

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: **S11N0031P Strojní inženýrství**
Studijní zaměření: **2302T040 Konstrukce zdravotnické techniky**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Analýza konkurenceschopnosti neonatálního inkubátoru
a řešení vybraných konstrukčních částí**

**Analysis of the competitiveness of a neonatal incubator
and solving of selected design parts**

Autor: **Tomáš KOCOUREK**

Vedoucí práce: **Prof. Ing. Stanislav HOSNEDL, CSc.**

Akademický rok 2012/2013

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

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

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce Prof. Ing. Stanislavu Hosnedlovi, CSc za jeho odborné vedení, cenné rady a čas, který mi věnoval během tvorby této práce.

Mé poděkování rovněž patří odborníkům ze společnosti TSE s.r.o. České Budějovice, především konzultantovi Ing. Lukášovi Bártovi.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Kocourek	Jméno Tomáš	
STUDIJNÍ OBOR	2302T040 „Konstrukce zdravotnické techniky“		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Prof. Ing. Hosnedl, CSc	Jméno Stanislav	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Analýza konkurenceschopnosti neonatálního inkubátoru a řešení vybraných konstrukčních částí		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2013
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	85	TEXTOVÁ ČÁST	52	GRAFICKÁ ČÁST	33
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Diplomová práce se zabývá problematikou neonatálních inkubátorů, konkurenceschopností vybraných modelů a možnými problémovými místy, které z hodnocení vyplývají. V praktické části jsou řešeny vybrané problémové uzly, pro které jsou navržena inovující řešení. Některá řešení byla odzkoušena jako prototypy na inkubátoru od společnosti TSE s.r.o. České Budějovice.
KEY WORDS	Neонатální inkubátor, konkurenceschopnost, EDS, zvlhčování, teplota, plexisklo, mlžení skel, inovace.

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Kocourek	Name Tomáš
FIELD OF STUDY	2302T040 "Medical Technique Design "	
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Prof. Ing. Hosnedl, CSc	Name Stanislav
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS	
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Analysis of the competitiveness of a neonatal incubator and solving of selected design parts	

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2011
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	85	TEXT PART	52	GRAPHICAL PART	33
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This thesis deals with neonatal incubators. It also discusses the competitiveness of selected models and possible problem sites that result from the evaluation. In the practical parts are selected problematic nodes. For some of these nodes are designed innovative solutions. Some solutions have been tested as prototypes on the incubator of the company TSE s.r.o. České Budějovice.
KEY WORDS	Neonatal Incubator, competitiveness, EDS, humidification, temperature, plexiglass, glass fogging, innovation.

Obsah

1. Úvod	1
2. Analýza situace	2
2.1. Neonatální inkubátor a jeho význam.....	2
2.2. Historie inkubátoru a funkce inkubátoru	3
2.3. Základní funkce inkubátoru – zásady péče o předčasně narozené jedince.....	6
2.3.1. Teplota	6
2.3.2. Ztráty tepla u novorozence	7
2.3.3. Snímání teploty pacienta	8
2.3.4. Vlhkost a zvlhčování v inkubátoru.....	9
2.3.5. Kyslík	10
2.3.6. Hluk	10
2.3.7. Čistý vzduch – cirkulace.....	10
2.4. Čištění inkubátorů	11
2.5. Druhy inkubátorů	11
2.5.1. Stacionární uzavřený inkubátor	11
2.5.2. Vyhřívané lůžko	12
2.5.3. Hybridní inkubátor	13
2.5.4. Transportní inkubátor	13
2.5.5. Speciální typ.....	14
2.6. Stávající řešení stacionárních inkubátorů	14
3. Návrh řešení	24
3.1. Modely pro hodnocení konkurenceschopnosti a hodnocení.....	24
3.2. Vlastnosti podle mechanických uzlů	24
3.3. Analýza vlastností mechanických uzlů.....	29
3.3.1. Plexisklo – kryt	29
3.3.2. Matrace	30

3.3.3.	Lůžko	30
3.3.4.	Vana/dno komory inkubátoru	31
3.3.5.	Zařízení pro snímání hmotnosti	31
3.3.6.	Ventilátor	31
3.3.7.	Vytápění vnitřního prostoru.....	32
3.3.8.	Zvlhčovací systém.....	32
3.3.9.	Přívod vzduchu	32
3.3.10.	Přívod kyslíku.....	32
3.3.11.	Podstavec inkubátoru.....	33
3.3.12.	Kostrá.....	33
3.4.	Výsledky hodnocení	33
3.5.	Konstrukční nedostatky užívaných inkubátorů.....	50
3.6.	Řešení vybraných problémových uzlů	51
3.6.1.	Dvojitá plexiskla	51
3.6.2.	Mlžení skel inkubátoru	57
3.6.3.	Zvlhčovací komora.....	62
4.	Výkresová dokumentace	68
5.	Závěr	73
6.	Seznam obrázků:	74
7.	Seznam tabulek.....	75
8.	Seznam výkresů	75
9.	Použité zdroje	76

1. Úvod

Během posledních let přibývá novorozeneckých dětí, které se narodily předčasně nebo s určitou indispozicí. Tento problém je nejspíše způsoben rychlým životním tempem, špatnou životosprávou a škodlivým prostředím, ve kterém se moderní člověk pohybuje. Tato doba ovšem poskytuje i možnosti využít moderní technologie pro zajištění lepší novorozenecké péče.

Problém s vysokou novorozeneckou úmrtností si lidé uvědomovali již kolem roku 1880, a tak začali novorozence umisťovat do van s dvojitou stěnou, která byla vyplněna teplou vodou. Od té doby technika značně pokročila, a proto je nežádoucí ji využívat i při navrhování nových přístrojů, jakými jsou také neonatální inkubátory.

Vývojem a výrobou inkubátorů se ve světě zabývají desítky společností, jejichž cílem je využití moderních technologií, materiálů apod. pro zajištění vysoce kvalitních výrobků, které mnohdy zachraňují lidské životy.

I přes snahu těchto výrobců o dokonalé zařízení je ještě mnoho oblastí, které se dají vylepšovat, a mnoho nápadů, které čekají na novou technologii, díky níž budou moci být realizovány.

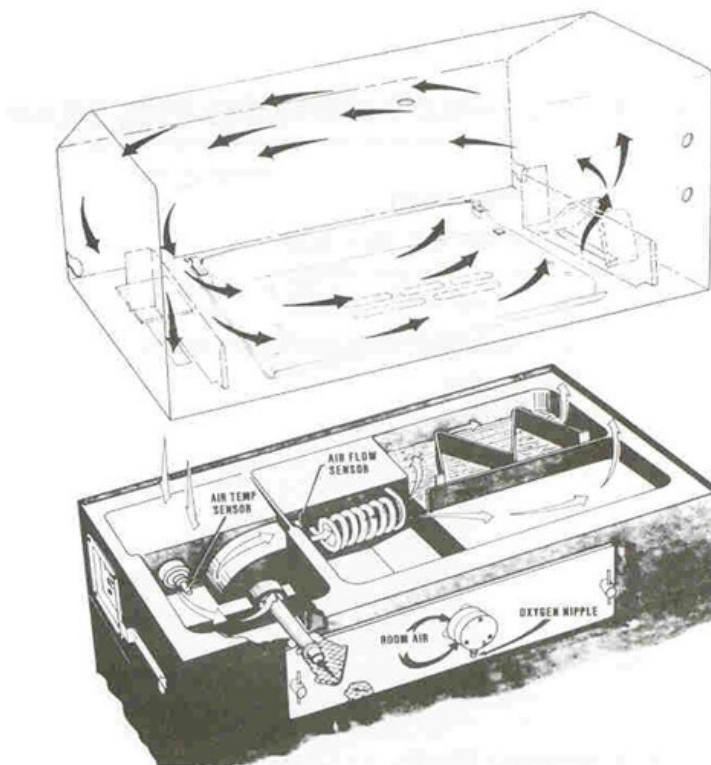
2. Analýza situace

2.1. Neonatální inkubátor a jeho význam

Neonatální inkubátor je zdravotní zařízení, ve kterém je možné nastavit vhodné podmínky pro vytvoření prostředí, jež pomáhá předčasně narozeným, nemocným nebo jinak indisponovaným novorozencům. Každému jedinci vyhovují a mohou pomoci rozdílné podmínky, a proto musí být prostředí v inkubátoru možné individuálně nastavit. Důležité faktory, které ovlivňují vnitřní prostředí je teplota, vlhkost vzduchu a koncentrace kyslíku. Ovšem nejen tyto specifické činitele zajišťují vyhovující klima k přežití ohrožených jedinců a proto je inkubátor velice složité zdravotní zařízení, které musí splňovat přísné normy.

Kvůli udržení stálých hodnot se používají převážně uzavřené „boxy“ do kterých má ošetřující personál přístup pomocí malých otvorů umístěných ve stěnách. Díky nim nedojde k příliš radikálním změnám prostředí při manipulaci s pacientem. Dalšími důležitými částmi jsou topení, ventilátor pro cirkulaci ohřátého vzduchu, nádoba pro zajištění zvlhčování, regulovatelné ventily pro ovládání koncentrace kyslíku a váha pro zaznamenání hmotnosti pacienta. Všechny tyto části, ale i další jsou zásadní pro správnou funkci neonatálního inkubátoru.

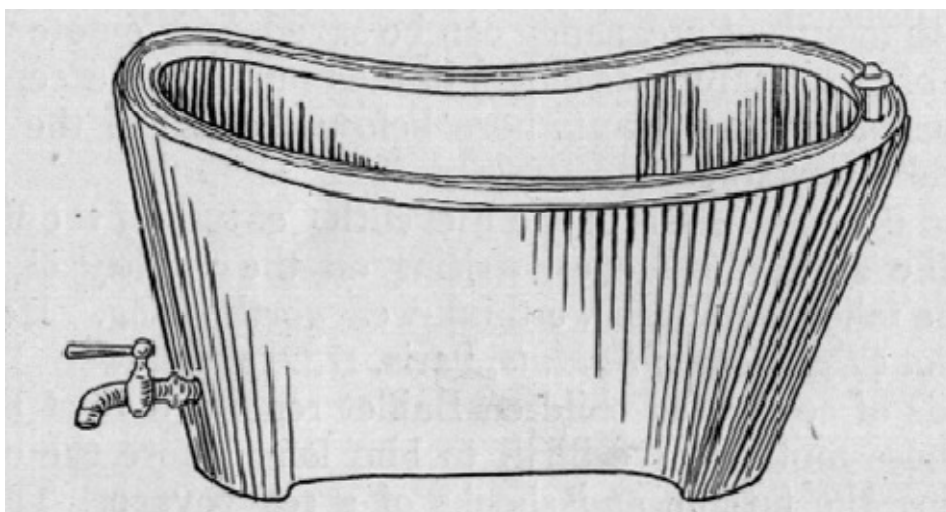
[12]



Obrázek 1: Schéma inkubátoru [31]

2.2.Historie inkubátoru a funkce inkubátoru

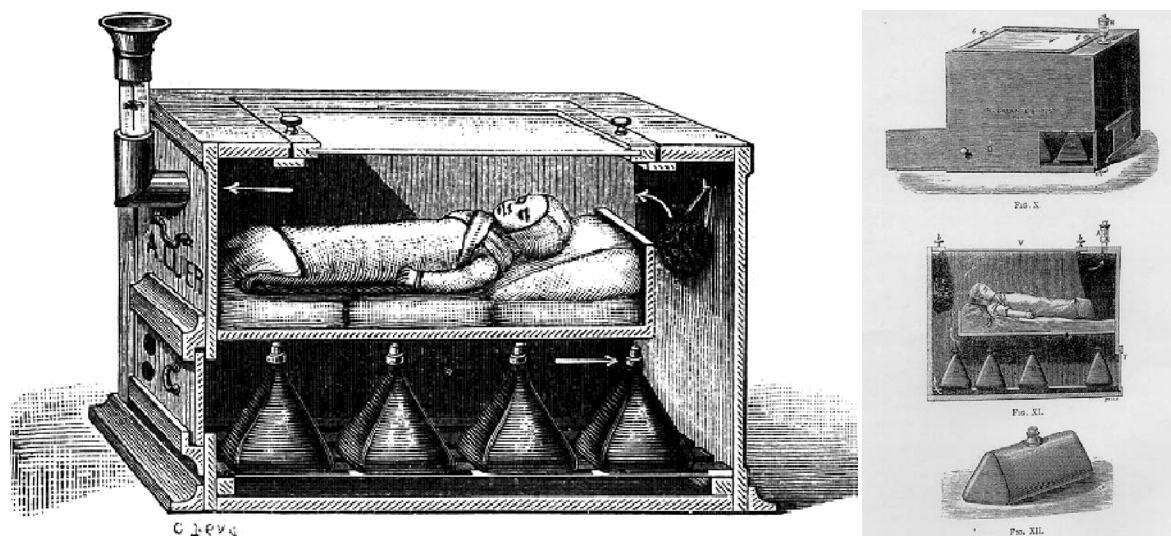
Vývoj inkubátoru byl odstartován již před 1. světovou válkou. Ovšem „pomocníci“ s novorozeneckou péčí jsou známi z daleko dřívějších dob. Příkladem taktového zařízení byla vana s dvojitou stěnou (viz obr. 2), tedy dvě stěny svařené dohromady. Tato vana byla vyhřívána teplou vodou, která se dovnitř lila otvorem v horní části a vypouštěla otvorem ve spodní části. Vynález byl využíván v roce 1857 v Moskvě a díky němu bylo dosaženo snížení úmrtnosti novorozenců. Právě vysoká novorozenecká úmrtnost byla podnětem pro vývoj neonatálních inkubátorů.



Obrázek 2: Nákres dvojitě vyhřívané vany [1]

První zařízení, které by se dalo oficiálně prohlásit za neonatální inkubátor, bylo vynalezeno v roce 1880 francouzským porodníkem Stéphane Ternier. Stéphane Ternier se inspiroval v zoologické zahradě inkubátorem na slepičí vejce. Inkubátor navržený Stephanem Ternierem (viz obr. 3) se skládal z dvojitého dřevěného boxu. Mezi dřevěnými stěnami byly nasypány dřevěné piliny sloužící jako izolace. Správná teplota v boxu byla zajištěna plynovým nebo lihovým ohříváčem, který zahříval vodu ve spodní části inkubátoru. Vodní nádrž dále ohřívala vzduch nacházející se ve střední části boxu, který stoupá větracími otvory do prostoru, kde je uložen pacient. Tím způsobem ovšem nebylo možné regulovat teplotu tak, aby nedocházelo k úmrtí novorozence vlivem vysoké teploty.

[2]



Obrázek 3: Schéma Ternierovo inkubátoru - 1883 [31]

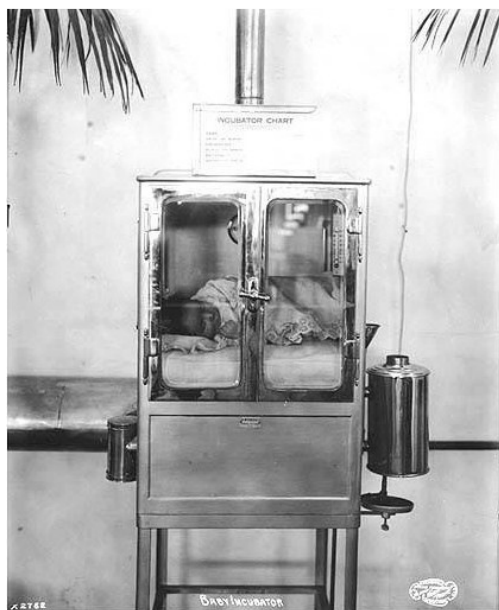
Jeden z Ternierihových žáků, Budin, vymyslel kontrolní alarm, který signalizoval nebezpečný nárůst teploty. Tento nápad se ale v té době příliš nenesetkal s pochopením nemocničního personálu, který dal přednost raději spolehlivějšímu vyhřívání, a to za pomoci horké vody v lahvích. Nevýhodou tohoto způsobu vyhřívání bylo, že sestry musely lahve ručně měnit každé 3 hodiny.

První prototypy inkubátorů byly testovány na odložených dětech. Výsledky statického průzkumu, který zahrnoval 500 dětí, ukázaly, že se úmrtnost díky použití neonatálního Ternierihova inkubátoru snížila z 66% na 38%. Tyto výsledky byly naprosto ohromující a to především proto, že již několik let ve Francii docházelo k velkému snížení populačního růstu.

Dalším významným vynálezcem, který se zapsal do dějin vývoje neonatálního inkubátoru, byl, Alexandre Lion. Tento muž, profesí lékař, v roce 1885 vyvinul inkubátor, který byl daleko více sofistikovaný nežli provedení podle Terniera. Lionův inkubátor byl tvořen kovovou kostrou, kovovými stěnami, skleněnými dveřmi a nezávislým ventilačním systémem. Bohužel byl tento model značně ekonomicky náročný na výrobu.

V dalších letech docházelo pouze k pomalejšímu vývoji inkubátorů. Pozornost byla upřena ke zlepšení způsobu regulování teploty. Až v roce 1900 vyvinul DeLee inkubátor s vlastním termostatem. Vymyslel také transportní inkubátor a založil transportní službu pro předčasně narozené děti.

[2]



Obrázek 4: Inkubátor cca. 1909 [13]

Roku 1930 se vývoj inkubátorů zastavil a to převážně kvůli domněnkám o infekci, ke které mělo v inkubátorech docházet.

Do této doby byly celé inkubátory konstruovány především ze dřeva nebo z kovu. Od roku 1930 se začaly na stěny inkubátoru používat desky z plexiskla a do vzduchového systému byl přidán anti-bakteriální filtr, který zajistil, aby byl vstupující vzduch co nejvíce sterilní. Dále byla zlepšena regulace vzduchu a vlhkosti a také byla zavedena kyslíková terapie.

[32]



Obrázek 5: Oddělení neonatální péče – 1910 [1]

V dalších letech byly inkubátory vylepšovány převážně v oblastech, které zajišťovaly rychlejší regulaci teploty, způsoby přístupu ošetřujícího personálu k pacientovi, zlepšení automatické kontroly funkcí a také důležitou inovací bylo přidání monitorovacích zařízení.

Princip inkubátorů zůstal převážně sice nezměněn, ovšem byly značně vylepšeny jejich stávající funkce nebo dodány funkce doplňkové. Jedinými výjimkami, u kterých došlo ke změně principu, se stala otevřená vyhřívaná lůžka, kde dochází k zahřívání novorozence pomocí tepelným zářením. Změny proběhly také u hybridních inkubátorů, které jsou kombinací stacionárního inkubátoru a vyhřívaného lůžka.

