pro sterilizaci produktů uváděných výrobcem sterilizátoru.

B) Přístroje větší než 1 sterilizační jednotka:

Přístroje s komorou větší než 1 sterilizační jednotka, s vývinem páry mimo komoru, vytápěným pláštěm a vývěvou, umožňující přerušované odsávání vzduchu před sterilizační expozicí.

Sterilizační cyklus v těchto přístrojích probíhá automaticky podle zvoleného programu. Přístroje mají vestavěný teploměr a tlakoměr s čidly nezávislými na čidlech regulačních a možnost hodnoty registrovat, příp. vytisknout a mají program k provedení vakuového a Bowie-Dick testu. V přístrojích této kategorie se sterilizuje balený i nebalený materiál.(6)

2.2.2 Sterilizace jednotlivých druhů materiálů

TEXTIL:

Složený textil spotřebuje při nahřátí velké množství tepelné energie. Vlivem velkého odporu proudění je ve složených textiliích zadržován vzduch. Proto se má ve sterilizační komoře horizontálně uspořádaný textil sterilizovat pouze s frakčním průběhem vakua. Při vertikálně složeném textilu je odstranění vzduchu z prostoru mezi jednotlivými textilními díly podstatně jednodušší. Textilie nesmí být vzájemně stlačeny, rovněž tak uložení ve sterilizačním kontejneru musí být volné. Normálně balené textilie mají měrnou hmotnost cca 0,11kg/l což odpovídá cca 5-6 kg/STE.

NÁSTROJE:

Při nahřívání těžkých nástrojů vzniká na jejich povrchu velké množství kondenzátu, který skapává dolů a zvlhčuje tak materiál, který je umístěn ve spodní části sterilizační komory. Těžké nástroje je tedy výhodné ukládat do komory na spodní síta. Množství kondenzátu je podstatně závislé na charakteru a hmotnosti vlastních nástrojů. Kloubové nástroje mají být před vložením do komory otevřeny nebo rozebrány, čímž se usnadní odvod zbytkového vzduchu a kondenzátu z různých těžko přístupných částí. Vzájemně spojené nástroje nebo jejich části mají úzké spáry, které se při parní sterilizaci velmi rychle zaplňují kondenzátem. Tepelná energie naakumulovaná v nástroji je předávána i v místě spáry na tento kondenzát, který se ohřívá na sterilizační teplotu. Tento proces však vyžaduje podstatně delší čas, než přímý ohřev kondenzující sytou vodní parou.

GUMOVÝ MATERIÁL:

Guma je v principu těsnicí materiál. Sterility gumových dílů lze dosáhnout, pokud jednotlivé plochy zůstanou od sebe odděleny. Gumové zástěry nebo šátky lze sterilizovat za pomoci silnější textilie vložené mezi plochy gumového materiálu. Textilie zde napomáhá průniku páry. Aby se gumový materiál nepoškodil teplem, je sterilizace prováděna při nižší teplotě 121 °C. Po sterilizaci je gumový materiál potřeba co nejdříve vyjmout z horké sterilizační komory.

ZVLÁŠTNÍ MATERIÁL:

Tlustostěnné hadice- vytváří se v nich velké množství kondenzátu. Pokud tyto hadice neleží ve vodorovné rovině, soustřeďuje se kondenzát v nejnižší položené části hadice. Hluboké dutiny v katétrech a některých nástrojích je velmi obtížné odvodušnit. Také při sterilizaci plochých částí nástrojů, mezi nimiž je malá vzdálenost, zůstává velké množství zbytkového vzduchu a kondenzátu. Zmíněné části a dutá tělesa je nutno opět sterilizovat s frakčními vakuovými předcykly s dostatečnou dobou sterilizační expozice.

Misky, které jsou v komoře vyrovnány na sebe- je nutno zabezpečit vložení dostatečně silné textilní vrstvy mezi jednotlivé misky vyhovující odvedení zbytkového vzduchu a tím ulehčení přístupu páry. Misky na sebe položené, bez textilní podložky, je vlivem kondenzace páry velmi obtížné od sebe po sterilizaci oddělit. Předměty miskového nebo lžicového tvaru je třeba otočit ústím dolů.

Nádobky s víky- či jiné nádobky bez otevřených propustí se mohou vlivem střídavého působení tlaku páry a vakua zdeformovat, nebo mohou být nesterilní. Takové předměty nejsou pro parní sterilizaci vhodné.

Prázdné láhve- doporučují se sterilizovat otočené dnem vzhůru v programu 121 °C. V opačném případě kondenzát, který se usazuje při sterilizaci na dně prázdné lahve, se při sušení ve vakuu ochlazuje velmi rychle. Přitom vzniká ve skle velké tepelné pnutí, které může způsobit prasknutí dna zmíněné lahve. Láhve se zásadně nedoporučuje pokládat celoplošně na kovový podklad.

Silikonové protézy, endoskopy- je možné sterilizovat v syté vodní páře dle pokynů jejich výrobce.

Dutá tělesa a tělesa s netěsnými uzávěry- lze je sterilizovat pomocí páry jen v případě, že ve vnitřním prostoru tohoto tělesa je dostatečné množství vody. Ohřátá stěna ve styku s vodou způsobuje odpařování ve vnitřním prostoru tělesa, je však nutno zohlednit čas k vyrovnání teplot.

Roztoky v otevřených lahvích- lze je sterilizovat dle zvláštního programu, který je u většiny přístrojů dodáván jako přídatné vybavení (additivum). Tento program má specifický průběh a teplota ve sterilizovaném roztoku je snímána pohyblivým čidlem. Roztoky v uzavřených lahvích se sterilizovat nesmí.(3,4)

2.2.3 Vakuový test:

Pro úspěšné provedení sterilizace a tím zaručení bezpečnosti, že jsou všechny zárodky usmrceny, je prvním předpokladem vypuzení vzduchu ze sterilizační komory a především z materiálu určeného ke sterilizaci. V opačném případě by vzduch tvořil uvnitř porézního materiálu „vzduchová hnízda“, ve kterých, s ohledem na špatnou tepelnou vodivost vzduchu, by nebylo možné dosáhnout potřebné sterilizační teploty. K prokázání těsnosti za vakua je programové řízení vybaveno vakuovým testem. Tím je sterilizační komora podrobována kontrole těsnosti. test probíhá následovně: Komora je evakuována, následuje vyrovnávací fáze v délce 5 min a pak následuje vlastní doba vakuového testu v délce 10 min. Naroste-li tlak během doby testu méně, než činí přípustné toleranční rozmezí, pak zařízení z hlediska těsnosti vyhovuje. Naroste-li během testu tlak více, než činí přípustné toleranční rozmezí, pak testu nebylo vyhověno. V takové chvíli se automaticky přeruší celý sterilizační cyklus a na displeji se objeví chybové hlášení. Vakuový test musí být opakován a pokud těsnost zařízení nevyhovuje ani podruhé, je nutné sterilizátor odstavit z provozu.(3,4)

2.3 Formaldehydové sterilizátory

Sterilizace pomocí formaldehydu se provádí tak, že do komory, v níž jsou uskladněny předměty určené ke sterilizaci se přivede plynný formaldehyd resp. jeho výpary. Vlastnímu napuštění komory plynem předchází evakuační fáze, při níž se v komoře vytvoří vakuum. Provozní teploty činí od 60 až 80 °C, čímž je možné sterilizovat touto metodou optimálním způsobem termolabilní látky, aniž by se tím poškodily. Toto není jinak běžnými způsoby sterilizace (parní nebo horkovzdušná sterilizace) možné provádět. Plynová sterilizace je však spojena s větším rizikem. Podle platných českých předpisů se smí používat pouze na takové předměty, které parní nebo horkovzdušná sterilizace nesnášejí.

Formaldehyd je ostře štiplavý plyn při pokojové teplotě bezbarvý se silnými baktericidními a virucidními účinky, který se snadno vypařuje ze stabilizačního roztoku (formalin) nebo z paraformaldehydových tabletek. Působí pouze povrchově, nemá penetrační účinky. Aktivní roztok používaný pro sterilizaci je 3 % roztok formaldehydu (stabilizovaný).

Pro vkládání předmětů určených ke sterilizaci ve formaldehydových parách platí díky možné tvorbě kondenzátu stejná pravidla jako pro sterilizaci parou vodní viz. kapitola 2.2.2.(5)

2.3.1 Popis sterilizačního programu

Samotnému spuštění sterilizačního programu musí samozřejmě předcházet úspěšný vakuový test. Další fáze jsou následující:

- odvětrání - odsátí formaldehydového roztoku a destilované vody z lahví s provozními prostředky do odpařovače. Nakonec se sterilizační komora ještě jednou evakuuje a odpařovače se zahřejí
- frakcionace párou- vícenásobné napouštění vodní páry do komory až po stanovený tlak, střídavě s evakuací komory za účelem odstranění vzduchu, ohřevu a zvlhčení sterilizovaného materiálu
- frakcionace s přidáváním formaldehydu- několikanásobné napouštění komory směsí formaldehyd - vodní pára až do určitého tlaku střídavě s evakuací komory. Tím se umožní optimální přísun aktivního plynu, především do úzkých dutin sterilizovaného materiálu. Jedná se o frakcionaci se směsí formaldehyd - vodní pára.
- frakcionace s přidáváním formaldehydu- podobně jako výše uvedený postup, jen se změněnými tlakovými body
- sterilizace - program probíhá po pevně nastavenou dobu sterilizace
- propláchnutí - vícenásobná frakcionace vodní párou střídavě s evakuací komory za účelem odstranění formaldehydu
- zavzdušňování - několikanásobná frakcionace vzduchem se střídavou evakuací komory. Zavzdušnění komory sterilním, filtrovaným vzduchem se provádí až do vyrovnání vnitřního tlaku s vnějším, atmosférickým. Fáze zavzdušnění slouží k vysušení sterilizovaného materiálu a zároveň k odstranění zbytků formaldehydu z materiálu.
- nucené odplynění - evakuace komory s následnou prodlevou, pak zavzdušnění a opět prodleva. Tento průběh programu se opakuje až po uplynutí naprogramované minimální doby odplynění v délce 1 hod a slouží k ochraně obslužného personálu.(3,5)

2.3.2 Odplynění (vyvětrání):

Doba trvání odplynění závisí na mnoha faktorech, jako jsou např. způsob složení materiálu určeného ke sterilizaci, způsob sterilizace, druh obalu, materiál obalu. účel použití. Obalový materiál může absorbovat formaldehyd, který je pak odevzdáván do vzduchu v místnosti. Je třeba se postarat o dostatečné větrání tak, aby přípustná hodnota koncentrace formaldehydu v prostoru skladovací místnosti nebyla překročena. Maximální doba skladování závisí z velké části na podmínkách skladování. Podle DIN 58 953, u sterilizovaného jednoduchého balení uloženého v regálech, činí maximální doba skladování 24 hod, nachází-li se sterilizační zařízení v bezprostřední blízkosti uživatele. U vysterilizovaného dvojitého balení platí doba skladování 2 týdny v regálech a 2 až 12 týdnů při skladování ve skříních. Pro zvlášť dlouhou dobu skladování- až do 3 roků ve skříních- se používá dvojitě balení s přídatnou fóliovou ochranou.(5)

2.3.3 Skladování aktivního roztoku formaldehydu

Roztok formaldehydu se podle DIN 58 948, musí skladovat při teplotách v rozmezí od 10 do 25 °C pod uzávěrem. Použitím vhodného způsobu větrání je nutné zajistit, aby koncentrace na pracovišti nepřekročila povolenou maximální hodnotu.(5)

2.3.4 Vakuový test

Pro úspěšnou sterilizaci je předpokladem odstranění vzduchu ze sterilizační komory a především ze sterilizovaného materiálu. Vzduch jinak tvoří uvnitř sterilizovaného materiálu „vzduchová hnízda“. Tato hnízda zabraňují přístupu páry, která se používá pro ohřev a zvlhčení materiálu, takže při účinku plynu na nedostatečně zvlhčený (kondiciovaný) materiál nelze zaručit stoprocentní sterilizaci. Optimálního odstranění vzduchu se dosáhne vícenásobnou evakuací a prouděním páry. Proto musí sterilizační zařízení pracovat s vakuem. Pro kontrolu vakuové těsnosti provádí program vakuový test. Sterilizační komora včetně připojeného potrubí je podrobena kontrole těsnosti. Tento test je prováděn samočinně před začátkem každého průběhu programu.

U všech programů je vakuový test prováděn ve dvou stupních:

1. sterilizační komora je evakuována na tlak 50 bar a následuje zkušební doba v délce 5 min, přičemž na počátku nastavený tlak se nesmí zvyšovat o více než 3 mbar/min.

- sterilizační komora je zavzdušněna až na hodnotu 780 mbar. během navazující testovací doby v délce 10 min se nesmí na počátku nastavený tlak zvyšovat o více než o 3 mbar/min.

Nevzrůstá-li tlak během testovacích fází o více než přípustnou hodnotu, zařízení z hlediska těsnosti vyhovuje. Po úspěšném provedení zkoušky vakuové těsnosti program již automaticky pokračuje dál. Narůstá-li v některé z testovacích fází tlak o více než přípustnou hodnotu, je vakuový test prováděn ještě jednou. Pokud těsnost zařízení nevyhovuje ani podruhé, platí, že podmínky těsnosti nejsou splněny. Tento stav je indikován chybovým hlášením a rozsvícením červené kontrolky. (3,5)

2.4 Plazmové sterilizátory

Sterilizace v plazmovém sterilizátoru využívá plazmy vznikající ve vysokofrekvenčním elektromagnetickém poli, které ve vysokém vakuu působí na páry peroxidu vodíku nebo jiné chemické látky. Sterilizační parametry a podmínky sterilizace, jakož i druhy materiálu, který se tímto způsobem sterilizuje, jsou dány typem přístroje. Plazma se nepoužívá ke sterilizaci porézního materiálu, materiálu obsahujícího buničinu ani materiálu, který snáší vysoké teploty.(6)

3. KONTROLA STERILIZACE

Kontrola sterilizace zahrnuje monitorování sterilizačního cyklu, kontrolu účinnosti sterilizačních přístrojů a kontrolu sterility vysterilizovaného materiálu. O kontrole sterilizace se vede dokumentace procesu sterilizace a záznamy o tom, že prostředek byl vystaven sterilizačnímu procesu. Dokumentace spočívá v záznamu každé sterilizace (druh sterilizovaného materiálu, parametry, datum, jméno a podpis osoby, která sterilizaci provedla včetně písemného vyhodnocení nebiologických systémů).

Kontrolu sterilizace provádějí pověřené osoby.(6)

3.1 Dokumentace sterilizace

Písemnou dokumentaci sterilizace nutno archivovat minimálně 15 let. Úspěšnost sterilizace se dokládá:

- a) zápisem do sterilizačního deníku nebo podepsaným záznamem registračního přístroje nebo podepsaným výstupem z tiskárny,
- b) datovaným písemným vyhodnocením chemického testu sterilizace v každé vsázce,
- c) datovaným písemným vyhodnocením denního Bowie-Dick testu a uložením testu do dokumentace, je-li v programovém vybavení přístroje,
- d) datovaným písemným vyhodnocením vakuového testu, je-li v programovém vybavení přístroje.(6)

3.2 Monitorování sterilizačního cyklu

Osoba zodpovědná za sterilizaci sleduje na zabudovaných měřicích přístrojích, zda sterilizační cyklus probíhá dle zvoleného programu; pro splnění této podmínky nelze provádět sterilizaci po pracovní době, kdy personál není přítomen.

Je-li sterilizátor vybaven zapisovačem nebo tiskárnou, kontroluje zaznamenávané hodnoty a vyhodnocuje je po skončení sterilizačního cyklu.(6)

3.3 Kontrola účinnosti sterilizačních přístrojů

Za kontrolu účinnosti sterilizačních přístrojů odpovídá provozovatel.

KONTROLA SE PROVÁDÍ:

Biologickými systémy (ČSN EN 866)

Používá se biologických indikátorů *Geobacillus stearothermophilus* pro parní, formaldehydové a plazmové sterilizátory a *Bacillus atrophaeus* pro horkovzdušné a ethylenoxidové sterilizátory. Mohou se použít též tzv. zkušební systémy procesu.

1. u nových přístrojů a přístrojů po opravě nebo přemístění před jejich uvedením do provozu
2. ihned při jakékoliv pochybnosti o sterilizační účinnosti přístroje,
3. jedenkrát za měsíc - u sterilizátorů, které jsou umístěny na odděleních centrální sterilizace či sterilizačních centrech a na pracovištích, která sterilizují materiál pro jiná pracoviště
4. u všech ostatních sterilizátorů ne starších 10ti let ode dne výroby nejpozději po 200 sterilizačních cyklech, nejméně však jedenkrát za rok, sterilizátorů starších 10ti let nejpozději po 100 sterilizačních cyklech, nejméně však jedenkrát za půl roku.

Biologické indikátory jsou nosiče naočkované zkušebním mikroorganismem v primárním obalu. Mohou se vyrábět i s kultivační půdou. Zkušebními systémy procesu jsou biologické indikátory vložené do zařízení, které ztěžuje přístup sterilizačního média. Požadavky na biologické systémy pro zkoušení sterilizátorů a sterilizačních postupů jsou stanoveny v ČSN EN 866.

Zkušební systémy procesu a biologické indikátory se používají podle návodu výrobce.

Průkaz sterilizační účinnosti pomocí zkušebních systémů procesu nebo biologických indikátorů se vždy provádí při současném sledování fyzikálních a chemických parametrů sterilizace. Pokud je kterýkoliv parametr mimo stanovenou mez, sterilizační cyklus se vždy hodnotí jako nevyhovující bez ohledu na výsledky zkušebních systémů procesu nebo biologických indikátorů.

Postup při zkoušení účinnosti parních, horkovzdušných a plynových sterilizátorů biologickými indikátory se řídí příslušnou standardní metodikou (Příloha AHEM č. 2/1994). U plazmových sterilizátorů se postupuje stejně jako u plynových.

Nebiologickými systémy (ČSN EN 867)

Tyto testy reagují změnou barvy na podmínky ve sterilizační komoře a odečítají se ihned po dokončení sterilizačního cyklu. Používají se v souladu s návodem k použití jejich výrobce.

Používají se:

1. Bowie-Dick test - je testem správného odvodu páry a pronikavosti páry.
2. Chemické testy procesové - barevnou změnou reagují již jen na přítomnost sterilizačního média. Slouží k rozlišení materiálu připraveného ke sterilizaci a již vsterilizovaného. Tímto testem se označuje každý jednotkový obal.
3. Chemické testy sterilizace - jsou určeny k průkazu splnění všech parametrů sterilizačního cyklu. U parních sterilizátorů do 1 STJ se na každou vsázku používá minimálně jeden takovýto test, od 2 do 5 STJ minimálně dva testy, od 6 do 10 STJ minimálně tři testy a nad 10 STJ minimálně čtyři testy, které se ukládají do míst, kam sterilizační médium nejhůře proniká. U plynových a plazmových sterilizátorů se na každých 10 balení používá jeden chemický test sterilizace. U horkovzdušných sterilizátorů do objemu komory 60 litrů se používá jeden test, nad 60 litrů dva testy, nad 120 litrů tři testy.

Fyzikálními systémy

1. Vakuový test je testem těsnosti přístroje a je zabudován v programovém vybavení přístroje.
2. Aparatury ukazovací nebo zapisovací k měření teploty mají čidla s odporovými teploměry, termistory či termočlánky a (nebo) čidla tlaku a slouží k průběžnému měření těchto veličin během sterilizačního cyklu, popř. ke kontrole vestavěných měřících přístrojů.

Pokud je opakovaně kontrola účinnosti sterilizačního přístroje nevyhovující, provede se technická kontrola přístroje v rozsahu přijímací zkoušky podle ČSN EN 285, ČSN EN 14 180, ČSN EN 14 22, která potvrdí nebo vyvrátí jeho provozní způsobilost.(6)

4. METODIKA PRÁCE

Cílem mé bakalářské práce je co nejlépe zmapovat situaci poruchovosti sterilizátorů, zmínit jejich nejčastější závady, popsat možné důsledky a to jak pro proces sterilizace, tak pro přístroj samotný popř. obsluhující personál a okolí. Dále bych rád zmínil postup oprav popř. návrh možného řešení.