[32]

2.3. Základní funkce inkubátoru – zásady péče o předčasně narozené jedince

2.3.1. Teplota

Regulování teploty a konstantní držení hladiny teploty na stanovené hodnotě je pro předčasně narozené děti jedním z nejdůležitějších faktorů, které ovlivňují jejich další vývoj. Novorozenec se rodí s poměrně vysokou teplotou jádra (rektální teplota - 37–38 °C), která se odvíjí od tělesné teploty matky. Po porodu, asi v průběhu 30 minut teplota velmi rychle klesá a pokles dosahuje nejvyšších hodnot v rozmezí 30–60 minut. V průběhu této doby by nemělo dojít u novorozence k poklesu o více jak 1,5–2,5 °C.

Předčasně narozený jedinec nemá příliš možností regulace své vlastní teploty. Převážně proto, že se většinou nemůže „zabalit“ do takové polohy, aby se sám zahřál. Důvodem je nedostatečné funkce svalů. V případě, že novorozenec nemůže zaujmout „zabalenou“ polohu, vzniká značný nepoměr jeho kožní plochy vůči jeho hmotě. Tento nepoměr mezi plochou a hmotou způsobuje nedostatečnou tvorbu tepelné energie v poměru s tepelnou energií unikající z těla novorozence. Dalším důvodem je malá tuková zásoba a nezralost kůže vlivem kratší gestační doby (gestační doba – doba, po kterou bylo dítě/plod uvnitř matčiny dělohy).

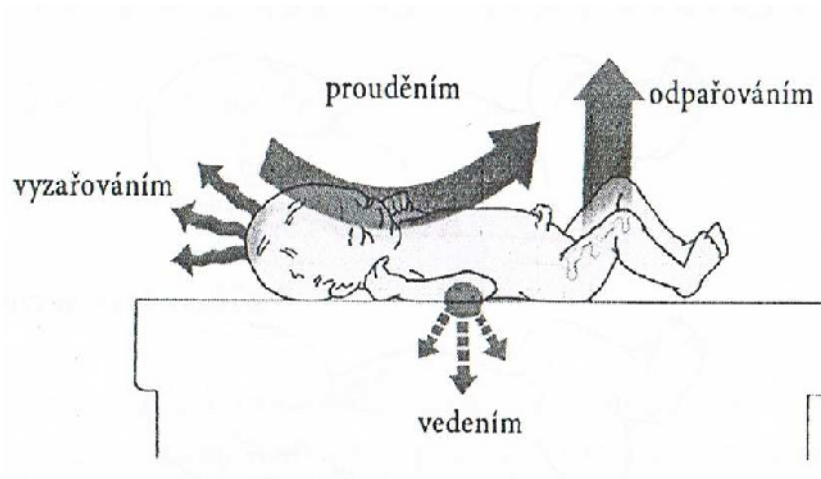
V inkubátoru je tedy důležité navodit takovou teplotu, aby teplota ošetřovaného jedince byla cca 37°C (záleží na druhu nemoci, gestační době a dalších faktorech, podle kterých ošetřující lékař zvolí vhodnou teplotu). Z toho důvodu je nutné umístit novorozence do prostředí o správné teplotě s kontinuálním průběhem. Pokud by se teplota pohybovala v příliš vysokých nebo nízkých mezích, dojde u pacienta ve většině případů ke stavu, který

lékaři označují jako teplotní stres (podchlazení-přehřátí). Tento teplotní stres může způsobit poškození orgánů nebo dokonce smrt dítěte.

[33]

2.3.2. Ztráty tepla u novorozence

U novorozence dochází ke ztrátě tepla čtyřmi způsoby (viz obr. 6). Tyto způsoby jsou znázorněny na obr. 6.



Obrázek 6: Schéma způsobů ztráty tepelné energie u novorozenců

[3]

Konvekce (tj. proudění) - předávání tepelné energie vzduchu, který obklopuje pacienta. K největším ztrátovým hodnotám dochází v případě, kdy je novorozené dítě nahé. Množství ztrát je závislé na rozdílu teplot těla dítěte a vzduchu, na ploše těla vystavené proudění a na rychlosti jakou vzduch proudí.

Radiace (tj. vyzařování) - předávání tepelné energie chladnějším objektům v okolí pacienta. K takovému případu dochází, především pokud je pacient umístěn na otevřeném lůžku (např. s vyhřívanou matrací) nebo je umístěn v jednostěnném inkubátoru situovaného například blízko okna nebo chladné zdi. Množství tepelné ztráty je závislé na rozdílu teploty dítěte a teploty povrchu daného předmětu. Tepelné ztráty tímto způsobem nejsou závislé na teplotě vzduchu.

Kondukcce (tj. vedení) - tj. přímé předávání tepelné energie předmětům o rozdílné teplotě, které jsou v přímém kontaktu s kůží dítěte. K takovým ztrátám dochází při přebalování, ale i při manipulaci s novorozencem ošetřujícím lékařem či sestrou s chladnějšíma rukama.

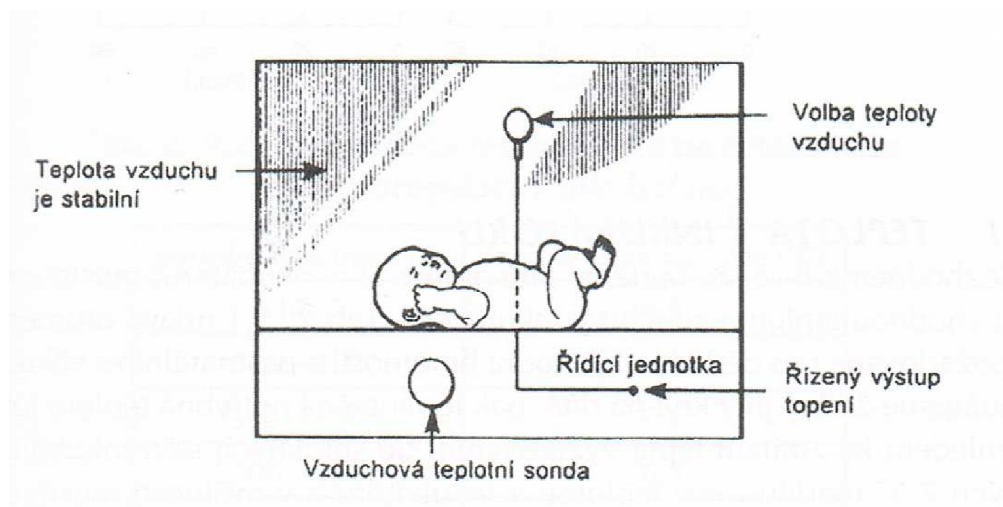
Evaporace (tj. odpařování) - odevzdání tepelné energie odpařováním vody z kůže a dýcháním. Každý odpařený mililitr vody zapříčiní ztrátu 576 kalorií tepla, cca 80% tepla, které se odevzdá díky odpařování tekutiny z kůže. V tomto případě se nejedná o pot, ale především o zbylou amniotickou tekutinu těsně po porodu, nebo o zbylou vodu po koupání. Zbylý úbytek tepelné energie je zapříčiněn odpařováním vznikajícím při dýchání. V takovém případě se vdechovaný vzduch v těle ohřeje a odebere vlhkost. Vydechovaný vzduch je tedy teplejší a vlhčí nežli vdechovaný.

[4]

2.3.3. Snímání teploty pacienta

U inkubátoru rozlišujeme dva způsoby snímání teploty.

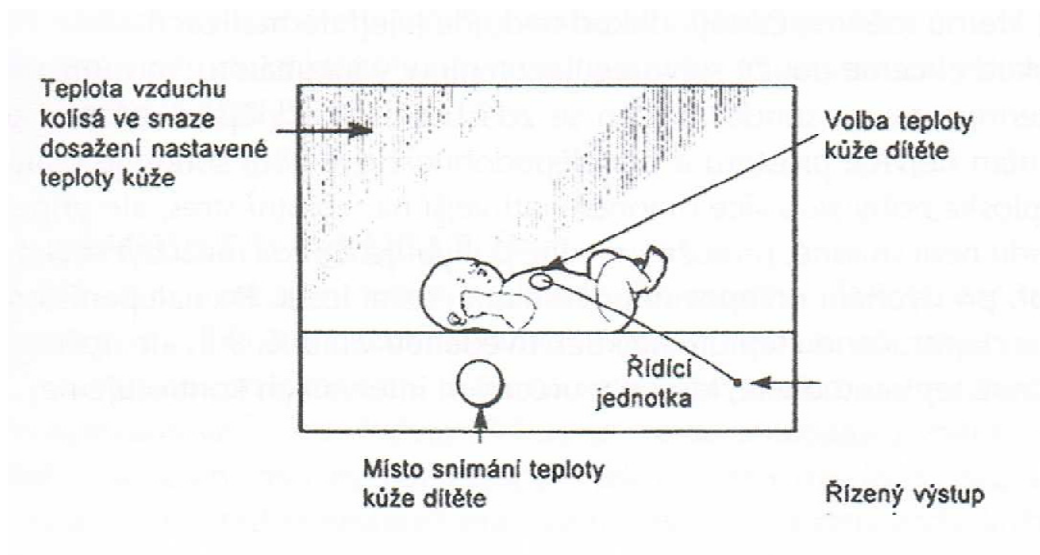
V prvním případě se snímá teplota vzduchu (viz obr. 7) uvnitř inkubátoru a řídí se pomocí termostatu, který je nastaven nemocničním personálem na požadovanou teplotu. Součástí inkubátoru jsou snímací sondy napojené na bezpečnostní systémy, které při překročení hranice 39°C zalarmují ošetřující personál. Teplý vzduch je ohříván tepelným zdrojem a plynule vháněn pomocí ventilátoru do prostoru, kde leží novorozenec.



Obrázek 7: Schéma regulace a měření teploty vzduchu v inkubátoru [3]

V druhém případě (viz obr. 7) funguje inkubátor na stejném principu, ale termistorová sonda, podle které se reguluje teplota vzduchu v inkubátoru, je umístěna na kůži pacienta. Sonda tedy neměří teplotu vzduchu, ale teplotu kůže novorozence a tepelný zdroj zahřívá vzduch na takovou hladinu, dokud kůže novorozence nedosáhne nastavené teploty. Nevýhodou této metody je skutečnost, že sonda přilepená na kůži dítěte kryje snímání

povrch, a tak zabrání ztrátě vody (ke které dochází na zbylém nezakrytém povrchu těla). Tím dochází k podhodnocení požadavků dítěte na teplo.



Obrázek 8: Schéma regulace a měření teploty pokožky v inkubátoru [3]

2.3.4. Vlhkost a zvlhčování v inkubátoru

Je-li vzduch v uzavřeném prostoru zahříván, klesá jeho relativní vlhkost. Běžné hodnoty relativní vlhkosti v inkubátoru dosahují 25-40%. Pokud se pohybuje vlhkost mezi těmito hodnotami, a nejedná-li se o silně nedonošené dítě (pod 30. týden a hmotnost pod 1kg), nemůže dítěti uškodit, protože při dýchání se vzduch zvlhčí v ústech, popř. v nose. Ke zvlhčování prostředí by ovšem mělo docházet v několika případech. V případě, kdy je do inkubátoru přiváděn stačený vzduch, nebo kyslík za vysokého průtokového množství, je nutné tyto plyny nejprve zvlhčit, nežli se dostanou do prostoru, kde je umístěn pacient. Dalším případem, ve kterém je vhodné zvlhčovat prostředí uvnitř inkubátoru, je situace, kdy je do inkubátoru umístěn silně nedonošený jedinec. U takového jedince je těžké regulovat teplotu, protože u něj dochází k vysoké ztrátě vody kůží.

V inkubátorech se dosahuje zvlhčení vzduchu pomocí jednoduchého principu vypařování vody ze speciálního zásobníku. Tato jednoduchá metoda dokáže zvlhčit vzduch v inkubátoru na vysoké hodnoty pohybující se mezi 80-90% relativní vlhkosti, a přitom zachovat teplotu vzduchu na hodnotě 37°C.

Zvlhčování ovšem nese i značná rizika v podobě možného množení bakterií a tím i vzniku infekce. Dodržováním předepsaných hygienických postupů lze toto riziko snížit.

Další nevýhodou při používání zvlhčovacího zařízení je snížení viditelnosti (do inkubátoru) vlivem kondenzace par na plexiskle. Stěny inkubátoru jsou chladnější než vzduch uzavřený uvnitř, proto se na jeho stěnách kondenzuje voda při dosažení vyšší hodnoty relativní vlhkosti vzduchu.

[30]

2.3.5. Kyslík

Kyslík je do většiny inkubátoru přiváděn pomocí speciálního vstupu tak, aby docházelo k rovnoměrnému smíchání s přiváděným vzduchem. Inkubátory bývají vybaveny regulací koncentrace přiváděného kyslíku. Ta se převážně pohybuje mezi 21-40%. Ovšem aby bylo docíleno takto vysokých koncentrací, je zapotřebí dopravovat kyslík do inkubátoru pomocí vysokého průtokového množství, což často způsobuje vysoký nárůst hluku, který je nežádoucím faktorem. Pokud je kyslík do inkubátoru přiváděn, musí být nejprve ohřátý a zvlhčený, než jej pacient začne vdechovat. Další podmínkou je monitorování množství kyslíku přijatého novorozencem, protože při přesáhnutí určité hranice už nemusí být dítěti prospěšný ale naopak způsobit vážné problémy.

relativní vlhkosti vzduchu.

[30]

2.3.6. Hluk

Je dokázáno, že při dlouhodobém vystavení vysokým hladinám hluku může docházet až k trvalému poškození sluchu. Novorozenci jsou na hluk daleko více náchylní než dospělí jedinci. Z tohoto důvodu by neměl hluk v inkubátoru přesáhnout hranici 65 dBA. Tato hranice je přesně určená normou ČSN EN 60601-2-19.

Hlučnost v inkubátoru může být způsobena přívodem kyslíku/vzduchu, motorem pohánějícím ventilátor a dalšími pohyblivými částmi.

Od okolního hluku je novorozenec chráněn především použitím dvojitých stěn.

[6]

2.3.7. Čistý vzduch – cirkulace

Přiváděný vzduch by z důvodu nedostatečně vyvinuté imunity měl být co nejvíce sterilní a zbaven bakterií, které se běžně vzduchem šíří, a to především v nemocničním prostředí. Použitím speciálních filtrů je možné zbavit vzduch bakterií, virů a plísní.

Důležitým faktorem je i rychlost proudění, která by neměla přesáhnout 0,3 m/s, a to ve všech částech inkubátoru. Hodnota rychlosti proudění vzduchu uvnitř inkubátoru je dána normou ČSN EN 60601-2-19.

[34]

2.4. Čištění inkubátorů

Veškeré součásti inkubátoru, které přicházejí do styku s pacientem (tedy v boxu inkubátoru), musí být snadno přístupné a omyvatelné.

Určité části musí být uzpůsobené k čištění pomocí autoclavu. Autoclav zajišťuje desinfekci a čištění součástí pomocí vyvození vyšších tlaků a teploty kolem 130°C. Ne všechny materiály dokážou čelit takovým podmínkám a často se stává, že při častém čištění v autoclavu dojde k porušení struktury (vlastností) materiálu, ze kterého je součást vyrobena.

[34]

2.5. Druhy inkubátorů

Nejen že každý inkubátor může používat odlišné technologie pro zajištění správné teploty, vlhkosti a přílivy kyslíku, ale může mít i různé doplňkové funkce jako je například váha, podložku pro rentgen, různé polohování lůžka, odlišné způsoby přístupů do inkubátoru apod. Inkubátory se dělí na několik základních typů.

2.5.1. Stacionární uzavřený inkubátor

Stacionární uzavřený inkubátor (viz obr. 9; 10; 11) je charakteristický svým boxem, který je vyráběn především z plexiskla. Tento kryt může být buď jednotěnný, nebo dvoustěnný. V tomto boxu je pomocí speciálně navrženého systému (vytápění automaticky regulované pomocí mikroprocesorů) zahříván a zvlhčován vzduch na požadované hodnoty a obohacován kyslíkem tak, aby bylo dosaženo předem nastavené koncentrace. Stacionární inkubátor je využíván na neonatologických odděleních v nemocnici a je uzpůsoben pouze k převozu po nemocnici (z pokoje do pokoje). Tento převoz je omezen především konstrukcí inkubátoru, avšak hlavním důvodem je chybějící přenosná kyslíková láhev. Pokud je potřeba převést novorozence z pokoje, do pokoje dá se (při velmi krátkých vzdálenostech) na chvíli inkubátor odpojit od kyslíku. Při delších vzdálenostech je potřeba buď připojit inkubátor ke speciálnímu nástavci/přenosné kyslíkové bombě, nebo přendat novorozence do transportního inkubátoru.



Obrázek 9: SI-610 TSE [14]



Obrázek 10: Caleo Dräger [15]



Obrázek 11: Incu-i 101 ATOM [16]

2.5.2. Vyhřívání lůžko

Vyhřívání lůžko (viz obr. 12; 13; 14) je speciální případ inkubátoru. Nemá uzavřený box pro umístění pacienta. Okolo lůžka jsou pouze vyvýšené okraje zajišťující větší bezpečnost proti vypadnutí novorozence. Vyhřívání je u tohoto typu zajištěno pomocí tepelných modulů (infračervené zářiče) umístěných nad lůžkem. Teplota je snímána pomocí kožní sondy. Výhodou tohoto zařízení je snadný přístup k novorozenci. Značnou nevýhodou je špatná kontrola vlhkosti ovzduší a zajištění nízkých rychlostí proudění vzduchu. Součástí bývá i fototerapie, která je vhodná k léčbě hyperbilirubinemie a novorozenecké žloutenky. Dále může být lůžko vybaveno vyhřívanou matrací.