V této části bych rád popsal, jak jsem postupoval ohledně vyhledávání informací a podkladů k této práci. Sterilizátory sice nepatří k nejsofistikovanějším přístrojům ve zdravotnictví, avšak hrají velmi důležitou a nenahraditelnou roli. Při výběru tohoto tématu, které jsem si vymyslel sám, jsem byl ovlivněn studiem střední školy čistě technického charakteru (obor strojírenství na Střední průmyslové škole strojní a elektrotechnické v Liberci).

Po konzultaci svého návrhu bakalářské práce s přednostou Ústavu hygieny a epidemiologie 1.LF UK, profesorem MUDr. Vladimírem Benckem DrSc., jsem na jeho radu vyhledal asistentku MUDr. Miriam Schejbalovou, která souhlasila s mým návrhem a přislíbila mi další spolupráci společně se zaštitěním jakožto vedoucí práce. Na její radu jsem kontaktoval paní asistentku Ivanu Baláčkovou z Oddělení ústavní hygieny Všeobecné fakultní nemocnice v Praze. Asistentka Baláčková mě zasvětila zejména do problematiky kontrol funkčnosti sterilizátorů, jejich stáří atd. Díky ní jsem navázal spolupráci se soukromou firmou SDT Servis pod vedením pana Jana Kučery, kam jsem opakovaně docházel na konzultace, měření, nahlédnutí do firemních záznamů atd. Musím zmínit, že se mi v této firmě i přes častou časovou vytíženost snažili věnovat všichni pracovníci s maximálním úsilím a to jak v popisu poruchovosti, tak i v možnosti např. vyfocení si nejrůznějších součástí, dílů a defektů. Právě verbálně sdělené informace nasbírané letitými zkušenostmi pracovníků firmy SDT Servis ohledně nejčastějších závad sterilizátorů pro mou práci byly zcela nenahraditelné a nezastupitelné, jelikož se v žádné literatuře nevyskytují, a když - tak jen ve velmi omezeném množství. Dalším velmi cenným přínosem byl fakt, že jsem měl možnost přímo se podívat na nejrůznější defekty a defektní součástky sterilizátorů, jelikož jich má firma SDT servis značné zásoby. Neméně důležité pro mě bylo i to, že jsem měl možnost zapůjčit si přímo servisní manuály jednotlivých typů přístrojů, ke kterým bych jinak přístup patrně neměl, a nastudovat je. Krom toho jsem v rámci výuky jakožto

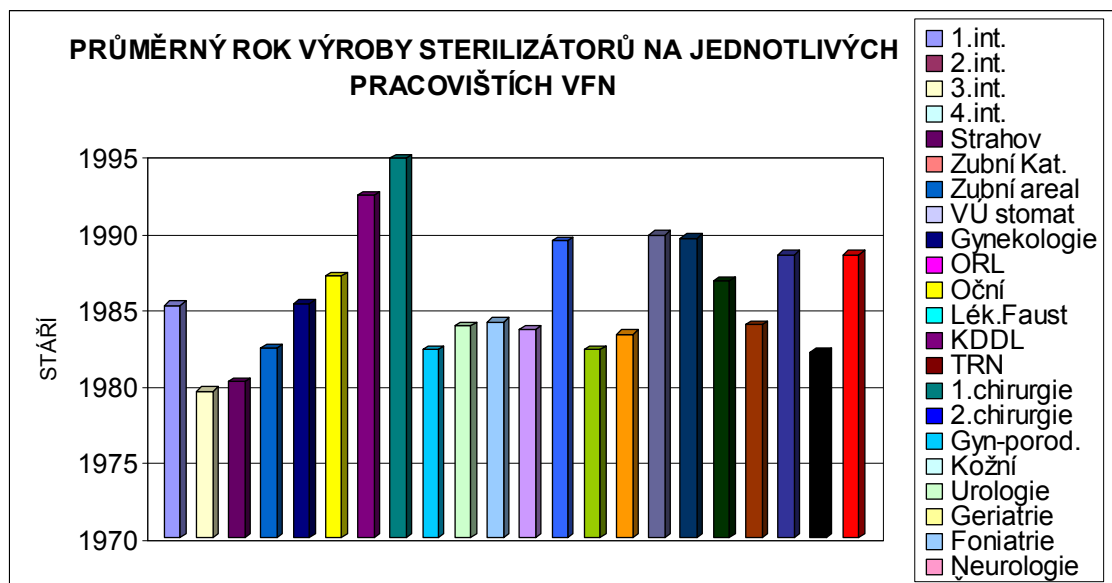
student oboru Zdravotnické techniky měl možnost vstoupit na různá oddělení nemocnic jako je Všeobecná fakultní nemocnice v Praze, Fakultní nemocnice v Motole, Ústřední vojenská nemocnice Praha atd., kde jsem si mohl prohlédnout sterilizační přístroje v praxi a promluvit si i s obsluhujícím personálem.

5. NEJČASTĚJŠÍ PROVOZNÍ ZÁVADY STERILIZÁTORŮ

Sterilizátory, které se v České Republice nejčastěji používají jsou staršího data výroby, tj. pocházejí převážně ze 70., převážně 80 a bohužel jen výjimečně 90. let. minulého století, jak tomu napovídá graf č.1. a tabulka č. 3. Jednotky centrální sterilizace, nebo špičková pracoviště mají pochopitelně nové a sofistikovanější sterilizátory. Oproti tomu zejména na starších pracovištích a v menších ordinacích (např. obvodní lékař, stomatolog...) se poměrně hojně vyskytují, především z ekonomických důvodů, zastaralé sterilizátory ať už horkovzdušné, parní, ale i formaldehydové. Rád bych zde zdůraznil, že tyto sterilizátory nejsou po funkční stránce nijak závadné, nebo méněcenné oproti moderním přístrojům. Sterilizační proces v nich proběhne stejně, jako v těch nejmodernějších, avšak díky stáří je riziko poruchy vyšší, tudíž se musejí častěji kontrolovat popř. seřizovat a opravovat. Dále pochopitelně zaostávají v programovém i technickém vybavení (např. tiskárna atd.), což je náročnější pro obsluhu (kontrola sterilizace a jejího průběhu, záznam dat atd.).

Co se jinak modernějších sterilizátorů týče, krom kompletnějšího přístrojového vybavení, které dává obsluhujícímu personálu vyšší stupeň komfortu např. při zápisu údajů, kontrole apod., jsou pochopitelně podstatně méně poruchové. Závady se však na nich vyskytují také, avšak jsou jiné povahy než u starších modelů a i postupy jejich odstranění se značně liší.

graf č. 1. Přehled sterilizátorů používaných ve Všeobecné fakultní nemocnici v Praze



tabulka č.3. Počet a průměrné stáří sterilizátorů na pracovištích VFN

pracoviště	počet sterilizátorů	stáří sterilizátorů (roky)	pracoviště	počet sterilizátorů	stáří sterilizátorů (roky)
1.int.	9	22,8	Lék. Faust	7	24,4
2.int.	12	28,4	KDDL	12	18,6
3.int.	6	27,8	TRN	4	25,7
4.int.	8	25,6	1.chirurgie	6	24,7
Strahov	3	22,7	2.chirurgie	4	18,2
Zubní Kat.	21	20,9	Gyn-porod.	9	18,4
Zubní areal	5	15,6	Kožní	4	21,2
VÚ stomat	12	13,2	Urologie	15	24,1
Gyneologie	4	25,7	Geriatric	2	19,5
ORL	7	24,2	Foniatric	3	25,9
Oční	19	23,9	Neurologie	2	19,5

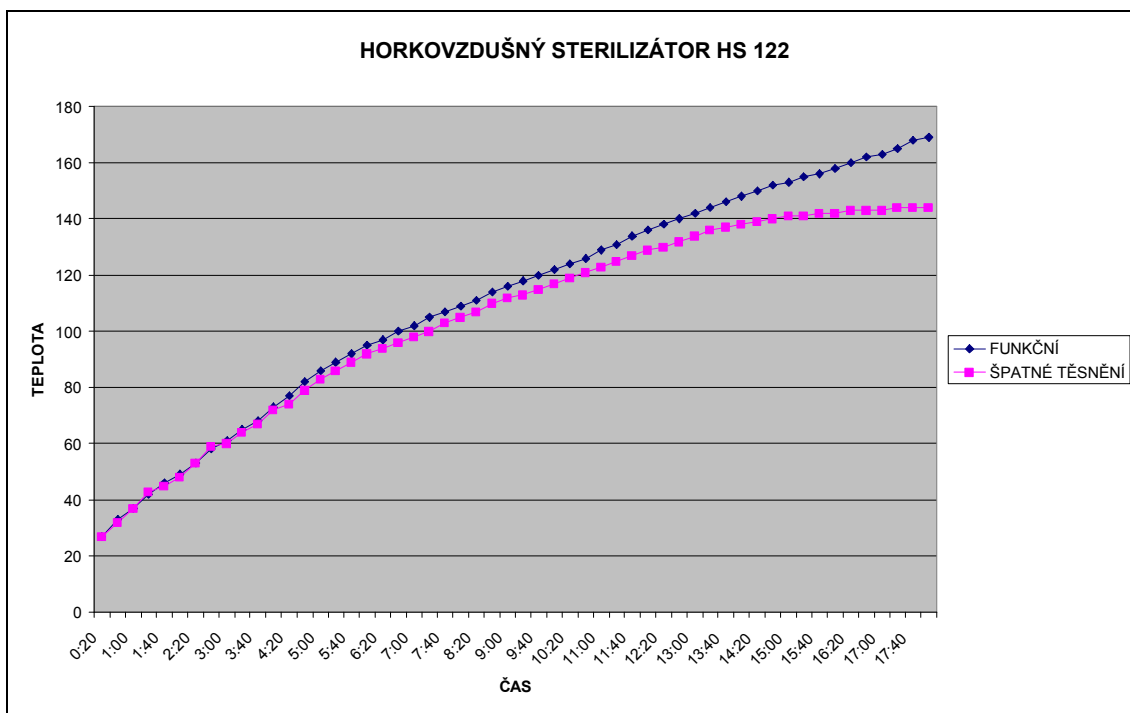
5.1 Vadné těsnění dveří

Těsnění je velmi namáhanou součástí díky vystavení relativně vysokým teplotám v kombinaci s mechanickým namáháním. Např. u horkovzdušných sterilizátorů se jedná zejména o tepelné namáhání, oproti parním či formaldehydovým, kde díky evakuační fázi dochází k poměrně velkému mechanickému namáhání díky vysokým tlakovým výkyvům. Těsnění hraje klíčovou roli právě v těsnosti komory sterilizátoru a při jeho poškození může dojít k celkové dysfunkci sterilizátoru (viz graf č.2), kdy k vlastní funkci sterilizace díky nízké teplotě vůbec nedojde (paradoxně tomu napomáhá i nucená cirkulace vzduchu, která je povinná pro všechny sterilizátory). Právě proto u těchto sterilizátorů probíhá před každým sterilizačním cyklem fáze evakuace, kdy se z komory nejen odsaje přebytečná vlhkost a vzdušný kyslík, ale testuje se právě i těsnost.