[35]



Obrázek 12: Lifetherm 2002 [17]



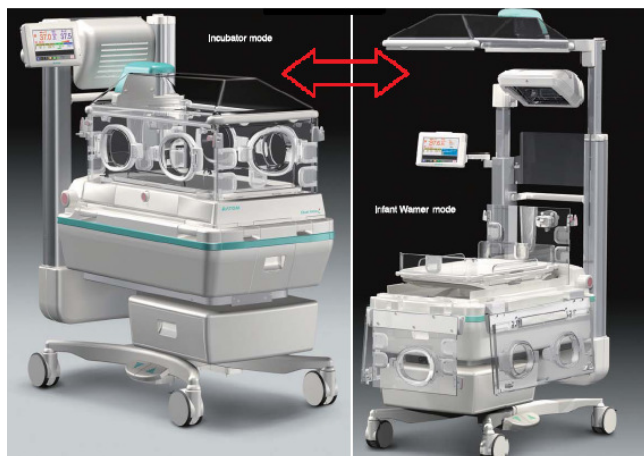
Obrázek 13: David HKN-93. [18]



Obrázek 14: Panda Warmer [19]

2.5.3. Hybridní inkubátor

Hybridní inkubátor (viz obr. 15; 16) je kombinací otevřeného a uzavřeného typu. Box je připevněn na vodících sloupech, díky kterým je možné tento kryt vysunout nad lůžko a tak změnit uzavřený inkubátor na otevřený. Tím jsou spojeny výhody otevřeného a uzavřeného inkubátoru do jednoho přístroje a záleží pouze na uvážení ošetřujícího personálu a stavu pacienta, kterou z možností využijí.



Obrázek 15: ATOM model 100. [20]

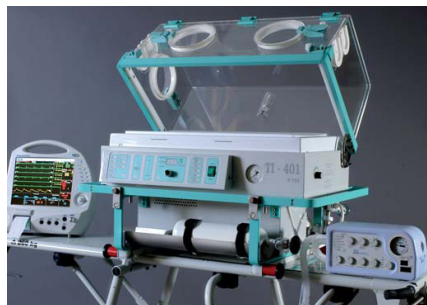


Obrázek 16: Giraffe Incubator [21]

2.5.4. Transportní inkubátor

Transportní inkubátor je (viz obr. 17; 18; 19) využíván v případě nutnosti přepravy novorozence. Součástí inkubátoru jsou tlakové lahve s kyslíkem a baterie, která udrží provoz inkubátoru i několik hodin, v závislosti na modelu a výrobci. Zároveň by mělo být možné inkubátor připojit do zdroje střídavého napětí (230V) a tím nejen dodávat energii do potřebných systémů, ale i vybitý akumulátor dobít.

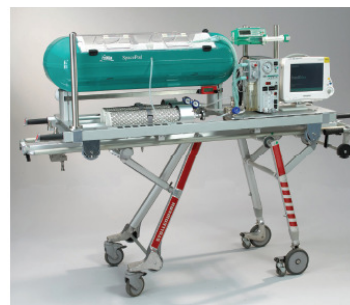
Transportní inkubátor by měl být vybaven vstupy pro připojení dalších zdrojů energie, jako jsou autobaterie nebo elektrorozvodné sítě. Důležitou součástí tohoto inkubátoru je podvozek a nosítka, které musí být uzpůsobeny tak, aby odpovídaly normám pro umístění do sanitky popřípadě do helikoptéry. Dále tyto inkubátory musí být koncipovány takovým způsobem, aby splňovaly nárazové testy (crashtesty). Rovněž by stěny krytu měly být tvořeny ze dvou vrstev, aby došlo k lepší tepelné izolaci novorozence od okolního prostředí, a byla tak snížena možnost ztráty tepla radiací.



Obrázek 17: TSE spol. s.r.o. TI-401. [22]



Obrázek 18: Transportní inkubátor HWME - 359. [23]



Obrázek 19: Transportní inkubátor SPACEPOD [24]

2.5.5. Speciální typ

Existují i speciální typy inkubátorů, které jsou vybaveny specifickými funkcemi. Takovéto přístroje jsou využívány tam, kde běžné inkubátory nemohou být z různých technických důvodů použity. Jedním z takovýchto přístrojů je inkubátor se zabudovaným vyšetřením pomocí počítačové tomografie (Computerized Tomography, CT).

Tato práce je zaměřena na stacionární uzavřené inkubátory.

2.6. Stávající řešení stacionárních inkubátorů.

Na světě je mnoho výrobců zabývajících se vývojem a výrobou neonatálních inkubátorů. Mezi nejvýznamnější patří společnosti Dräger, Atom, Giraffe, Weyer, FANEM, Natus, Olidef. V České republice jsou pouze dvě firmy, které se zabývají vývojem a výrobou inkubátorů a tou jednou je firma Alfamedic která má ovšem v nabídce pouze otevřená vyhřívaná lůžka. Druhou českou firmou je společnost TSE s.r.o České Budějovice. Přehled společností a jejich stacionárních inkubátorů a jejich základních vlastností

2.6.1.1. Dräger**Caleo****Obrázek 20: Caleo**

Celkové rozměry	1167x687 mm
Hmotnost	-
Nastavitelná výška	1220–1520 mm
Nosnost postýlky	Max. 5 kg
Přístup do inkubátoru	Přední, zadní, boční
Dvojité plexisklo	ANO
Funkce postýlky	vysunutí do 2/3
Naklápění postýlky	elektrické naklápění, 12° oboustranné
Rozměr matrace	645x500 mm
Vnitřní hlučnost	Max. 48 dB
Rozsah regulace teploty -vzduch	20,0°C - 39,0°C (0,1°C)
Rozsah regulace teploty -tělo	34,0°C - 38,0°C (0,1°C)
přesnost regulace teploty - vzduch	+/-0,8°C
přesnost měření teploty - tělo	+/-0,3°C
Nastavení kyslíku	21 - 75% (1%)
přesnost regulace kyslíku	+/- 3%
nastavení RH	30 - 99% (1%)
Přesnost regulace RH	+/- 5%
Rozsah měření hmotnosti	0 - 10 kg
Přesnost měření hmotnosti	+/- 2g v rozsahu 0 - 2,5 kg +/- 5g v rozsahu 2,5 - 10kg
Police pro přístroje	ANO, 2x
Držák infuzí	ANO, 1x
Držák ventilačních hadic	ANO, 1x
Přídavné zásuvky	ANO

[15]

Isolette 8000**Obrázek 21: Isolete 8000**

Celkové rozměry	1040x750 mm
Hmotnost	-
Nastavitelná výška	1326-1527 mm
Nosnost postýlky	-
Přístup do inkubátoru	Přední, zadní, boční
Dvojité plexisklo	ANO
Funkce postýlky	-
Naklápění postýlky	+/-12°
Rozměr matrace	406x810 mm
Vnitřní hlučnost	<47dBA
Rozsah regulace teploty - vzduch	20-39°C
Rozsah regulace teploty - tělo	34-38°C
přesnost regulace teploty - vzduch	+/-0,5°C
přesnost měření teploty - tělo	+/-0,5°C
Nastavení kyslíku	21-65%
přesnost regulace kyslíku	+/-3%
nastavení RH	30-95%
Přesnost regulace RH	+/-6%
Rozsah měření hmotnosti	0-7kg
Přesnost měření hmotnosti	+/- 2g v rozsahu 0 - 2 kg +/- 5g v rozsahu 2 - 7kg
Police pro přístroje	ANO
Držák infuzí	ANO 2x
Držák ventilačních hadic	ANO
Přídavné zásuvky	ANO

[25]

2.6.1.2. ATOM**Incu 101****Obrázek 22:Incu 101**

Celkové rozměry	1070x680 mm
Hmotnost	104 kg
Nastavitelná výška	1380-1780 mm
Nosnost postýlky	-
Přístup do inkubátoru	Přední, zadní, boční
Dvojité plexisklo	ANO
Funkce postýlky	-
Naklápění postýlky	-
Rozměr matrace	650x365 mm
Vnitřní hlučnost	<40 dBA
Rozsah regulace teploty - vzduch	23-37°C
Rozsah regulace teploty - tělo	34-37.5°C
přesnost regulace teploty - vzduch	-
přesnost měření teploty - tělo	-
Nastavení kyslíku	22-65%
přesnost regulace kyslíku	-
nastavení Rh	40%-95%
Přesnost regulace Rh	-
Rozsah měření hmotnosti	300-7000g
Přesnost měření hmotnosti	+/- 5g
Police pro přístroje	NE
Držák infuzí	-
Držák ventilačních hadic	-
Přídavné zásuvky	ANO

[16]

2.6.1.3. Weyer**Vita****Obrázek 23: Vita**

Celkové rozměry	-
Hmotnost	-
Nastavitelná výška	-
Nosnost postýlky	-
Ruční vstupy	-
Přístup do inkubátoru	-
Dvojité plexisklo	ANO
Funkce postýlky	-
Naklápění postýlky	-
Rozměr matrace	-
Vnitřní hlučnost	-
Rozsah regulace teploty	-
Vzduch	27,9 - 39°C
Tělo	34 – 37°C
přesnost regulace teploty - vzduch	-
přesnost měření teploty - tělo	-
Nastavení kyslíku	21% - 75%
přesnost regulace kyslíku	-
nastavení RH	30% – 95%
Přesnost regulace RH	-
Rozsah měření hmotnosti	-
Přesnost měření hmotnosti	-
Police pro přístroje	ano
Držák infuzí	-
Držák ventilačních hadic	-
Přídavné zásuvky	-

[26]

2.6.1.4. TSE s.r.o. České Budějovice**SI-600****Obrázek 24:SI-600**

Celkové rozměry	960 x 560 mm
Hmotnost	-
Nastavitelná výška	1310 – 1510 mm
Nosnost postýlky	Max. 6 kg
Přístup do inkubátoru	přední, zadní, boční
Dvojité plexisklo	ANO (pouze horní plexisklo)
Funkce postýlky	vysunutí do 2/3, otočení o 45°
Naklápění postýlky	manuální, z vně inkubátoru, 12°, oboustranné
Rozměr matrace	660 x 400 mm
Vnitřní hlučnost	Max 48 dB
Rozsah regulace teploty - vzduch	20,0°C - 38,0°C (0,1°C)
Rozsah regulace teploty - tělo	34,0°C - 38,0°C (0,1°C)
přesnost regulace teploty - vzduch	+/-0,1°C
přesnost měření teploty - tělo	+/-0,1°C
Nastavení kyslíku	22 - 80% (1%)
přesnost regulace kyslíku	+/-3%
nastavení RH	41 - 90% (1%)
Přesnost regulace RH	+/- 5%
Rozsah měření hmotnosti	Nemá váhu
Přesnost měření hmotnosti	Nemá váhu
Police pro přístroje	ANO, 1x
Držák infuzí	ANO, 1x
Držák ventilačních hadic	ANO, 1x
Přídavné zásuvky	NE

[14]

SI-610**Obrázek 25: SI-610**

Celkové rozměry	960 x 560 mm
Hmotnost	-
Nastavitelná výška	1310 – 1510 mm
Nosnost postýlky	Max. 6 kg
Přístup do inkubátoru	přední, zadní, boční
Dvojité plexisklo	ANO (pouze horní plexisklo)
Funkce postýlky	vysunutí do 2/3, otočení o 45°
Naklápění postýlky	elektrické naklápění, 12°, oboustranné
Rozměr matrace	660 x 400 mm
Vnitřní hlučnost	Max 48 dB
Rozsah regulace teploty - vzduch	20,0°C - 38,0°C (0,1°C)
Rozsah regulace teploty - tělo	34,0°C - 38,0°C (0,1°C)
přesnost regulace teploty - vzduch	+/-0,1°C
přesnost měření teploty - tělo	+/-0,1°C
Nastavení kyslíku	22% - 80% (1%)
přesnost regulace kyslíku	+/-3%
nastavení RH	41 - 90% (1%)
Přesnost regulace RH	+/- 5%
Rozsah měření hmotnosti	0 - 10 kg
Přesnost měření hmotnosti	+/- 2g v rozsahu 0 - 2 kg +/- 3g v rozsahu 2 - 10kg
Police pro přístroje	ANO, 1x
Držák infuzí	ANO, 1x
Držák ventilačních hadic	ANO, 1x
Přídavné zásuvky	NE

[16]

2.6.1.5. Ginevri**Polytrend****Obrázek 26:Polytrend**

Celkové rozměry	810 x 620 mm
Hmotnost	-
Nastavitelná výška	-
Nosnost postýlky	-
Přístup do inkubátoru	přední, zadní, boční
Dvojité plexisklo	Volitelné příslušenství
Funkce postýlky	-
Naklápění postýlky	12°, oboustranné
Rozměr matrace	600 x 350 mm
Vnitřní hlučnost	Max. 45 dB
Rozsah regulace teploty - vzduch	20,0°C - 39,0°C (0,1°C)
Rozsah regulace teploty - tělo	25,0°C - 39,0°C (0,1°C)
přesnost regulace teploty - vzduch	+/-0,6°C
přesnost měření teploty - tělo	+/-0,3°C
Nastavení kyslíku	22% - 52%
přesnost regulace kyslíku	-
nastavení RH	15% - 90%
Přesnost regulace RH	-
Rozsah měření hmotnosti	Rozsah neuveden, váha uvedena ve volitelném příslušenství
Přesnost měření hmotnosti	-
Police pro přístroje	-
Držák infuzí	-
Držák ventilačních hadic	-
Přídavné zásuvky	-

[21]

2.6.1.6. Natus**NatalCare LX****Obrázek 27:NataCare LX**

Celkové rozměry	1050x600 mm
Hmotnost	-
Nastavitelná výška	1350-1650 mm
Nosnost postýlky	-
Přístup do inkubátoru	-
Dvojité plexisklo	-
Funkce postýlky	-
Naklápění postýlky	+/-15°
Rozměr matrace	610x400 mm
Vnitřní hlučnost	-
Rozsah regulace teploty - vzduch	20-37°C
Rozsah regulace teploty - tělo	34-37°C
přesnost regulace teploty - vzduch	+/- 0,3°C
přesnost měření teploty - tělo	+/-0,3°C
Nastavení kyslíku	24-80%
přesnost regulace kyslíku	+/-3%
nastavení RH	Do 95%
Přesnost regulace RH	+/-5%
Rozsah měření hmotnosti	-
Přesnost měření hmotnosti	-
Police pro přístroje	ANO
Držák infuzí	ANO
Držák ventilačních hadic	ANO
Přídavné zásuvky	ANO

[28]

2.6.1.7. FANEM**Vision Advanced 2286**

Obrázek 28: Vision Advanced 2286

Celkové rozměry	-
Hmotnost	-
Nastavitelná výška	-
Nosnost postýlky	-
Přístup do inkubátoru	Přední, zadní, boční
Dvojité plexisklo	ANO
Funkce postýlky	vysunutí do 2/3,
Naklápění postýlky	12°, oboustranné
Rozměr matrace	630x340 mm
Vnitřní hlučnost	<50dBA
Rozsah regulace teploty - vzduch	20-39°C
Rozsah regulace teploty - tělo	+/-0,2°C
přesnost regulace teploty - vzduch	34-38°C
přesnost měření teploty - tělo	+/-0,2°C
Nastavení kyslíku	21-65%
přesnost regulace kyslíku	+/- 3%
nastavení RH	20-100%
Přesnost regulace RH	+/- 5%
Rozsah měření hmotnosti	0-10kg
Přesnost měření hmotnosti	4g
Police pro přístroje	ANO 2x
Držák infuzí	ANO 2x
Držák ventilačních hadic	ANO
Přídavné zásuvky	ANO

[29]

3. Návrh řešení

3.1. Modely pro hodnocení konkurenceschopnosti a hodnocení

Pro co nejkompexnější hodnocení konkurenceschopnosti byly zvoleny modely různých společností. Jejich výběr je uveden v tabulce 1.

Tabulka 1: přehled vybraných modelů pro hodnocení

Dräger	Caleo
	Isolette 8000
ATOM	ATOM incu
Ginevri	Polytrend
TSE	SI-610
	SI-600
Natus	Natal Care LX
FANEM	Vision Advanced 2286

3.2. Vlastnosti podle mechanických uzlů

Tabulka 2: Přehled částí inkubátoru

Části inkubátoru
1) Plexisklo - kryt
2) Matrace
3) Lůžko
4) Vana/dno komory inkubátoru
5) Větrání/ cirkulace vzduchu
6) Vytápění
7) Váha
8) Zvlhčovací systém
9) Řídící panel
10) Podstavec (nohy/noha inkubátoru)
11) Vnější kryt
12) Kostra inkubátoru
13) Přívod vzduchu
14) Přívod kyslíku
15) Úložné prostory/ držáky
16) Výsuvný systém – mechanismus polohování lůžka

Tabulka 3: Přehled hlavních funkcí inkubátoru a částí které je zajišťují

Přehled hlavních funkcí inkubátoru a částí které je zajišťují	
Funkce	Součást zajišťující funkci
Zajištění správné teploty uvnitř komory	Topení; řídicí deska; ventilátor; tep. Čidlo; plexisklo - kryt; kryt vany -(umístění vstupů od zdroje teplého vzduchu do komory).
Vlhkost vnitřního prostředí	ventilátor; zvlhčovací systém; plexisklo – kryt.
Obsah O ₂ a čerstvého vzduchu	Přívod vzduchu; přívod kyslíku; ventilátor.
Přístup pro ošetřující	Plexisklo - kryt; výsuvný systém; lůžko.
Tiché prostředí	Plexisklo - kryt (odhlučnění okolí); potřeba snížení hluku u všech částí, které vyzařují nějaký zvuk.
Možnost rentgenování pacienta	Plexisklo - kryt; matrace; lůžko; rentgenová deska.
Přívětivý design	Vnější části inkubátoru; uživatelské prostředí (software).
Zajištění vodotěsnosti (zabránit úniku kapaliny do elektroniky přístroje) úniku kapaliny na podlahu místnosti)	Vana; plexisklo - kryt; vnější kryt, kostra.
[36]	

Z výpisu z tabulky 3 vyplývá fakt, že až celá soustava zajišťuje požadované funkce, pokud je jedna z částí poškozená nebo funguje jinak než by standardně měla, může způsobit narušení i funkcí, která sama nezajišťuje. Proto je při návrhu nutné myslet na to, jaké další funkce může svým umístěním, tvarem apod. ovlivnit.

Tabulka 4: Části inkubátoru a jejich charakteristiky

Části inkubátoru a jejich charakteristiky ovlivňující jejich vlastnosti; samotné vlastnosti popř. možná rizika.	
Mechanický uzel	Vlastnosti a rizika mechanických uzlů
Plexisklo - kryt	Tloušťka stěny
	Počet otvorů pro ruce
	Počet otvorů pro hadice
	Průhlednost
	Spoje mezi jednotlivými plexisklo -
	Viditelnost při vyšších % vlhkosti uvnitř
	Tepelná izolace (prostup tepla)
	Omyvatelnost; desinfekce
	Montáž – jednoduchost/ max. použitá síla
	Náročnost na výrobu
Matrace	Omyvatelnost/desinfekce
	Měkkost/tvrдость
	Možnost vyhřívání
	Vedení tepla
	Zdravotní nezávadnost
Lůžko	Výsuvný systém (celé lůžko, část apod.)
	Otáčení/natáčení lůžka
	Nastavitelnost výšky
	Nastavitelnost sklonu lůžka
	Tvar – pro použití rentgenu
	Omyvatelnost/desinfekce
	Zdravotní nezávadnost
Vana/dno komory inkubátoru	Vstupní otvory pro kyslík/vzduch/vlhkost
	Umístění zdroje víření vzduchu

	Vodotěsnost (nesmí protéct do spodního zařízení inkubátoru)
	Hromadění tekutiny na dně.
	Vytápění (odolnost vůči teplotě)
Zařízení pro snímání hmotnosti	Přesnost vážení
	Max. hmotnost váženého pacienta
	Jednoduchost ovládání (kalibrace před vážením)
Ventilační zařízení	Způsob pohonu
	Výkon pohonu
	Hlučnost při provozu
	Motor vodotěsně oddělen od vlhkého prostoru
	Kontrola otáčení
	Počet otáček při nasání potřebného množství vzduchu
	Umožnění sterilizace vrtule
Topné zařízení	Způsob vytápění
	Max. teplota, na kterou lze vytopit prostor inkubátoru
	Max. teplota na topení
	Zajištění proti přehřátí
	Měření teploty
	Rychlost výhřevu
	Přesnost držení teploty na požadované hodnotě
Zvlhčovací systém	Zásobník vody- možnost vyndání/dolévání
	Max. obsah zásobníku
	Váha zásobníku
	Ergonomie zásobníku
	Omyvatelnost/desinfekce
	Přesnost zvlhčování

	Měření vlhkosti
	Odpojení od napájení pro dolévání tekutiny
Podstavec/noha/nohy inkubátoru	Možnost nastavení výšky
	Úložné prostory (ano/ ne, počet – obsah)
	Zajištění stability inkubátoru
	Zabrzdnění inkubátoru
	Umožňuje pohyb inkubátoru
	Max. síla potřebná pro manipulaci s inkubátorem
Vnější kryt	Hrany (ostré oblé)
	Ergonomie
	Omyvatelnost/desinfekce
	Způsob výroby (náročnost)
	Montáž (náročnost, max. síly)
	Spáry v krytu
	Design
Kostra	Způsob výroby
	Korozivzdornost – materiál
	Hmotnost
	Montáž
	Tuhost
	Stabilita
	Design
Přívod vzduchu	Přívod čistého vzduchu bez nečistot – filtr
	Dostatečné množství vzduchu
	Umístění tak aby nenateklo do filtru (nedošlo k ucpání hadice (otvoru))
	Montáž
	Nutnost výměny filtru (jak často)
	hlučnost

Přívod kyslíku	Normované přípojky
	Splnění normy pro připojení hadic
	Materiál vhodný do styku s kyslíkem
	Regulace přívodu % složení vzdušného prostředí
	hlučnost
	Zajištění aby kyslík nevstupoval do míst s elektronikou, mastného prostředí – nebezpečí exploze.
Výsuvný systém	Hlučnost
	Max. výsun
	Nosnost
	Ovládání
	Údržba mechanismu
	Montáž – složitost
Držáky, úložné prostory	Počet
	Určení
	Omyvatelnost

[36]

3.3. Analýza vlastností mechanických uzlů

Analýza byla provedena podle tabulky 4, ze které byla odvozena možná riziková místa jednotlivých částí.

3.3.1. Plexisklo – kryt

Box z plexiskla plní převážně funkci bariéry, která pomáhá zajišťovat stálou atmosféru uvnitř inkubátoru a zároveň oddělit ji co nejvíce od atmosféry okolí při zajištění stálého vizuálního dohledu nad pacientem. Uvnitř inkubátoru mohou nastat i situace kdy vlhkost vzduchu dosáhne hodnot kolem 90%Rh. V takovém případě dochází k rozsáhlému orosení stěn boxu a tím se stane prostor uvnitř inkubátoru vizuálně nedosažitelný.

Schopnost izolace prostoru inkubátoru od okolního prostředí spočívá v tloušťce stěn a také v konstrukčním řešení. Běžně existují dvě možná řešení, jednostěnný a dvoustěnný box. Varianta se dvěma stěnami se využívá tam, kde je potřeba snížit hladinu hluchnosti uvnitř inkubátoru.

Box sice plní funkci bariéry, ale zároveň se v něm nachází průchody a otvory které umožňují manipulaci s pacientem nebo přívod potřebného příslušenství od přídavných zařízení k pacientovi.

Box musí mít jednoduchý navazující tvar bez ostrých hran. Tento předpoklad má dvoje opodstatnění. Zaprvé z důvodu jednoduché omyvatelnosti a zadruhé by ostré hrany mohli zkreslovat rentgenové snímky.

Z těchto vlastností vyplývají potenciálně problémové oblasti. Plexisklový box může být navrhnout z nedostatečně tlustého materiálu a tím propouštět ven velké množství tepla a nedostatečně izolovat vnitřní prostor od okolního hluku. Vstupy do inkubátoru mohou být hlučné při otevírání, nebo nezajišťovat spolehlivé jištění proti samovolnému otevření. Dále se zde jeví jako vážný nedostatek nízká transparentnost při zvýšené vlhkosti uvnitř inkubátoru, která je způsobena rozdílnou teplotou mezi prostředím uvnitř inkubátoru a teplotou stěny boxu.

[11]

3.3.2. Matrace

Matrace je důležitou součástí inkubátoru. Matrace přichází do přímého kontaktu s pacientem, proto by měla být vyrobena ze zdravotně nezávadného materiálu, který je velice odolný vůči chemickým látkám vyskytujícím se v dezinfekčních prostředcích. Materiál použitý pro zhotovení matrace musí mít vhodně zvolenou tvrdost z důvodu ortopedických a komfortních. Dále se může jednat o matraci vybavenou vyhříváním a tím jsou sníženy možnosti ztráty tepelné energie kondukcí.

3.3.3. Lůžko

Lůžko se ve většině inkubátorů dá vysouvat alespoň na jednu stranu orientačně do 2/3 své šířky. Dále mají dostupné modely inkubátoru možnost lůžko naklápět o 12°-15° na obě strany. Lůžko by mělo být tvarově řešeno tak, aby neovlivnilo snímky z rentgenu a bylo omyvatelné. Samozřejmě musí splňovat zdravotní nezávadnost stejně jako veškeré části, které přicházejí do kontaktu s vnitřním prostředím.

U lůžka se jeví jako problémové místo především mechanismus vysouvání a naklápění.

3.3.4. Vana/dno komory inkubátoru

Vana je součástí, která odděluje patientský prostor od prostoru funkčního (elektronika, mechanické pohyblivé části zajišťující funkčnost inkubátoru). Veškeré otvory ve vaně musí být utěsněny podle normy dvojitým jištěním. Tyto otvory musí být ošetřeny nejen vodotěsným těsněním, ale také musí být plynotěsné z důvodu nebezpečí unikání kyslíku do prostoru s elektronikou. Materiál vany musí mít zvýšenou tepelnou odolnost, protože ve většině případů je na ní umístěné topné zařízení. Dále geometrie vany by měla být navržena tak, aby se tekutina hromadila nejlépe na jednom místě, kde nemůže způsobit žádné nebezpečí.

Jako kritická místa na vaně se jeví jakýkoliv nutný otvor, který se musí utěsnit. Také geometrie vany představuje možnou problémovou oblast.

3.3.5. Zařízení pro snímání hmotnosti

Váha je u většiny modelů volitelným příslušenstvím. Na tuto součást jsou kladeny vysoké nároky, jakými jsou především tolerance, ve kterých se může odchylka při vážení pohybovat. Přesnost váhy zajišťuje informace personálu o tom, jak se mění hmotnost pacienta v průběhu léčby.

3.3.6. Ventilátor

Ventilátor je jednou ze zásadních součástí inkubátoru. U většiny modelů je ventilátor umístěn ve vaně inkubátoru, tak že motor pohánějící vrtuli se nachází pod vanou v technickém prostoru. Ventilátor nezajišťuje pouze nasávání vzduchu z okolí inkubátoru, ale především vytváří prostředí s vyrovnanými hodnotami vlhkosti a teploty ovzduší. Dále zajišťuje promíchání kyslíku s přiváděným vzduchem. Všechny tyto funkce musí zajišťovat při vyvození minimálního hluku. Hluk uvnitř inkubátoru by podle norem nemělo přesáhnout hodnotu 60 dBA, ovšem konkurence a požadavky zákazníků tuto hranici tlačí stále níž. Ventilátor by měl také splňovat podmínku možnosti jednoduchého uvolnění vrtule pro sterilizaci v autoclavu, nebo zajistit jiný způsob sterilizace.

Hlučnost celého systému – ventilátoru – představuje problémovou oblast. Dále řešení způsobu sterilizace a omyvatelnosti se jeví jako možný problémový uzel.

[34], [36]

3.3.7. Vytápění vnitřního prostoru

Běžně se pro tuto aplikaci používají různá topná tělesa. Takovéto těleso musí mít takový výkon, aby dokázalo rychle vytopit prostor na stanovenou teplotu a držet ji na určené hladině. Teplota vzduchu v inkubátoru se průběžně měří a podle toho se nastavuje teplota na topení. Topné těleso musí být ošetřeno proti přehřátí, tak aby nedošlo při neočekávaném přehřátí k ohrožení zdraví pacienta.

Topné těleso bývá umístěno poblíž větracího systému, aby byl zajištěn rozvod teplého vzduchu po celém inkubátoru.

3.3.8. Zvlhčovací systém

Zvlhčovací systém patří mezi jedny z nejsložitějších oblastí inkubátoru, s kterými často manipuluje obsluhující personál. Během provozu inkubátoru musí personál dolévat destilovanou vodu do rezervoáru tak, aby v inkubátoru byla udržována nastavená hodnota vlhkosti vzduchu. Po určité době, nebo při umístění nového pacienta je nutné veškeré části zvlhčovacího systému sterilizovat. Pro sterilizaci se převážně používá autoclave. Proto musí být materiály použité na tomto zařízení zvoleny tak, aby vydržely těžké podmínky, kterým jsou při sterilizaci vystaveny. Těmto podmínkám musí odolat i po dezinfekci chemikáliemi běžně používaných v nemocničních zařízeních a dále i po vystavení vlivu UV záření a rentgenovému záření.

Nádrž zvlhčování musí být jednoduše přístupná a hladina destilované vody by měla být viditelná pro snadné zjištění stavu. Při dolévání kapaliny musí být zvlhčovací komora odpojena od napájení a její tvar by měl splňovat zásady ergonomie.

[34], [36]

3.3.9. Přívod vzduchu

Přívod čerstvého vzduchu je zajištěn ventilátorem. Vstupující vzduch musí procházet přes filtr, z důvodu zajištění co nejvíce sterilního prostředí. Je nežádoucí, aby do filtru natekla tekutina, která by způsobila ideální prostředí pro inkubaci bakterií.

[34]

3.3.10. Přívod kyslíku

Přívod kyslíku je zajištěn systémem hadic a ventilů. Spoje v tomto systému musejí splňovat podmínky stanovené normou. Kyslík se k inkubátoru připojuje v nemocnici z hlavního rozvodu pomocí normované přípojky. Proudící kyslík nesmí způsobovat ani při

nejvyšším průtokem hlučnost vyšší než povoluje norma. Přívod do patientského prostoru musí být tedy řešený tak, aby proud kyslíku nezpůsobil nárůst hlučnosti uvnitř boxu.

[34]

3.3.11. Podstavec inkubátoru

Podstavec je především využíván jako součást zajišťující výškové polohování boxu. Podstavec je nosný díl, proto musí být tuhý a zabezpečovat stabilitu celého zařízení. Na podstavci mohou být připevněny úložné prostory, které slouží především k uskladnění materiálu nutného k ošetření pacienta. K podstavci jsou rovněž upevněna kolečka s aretací pro zajištění manipulace se zařízením.

3.3.12. Kostra

Hlavní nosný díl, ke kterému je připevněny veškeré ostatní části. zajišťuje výslednou tuhost celého zařízení. Podle druhu kostry je do značné míry ovlivněn design inkubátoru, náročnost montáže, hmotnost celého zařízení a stabilita.

3.4. Výsledky hodnocení

Hodnocení bylo provedeno pomocí metody váženého hodnocení inkubátorů porovnávaných vlastností s využitím poznatků Engineering Design Science (EDS) na bázi teorie technických systémů [37] uvedené v tabulce 5.

Tabulka 5: Soupis kritérií pro hodnocení podle EDS

označení třídy/podtřídy/vlastností a etapy LC	Třída /podtřída/vlastnost Indikátor vlastnosti Poznámky: - TS(s): neonatální inkubátor v celém jeho životním cyklu - Provozní Operand: všechny předměty, pro něž je inkubátor určený	Požadovaná hodnota	Váha (0 - 4)	Uvažování jako kritéria konkurenceschopnosti	Hodnocení splnění { 0 ÷ 4}						
					Atom – Incu-i (model 101)	Dräger - Caleo	Dräger – Isolette 8000	FANEM – Vision Advanced 2286	Natus – NatalCare LX	TSE – SI 600	TSE – SI 610

Ad. 1		Indikátory vlastností podtříd 1.1 až 1.3:	Požadovaná hodnota indikátoru vl.	Váha ind. vl. 0 ÷ 4}	Kritérium . konkurencesch opnosti	Hodnocení splnění indikátoru.vlastností { 0 ÷ 4}						
Ad. Pro voz	ad. 1.1					TS A	TS B	TS C	TS D	TS E	TS F	TS G
		Umožnění nastavení teploty – zahřátí pacienta	V rozmezí 20-38°C	4	ANO	4	4	4	4	3	4	4
		Umožnění nastavení	V rozmezí	4		3	4	3	4	3	3	3

		vlhkosti prostředí v boxu inkubátoru – relativní vlhkost vzduchu	15-100%RH											
		Umožnění nastavení koncentrace O ₂ – procentuální obsah kyslíku ve vnitřní atmosféře	V rozmezí 20-80%	4		2	3	2	2	4	4	4		
		Umožnění přísunu čerstvého vzduchu	Umožnit	4		4	4	4	4	4	4	4		
		Zajistit prostředí s nízkou hladinou hluku	Max. hladina 60 dBa	4		4	3	3	3	-	3	3		
		Zajistit správné proudění vzduchu v inkubátoru	Max. 0,3 m/s	4		-	-	-	-	-	4	4		
		Umožnit nastavení výšky polohy pacienta	400 mm	3		4	3	2	-	3	2	2		
		Umožnit nastavení sklonu polohy pacienta	+/- 15°	4		-	3	3	3	4	3	3		
		Zajištění regulace teploty vzduchu	S přesností +/- 0,1°C	4		-	2	3	4	3	4	4		
		Zajištění regulace teploty těla	S přesností +/- 0,1°C	4		-	3	2	4	3	4	4		
		Zajištění regulace vlhkosti vzduchu	S přesností +/- 5%	4		-	4	3	4	4	4	4		
		Zajištění regulace obsahu O ₂	S přesností +/- 3%	4		-	4	4	4	4	4	4		
	ad. 1.2	Otevření inkubátoru pro vložení/vyjmutí pacienta do/z boxu	Ze dvou stran	4	ANO	4	4	4	4	4	4	4	4	
		Otevření inkubátoru pro přístup ošetřujícího lékaře k pacientovi	z přední a zadní strany 2 otvory, z každého boku 1 otvor	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4
		Max. zatížení lůžka	10kg	4		-	2	-	-	-	-	4	4	
		Možnost umístění předčasně narozeného novorozence (intenzivní péče)	Umožnit	3		4	4	3	4	4	4	2	4	
		Možnost umístění dvou pacientů (v případě dvojčat)	Umožnit	1		4	4	4	3	3	3	3	3	
		Možnost zvážení novorozence	Ano	4		4	4	4	4	-	0	0	4	
		Přesnost vány	+/- 2g	4		3	4	4	2	-	0	0	4	
	ad. 1.3	Zajištění dostatečného oddělení prostředí boxu od okolního prostředí	Dvouvrstvé stěny	4	ANO	4	4	4	4	-	4	4		
		Zajištění pohybu celého inkubátoru	Standardní	4		4	4	4	4	4	4	4	4	
		Zajistit vizuální kontakt s pacientem při plném provozu	RH90%	3		1	1	1	1	1	1	1	1	
		Zajištění vhodného tvaru (hrany, přechody) pro využití při rentgenu	Bez zkruslení snímku	3		-	-	-	-	-	-	-	-	

Označení	Třída/podtřída/ • vlastnost	Požadovaná hodnota	Váha Tříd { 0 ÷ 4 }	Kritérium konkurence- schopnosti	Hodnocení splnění { 0 ÷ 4 }						
					TS A	TS B	TS C	TS D	TS E	TS F	TS G
2	Třída vlastností TS(s) k jeho provozuschopnosti	viz podtříd vlastností	4	viz podtříd vlastností	viz podtříd vlastností						
Provoz	2.1	Vhodnost TS (s) pro provoz v požadovaném místě	viz indikátory vlastností k jednotlivým podtřídám	viz indikátory vlastností k jednotlivým podtřídám	viz indikátory vlastností k jednotlivým podtřídám						
	2.2	Vhodnost TS (s) pro provoz v požadovaném časovém období									
	2.3	Vhodnost TS (s) pro pomocné procesy servisu operátorů při provozu TS (s)									

Ad. 2	Indikátory vlastností podtříd 2.1 až 2.3	Požadovaná hodnota indikátoru vl.	Váha ind. vl. 0 ÷ 4 }	Kritérium konkurence- schopnosti	Hodnocení splnění indikátoru.vlastností { 0 ÷ 4 }						
					TS A	TS B	TS C	TS D	TS E	TS F	TS G
Ad. Provoz	ad. 2.1	Max. zástavbové rozměry	1100x700 mm	ANO				-			
		Odolnost částí při čištění pomocí autoclavu	900 cyklů								
		Odolnost ploch určených k čištění pomocí desinfekce	Vysoká – bez poškození vlastností materiálu včetně barvy		4	4	4	4	4	4	4
		Korozivzdornost v obvyklém nemocničním prostředí	Velmi vysoká		4	4	4	4	4	4	4
		Odolnost provozních (funkčních) ploch proti poškození	Velmi vysoká		4	3	3	3	3	4	4
		Odolnost ostatních ploch proti poškození	Velmi vysoká		4	4	4	4	4	4	4
		Tepelná odolnost pracovních ploch	Velmi vysoká		4	4	4	4	4	4	4
	ad. 2.2	Životnost inkubátoru	Min. 5let	NE							
		Intenzita používání	Velká		-	-					
		Stupeň spolehlivosti	Velký		-	-					
	ad. 2.3	Vyměnitelnost poškozených částí	Standardní	NE							
		Údržba pohyblivých částí	Jednoduchá		-	-					
Údržba elektrických částí		Jednoduchá	-		-						