V praxi dochází k poškození těsnění několika způsoby. Vlastní mechanické poškození např. při údržbě sterilizátoru či jeho přepravě je spíše vzácné. Mnohem častěji dochází vlivem namáhání a stárnutí ke ztrátě elasticity materiálu, který již není schopen vzdorovat namáhání. Těsnění jakožto celek není tvořeno z jednoho kusu, nýbrž se musí napojovat a to jak u sterilizátorů staršího data výroby, tak u novějších modelů. U parních sterilizátorů tvoří kruh a u horkovzdušných má dokonce tvar obdélníku. Z toho vyplývá, že kritické místo každého těsnění je právě oblast napojení popř. u horkovzdušných sterilizátorů se jedná navíc o rohy. Vlastní lepení těsnění se provádí pod tlakem pomocí silikonového přípravku, jež snese teplotu až 200°C. Stejným materiálem se dají částečně opravovat či kompenzovat defekty např. v rozích. Takto dodatečně přidaný silikon však nemá požadované mechanické vlastnosti materiálu, ze kterého je vlastní těsnění vyrobeno, proto mnohem rychleji degraduje a odlupuje se. Další závadou vyskytující se zejména u starších horkovzdušných sterilizátorů je uvolnění celé vnitřní komory (viz. kapitola 5.3) ze závěsného aparátu pláště, přičemž těsnění je jakožto sekundární závada „vtaženo“ do vnitřní komory sterilizátoru a nedoléhá již v takové míře na dvířka komory. K nedostatečnému přilnutí či přitlačení těsnění může dojít i např. při vyosení závěsného aparátu dvířek, nebo jejich nedostatečnému dovření. Relativně méně často se vyskytují i závady související s uvolněním těsnění z rámu sterilizátoru.

Těsnění jakožto strojní součást má své charakteristické nároky na údržbu, čištění, péči a konzervaci. Právě to má na starosti obsluha sterilizátoru a špatné plnění těchto úkonů má za následek vyšší stupeň opotřebení a tím i kratší dobu životnosti.

graf č.2. Růst teploty v horkovzdušném sterilizátoru HS 122



Naměřená data ke grafu č.2.

**PLNĚ
FUNKČNÍ
STERILIZÁTOR**

číslo měření	čas od začátku	teplota [°C]
1	0:20	27
2	0:40	33
3	1:00	37
4	1:20	42
5	1:40	46
6	2:00	49
7	2:20	53
8	2:40	58
9	3:00	61
10	3:20	65
11	3:40	68
12	4:00	73
13	4:20	77
14	4:40	82
15	5:00	86
16	5:20	89
17	5:40	92
18	6:00	95
19	6:20	97
20	6:40	100

**STERILIZÁTOR
S VADNÝM
TĚSNĚNÍM**

číslo měření	čas od začátku	teplota [°C]
1	0:20	27
2	0:40	32
3	1:00	37
4	1:20	43
5	1:40	45
6	2:00	48
7	2:20	53
8	2:40	59
9	3:00	60
10	3:20	64
11	3:40	67
12	4:00	72
13	4:20	74
14	4:40	79
15	5:00	83
16	5:20	86
17	5:40	89
18	6:00	92
19	6:20	94
20	6:40	96

21	7:00	102
22	7:20	105
23	7:40	107
24	8:00	109
25	8:20	111
26	8:40	114
27	9:00	116
28	9:20	118
29	9:40	120
30	10:00	122
31	10:20	124
32	10:40	126
33	11:00	129
34	11:20	131
35	11:40	134
36	12:00	136
37	12:20	138
38	12:40	140
39	13:00	142
40	13:20	144
41	13:40	146
42	14:00	148
43	14:20	150
44	14:40	152
45	15:00	153
46	15:20	155
47	15:40	156
48	16:00	158
49	16:20	160
50	16:40	162
51	17:00	163
52	17:20	165
53	17:40	168
54	18:00	169

21	7:00	98
22	7:20	100
23	7:40	103
24	8:00	105
25	8:20	107
26	8:40	110
27	9:00	112
28	9:20	113
29	9:40	115
30	10:00	117
31	10:20	119
32	10:40	121
33	11:00	123
34	11:20	125
35	11:40	127
36	12:00	129
37	12:20	130
38	12:40	132
39	13:00	134
40	13:20	136
41	13:40	137
42	14:00	138
43	14:20	139
44	14:40	140
45	15:00	141
46	15:20	141
47	15:40	142
48	16:00	142
49	16:20	143
50	16:40	143
51	17:00	143
52	17:20	144
53	17:40	144
54	18:00	144

obrázek č.1. Prasklina v těsnění



obrázek č.2. Oprava těsnění silikonem



obrázek č. 3. Oprava rohu těsnění silikonem



obrázek č. 4. Napojení těsnění



5.2 Vadné těsnění v rozvodné síti sterilizátoru

Těsnící členy nejčastěji kruhového nebo obdélníkového profilu se v rozvodných sítích sterilizátorů vkládají nejen na místa např. napojení dvou potrubí, ale i na přechody mezi potrubím a přírubou, nebo jako součást ventilů. Z toho plyne, že je značně namáhané a to jak tepelně tak mechanicky. Aby splňovalo svou základní těsnicí funkci, nesmí být tuhé a tvrdé, tyto vlastnosti mu neumožňují mechanickou odolnost proti výše zmíněným nepříznivým vlivům a tudíž dochází k relativně častým poškozením různých těsnění. Odhalit tyto závady pomáhá např. vakuový test těsnosti u parních a formaldehydových sterilizátorů. U horkovzdušných nedochází k závadám na těsnění tak často, avšak kontrolu by zde měl provádět příslušný proškolený personál a to buď vizuálně pohledem na teploměr během sterilizačního cyklu, nebo kontrolou záznamu, jež se vytiskne (u přístrojů vybavených tiskárnou) po ukončení sterilizace. Je zvláštní, že k závadám těsnění dochází zpravidla u parních sterilizátorů. Například u formaldehydových je závad, způsobených vadným těsněním, podstatně méně.

U moderních sterilizátorů je několik kontrolních okruhů, které hlídají jakoukoli závadu během sterilizace a dojde-li například k závadě na těsnění, přístroj nejenom že zastaví celý sterilizační cyklus, ale ohlásí i chybové hlášení. Zároveň jsou závady na těsněních u modernějších přístrojů nejčastějšími závadami vůbec.

5.3 Uvolnění vnitřní komory

Tato závada je konkrétním konstrukčním pochybením u starších horkovzdušných sterilizátorů firmy Chirana. Technicky vzato se jedná o nevhodné konstrukční řešení resp. volba materiálu, závěsného aparátu vnitřní komory. Vlivem vyšších teplot materiál (teflon) postupně křehne a popraská, následně ztratí svou tuhost a dojde k propadu vnitřní komory o cca 5mm. Volba teflonu, jakožto výchozího materiálu byla pravděpodobně podmíněna jeho izolačními vlastnostmi. Jako k sekundární závadě dojde k „vtážení“ těsnění do vnitřní komory sterilizátoru, které pak neplní svou funkci. U novějších typů sterilizátorů je tělo závěsného aparátu tvořeno kovem, avšak na povrchu je přiložena vrstva tepelné izolace.

Tato porucha nepatří k lehkým a znemožňuje sterilizaci, avšak patří k závadám snadno odhalitelným, jež si obsluha velmi rychle všimne. Zároveň i oprava je poměrně snadná a finančně méně nákladná. Při uvolnění vnitřní komory nedochází k dalšímu poškození jiných součástí sterilizátoru.

5.4 Vadný časovač

Tato závada se vyskytuje převážně u starších horkovzdušných sterilizátorů, avšak může a vyskytuje se i u paních či formaldehydových sterilizátorů. Časovač jakožto vybavení sterilizátoru odpovídá za odpočítávání min. potřebného času od vytopení komory na předepsanou teplotu. Do ukončení sterilizace respektive odpojení topného tělesa. Časovač ale není napojen přímo na topné těleso, je nadřazeným prvkem trsce (viz. kapitola 5.5). Tudíž při jeho poruše nedochází k nekontrolovatelnému zvyšování teploty (ta je regulována právě pomocí trsky), ale pouze k nevypnutí topného tělesa po uběhnutí požadovaného času.