Označení	Třída/podtřída/ • vlastnost	Požadovaná hodnota	Váha Tříd { 0 ÷ 4 }	Kritérium konkurence- schopnosti	Hodnocení splnění { 0 ÷ 4 }						
					TS A	TS B	TS C	TS D	TS E	TS F	TS G
3	Třída vlastností TS(s) k člověku a ost. živým bytostem	viz podtříd vlastností	4	viz podtříd vlastností	viz podtříd vlastností						
Všechny LC etapy	3.1 Vhodnost TS (s) pro zdraví člověka (příp. ostatních živých bytostí)	viz indikátory vlastností k jednotlivým podtřídám	---	viz indikátory vlastností k jednotlivým podtřídám	viz indikátory vlastností k jednotlivým podtřídám						
	3.2 Vhodnost TS (s) pro smysly a vnímání člověka (příp. ostatních živých bytostí)										

Ad. 3	Indikátory vlastností podtříd 3.1 a 3.2	Požadovaná hodnota indikátoru vl.	Váha ind. vl. 0 ÷ 4	Kritérium . konkurencesch opnosti	Hodnocení splnění indikátoru.vlastnosti { 0 ÷ 4 }							
					TS A	TS B	TS C	TS D	TS E	TS F	TS G	
výroba	ad. 3.1	Bezpečnost proti poranění (ostré hrany, malé otvory apod.)	Velmi vysoká	4	NE							
		Zdravotní nezávadnost použitých materiálů pro TS (s)	Velmi vysoká	4								
		Zdravotní nezávadnost asistujících materiálů při výrobě TS (s)	Velmi vysoká	4								
		Ergonomie tvarů ručně dotýkaných ploch	Velká	2								
		Hmotnost částí ručně manipulovaných	Max. hodn. daná normou	3								
		Ovládací síly při výrobě (vyvozené člověkem)	Max. 1500 [N]	3								
	ad. 3.2	Další účinky při výrobě TS (s) na zdraví člověka	Velmi malé	4	NE							
		Hlučnost při výrobě	Velmi nízká	2								
		Prašnost při výrobě	Velmi nízká	4								
		Pachová stopa při výrobě	Velmi nízká	3								
	Další negativní účinky TS(s) nasmysly&vnímání člověka	Velmi malé	2									
distribuce	ad. 3.1	Bezpečnost proti poranění (ostré hrany, malé otvory apod.)	Velmi vysoká	4	NE							
		Bezpečnost upevnění při distribuci	Velmi vysoká	4								
		Zdravotní nezávadnost použitých materiálů pro TS (s)	Velmi vysoká	3								
		Zdravotní nezávadnost asistujících materiálů při distribuci TS(s) (balící materiál apod.)	Velmi vysoká	3								

provoz	ad. 3.2	Ergonomie tvarů ručně dotýkaných ploch	Vysoká	2	NE														
		Hmotnost částí ručně manipulovaných	Max. hodn. daná normou	4															
		Ovládací síly při distribuci (vyvozené člověkem)	1500 [N]	2															
		Σ ostatních negativních účinků distribuce TS (s) na zdraví člověka a ostatních živých bytostí	Velmi malá																
		Hlučnost při distribuci	Velmi nízká	2															
		Prašnost při distribuci	Velmi nízká	2															
		Pachová stopa při distribuci	Velmi nízká	2															
		Další negativní účinky TS(s) na smysly&vnímání člověka	Velmi malé	1															
	ad. 3.1	Spolehlivost proti svévolnému/násilnému otevření vstupů do/z inkubátoru	Síla 20 N – dáno normou	4	ANO	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
		Stabilita inkubátoru (podle normy)	Náklon 5°	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
		Povrch ovládacích prvků TS(s)	ergonomický	2		4	4	4	3	4	3	3							
		Bezpečnost proti poranění (ostré hrany, malé otvory apod.)	Velmi vysoká	4		4	4	3	4	3	3								
		Spolehlivost jištění proti nežádoucímu pohybu inkubátoru	Velmi vysoká	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
		Spolehlivost jištění proti nežádoucímu pohybu lůžka	Velmi vysoká	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
		Zajištění proti přesáhnutí nastavené vlhkosti prostředí v inkubátoru	Velmi vysoké	3		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Spolehlivost proti vypadnutí lůžka při vysouvání		Velmi vysoká	4	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
Zajištění proti přesáhnutí nastavené teploty prostředí v inkubátoru		Velmi vysoká	4	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
Zajištění proti přesáhnutí nastavené hodnoty koncentrace kyslíku v prostředí inkubátoru		Velmi vysoké	4	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
Zajištění proniknutí kapalin do prostoru s elektronikou		Velmi vysoké	3	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
Zajištění proti poranění pacienta/ošetřující osoby el. proudem		Velmi vysoké		4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
Přemístění inkubátoru	Jednoduché, max. síly 35N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4				
Otevření přístupu k pacientovi	Jednoduché – jednou rukou	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4				
Zamezení vniknutí O2 do prostoru s elektronikou	Velmi vysoké		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4				
Zdravotní nezávadnost použitých materiálů pro TS (s)	Velmi vysoká	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4				

		Zdravotní nezávadnost asistujících materiálů při provozu TS (s)	Velmi vysoká	4		4	4	4	4	4	4	4	
		Oblé hrany	Všechny hrany	2		4	4	4	3	4	2	2	
		Zamezení přístupu personálu k pohyblivým mechanismům, když je pacient uvnitř boxu	Zamezeno	4		4	4	4	4	4	4	4	
		Max. ovládací síly	200 [N]	4		-	-	-	-	-	-	-	
		Přístupnost k odkládacím/uskladňovací plochám/prostorům	Jednoduchý přístup	2		-	-	-	-	-	-	-	
		Σ ostatních negativních účinků provozu TS (s) na zdraví člověka a ostatních živých bytostí	Velmi malá	3		-	-	-	-	-	-	-	
	ad. 3.2		Tvarový design	Nestandardní – příjemný	3	ANO	4	4	4	3	4	3	3
			Barevné provedení	Nestandardní – příjemný	3		4	4	3	2	3	4	4
			Ostatní negativní účinky na smysly a vnímání člověka	Velmi malé	3		-	-	-	-	-	-	-
	Likvidace:	ad. 3.1	Σ ostatních negativních účinků likvidace TS(s) na zdraví člověka a ostatních živých bytostí	Velmi malá	3	NE							
ad. 3.2		Σ ostatních negativních účinků likvidace TS(s) na smysly a vnímání člověka a ostatních živých bytostí	Velmi malá	3	NE								

Označení	Třída/podtřída/ • vlastnost	Požadovaná hodnota	Váha Tříd { 0 ÷ 4 }	Kritérium konkurence- schopnosti	Hodnocení splnění { 0 ÷ 4 }							
					TS A	TS B	TS C	TS D	TS E	TS F	TS G	
4	Třída vlastností TS (k ostatním technickým systémům (v LC TS(s))	viz podtříd vlastností	3	viz podtříd vlastností	viz podtříd vlastností							
Všechny LC etapy	4.1	Vhodnost TS (s) pro ostatní technologie (Tg) v etapách LC (životní cyklus)	viz indikátory vlastností k jednotlivým podtřídám	---	viz indikátory vl. k jednotlivým podtřídám	viz indikátory vlastností k jednotlivým podtřídám						
	4.2	Vhodnost TS (s) pro ostatní technické systémy v jeho etapách LC (životní cyklus)										

Ad. 4		Indikátory vlastností podtříd 4.1 a 4.2	Požadovaná hodnota indikátoru vl.	Váha ind. vl. 0 ÷ 4 }	Kritérium . konkurencesch opnosti	Hodnocení splnění indikátoru.vlastnosti { 0 ÷ 4 }						
						TS A	TS B	TS C	TS D	TS E	TS F	TS G
Předvýrobní etapy LC	ad. 4.1	Náročnost na plánování a HW	Malá	2	NE							
	& ad. 4.2	Náročnost na konstr.&hodnocení (vč.kooper.) a HW	Malá	3								
		Náročnost na Org.&Tg přípravu výroby a HW	Malá	1								
Výroba	ad. 4.1 & ad. 4.2	Náročnost na tech. &Tg prostř.(vč.kooper.) pro výrobu.	Vstříkovna plastů/ ohýbačky plechu, svařovací technika, bezprašné prostředí pro montáž elektroniky apod.	4	NE							
		Typ výroby TS (s)	Sériová	4								
Distribuce	ad. 4.1 & ad. 4.2	Náročnost na tech.&Tgprostř. pro konzervaci a balení	standardní	2	NE							
		Náročnost na tech.&Tgprostř. pro manipulaci	Malá	3								
		Náročnost na tech.&Tgprostř. pro dopravu a instalaci	Malá	2								
	ad. 4.1 & ad. 4.2	Náročnost na tech. &Tg prostř. pro likvidaci	Malá	2	NE							

Označení	Třída/podtřída/ • vlastnost	Požadovaná hodnota	Váha Tříd { 0 ÷ 4 }	Kritérium konkurence- schopnosti	Hodnocení splnění { 0 ÷ 4 }						
					TS A	TS B	TS C	TS D	TS E	TS F	TS G
5	Třída vlastností TS(s) k aktivnímu a reaktivnímu materiálovému a energetickému okolí	viz podtříd vlastností	4	viz podtříd vlastností	viz podtříd vlastností						
Všechny LC etapy	5.1 Vhodnost TS (s) z hlediska působení materiálových a energetických účinků z okolí	viz indikátory vlastností k jednotlivým podtřídám	---	viz indikátory vlastností k jednotlivým podtřídám	viz indikátory vlastností k jednotlivým podtřídám						
	5.2 Vhodnost TS (s) z hlediska působení materiálových a energetických vstupů z a výstupů do okolí										

Ad. 5	Indikátory vlastností podtříd 5.1 a 5.2	Požadovaná hodnota indikátoru vl.	Váha ind. vl. 0 ÷ 4 }	Kritérium . konkurencesch opnosti	Hodnocení splnění indikátoru.vlastnosti { 0 ÷ 4 }								
					TS A	TS B	TS C	TS D	TS E	TS F	TS G		
Výroba	ad. 5.1 Korozivzdornost bez povrch.ochran v obv.díleensk.prostř.	Velká	3	NE									
	ad. 5.2	Ekologičnost materiálů TS (s) a asist. mat. pro TS (s)	Velmi velká		4								
		Spotřeba a ztráty asist. materiálů a nástrojů pro výrobu TS (s)	Velmi malá		3								
		Spotřeba a ztráty energie při výrobě TS (s)	Velmi malá		3								
Distribuce	ad. 5.1 Korozivzdornost v obvykl. venkovním prostředí a klimatu	Velmi vysoká	2	NE									
	ad. 5.2 Souhrnný indik. mater.&energ. náročn. TS(s) při distr.	Velmi vysoká	3										
Provoz:	ad. 5.1	Korozivzdornost v obvyklém nemocničním prostředí	Velmi vysoká	4	NE								
		Odolnost (stálost) materiálu vůči slunečnímu záření	Velmi vysoká										
		Odolnost (stálost) materiálu vůči ultrafialovému záření	Velmi vysoká										
		Odolnost (stálost) materiálu vůči rentgenovému záření	Velmi vysoká										

	ad. 5.2	Spotřeba a ztráty asist. materiálů a nástrojů při provozu TS(s) (hadry, voda atd.)	Velmi malá	1									
		Spotřeba a ztráty energie při provozu TS(s)	Velmi malá	0									
Likvidace	ad. 5.1	Žádné zvláštní požadavky	Roztřídění materiálů	0	NE								
	ad. 5.2	Spotřeba a ztráty asist. materiálů a nástrojů pro likvidaci TS(s)	Velmi malá	3									
		Spotřeba a ztráty energie při likvidaci TS(s)	Velmi malá	3									

Označení	Třída/podtřída/ • vlastnost	Požadovaná hodnota	Váha Tříd { 0 ÷ 4 }	Kritérium konkurence-schopnosti	Hodnocení splnění { 0 ÷ 4 }							
					TS A	TS B	TS C	TS D	TS E	TS F	TS G	
6	Třída vlastností TS(s) k aktivnímu a reaktivnímu informačnímu okolí	viz podtříd vlastností	4	viz podtříd vlastností	viz podtříd vlastností							
Všechny LC etapy	6.1	Soulad TS(s) s legislativou a ostatními právními normami	viz indikátory vlastností k jednotlivým podtřídám	---	viz indik. vl. k jednotlivým podtřídám	viz indikátory vlastností k jednotlivým podtřídám						
	6.2	Soulad TS(s) s externími předpisy										

Ad. 6	Indikátory vlastností podtříd 6.1 a 6.2	Požadovaná hodnota indikátoru vl.	Váha ind. vl. { 0 ÷ 4 }	Kritérium konkurence-schopnosti	Hodnocení splnění indikátoru.vlastnosti { 0 ÷ 4 }							
					TS A	TS B	TS C	TS D	TS E	TS F	TS G	
Předvýrobní etapy LC	ad. 6.1	Σ indik.vzt.TS(s) k pat.&licenč.právům pro předvýr.etapy	Bez porušení	4	NE							
	ad. 6.2	Σ indik.vzt.TS(s) k ob.závaz.předp&norm.pro předvýr.et.	Dodržení	3								
Výroba:	ad. 6.1	indik.vzt.TS(s) k pat.&licenč.právům pro výrobu	Bez porušení	4	NE							
	ad. 6.2	Σ indik.vzt.TS(s) k obec.závaz.předp&norm.pro výrobu	Dodržení	3								
Distribuce:	ad. 6.1	Σ indik.vzt.TS(s) k pat.&licenč.právům pro distribuci	Bez porušení	4	NE							
	ad. 6.2	Σ indik.vzt.TS(s) k obec.závaz.předp&norm.pro distribuci	Dodržení	3								

Provoz:	ad. 6.1	Σ indik. vzt. TS(s) k pat.&licenč.právům pro provoz	Bez porušení	4	NE								
	ad. 6.2	Σ indik. vzt. TS(s) k obec.závaz.předp&norm. pro provoz	Dodržení Norem	3									
Likvidace:	ad. 6.1	Σ indik. vzt. TS(s) k pat.&licenč.právům pro likvidaci	Bez porušení	4	NE								
	ad. 6.2	Σ indik. vzt. TS(s) k obec.závaz.předp&norm. pro likvidaci	Dodržení	3									
Označení	Třída/podtřída/ • vlastnost		Požadovaná hodnota	Váha Třídý { 0 ÷ 4 }	Kritérium konkurence- schopnosti	Hodnocení splnění { 0 ÷ 4 }							
						TS A	TS B	TS C	TS D	TS E	TS F	TS G	
7	Třída vlastností TS(s) k (odbornému) informačnímu systému		viz podtřídý vlastností	4	viz podtřídý vlastností	viz podtřídý vlastností							
Všechny LC etapy	7.1	Vhodnost TS(s) z hlediska potřeby aktivních odborných informací	viz indikátory vlastností k jednotlivým podtřídám	---	viz indikátory vlastností k jednotlivým podtřídám	viz indikátory vlastností k jednotlivým podtřídám							
	7.2	Vhodnost TS(s) z hlediska potřeby pasivních odborných informací											

	Ad. 7	Indikátory vlastností podtříd 7.1 a 7.2	Požadovaná hodnota indikátoru vl.	Váha ind. vl. 0 ÷ 4 }	Kritérium . konkurenceschopnosti	Hodnocení splnění indikátoru.vlastnosti { 0 ÷ 4 }							
						TS A	TS B	TS C	TS D	TS E	TS F	TS G	
Předvýr. et:	ad. 7.1	Potřeba nových znalostí&dovedností v předvýr.etapách	vyšší	2	NE								
	ad. 7.2	Potřeba prův. inf. pro útvary předvýrobních etap	vyšší	3									
		Kvalita prův. inf. pro útvary předvýrobních etap	vyšší	4									
Výroba:	ad. 7.1	Potřeba nových znal.&doved. pro výr.(vč.mont&test) TS(s)	Standardní	3	NE								
	ad. 7.2	Potřeba prův. Inf. pro výrobu (vč.mont.&test.) TS(s)	Standardní	2									
		Kvalita inf. o TS(s) pro jeho výrobu (vč.mont.&test.)	Standardní	4									
Distr ibuce:	ad. 7.1	Potřeba nových znalostí&doved. pro distr.(vč.inst.) TS(s)	Standardní	1	NE								

	ad. 7.2	Potřeba prův. inf. pro distribuci (vč. instalace) TS(s)	Standardní	2									
		Kvalita prův. inf. o TS(s) pro jeho distribuci (vč. instalace)	Standardní	3									
Provoz:	ad. 7.1	Potřeba nových znalostí&doved.pro prov.(vč.údrž.) TS(s)	Standardní	3	NE								
	ad. 7.2	Potřeba prův. inf. pro provoz (vč.údržby) TS(s)	Standardní	4									
		Kvalita prův. inf. o TS(s) pro jeho provoz (vč. údržby)	Vysoká	4									
Likvidace:	ad. 7.1	Potřeba nových znalostí&doved.pro likv.(vč.recykl.) TS(s)	Standardní	1	NE								
	ad. 7.2	Potřeba prův. inf. o TS(s) pro jeho likvidaci (vč.recyklace)	Standardní	1									
		Kvalita prův. inf. o TS(s) pro jeho likvidaci (vč.recyklace)	Standardní	2									