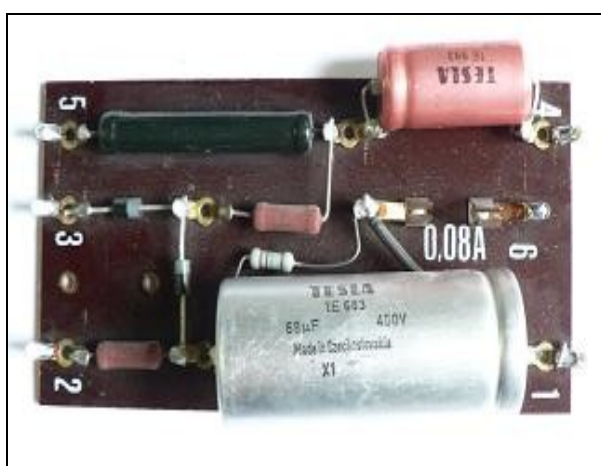
Vadný časovač se po vytopení komory na min. požadovanou teplotu projevuje dvěma způsoby:

- 1) vůbec se nesepe, v důsledku čehož nezačne ani odpočítávat min. potřebný čas
- 2) sepne se, avšak po uplynutí min. potřebné doby nevypne topné těleso tak, jak by měl, proto sterilizace probíhá nepřetržitě, dokud ji nevypne obsluha manuálně

Co se vlastních závad časovače týče, nejčastěji korodují kontakty, v důsledku čehož nedochází k přenosu elektrické energie. Další častou závadou je porucha motorku a to konkrétně přepálení vinutí v důsledku větší zátěže, nebo rozlomení či uvolnění magnetu ve statoru, který je již od výrobce lepený. Oba případy považují do značné

míry za konstrukční závady. Neméně často dochází k poruchám na součásti časovače, jež se nazývá zpoždovací člen. Zde se jedná o defekty na odporech či diodách desky tištěných spojů eventuelně může dojít i k vyschnutí kondensátoru. Co se novějších modelů sterilizátorů týče, celý časovač je technicky proveden jako deska tištěných spojů v digitální podobě. To sice zvýšilo spolehlivost, avšak při poruše se musí celý vyměnit bez ohledu na funkci jeho ostatních částí. V praxi však k závadám časovačů poměrně často dochází a to hlavně u horkovzdušných sterilizátorů.

obrázek č.5. Zpoždovací člen



obrázek č.6. Motorek časovače



5.5 Vadná trska

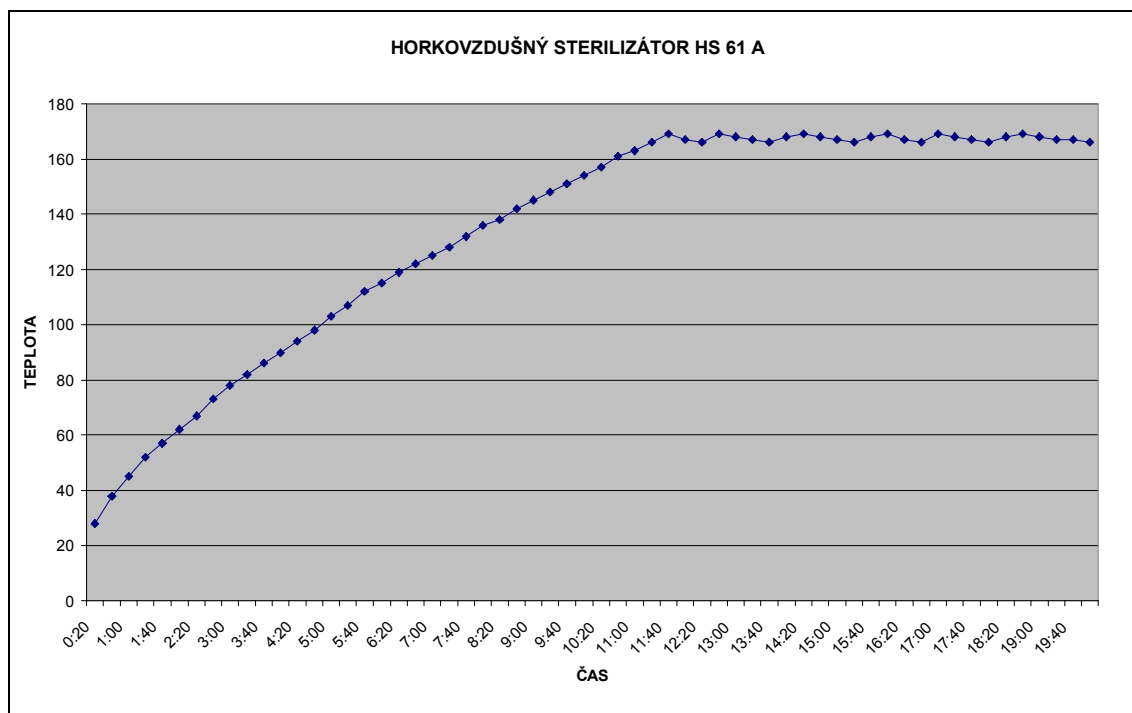
Trska je součást sterilizátoru, jež odpovídá za tepelnou regulaci topného tělesa. Vlastní fáze vytápění sterilizační komory končí po dosažení maximální nastavené udržovací teploty, která bývá obvykle o 4 až 5°C vyšší, než minimální požadovaná dle potřeb sterilizace. Právě v této udržovací fázi má trska zásadní funkci a to, že zapíná a vypíná topné těleso, pokud teplota klesne pod a nad nastavenou mez a to v rozmezí od -1°C do +5°C viz graf č.3. Právě ve vlastní funkci trsky spočívá její nebezpečí v případě poruchy a to:

- 1) topné těleso nezačne topit vůbec, v tomto případě je sice sterilizace znemožněna, ale nedojde k poškození přístroje či vsázky
- 2) topné těleso začne topit, avšak teplota překročí maximální nastavenou mez a kolísá buď v jiném obvykle širším rozmezí, než jaké je nastavené, nebo na úrovni jiných teplot

V 2. případě následky takovéto závady závisí na maximální dosažené teplotě uvnitř komory, avšak obvykle bývá vyšší, než je teplota nastavená, takže může dojít

k poškození vsázky či samotného sterilizátoru. V obou případech nelze trsku manuálně přenastavit. U starších sterilizátorů firmy Chirana nejčastěji dochází k defektům tranzistorů TC 517. U novějších je celá trska řešena jako deska tištěných spojů, ve které je spínací relé. U takového provedení se v případě poruchy mění celá deska, u starších typů lze přepájet a vyměnit pouze vadné tranzistory.

graf č.3. Udržovací fáze horkovzdušného sterilizátoru HS 61 A



Naměřená data ke grafu č.3.

číslo měření	čas od začátku	teplota [°C]
1	0:20	28
2	0:40	38
3	1:00	45
4	1:20	52
5	1:40	57
6	2:00	62
7	2:20	67
8	2:40	73
9	3:00	78
10	3:20	82
11	3:40	86
12	4:00	90
13	4:20	94
14	4:40	98
15	5:00	103
16	5:20	107

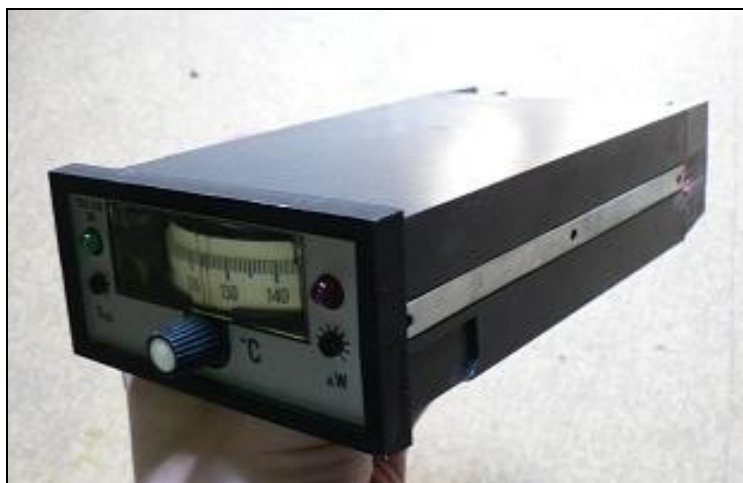
17	5:40	112
18	6:00	115
19	6:20	119
20	6:40	122
21	7:00	125
22	7:20	128
23	7:40	132
24	8:00	136
25	8:20	138
26	8:40	142
27	9:00	145
28	9:20	148
29	9:40	151
30	10:00	154
31	10:20	157
32	10:40	161
33	11:00	163
34	11:20	166

35	11:40	169
36	12:00	167
37	12:20	166
38	12:40	169
39	13:00	168
40	13:20	167
41	13:40	166
42	14:00	168
43	14:20	169
44	14:40	168
45	15:00	167
46	15:20	166
47	15:40	168

48	16:00	169
49	16:20	167
50	16:40	166
51	17:00	169
52	17:20	168
53	17:40	167
54	18:00	166
55	18:20	168
56	18:40	169
57	19:00	168
58	19:20	167
59	19:40	167
60	20:00	166

tab.5

obrázek č.7. Kompletní trska



5.6 Vadný triak

Triak je propojen např. u horkovzdušných sterilizátorů s trskou. V takovém případě má přímo vliv na vypínání a zapínání topného tělesa. V případě, že je triak poškozený, projevuje se následovně:

- 1) topné těleso nezačne topit vůbec, v tomto případě je sice sterilizace znemožněna, ale nedojde k poškození přístroje či vsázky
- 2) topné těleso topit začne a to nekontrolovatelně, dokud se nepřepálí tepelná pojistka

V 2. případě již trska topné těleso nevypne, které topí nekontrolovatelně, dokud díky vysoké teplotě nedojde k přepálení tepelné pojistky. Ta je navržena na přepálení svého těla až při teplotě zhruba 250°C. Při této teplotě již dojde ke zničení nejenom celé vsázky (to je přirozeně závislé na druhu materiálu a předmětů vložených do komory),

ale i těsnění a teploměru. Tato závada bezprostředně ohrožuje nejen celý sterilizační cyklus, ale i přístroj samotný. Největší nebezpečí však tkví ve faktu, že vadný triak může přes trsku zapnout topné těleso i poté, co časovač již doběhl a to i několik hodin po ukončení sterilizace, jinými slovy takřka kdykoli. Přesná příčina tohoto jevu není zcela zřejmá, nicméně spouští ji pravděpodobně kolísání, zejména zvýšení napětí v elektrickém vedení, do kterého je přístroj zapojen, nebo závada přímo na triaku podmíněna jeho kvalitou zpracování. Jedinou možnou ochranou je přímo vypnutí přístroje a to hlavním vypínačem umístěným na ovládacím pultu. Tím se odpojí vlastní elektrické obvody přístroje od elektrické sítě budovy, do kterého je zapojen a znemožní se tak poškození triaku zvýšením napětí v síti. V praxi však obsluha na vypínání přístroje vypínačem často zapomíná, protože ukončení sterilizačního cyklu má na starosti časovač a přístroj se i na první pohled jeví jako vypnutý.