Označení	Třída/podtřída/ • vlastnost	Požadovaná hodnota	Váha Tříd { 0 ÷ 4 }	Kritérium konkurence- schopnosti	Hodnocení splnění { 0 ÷ 4 }							
					TS A	TS B	TS C	TS D	TS E	TS F	TS G	
8	Třída vlastností TS(s) k informačním a organizačním hlediskům manažerského systému	viz podtříd vlastností	4	viz podtříd vlastností	viz podtříd vlastností							
Všechny LC etapy	8.1	Soulad TS(s) s interní řídícími proj. nezávislými předpisy	viz indikátory vlastností k jednotlivým podtřídám	---	viz indik. vl. k jednotl. podtřídám	viz indikátory vlastností k jednotlivým podtřídám						
	8.2	Soulad TS(s) s interní řídícími proj. závislými dokumenty										

Ad. 8	Indikátory vlastností podtříd 8.1 a 8.2	Požadovaná hodnota indikátoru vl.	Váha ind. vl. 0 ÷ 4 }	Kritérium . komkurencesch opnosti	Hodnocení splnění indikátoru.vlastnosti { 0 ÷ 4 }								
					TS A	TS B	TS C	TS D	TS E	TS F	TS G		
Předvýr. et:	ad. 8.1	Σ indik.vzt.TS(s) k firemním říd.dokum.pro předvýr.etapy	Bez porušení	4	NE								
	ad. 8.2	Σ indik.vzt.TS(s) k ost.firem.předp.&normám pro předvýr.etapy	Bez porušení	4									
Výroba:	ad. 8.1	Σ indik.vzt.TS(s) k firemnímříd.dokumentům pro výrobu	Bez porušení	4	NE								
	ad. 8.2	Σ indik.vzt.TS(s) k ost.firem.předp.&normám pro výrobu	Dodržení	2									
Distribuce:	ad. 8.1	Σ indik.vzt.TS(s) k firemnímříd.dokumentům pro distrib.	Bez porušení	4	NE								
	ad. 8.2	Σ indik.vzt.TS(s) k ost.firem.předp.&normám pro distrib.	Dodržení	2									
Provoz:	ad. 8.1	Σ indik.vzt.TS(s) k firemnímříd.dokumentům pro provoz	Bez porušení	4	NE								
	ad. 8.2	Σ indik.vzt.TS(s) k ost.firem.předp.&normám pro provoz	Dodržení	2									
Likvidace:	ad. 8.1	Σ indik.vzt.TS(s) k firemnímříd.dokumentům pro likvidaci	Bez porušení	4	NE								
	ad. 8.2	Σ indik.vzt.TS(s) k ost.firem.předp.&normám pro likvidaci	Dodržení	2									

Označení	Třída/podtřída/ • vlastnost	Požadovaná hodnota	VáhaTřídý { 0 ÷ 4}	Kritérium konkurence- schopnosti	Hodnocení splnění { 0 ÷ 4}							
					TS A	TS B	TS C	TS D	TS E	TS F	TS G	
9a	Třída vlastností TS(s) k čas.-term. a nákl.- ekon. hled. Manaž. systému	viz podtřídý vlastností	4	viz podtřídý vlastností	viz podtřídý vlastností							
Všechny LC etapy	9.1a	Vhodnost TS(s) pro čas.-termínová manažerská hlediska – bez Σ dodacích termínů	viz indikátory vlastností k jednotlivým podtřídám	---	viz indik. vl. k jednodl. podtřídám	viz indikátory vlastností k jednotlivým podtřídám						
	9.2a	Vhodnost TS(s) pro náklad.-ekonom. manažerská hlediska – bez Σ dodacích termínů										

Ad. 9a	Indikátory vlastností podtříd 9.1a a 9.2a	Požadovaná hodnota indikátoru vl.	Váha ind. vl. 0 ÷ 4}	Kritérium . konkurencesch opnosti	Hodnocení splnění indikátoru.vlastnosti { 0 ÷ 4}							
					TS A	TS B	TS C	TS D	TS E	TS F	TS G	
Předvýr. et:	ad. 9.1a	Čas (=>termin) na výv. prototypu/prvého TS(s) v předv. et.	--	4	NE							
		Čas na přípravu výroby dalšího 1 ks TS(s)	--	4								
	ad. 9.2a	Celk.náklady na vývoj prototypu/prvého TS(s) v předvýr.et.	---	4								
		Celk. rozpočtené nákl. na výv. dalš. 1 ks TS(s) v předvýr. et.	--	4								
Výroba	ad. 9.1a	Čas (=>termin) na výrobu prototypu/prvého TS(s)	--	4	NE							
		Čas na na výrobu dalšího 1 ks TS(s)	--	4								
	ad. 9.2a	Celk. náklady na výrobu prototypu/prvého TS(s)	---	4								
		Celk. průměrné náklady na výrobu dalšího 1 ks TS(s)	--	4								
Distribuce:	ad. 9.1a	Čas (=>termin) na výrobu prototypu/prvého TS(s)	--	4	NE							
		Čas na na distribuci (dodání) dalšího 1 ks TS(s)	--	4								
	ad. 9.2a	Celk. náklady na distribuci prototypu/prvého TS(s)	---	4								
		Celk. průměrné náklady na distribuci dalšího 1 ks TS(s)	--	4								
Provo z:	ad. 9.1a	Náklady na provoz	standardní	4	NE							
	ad.	Náklady na údržbu	Velmi malé	3								

	9.2a	Náklady na opravy	Velmi malé	3								
Likvidace:	ad. 9.1a	Čas na likvidaci 1 TS(s)	---	2	NE							
	ad. 9.2a	Náklady na likvidaci 1 TS(s)	--	2								

Označení	Třída/podtřída/ • vlastnost	Požadovaná hodnota	VáhaTřída { 0 ÷ 4}	Kritérium konkurence- schopnosti	Hodnocení splnění { 0 ÷ 4}							
					TS A	TS B	TS C	TS D	TS E	TS F	TS G	
9b	Třída vlastností TS(s) k čas.-term. a nákl.-ekon. hled. Manaž. systému	viz podtřída viz vlastností	3	viz podtřída viz vlastností	viz podtřída viz vlastností							
Všechny LC etapy	9.1b	Vhodnost TS(s) pro čas.-termínová manaž. hled. - Σ dodací termín(y) T	viz indikátory vlastností k jednotlivým podtřídám	---	vizindik. vl. k jednotl. podtřídám	viz indikátory vlastností k jednotlivým podtřídám						
	9.2b	Vhodnost TS(s) pro náklad.-ekonom. manaž. hled. - Σ dodací náklady C										

Ad. 9b	Indikátory vlastností podtříd 9.1b a 9.2b	Požadovaná hodnota indikátoru vl.	Váha ind. vl. { 0 ÷ 4}	Kritérium konkurenceschopnosti	Hodnocení splnění indikátoru.vlastnosti { 0 ÷ 4}							
					TS A	TS B	TS C	TS D	TS E	TS F	TS G	
Dodání:	ad. 9.1b	Σ konstr.* čas (=>termin) na dod. protot./prv. TS(s)	---	3	NE							
		Σ konstr.* čas (=>termin) na dod. dalš. 1 ks TS(s)	---	4								
	ad. 9.2b	Σ konstrukční* náklady na prototyp/prvý TS(s)	---	2								
		Σ průměrné konstrukční* náklady na další 1 ks TS(s)	--	4								

Označení	Třída/podtřída/ • vlastnost	Požadovaná hodnota	Váha Tříd { 0 ÷ 4 }	Kritérium konkurence- schopnosti	Hodnocení splnění { 0 ÷ 4 }						
					TS A	TS B	TS C	TS D	TS E	TS F	TS G
10	Třída obecných konstrukčních vlastností TS(s)	viz indikátory vlastností	4	viz indikátory vlastností	viz indikátory vlastností						

Ad. 10	Indikátory vlastností	Požadovaná hodnota indikátoru vl.	Váha ind. vl. 0 ÷ 4 }	Kritérium . konkurencech opnosti	Hodnocení splnění indikátoru.vlastností { 0 ÷ 4 }							
					TS A	TS B	TS C	TS D	TS E	TS F	TS G	
---	---	Pevnost při centrickém zatížení v případě že se o lůžko opře personál	Bezp. proti mezi kluzu: 3	NE								
		Pevnost spoje lůžka s inkubátorem v případě zatížení lůžka po vysunutá na max. hodnotu	Velmi vysoká									
		Odolnost povrchu při vystavení desinfekce užité pro čištění a desinfikování povrchu	Velmi vysoká									
		Stabilita odbrzděného inkubátoru při zatížení vysunutého lůžka	Velmi vysoká bezp. proti převržení									

Označení	Třída/podtřída/ • vlastnost	Požadovaná hodnota	Váha Tříd { 0 ÷ 4 }	Kritérium konkurence- schopnosti	Hodnocení splnění { 0 ÷ 4 }						
					TS A	TS B	TS C	TS D	TS E	TS F	TS G
11	Třída elementárních konstrukčních vlastností TS(s)	viz indikátory vlastností	4	viz indikátory vlastností	viz indikátory vlastností						
	- pro stavební strukturu TS(s)										
	- pro prvky stavební struktury TS										

Ad. 11	Indikátory vlastností	Požadovaná hodnota indikátoru vl.	Váha ind. vl. { 0 ÷ 4 }	Kritérium . konkurenceschopnosti	Hodnocení splnění indikátoru.vlastnosti { 0 ÷ 4 }							
					TS A	TS B	TS C	TS D	TS E	TS F	TS G	
---	---	Konstrukční provedení všech spojovacích částí	Podle ČSN-EN	3	NE							
		Povrchová úprava všech funkčních ploch pro zvýšení ořezuvzdornosti	použití vhodných materiálů	4								
		Povrchová úprava všech funkčních ploch pro zvýšení omyvatelnosti	použití vhodných materiálů	4								
		Povrchová úprava všech funkčních ploch pro zvýšení ořezuvzdornosti	použití vhodných materiálů	4								
		Povrchová úprava všech funkčních ploch pro zvýšení omyvatelnosti	použití vhodných materiálů	4								
		Povrchová úprava všech nefunkčních ploch pro zvýšení omyvatelnosti	použití vhodných materiálů	2								

Označení	Třída/podtřída/ • vlastnost	Požadovaná hodnota	Váha Třidy { 0 ÷ 4 }	Kritérium konkurenceschopnosti	Hodnocení splnění { 0 ÷ 4 }							
					TS A	TS B	TS C	TS D	TS E	TS F	TS G	
12	Třída znakových konstrukčních vlastností TS(s)	viz indikátory vlastností	4	viz indikátory vlastností	viz indikátory vlastností							
	- strukturální znaky TS(s)											
	- Funkční znaky TS(s)											
	- Transformační znaky TS(s)											
	- Obecné konstrukční znaky TS(s)											
Ad. 12	Indikátory vlastností	Požadovaná hodnota indikátoru vl.	Váha ind. vl. { 0 ÷ 4 }	Kritérium . konkurenceschopnosti	Hodnocení splnění indikátoru.vlastnosti { 0 ÷ 4 }							
---	---	Celková hmotnost	100kg	4	NE							
		Funkční (pracovní) princip	mechatronika	4								
		Zdroj energie pro ovládání a pohon/přestavování	Elektrické napájení	3								
[27], [21], [16], [15], [8], [26].												

Hodnocení bylo zaměřeno především na technické parametry, tedy na informace dostupné z datasheetů. Údaje, podle kterých bylo hodnocení provedeno, jsou uvedeny v kapitole 2.6.

Splnění kritérií jednotlivých modelů je zobrazeno v tabulce 5. Pomocí těchto údajů bylo provedeno výsledné hodnocení.

Z porovnání vyplývá, že konstrukční konkurenceschopnost (podle dostupných kritérií) porovnávaných inkubátorů je téměř srovnatelná. Tato rovnováha je podle mého názoru zapříčiněna především velkým omezením ze strany předpisů a norem. Díky těmto vysokým nárokům je do značné části omezen výběr materiálů a principů při zajištění funkčnosti.

Výsledky konkurenceschopnosti by také byly odlišné v případě, kdy by bylo možné modely hodnotit podle použitých materiálů, postupů a technologií při výrobě. Tato kritéria ovlivňují složitost montáže a především cenu.

Nejlépe podle hodnocení pomocí metodiky EDS dopadl inkubátor SI-610 od firmy TSE s.r.o. České Budějovice a inkubátor Caleo od společnosti Dräger. Výsledky tohoto hodnocení jsou ovšem založeny především na informacích udávané výrobcem a také tím, že je zaměřeno především na kritéria popisující technické parametry ovlivňující pouze provoz inkubátoru.

Podrobnější hodnocení (s více objektivními závěry) by bylo možné pouze v případě dostupnosti detailních informací o konstrukci jednotlivých inkubátorů.

Výsledná konkurenceschopnost u inkubátoru je tedy především dána:

- Cenou (odvívá se od technologie výroby jednotlivých částí, a druhu výroby);
- renomé společnosti;
- možností nabídnout další zdravotnické zařízení (schopnost vybavit celé oddělení);
- designem (důležitý faktor – přátelský design inkubátoru vzbuzuje důvěru, jak u personálu, tak i u rodičů pacienta).

Způsob rozepsání podle jednotlivých kritérií umožnil určení potencionálních kritických oblastí. Společně se závěry z analýzy funkčních mechanických prvků v kapitole 3.3, těmito určenými oblastmi a se získanými poznatky od odborníků společnosti TSE, byly stanoveny možné konstrukční nedostatky neonatálních inkubátorů. Tyto odvozené nedostatky jsou uvedeny v kapitole 3.5.

3.5. Konstrukční nedostatky užívaných inkubátorů

Konstrukční nedostatky byly stanoveny pomocí jednotlivých hodnocení uvedených v kapitolách 3.2, 3.3 a 3.4.

- Zamlžení plexiskel při zvýšené relativní vlhkosti;
- tichost inkubátoru – přípojka O₂ do inkubátoru, tiché panty k dvířkům otevíratelné jednou rukou, motor ventilátoru (možnost zatečení do ložisek a zvýšení hlučnosti);
- připevnění vrtule ventilátoru – snímatelný kvůli omyvatelnosti;
- možnost použití autoclavu – části které se takto čistí musí být z vhodného materiálu;
- jednoduché doplňování rezervoáru (nádoba zvlhčovala);
- viditelnost stavu hladiny v rezervoáru;
- převoz inkubátoru na delší vzdálenost – nutnost odpojení od napájení, zásob kyslíku;
- při rentgenování – hrany na částech inkubátoru;
- geometrické řešení vany – spády tak aby voda odtékala na jedno místo;
- obtížné používání iris vstupů – návrh konstrukce s jednodušší obsluhou;
- přesnost váhy;
- dvojitě plexiskla – jednoduchá montáž a demontáž – snadná omyvatelnost;
- otevírání/zavírání dveří jednou rukou;
- vysouvání postýlky oběma směry.

z těchto možných problémových míst bylo vybráno pouze několik mechanických uzlů. Vybrané oblasti byly dále zhodnoceny a navrženy znovu tak, aby došlo k jejich zlepšení a odstranění problémových částí.

Jako původní řešení bylo vybráno řešení použité na modelu SI-610. Tedy na modelu od společnosti TSE s.r.o. České Budějovice, které při hodnocení metodou EDS bylo stanoveno jako model s nejlepší konkurenceschopností.

3.6.Řešení vybraných problémových uzlů

3.6.1. Dvojitá plexiskla

3.6.1.1. Původní řešení

Původní řešení u inkubátoru SI-610 od společnosti TSE bylo provedeno nasunutím vnitřního plexiskla na bajonetové zámky. Tento způsob spojení je velice nekomfortní pro obsluhu, jak při rozebírání dvojitých stěn, tak montovávání vnitřních skel do inkubátoru.

3.6.1.2. Požadavky:

- Rozebíratelná stěna skládající se ze dvou plexiskel;
- jednoduchá obsluha;
- jednoduché tvary pro snadné čištění.

3.6.1.3. Návrhy možných řešení:

Tabulka 6: Morfologická matice pro návrh dvojitých plexiskel

Označení řešení	A---	B---	C---	D---	E---
Upevnění spodní části plexiskel	Opěrný bod	Více opěrných bodů	Nacvakování na tvarový zámek	Přípevnění na otočný pant	Bez upevnění – pouze zajištění vzdálenosti pomocí rozpěrného sloupku
Upevnění horní části plexiskel	Zajištění otočným členem	Upevnění pomocí pružinových zámků	Upevnění pomocí magnetu	Nacvakování na tvarový zámek	Spoj pomocí otočných pantů
Umístění spodního spoje	Dolní části v místě upevnění držáků dveří	Nad úchytv dveří	Vedle úchytu dveří		
Umístění horního spoje	Na pantech hlavních dveří	Na středu plexiskla v horní části	Na středu plexiskla ve střední části	V místě pantů obslužných dvířek	na krajích v horní části plexiskla

3.6.1.4. Varianta A

Tato varianta je navržena tím způsobem, že spodní strana plexiskla dosedá na jeden opěrný člen v dolní části vnějšího plexiskla. Tento člen je umístěn nad úchyty pantů hlavních dveří inkubátoru. v horní části je plexisklo zajištěno pomocí dvou magnetů umístěných na krajích vnějšího plexiskla.

Hlavní nevýhodou tohoto řešení je nejisté udržení plexiskel pomocí magnetů při převozu inkubátoru a možnost uvolnění magnetického jištění vlivem náhlého pohybu pacienta.

Výhodou je nepředstavování horních úchytnů při upevňování vnitřního plexiskla.

3.6.1.5. Varianta B

Varianta B je řešena upevněním spodní části pomocí dvou opěrných součástí, které se dají připevnit do míst, kde jsou upevněny panty hlavních dveří.

Dále je vnitřní plexisklo připevněno k vnějšímu pomocí pružinových zámků, které jsou upevněny pomocí otvorů pro upevnění pantů obslužných dvířek.

Možnou nevýhodou je zajištění zámků tak, aby byly v poloze zasunuté při upevňování plexiskla.

Výhodou je možnost připevnění plexiskel i po delším provozu v nemocnici bez potřeby mechanických zásahů.

3.6.1.6. Varianta C

Tato varianta je navržena tím způsobem, že spodní strana plexiskla je připevněna k otočnému pantu, tudíž nejsou plexiskla možné od sebe úplně odmontovat, ale jdou do sebe odklopit. Panty jsou umístěny v dolní části na pantech hlavních dveří. Horní část plexiskla je připevněna pomocí zasakovacího členu. Tento princip spočívá v tvarovém řešení součásti a použití vhodného materiálu s vhodnou pružností a pevností. Horní zajišťovací člen je připevněn do středu vnějšího plexiskla.

Možná nevýhoda nelze odmontovat vnitřní plexisklo a očistit jej mimo inkubátor. Ovšem výhodou je, že takto upevněné plexisklo nelze ani upustit a tím poškodit.

Hlavní nevýhodou tvarového zámku je možné opotřebení vlivem častého používání. Takovéto poškození může být urychleno díky degradaci materiálu vlivem agresivního prostředí uvnitř inkubátoru (výšená koncentrace O₂, zvýšená vlhkost, možné vystavení UV záření).

3.6.1.7. Varianta D

Varianta D je obdobným případem jako varianta C, ovšem zde jsou zaměněné způsoby upevnění na spodní a horní straně.

Tato varianta má tedy rovněž stejné nevýhody a výhody jako varianta předchozí.

3.6.1.8. Varianta E

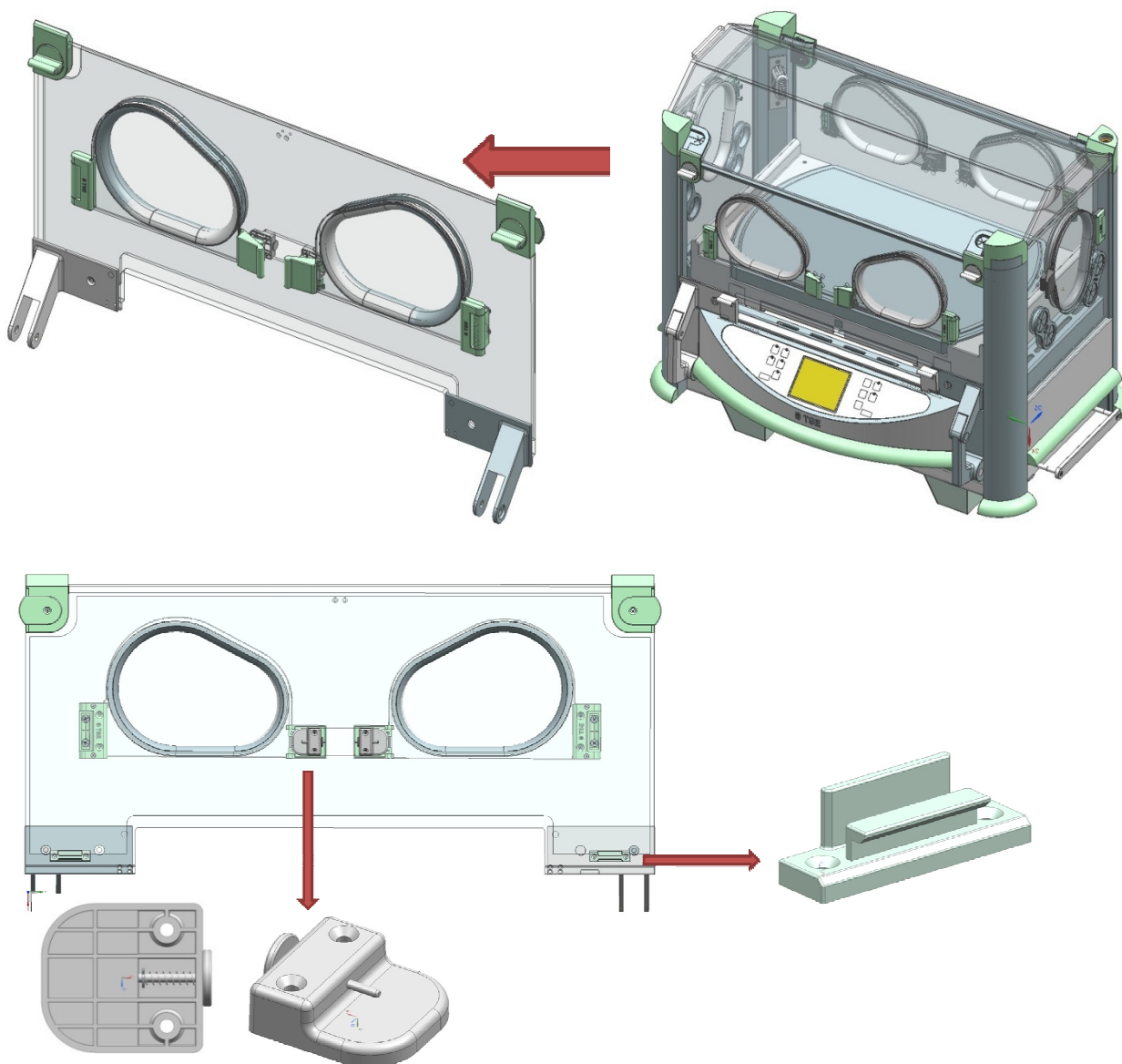
Varianta B je řešena upevněním spodní části pomocí dvou opěrných součástí, které se dají připevnit vedle pantů hlavních dveří. Dále je vnitřní plexisklo spojeno s vnějším pomocí otočných členů.

Při spojování/rozpojování plexiskel je zapotřebí otočit součást do příslušné pozice tak, aby bylo možné její jistící část zasunout/vysunout do/z otvoru ve vnitřním plexisklu.

3.6.1.9. Výběr varianty pro zpracování

Po zvážení všech výhod a nevýhod byla zvolena varianta B.

3.6.1.10. Návrh varianty B



Obrázek 29: Navržená sestava dvojitých plexiskel

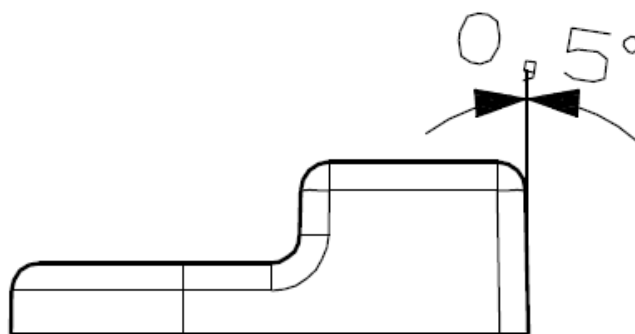
Pro řešení tohoto zadání byly navrženy dva zámky. Zámky se skládají z domku vystříknutého z Polyamidu PA6, z čepu vysoustruženého z šedého tecaformu, z pružiny z nerezové oceli a ze seegerova pojistného kroužku. Dále byly navrženy dva opěrné bloky, které zároveň slouží pro upevnění bočních plexiskel inkubátoru a také jako zábrany připevněné na bočních profilech. Tyto zábrany mají zajistit, aby za žádných okolností nemohlo plexisklo spadnout na pacienta.

Pružinový zámek

Součást pro zajištění plexiskla je koncipována tak, aby zároveň zajišťovala potřebnou mezeru mezi plexiskly. Tvar byl zvolen tak, aby byla splněna podmínka jednoduchého čištění.

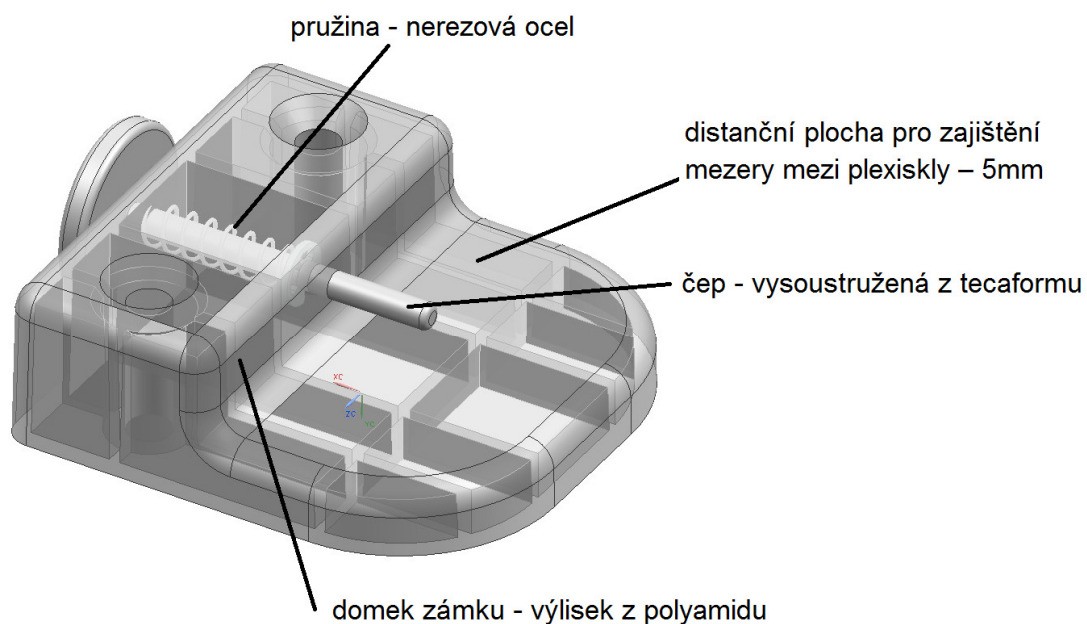
Při navrhování byly dodrženy zásady pro návrh vstřikovaných dílů. Tedy tloušťka stěn je navržena o tloušťce do 2,5 mm a žebrování do 60% tloušťky stěn. Stěny byly navrženy s úkošem $0,5^\circ$ pro jednoduché vyjmutí z formy.

[7]



Obrázek 30: Zkosení u plastového dílu

Materiál PA6 byl zvolen kvůli splnění podmínek pro použití ve zdravotnickém zařízení, a také díky vhodným vlastnostem pro vstřikování.

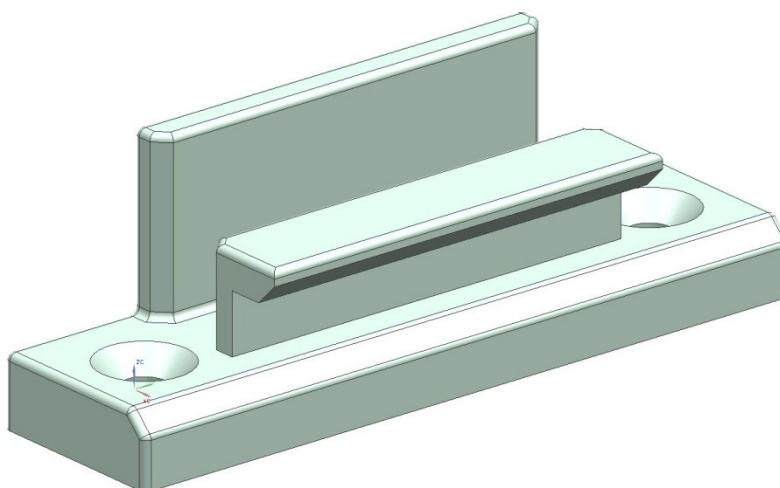


Obrázek 31: Sestava zámku s popisem

Opěrný blok

Opěrné součásti byly navrženy tak, aby zároveň plnili funkci držáků bočních vnitřních plexiskel. Dále také slouží jako pojistka uvolnění vnitřního skla a tedy možného zranění pacienta.

Při jejich navrhování byly rovněž dodržovány zásady pro konstrukci vystřikovaných součástí, protože jsou také navrženy z polyamidu.



Obrázek 32: Opěrný blok

3.6.2. Mlžení skel inkubátoru

3.6.2.1. Původní řešení:

U inkubátoru SI-610 od společnosti TSE s.r.o. České Budějovice není tento problém řešen žádným stálým řešením. Při nižších hodnotách vlhkosti je viditelnost zajištěna proudícím vzduchem. Tento vzduch je ohřátý od topné jednotky a ohřívá část předního plexisklového krytu. Takovéto řešení je do značné míry ovlivněné charakteristickými hodnotami okolního prostředí, jako je teplota a vlhkost. A účinnost tohoto řešení není tedy možné pokaždé zajistit.

3.6.2.2. Příčina rosení skel

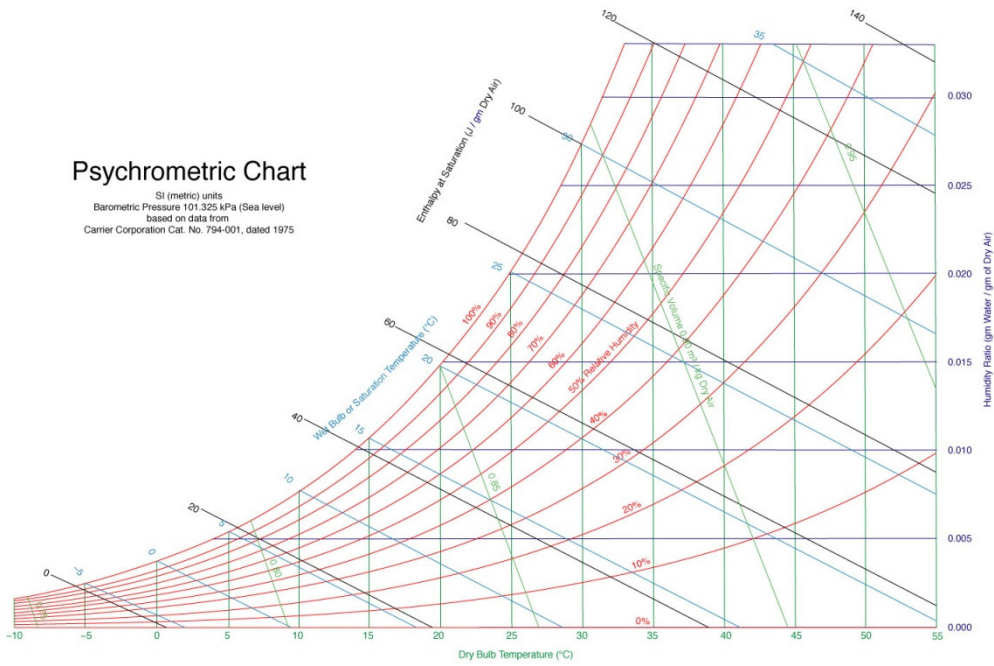
V inkubátoru je zarosení skel způsobeno stejnou příčinou jako například orosení oken v domácnostech. Vzduch při různé teplotě a tlaku obsahuje proměnlivé množství vodní páry a platí, že čím teplejší je vzduch, tím více vodní páry může pojmout, než dojde k bodu nasycení. Tedy čím je teplejší vzduch, tím více vody může na sebe vázat (relativní vlhkost vzduchu). Příklad: Jeden m³ vzduchu dosahuje při +10 °C a 35 % relativní vlhkosti vzduchu pouze 3,3 g vody, zatímco při +20 °C a 65 relativní vlhkosti vzduchu je to již 12,6 g vody.

Při ochlazení a dosažení stupně nasycení odevzdá vzduch část vody ve formě kondenzátu, který vzniká tehdy, když vzduch následkem ochlazení již není schopen udržet pohlcené původní množství vody. Teplota, při které k tomuto efektu dochází, se označuje jako teplota rosného bodu. Jestliže např. dojde k ochlazení 20°C teplého vzduchu nasyceného vlhkostí do 50 % na 9,3 °C, pak relativní vlhkost vzduchu vzroste na 100 %, tzn., že vzduch bude vodou plně nasycen. Bude-li docházet k dalšímu ochlazování vzduchu nebo kontaktních ploch, pak se vysráží kondenzát, protože vzduch již nebude moci vodu zachycovat. V praxi pak definujeme poměr skutečné aktuální vlhkosti k této mezní vlhkosti jako relativní vlhkost. Udává nám, jaký je stupeň nasycení vzduchu vodní párou ke stavu nasycení při dané teplotě.

Průběh křivky nasycení vzduchu vodní parou je znázorněn na obr. 33. Pod křivkou rosného bodu je vodní pára ve vzduchu přítomna v plynném skupenství, nad touto křivkou je ve skupenství kapalném jako mlha nebo rosa.

Takovéto děje probíhají i ve vnitřním prostoru inkubátoru, kde se uměle reguluje relativní vlhkost vzduchu a to až na hranici 95%Rh. Při takto vysokých hodnotách vlhkosti tedy dochází k vysrážení vlhkosti na chladnějších stěnách inkubátoru.

[11]; [10]



Obrázek 33: Psychrometrický graf [9]

3.6.2.3. Návrhy možných řešení:

Tabulka 7: Morfologická matice pro řešení transparentního prostoru

Označení řešení	A---	B---	C---	D---	E---
Zvolení transparentního prostoru	Celý box	Uprostřed horního krytu	Uprostřed hlavních dveří	Na obslužných dvířkách u hlavy pacienta	Celá přední stěna
Princip	mechanický	elektrický	materiálový		
Způsob zajištění	Vyhřívání fólie	Natisknutý povrch odporovými dráty	Materiál s ošetřeným povrchem	Proudění obřátého vzduchu	Dvojitě uzavřené plexisklo

3.6.2.4. Varianta A

U varianty A bylo navrhnuté řešení, kdy se zajistí odmlžení celého plexisklového boxu pomocí plexisklových stěn s ošetřeným povrchem proti ulpívání kondenzátu.

Tento typ řešení má ovšem mnoho nevýhod. Jednou z nich je nákladnost ošetření povrchu takovou vrstvou, která by zaručila stálost během celého funkčního cyklu. Dále nejsou provedeny žádné zkoušky, které by stanovovaly, že takto ošetřené stěny splňují zdravotní podmínky a normy pro aplikaci v neonatálních inkubátorech.

3.6.2.5. Varianta B

Tato varianta využívá proudy ohřátého vzduchu, který zajišťuje ohřátí plexiskla tak, aby v místě proudění bylo zamezeno kondenzaci vzdušné vlhkosti. Pro dosažení takového proudění by bylo zapotřebí zvýšit otáčky ventilátoru, který je běžně u všech modelů upevněn pod postýlkou. Zvýšením otáček by ovšem mohlo dojít k přesáhnutí rychlosti proudění, které v celém prostoru pacienta nesmí podle normy ČSN EN 60601-2-19. přesáhnout hodnotu 0,3m/s. Dále by zvýšení otáček způsobilo nárůst hlučnosti uvnitř inkubátoru, což je také nežádoucí.

[34]

3.6.2.6. Varianta C

Zajištění transparentního prostoru, je ve variantě C řešen pomocí mechanického řešení. Díky fyzikálním zákonům, bylo navrženo dvojité okénko, které bylo vytvořeno díky využití obslužného otvoru u hlavy pacienta.

Nevýhodou tohoto řešení je především možnost lehkého zarosení po okrajích, které může být způsobeno vysrážením vlhkosti uzavřené mezi stěnami okénka. Toto řešení ovšem přináší dostatečný průzor pro vizuální kontakt s pacientem bez dalších nevýhod.

3.6.2.7. Varianta D

U varianty D je navrženo řešení pomocí natisknutých odporových drátů mezi dvě plexisklové desky, které se následně slepí dohromady.