Např. u formaldehydových sterilizátorů ovládají triaky seleneidové ventily. Při jejich poruše zůstanou ventily buď v poloze permanentně otevřené, nebo v poloze permanentně zavřené. Tato závada se vyskytuje u formaldehydových sterilizátorů poměrně často právě proto, že formaldehydové páry působí na celou elektroinstalaci velmi agresivně se silnými korozivními účinky. Tuto závadu odhalí vakuový test, jehož negativní výsledek nedovolí pokračovat ve sterilizačním cyklu.

Vzhledem k integritě triaků je nelze opravovat, proto se v praxi odstranění jejich závad provádí výměnou za jiné, funkční.

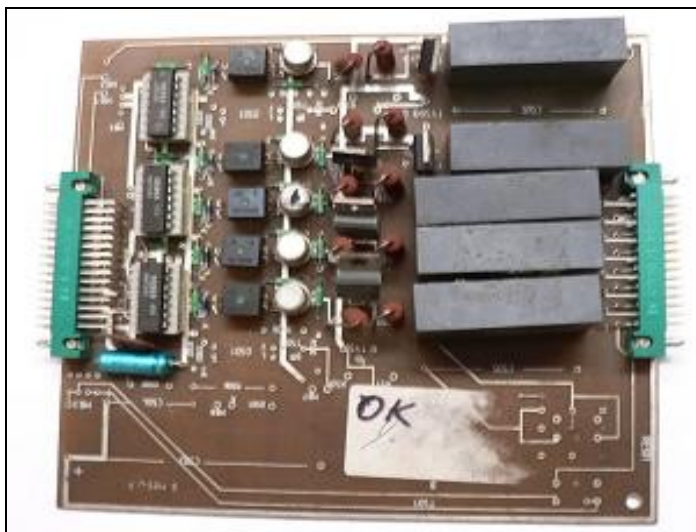
obrázek č.8. Triak bez chlazení



obrázek č.9. Triak s chladičím členem



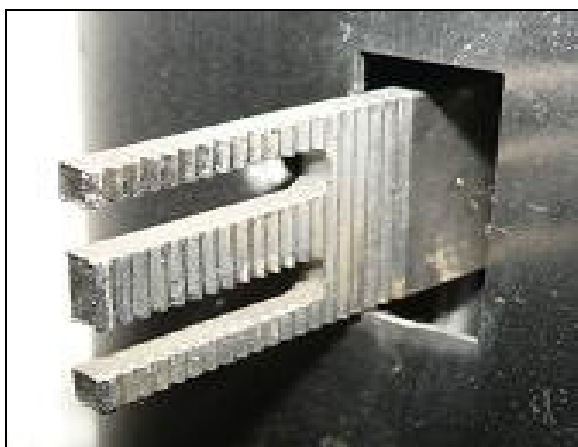
obrázek č. 10. Sada 3 triaků na desce tištěných spojů



5.7 Ulomení zámku

Tato závada je opět konstrukčním pochybením konkrétně starších horkovzdušných sterilizátorů firmy Chirana. Vlastní zámek je tvořen západkou, jež vniká do desky, na jejíž vnitřní části jsou vybroušené drážky. Právě tato deska je vyrobena z nevhodného materiálu a zejména je konstrukčně nevhodně navržena tak, že její tloušťka (navíc ještě ztenčena o zmíněné drážky) nesnese dlouhodobé namáhání a po čase se ulomí. Tím je celý zámek zcela nefunkční a musí se min. zbytek desky s drážkami odmontovat vyměnit.

obrázek č. 11. Ulomená deska zámku



5.8 Poškození teploměru

Teploměr je ze strany komory chráněn nerezovým krytem, který však nesmí být z hlediska funkce teploměru hermeticky uzavřen. Při nevhodném rozložení vsázky či přeplňování komory sterilizátoru dochází k poškození teploměru. To je způsobeno přitlačením krytu na vlastní tělo teploměru, nebo zapadnutím sterilizovaného nástroje či materiálu za kryt. Při tomto poškození nejenom že obsluha nemá možnost kontrolovat aktuální teplotu uvnitř komory, ale díky rozlité rtuti je kontaminována celá vsázka, nehledě na výskyt střepů, jež mohou poškodit např. těsnění.

5.9 Poškození vývěvy

Vývěva se nenachází pouze u parních sterilizátorů. U všech ostatních plní důležitou funkci a to zejména ve fázi evakuace komory, kdy se provádí mj. test těsnosti. Během sterilizačního cyklu je zapojena vývěva opakovaně, což na ni v kombinaci dosažení velmi nízkých tlaků klade vysoké nároky s mechanickým zatížením. Proto co se defektů vývěvy týče, dochází k netěsnostem nejčastěji v místech vloženého těsnění, nebo k porušení klínku na hnací hřídeli elektromotoru. To je způsobeno zejména stářím a opotřebením materiálu.

obrázek č. 12. Kompletní odstavená vývěva



5.10 Poškození pružinových ventilů

Pružinové ventily se používají u parních a formaldehydových sterilizátorů. Jedná se o relativně velkou součást, u níž přítlačnou sílu vlastního ventilu obstarává poměrně robustní pružina. Ta má do jisté míry vliv na těsnost ventilu, avšak k netěsnostem nedochází paradoxně díky ztrátě tuhosti pružiny, ale opět poškozením těsnění. Vlastní pružina, jakožto stěžejní součást celého systému je v tomto případě navržena zcela správně s ohledem na opotřebení, dlouhodobé namáhání a to jak mechanické, tak tepelné a k jejímu poškození dochází jen zcela ojediněle.

obrázek č. 13. Kompletní pružinový ventil



5.11 Poškození seleneidových ventilů

Seleneidové ventily se používají opět u parních a formaldehydových sterilizátorů a to buď samostatně, nebo v kombinaci s pružinovými ventily jako jejich nadřazený člen. Co se závad týká, nejčastěji opět dochází k poškození těsnění a to vlivem mechanického namáhání. Další častou příčinou dysfunkce seleneidových ventilů je například poškození cívky vlivem přetěžování ventilu a tím i vyšším průtokem elektrického proudu, jež spálí vinutí. Výjimečně dochází k poškození mechanického přepákování ventilu vlivem únavy materiálu.

U novějších modelů jsou seleneidové i pružinové ventily (viz. kapitola 5.10) nahrazeny ventily membránovými, jež jsou ovládané tlakem vody či vzduchu. Díky tomuto konstrukčnímu řešení došlo k minimalizaci poruchovosti, resp. jestliže dochází k závadám, pak je to téměř výhradně díky vadnému těsnění. To je možné bez větších obtíží vyměnit.

obrázek č. 14. Sestava seleneidového ventilu



obrázek č. 15. Detailní zobrazení těsnění na seleneidovém ventilu



5.12 Závada na elektroinstalaci

Závada na elektroinstalaci a její následná oprava se odvíjí od poškození konkrétních součástí, okruhů či celé desky tištěných spojů a integrálních obvodů. U moderních sterilizátorů je téměř celá elektroinstalace navržena nejčastěji v digitální podobě jakožto série na sebe navazujících desek tištěných spojů, integrálních obvodů a mikročipů. K defektům sice nedochází tak často, jako u starších modelů, avšak vyskytne-li se závada, neopravuje se, nýbrž se nahradí celá deska a tím i okruhy na ní, které byly v pořádku a zcela funkční. Z hlediska opravy je práce relativně snazší, i přesto provozovatel sterilizátoru musí zpravidla čekat i několik dní, než přijde objednaná deska tištěných spojů od výrobce servisu, jež má na starosti opravu. Cena za výměnu celé desky je také pochopitelně vyšší, než by byla za opravu pouze vybraných defektních součástek.

Oproti tomu u starších sterilizátorů je jen část elektroinstalace provedena v podobě desek tištěných spojů a integrálních obvodů. To má za následek sice vyšší riziko

poruchy, než u novějších přístrojů, v případě poruchy nějakého z okruhů, je zpravidla možné vyměnit pouze defektní součástky. Oprava je v takovémto případě pro servisního technika mnohem složitější, jelikož musí najít konkrétní okruh a součástky v něm, které jsou vadné, i přesto je pro provozovatele zpravidla oprava možná v relativně krátkém čase a levněji, než by tomu bylo u výměny celé desky tištěných spojů. Jako příklady zde mohu uvést např. vadné odpory, diody popř. kondenzátor u zpoždovacího členu časovače (viz. kapitola 5.4), vadných tranzistorů na trsce (viz. kapitola 5.5), či vadný triak (viz. kapitola 5.6).

Toto však nemusí platit vždy a je to do značné míry ovlivněno řadou faktorů, jako je například vlastní příčina poruchy, dodací lhůty objednaných součástí od výrobce, vytíženost a zkušenosti servisních techniků atd. K závadám na elektroinstalaci dochází více méně u všech typů sterilizátorů, avšak nejčastěji to je u sterilizátorů formaldehydových. To přisuzuji agresivním chemickým projevům formaldehydových par zejména na kontakty a vodiče.

5.13 Závada hlídacích elektrod

Hlídací elektrody, jakožto část elektroinstalace, by mohly spadat do kapitoly 4.12, protože jsou však na nich závady časté, rozhodl jsem se, věnovat jim samostatnou kapitolu. Hlídací elektrody jsou součástí pouze formaldehydových sterilizátorů a mají na funkci kontroly hladin destilované vody a koncentrovaného formaldehydu v zásobních nádržkách. Princip snímání hladin je založen na elektrické vodivosti kapalin, proto jsou vždy 2 elektrody o různých délkách. Na hlídacích elektrodách závisí funkce čerpadla a to z hlediska kontroly, zdali kapalina odtekla či nikoli. K závadám na hlídacích elektrodách dochází poměrně často v důsledku korozivních změn na jejich povrchu a to jak v zásobníku s destilovanou vodou, tak v zásobníku s formaldehydem. Špatná funkce hlídacích elektrod má 2 možné projevy:

- 1) destilovaná voda se do okruhu nenapustí, nicméně řídicí jednotka vyhodnotí, že voda zejména ve vyvíječi je právě proto, že elektrody vyšlou mylný signál
- 2) formaldehyd do systému proudí, avšak řídicí jednotka vyhodnotí, že nikoli

V důsledku těchto dvou možných situací dojde sekundárně k rozdílným závadám na sterilizátoru. V prvním případě obvykle praskne ve vyvíječi páry topné těleso, které není chlazené právě destilovanou vodou, ze které má utvořit páru. Novější sterilizátor podá chybové hlášení, v kterém však uvede závadu, kdy nevzrostla teplota a tlak na

požadovanou hodnotu. Čidlem pro kontrolu topného tělesa ve vyvíječi páry přístroj vybaven není. V druhém případě dojde záhy k vyčerpání veškerého formaldehydu ze zásobníku. V takovém případě novější sterilizátor ohlásí chybu, ve které uvede, že formaldehyd neodtekl, i když to tak ve skutečnosti není.