Při takovémto řešení, musí být zajištěno trvalé elektrické spojení odporových drátů se zdrojem. Nevýhodami tohoto řešení je viditelnost odporových drátů, které nepůsobí příliš esteticky dále náročnost a ekonomická nákladnost lepení dvou plexisklových desek. A jako potenciální problém by mohlo být i trvalé elektrické propojení.

3.6.2.8. Varianta E

Varianta E je do značné míry podobná Variantě D. Ovšem u varianty E se jedná o zahřívání menší plochy, pomocí nalepovací výhřevné fólie.

Tato varianta sebou nese obdobné nevýhody jako verze předchozí.

3.6.2.9. Požadavky na řešení:

- Zajištění nezaroseného místa na stěně pro pozorování pacienta při vlhkosti vzduchu (uvnitř inkubátoru) - 90% Rh;
- estetický vzhled;
- ekonomické řešení;
- jednoduché čištění.

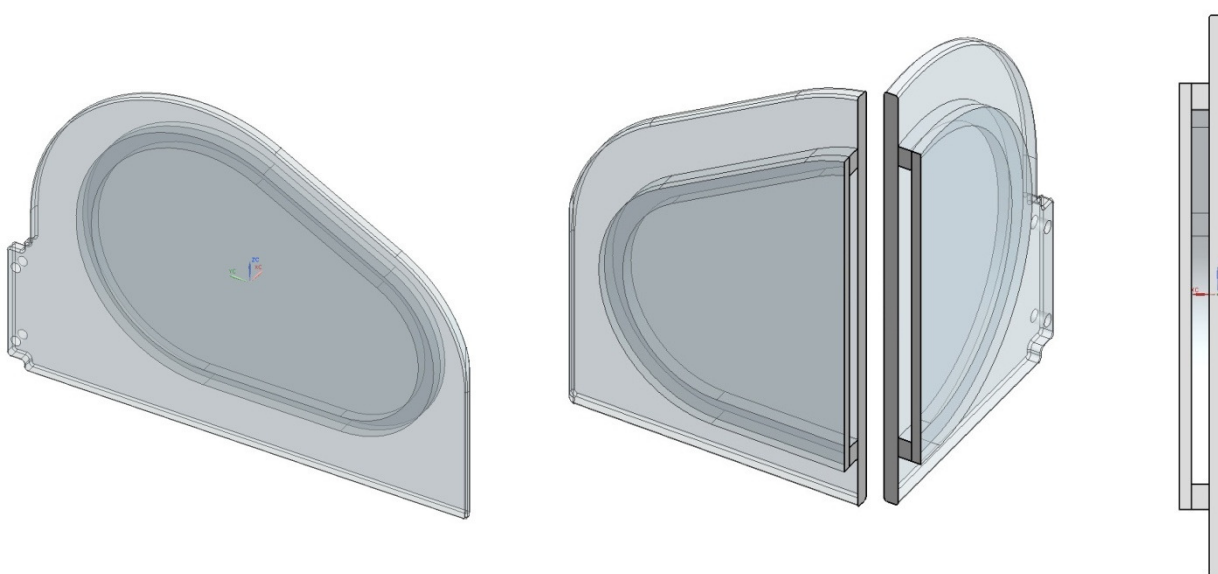
Rosení stěn inkubátoru je způsobeno vysokou vlhkostí vzduchu ve vnitřním prostoru a rozdílem teplot uvnitř a vně inkubátoru. Tento teplotní přechod (na plexiskle) způsobuje vysrážení kapiček vody na stěně.

3.6.2.10. Výběr varianty pro zpracování

Po zvážení všech výhod a nevýhod jednotlivých variant byla zvolena varianta C.

3.6.2.11. Navržené řešení

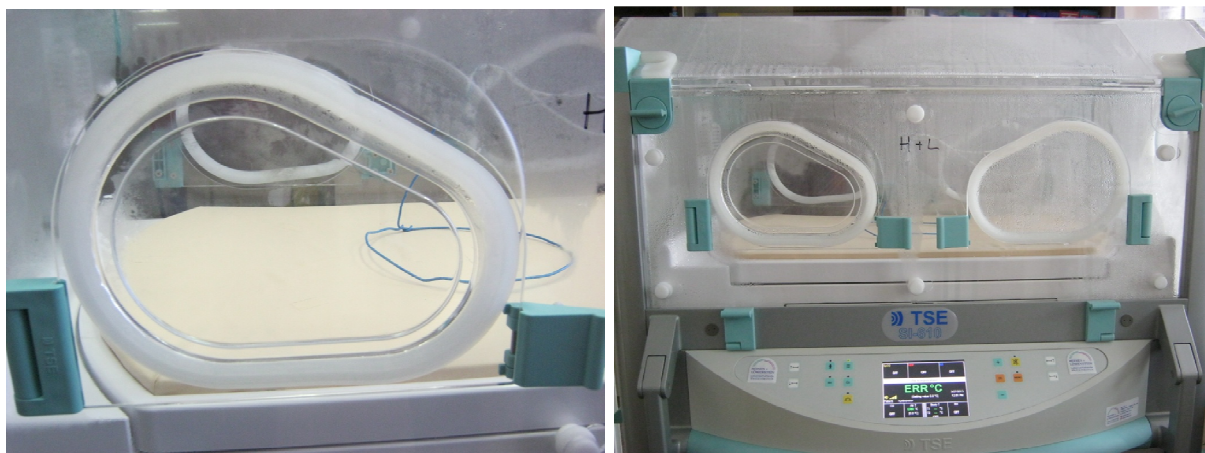
Pro namodelování příslušného řešení byl použit CAD software Solidedge.



Obrázek 34: model průřezu

Funkčnost návrhu byla ověřena pomocí odečtení hodnot z grafu z obrázku 33.

Navržený prototyp byl otestován na inkubátoru u společnosti TSE s.r.o. České Budějovice.



Stav po 2 hodinách
Vlhkost uvnitř inkubátoru 70% Rh
Teplota uvnitř inkubátoru 38°C
Teplota okolního prostředí 19,5 °C

Stav po 4 hodinách
Vlhkost uvnitř inkubátoru 90% Rh
Teplota uvnitř inkubátoru 38°C
Teplota okolního prostředí 21°C

Obrázek 35: Testování prototypu

3.6.2.12. Vyhodnocení návrhu – test prototypu

Na zkoumaném prototypu je zřetelně viditelné, že nedochází k zamžení okénka ani po několika hodinovém provozu. Toto řešení obstálo i při dlouhodobém testování.

To znamená provozu inkubátoru po dobu 1 měsíce 10 hodin denně.

3.6.3. Zvlhčovací komora

3.6.3.1. Původní řešení

Nádržka na destilovanou vodu byla vyrobena z transparentního polykarbonátu. Polykarbonát se ovšem vyznačuje špatnou odolností při vystavení vlivu UV záření, rentgenového záření a chemikálií (nejčastěji se jedná o kombinaci těchto činitelů). Tento materiál má také špatnou odolnost při sterilizaci v autoclavu (sterilizační zařízení využívající suché páry, tedy teploty cca 136°C při vyšším tlaku). Díky vlivu těchto činitelů dochází k narušení struktury a nádoba je náchylná k praskání.

Výlisek z polykarbonátu musí být navrhován tak, aby stěny nebyly širší než 3mm, a proto je konstrukce značně omezena (např. obtížné upevnění a zakrytí topného tělesa).

Vysunutí zvlhčovací jednotky je u této varianty možné pouze o jednu třetinu hloubky pro dolévání. Takové vysunutí je nepraktické a nekomfortní pro personál.

Pro doplnění nádrže mimo inkubátor je nutné vysunout celý zvlhčovací aparát.

3.6.3.2. Návrhy možných řešení:

Tabulka 8: morfologická matice řešení zvlhčovacího systému

Označení řešení	A	B	C		
Viditelný vodoznak – rozpoznání výšky hladiny	mechanicky	Zvolený materiál	elektronicky		
Způsob dostupnosti zvlhčovacího zařízení	Pevně zastavená jednotka	Vysouvání celku			
Způsob doplnění tekutiny	Napojení zvlhčovače na kapalinu v pytlíku	Vysunutí nádrže	Vyklopení nádrže	Dolévající otvor s víčkem	

3.6.3.3. Varianta A

Tato varianta byla navržena tak, aby vodoznak byl viditelný pomocí konstrukčního plováku umístěného v transparentní trubici, která by byla propojena se zásobníkem kapaliny. Dále byl tento návrh koncipován jako vyklápěcí jednotka. Pro doplnění by byla řešená

vyklápěcí nádoba jako zásobník kapaliny. Celý systém by ovšem musel být stále vyjímatelný pro nutnost čištění a sterilizace.

3.6.3.4. Varianta B

Varianta B byla navrhována tak, že řešení viditelnosti vodní sloupce je zajištěno volnou transparentního materiálu a vyznačení výšek hladiny již na samotné nádobě. Zvlhčovací soustava by byla pro doplnění vysouvateľná a z ní by byla vyjímatelná nádoba. To by usnadnilo manipulaci. Pro dolítí by bylo potřeba pouze nádobu vyjmout odnést ke kanystru s destilovanou vodou a v tomto prostoru i naplnit. Není tedy potřeba rozsáhlejší manipulace s větším kanystrem. Při čištění a sterilizaci by šlo vyjmout i zbytek sestavy (kryt nádoby, výsuvnou zásuvku).

3.6.3.5. Varianta C

U poslední navrhované varianty byla zvolena kontrola hladiny pomocí elektronického snímání. Výška hladiny by byla tedy snímána pomocí snímače a zobrazována na displeji inkubátoru. Zvlhčovací jednotka s topným tělesem by byla pevně zabudována uvnitř inkubátoru a desinfikace by byla zajištěna spuštěním vyhřívání na zvýšený výkon tak, aby topná jednotka dosáhla teploty kolem 125°C, a tím tedy se zajistila samo-desinfikovatelnost. Zásobník s kapalinou by byl v podobě závěsných vaků a byly by umístěny na držák pro infuze.

3.6.3.6. Požadavky:

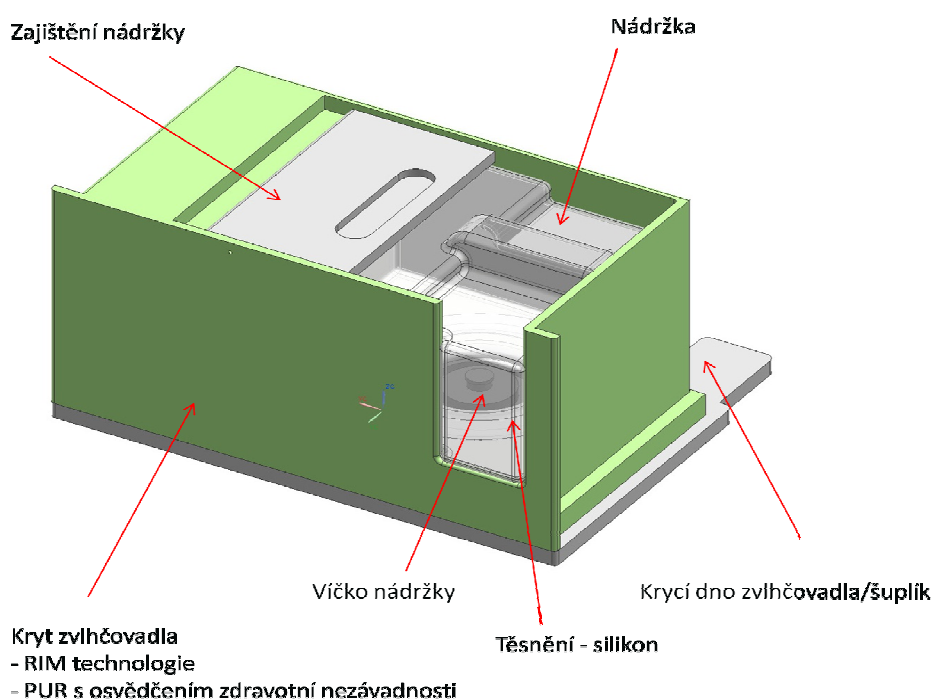
- Zajištění bezpečnosti ošetřujícího personálu;
- umožnění sterilizace – autoclave;
- splnění norem pro konstrukci zdravotnických elektrických přístrojů;
- jednoduché ovládání – komfortní manipulace;
- zamezení porušení struktury při pádu nádrže;
- viditelná hladina kapaliny – snadná orientace pro personál.
- Využití topného tělesa ze zvlhčovací komory modelu SI-610 od společnosti TSE

3.6.3.7. Výběr varianty pro zpracování

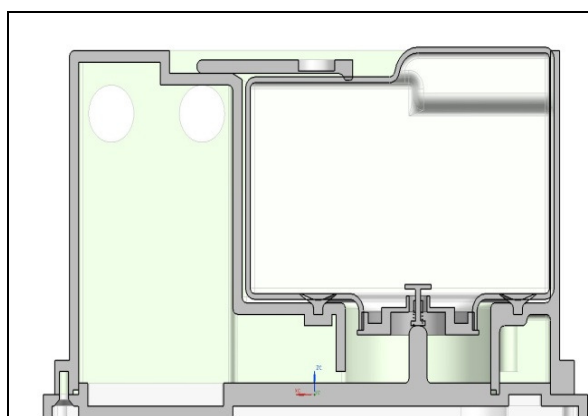
Po zvážení všech výhod a nevýhod jednotlivých variant byla zvolena varianta B.

3.6.3.9. Navržené řešení

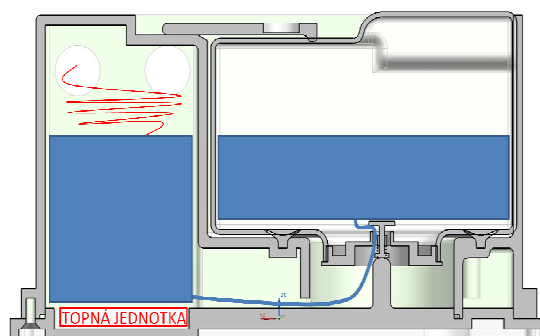
Z důvodu lepší manipulace a maximálního využití prostoru bylo zvoleno řešení, kde je zvlhčovač rozdělen na několik částí. Hlavní zásobník je vyjímatelný a skládá se z měkčené nádoby a víčka s jednosměrně propustným ventilem. Tato nádoba se vkládá do krytu skládajícího se z horního dílu a dna. Nádržka po vložení dosedne nejprve na silikonové těsnění a následně na čep, který zajistí otevření ventilu ve víčku. Spolehlivé dosednutí na silikonové těsnění je zajištěno pomocí přítlačného dílu.



Obrázek 36: Sestava zvlhčovacího systému



Obrázek 37: Řez zvlhčovací sestavou

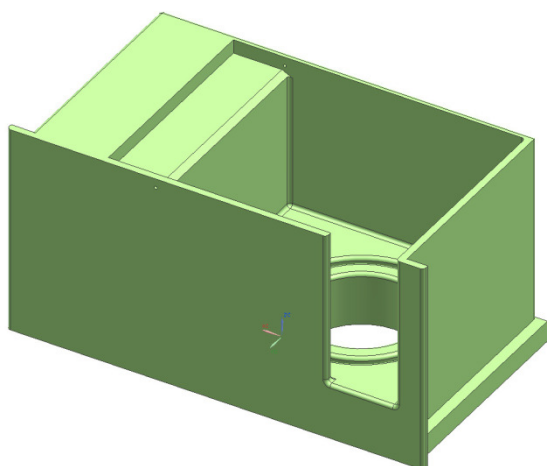


Obrázek 38: Řez zvlhčovací sestavou – průtok kapaliny

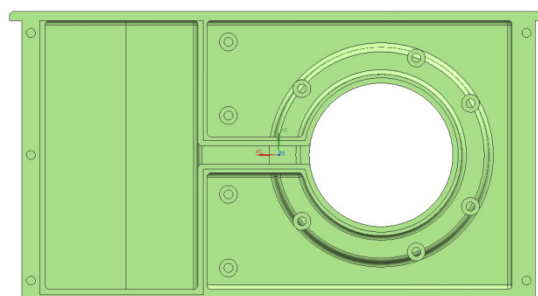
Kryt zásobníku

Pro kryt nádoby byl zvolen polyuretan. Tento materiál má osvědčení o zdravotní nezávadnosti, odolnost vůči UV záření, rentgenovému záření a je rovněž možné ho sterilizovat v autoclavu. Také lze tento materiál zpracovávat pomocí RIM technologie, která umožní tlusto-stěnou konstrukci. Takto zpracovaný díl má i velkou mechanickou odolnost, která zabraňuje poškození, při nárazech způsobených nedbalou manipulací.

Tvar krytu byl zvolen tak, aby bylo možné vytvořit úzký průtokový otvor mezi komorou s topnou jednotkou a zásobníkem kapaliny a tím docházelo k ohřátí kapaliny pouze v prostoru s topným tělesem. Dále bylo nutné zachovat průzor pro jednoduchou kontrolu hladiny. Tento tvar byl také zvolen tak, aby plocha, která je potřeba opatřit těsněním, byla co nejmenší.

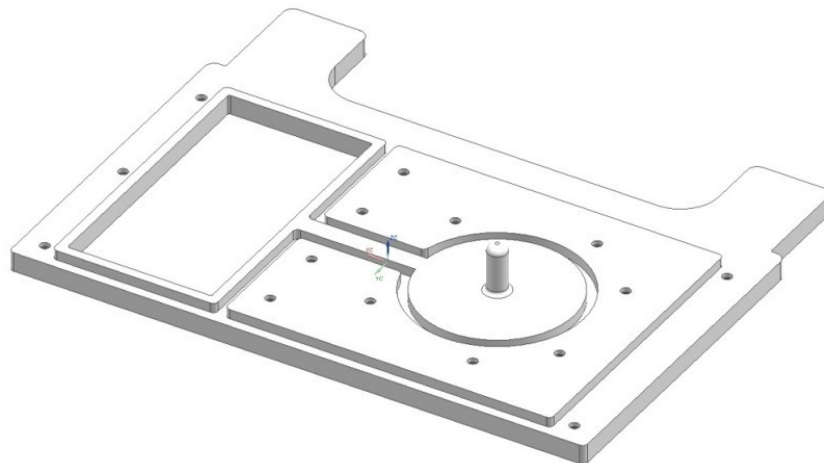


Obrázek 39: Kryt zásobníku



Obrázek 40: Kryt zásobníku pohled ze spodní strany