U novějších modelů jsou výše popsané hlídací elektrody nahrazeny plovákovými snímači jež využívají změny magnetického pole v závislosti na poloze. Toto konstrukční řešení podstatně snížilo poruchovost, avšak je náročnější na těsnost a těsnění jako takové.

obrázek č. 16. Hlídací elektrody



5.14 Negativní výsledek vakuového testu

Tento závěr může přístroj vyhodnotit na základě několika příčin a závad. Závady mohou být buď primárního charakteru jako např. vadné těsnění dveří, nebo dysfunkce těsnění vloženého do systému přívodu či odvodu plynů. Příčina závad může být i sekundární poruchou, jako například permanentní otevření seleneidových ventilů v případě dysfunkce triaků.

Často však bývá důvod i prostšího charakteru, jako například uvíznutí sáčku obalového materiálu ve dveřích sterilizační komory, či přeplňování komory vůbec.

6. NÁVRH VLASTNÍCH ŘEŠENÍ

V této kapitole bych rád zmínil nějaké vlastní návrhy řešení na různé problémy a nejčastější závady sterilizátorů. Tyto návrhy jsou pouze teoretické bez jakýchkoli vlivů a omezení ekonomických, konstrukčních či materiálových.

6.1 Závady na těsnění

Mnohým závadám na těsnění lze předejít častější kontrolou obsluhy sterilizátoru. V první řadě se jedná o těsnění, které je snadno viditelné a dobře dostupné jako např. těsnění dveří. Dále má výrazný vliv na životnost těsnění jeho správná a vhodná péče jako například ošetřování speciálními látkami a roztoky dodávanými výrobcem. V tomto ohledu bych navrhl častější intervaly těchto úkonů z hlediska obsluhy sterilizátoru.

Co se konstrukčního řešení těsnění dveří týče, nejnáchylnější místa jeho poškození jsou rohy a napojení konců, jak již bylo popsáno v kapitole 5.1. V těchto místech se těsnění lepí speciálním silikonem, odolávající teplotám až 200°C. I přesto jsou právě tato místa častým zdrojem poruch a netěsností zejména při dlouhodobějším používání. Jak už jsem zmínil, výroba těsnění je provedena napojením 1 či více kusů a to jak u sterilizátorů staršího data výroby, tak u nových modelů. Většinu těchto nedostatků by vyřešila výroba těsnění v celku bez jakéhokoli napojování. Technologicky vyrobit takové těsnění lze, avšak jeho cena by byla mnohem vyšší, než je tomu u těsnění dnes běžně používaných. Samozřejmě lze i volit vhodnější materiál, ze kterého se těsnění vyrábí. Právě vhodnější výběr materiálů pro těsnění bych doporučoval i na jiné druhy těsnících členů běžně používaných v konstrukci sterilizátorů společně s jejich maximálním omezením jakožto možný zdroj budoucích závad a netěsností.

6.2 Uchycení vnitřní komory

Konstrukčně chybné uchycení vnitřní komory (viz. kapitola 5.3) zejména horkovzdušných sterilizátorů je poměrně snadno opravitelné. Tato závada patří k jedněm z nejčastějších u starších typů horkovzdušných sterilizátorů. Opravou bych v takovémto případě volil výměnu za uchycení z podstatně vhodnějšího materiálu např. tvrdšího kovu jako je ocel. Nejjednodušším konstrukčním provedením takovéhoho

uchycení by mohla být např. trubička s vnitřním závitem. Nicméně vhodnější by byl např. kvádr se samostatným uchycením pro komoru, která by v tomto případě nebyla jen volně položená na uchycovací segment. V obou případech by bylo vhodné, ne však zcela nutné, použít na povrchu takového segmentu vrstvu tepelné izolace, pro maximální omezení tepelných ztrát komory. To by se samozřejmě odvíjelo od velikosti vlastních uchycovacích segmentů a jejich styčných ploch.

6.3 Tepelná pojistka

Tepelná pojistka hraje velmi důležitou roli zejména při poškození triaku, díky němuž topí topné těleso zcela nekontrolovatelně bez jakékoli regulace. V takovémto případě se tepelná pojistka přepálí přibližně při teplotě 250°C. Tato teplota je však již tak vysoká, že díky ní dojde k tepelné destrukci jak vsázky, tak i např. těsnění či jiných částí sterilizátoru.

Odstranění této závady je přitom velmi snadné a ekonomicky nenáročné. Spočívá ve výměně stávající tepelné pojistky za jinou, citlivější. Konstrukčně lze tuto tepelnou pojistku navrhnout tak, aby respektovala vnější rozměry pojistky původní, avšak lze na jejím těle navrhnout zúžení, nebo změnit materiál, ze kterého je vyrobena. Takový materiál resp. směs kovů by měl mít nižší teplotu tání. Vzhledem k důležitosti tepelné pojistky a její snadné výměně bych dokonce uvažoval o povinné výměně u všech sterilizátorů s nevhodnou tepelnou pojistkou běžně používaných.

6.4 Hlavní vypínač přístroje

V rámci zvýšení bezpečnosti starších typů sterilizátorů bych navrhoval jejich vybavení rozšířit o automatický hlavní vypínač, který by odpojil přístroj od elektrické sítě automaticky buď po každém sterilizačním cyklu, nebo např. po přesně definovaném časovém úseku po ukončení sterilizace. Toto opatření by zcela bezpečně předešlo např. nekontrolovatelnému topení při poruše triaku, ale i např. zkratům v elektroinstalaci apod. Sterilizátory sice hlavním vypínačem vybaveny jsou, avšak obsluha je musí odpojovat ručně, což v praxi bohužel znamená, že jen málokdy se tak skutečně děje.

Otázkou samozřejmě zůstává, jaké konstrukční řešení by takový automatický vypínač měl mít a jestli by jeho poruchovost nezastínila jeho výhody. Zcela jistě by také patrně docházelo k negativním reakcím ze strany obsluhy, která by si na tento nový typ vypínače musela zvyknout a uvědomit si, že před každým použitím sterilizátoru by jej musela manuálně zapnout.

6.5 Náhrada triaku

Zejména z kapitoly 5.6 vyplývá, že závada triaku není častá, avšak povaha jejího průběhu a zejména důsledky jsou velmi závažné díky nekontrolovatelnému chodu topného tělesa a zvyšováním teploty až do přepálení tepelné pojistky. V této fázi již dojde k tepelné destrukci nejen vsázky, ale i těsnění sterilizátoru popř. jeho dalšího vybavení. Sepnutí triaku je s největší pravděpodobností způsobeno kolísáním, zejména náhlým zvýšením napětí v elektrickém vedení, do kterého je přístroj zapojen. Další příčinou může být závada přímo na triaku díky nízké kvalitě jeho zpracování. Obě tyto příčiny by bylo možné primárně odstranit vložení automatického hlavního vypínače jak již bylo popsáno v kapitole 6.4, avšak taková montáž by byla jistě poměrně nákladná a možná i velmi špatně proveditelná. Místo toho by bylo poměrně snadné nahradit triak stykačem. Stykač není tak náchylný na výkyvy napětí. Co se jeho funkce týká, samozřejmě by hrál velmi důležitou roli správný výběr typu s ohledem na proudové zatížení, aby nedocházelo postupem času např. k tepelné destrukci spínacích kontaktů. Tato náhrada by se samozřejmě musela patřičně vyzkoušet a otestovat.

Oba tyto návrhy řešení by byly teoreticky zbytečné, kdyby obsluha sterilizátoru přístroj po každé sterilizaci pravidelně vypínala hlavním vypínačem, který v přístrojovém vybavení je. V praxi se na to ale velmi často zapomíná, nebo to dokonce obsluhující personál považuje za zbytečné či obtěžující.

obrázek č. 17. Stykač



6.6 Zámek

Zejména u starších horkovzdušných sterilizátorů je velmi častou závadou ulomení základové desky zámku, jejíž tloušťka je nevhodně navržena a navíc ještě ztenčena o drážky, do nichž zapadá vlastní západka zámku. Tato závada je popsána v kapitole 5.7. Řešení je i zde velmi snadné a to výměna za základovou desku tlustší, což by však

mohlo mít značné problémy pro montáž a funkci. Dalším řešením je zachování vnějších rozměrů původní základové desky, avšak za použití kvalitnějšího a pevnějšího materiálu, jež snese vyšší namáhání.

6.7 Teploměr

Opět hlavně u horkovzdušných sterilizátorů dochází k poměrně častému poškození teploměru. To se stane v důsledku např. nevhodného vložení vsázky či přepřívání komory sterilizátoru. V důsledku toho může dojít velmi snadno ke kontaminaci vsázky rtutí či poškození např. těsnění střepey jak jsem uvedl v kapitole 5.8. Jako řešení v tomto případě bych volil kombinaci tužšího krytu teploměru společně s konstrukčním zkrácením jeho těla avšak pochopitelně při zachování jeho funkčnosti. Nezasahoval by tak daleko do prostoru komory a tím by se i snížilo riziko jeho poškození. Další možností je samozřejmě vytvoření zvláštního prolisu v plášti komory či vytvoření speciálního prostoru se zachováním komunikace s komorou sterilizátoru, což by ovšem obnášelo výměnu celé komory sterilizátoru. To se u starších typů sterilizátorů rozhodně nevyplatí a u novějších je měření teploty provedeno digitálně, takže celá tato závada odpadá.

6.8 Hlídací elektrody

Závady na hlídacích elektrodách jsou způsobené korozivními změnami na jejich povrchu, v důsledku čehož klesá jejich vodivost, viz. výše v kapitole 5.13. Jejich náhrada jinými systémy snímání množství kapalin v zásobnících by byla patrně možná, avšak nikoli u již vyrobených sterilizátorů obzvlášť starších typů a to z důvodů konstrukčních či prostorových. Možné řešení by bylo například vážení zásobníků s kapalinami, jak je tomu například u dialyzátorů. Tento systém by musel být poměrně složitý, tím pádem hrozí vysoký stupeň poruchovosti a je zřejmé, že by toto řešení bylo i značně neekonomické. Výhodou by mohla být poměrně vysoká citlivost a přesnost, což ale není v tomto případě využití nutné. Další možností by bylo snímání množství kapalin fotometricky. Takové přístrojové vybavení by však pravděpodobně bylo nákladné a citlivé, nehledě na značnou nepřesnost v důsledku zakalení či usazenin na stěnách rezervoárů s roztoky.

7. DISKUZE

Jak už jsem zmínil v předešlém textu, co se stáří sterilizátorů v ČR týče, je situace bohužel taková, že většina používaných modelů pochází ze 70., převážně 80. a bohužel jen výjimečně 90. let. minulého století. Měl jsem možnost v praxi shlédnout, zpravidla starší sterilizátory a to zejména horkovzdušné či parní většinou menších rozměrů používají zejména na odlehlejších pracovištích a v menších ordinacích (např. obvodní lékař, stomatolog atd.). To je většinou podpořené nejen finanční situací pracoviště, ale poměrně malých nároků na objem sterilizovaného materiálu. V žádném případě to není pravidlem ani podmínkou. Jak ukazuje graf č. 1 a tab. č. 3, i na značně vytížených a moderních pracovištích Všeobecné fakultní nemocnice v Praze se i dnes běžně používají přístroje z konce let 70. a hlavně 80. U takto starých přístrojů se pochopitelně vyskytuje celá řada závad, avšak v žádném případě to neznamená, že by byly sterilizátory i přes své stáří méněcenné než moderní modely, nebo dokonce nefunkční. Jejich poruchovost je pochopitelně vyšší, což klade větší požadavky na intervaly kontrol, údržbu, péči obsluhujícího personálu, popř. seřizování a opravy apod. Bohužel neexistuje přesná a podrobná statistika či evidence všech sterilizačních přístrojů používaných na území ČR, avšak s laskavým souhlasem k nahlédnutí do soukromých materiálů paní asistentky Ivany Baláčkové jsem mohl vytvořit alespoň stručný přehled přístrojů používaných v rámci Všeobecné fakultní nemocnice v Praze viz graf č. 1. a tabulka č. 3.

I přes značné stáří některých vybraných modelů (zejména z konce let 60. a 70. minulého století) sterilizátory plní svou funkci v celku spolehlivě a dobře. Tento fakt přisuzuji nadčasové a propracované konstrukci, vývoji a výrobě firmy Chirana, jež přístroje dodala. Dále se na správném chodu starších sterilizátorů velmi výrazně podílí odborný přístup obsluhujícího personálu, relativně časté kontroly a neprodlené profesionální opravy defektních přístrojů.

Vysoký průměrný věk používaných sterilizátorů v ČR je však alarmující a i když svou funkci zatím plní relativně spolehlivě, měl by se přístrojový park alespoň postupně obnovovat a omlazovat. K tomuto jevu by měla napomáhat nejenom vyšší spolehlivost nových modelů, jejich nižší provozní náklady, ale zároveň i jejich přístrojové vybavení, jež je podstatně širší a sofistikovanější. To dává především obsluhujícímu personálu jistý stupeň komfortu a lepší přehled o průběhu sterilizace např. v podobě možnosti

vytisknutí záznamu se všemi důležitými ukazateli apod. Dalším důvodem k možnému pořízení nového modelu sterilizátoru zároveň může být např. nutnost sterilizovat moderní přístroje a materiály. Právě v případě sterilizace moderních pomůcek, přístrojů a materiálů může být problém v použití příliš vysoké teploty. Starší horkovzdušné sterilizátory jsou nastavené tak, aby vlastní sterilizační teplota při udržovací fázi kolísala v rozmezí cca 6 °C s tím, že minimální nesmí klesnout pod přesně definovanou mez, pod kterou by ke sterilizaci nedošlo. Může se tedy stát, že maximální teplota, na které vypne topné těleso při sterilizaci, dosáhne vyšších hodnot, než je pro daný materiál přípustné. U modernějších přístrojů není teplotní rozmezí udržovací fáze sterilizace tak velké. S tímto důvodem jsem se v praxi osobně setkal zejména na špičkových pracovištích či jednotkách centrální sterilizace.

Proti všem těmto důvodům pravděpodobně stojí ekonomický aspekt celého problému, jelikož ve většině případů pořízení nového, moderního sterilizátoru je podstatně ekonomicky náročnější, než oprava stávajícího, staršího. Paradoxně tomuto napomáhá i relativně vysoká spolehlivost a funkčnost starších modelů, společně s poměrně nízkou cenou náhradních dílů, které lze bez problémů u výrobce zakoupit na jakýkoli model, nebo se jedná o kompatibilní součástky (ať už z elektroinstalace, nebo např. těsnění), které se běžně používají i v jiných odvětvích.

Právě díky těmto komplikacím se staršími sterilizátory s kombinací vysoké pořizovací ceny nových, modernějších, se stále více zejména menších ordinací spojuje a společně pořizují nové přístroje, které jsou však využívány více pracovišti. Další v praxi hojně využívanou alternativou je, že si jednotlivá pracoviště nechávají svůj drobný lékařský materiál vysterilizovat např. v nemocnicích či větších střediscích za předem sjednaných podmínek.

Co se nejčastějších závad na sterilizátorech týče, jejich povaha a charakter se pochopitelně značně liší od stáří jednotlivých modelů a to díky odlišným technickým a technologickým postupům ve výrobě, jako je například použití sofistikovanějších součástek, kvalitnějších materiálů a celkově modernějších trendů a postupů. U starších modelů sterilizátorů řekněme z let 70. a 80. se kromě závad na těsněních a těsnosti vůbec vyskytují i další poruchy, jako např. poruchy trsky, časovače, triaku, ulomení základové desky zámku, poškození teploměru, vývěvy, ventilů ať už seleneidových či pružinových, hlídacích elektrod atd. jak již bylo popsáno v kapitole 5. Příčinou těchto závad nemusí být nutně stáří, může jít o opotřebení materiálu, nevhodný konstrukční návrh nebo technologické zpracování. Roli zde tedy nehraje jenom vlastní doba

používání přístroje, ale i četnost sterilizačních cyklů, kontrol, péče ze strany obsluhujícího personálu atd. Obecně lze však říci, že starší přístroje jsou poruchovější, než novější modely, avšak často bývají opravy jednodušší a méně finančně nákladné.

Oproti tomu novější modely přístrojů z let 90. a pozdějších jsou na tom co se poruchovosti týká lépe, jelikož byly některé často defektní systémy inovovány či nahrazeny jinými, spolehlivějšími. Nicméně povaha oprav bývá taková, že např. na elektroinstalaci nelze opravit pouze vadný okruh respektive nahradit jen vybrané defektní součástky, jelikož jsou všechny systémové okruhy ve formě desek tištěných spojů, integrovaných obvodů a mikročipů. V takovém případě se oprava provádí pouze výměnou celé desky tištěných spojů a to i s okruhy, jež byly v pořádku a funkční. Takováto oprava je pak pro servisní techniky zpravidla jednodušší, avšak pro provozovatele je nesrovnatelně finančně nákladnější a často i časově delší. To je dáno skutečností, že zpravidla musí servisní firma čekat delší dobu, než jí objednaná náhradní součást od výrobce přijde. Jinak kromě závad na elektroinstalaci se u novějších modelů sterilizátorů vyskytují hlavně poruchy těsnosti a to jak z hlediska např. těsnění dveří, tak i různých těsnících členů v potrubí a rozvodech přístroje. K odhalení těchto závad slouží u všech sterilizátorů kromě horkovzdušných vakuový test, jež je velmi citlivý a přesný.

8. ZÁVĚR

Průměrný věk sterilizátorů běžně používaných v ČR je velmi vysoký, jelikož většina modelů pochází z let 70. převážně však 80. a bohužel jen ojediněle 90. minulého století. To s sebou přináší větší míru opotřebení, únavu materiálu, nehledě na použití zastaralých technologických systémů a dnes již nedostatečného podpůrného technického vybavení. I přesto jsou starší modely sterilizátorů relativně spolehlivé a jejich opravy bývají zpravidla ekonomicky méně nákladné. Novější modely jsou oproti starším nesrovnatelně spolehlivější, avšak závady se na nich vyskytují také a jejich opravy bývají zpravidla nákladnější díky sofistikovanosti systémů. K poměrně vysoké spolehlivosti starších přístrojů přispívá nejen jejich kvalitní výroba, ale i profesionální přístup obsluhujícího personálu, servisních techniků a relativně časté kontroly, avšak přístrojový park používaných sterilizátorů v ČR by se měl alespoň postupně omlazovat začleňováním nových a moderních modelů.

9. PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Bencko V. a kolektiv: Epidemiologie- výukové texty pro studenty 1.LF UK, Praha 2002, s. 94-97
- [2] Zajíček J., Filouš P.: Doporučení výrobce sterilizační techniky- pára pro sterilizaci, Brněnská medicínská Technika a.s., Brno Chirana, s. 78-85
- [3] BMT a.s. Brno: Návod k použití- Vakuové skříně linie Standard Vacucell 22, 55, 111
- [4] BMT a.s. Brno: Servisní návod- Parní sterilizátor Unisteril
- [5] BMT a.s. Brno: Návod k použití- Formaldehydový sterilizátor FS 150
- [6] Vyhláška č. 195 ze dne 18. května roku 2005 kterou se upravují podmínky předcházení vzniku a šíření infekčních onemocnění a hygienické požadavky na provoz zdravotnických zařízení a ústavů sociální péče
- [7] Zákon č. 258 ze dne 14. července roku 2000 o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů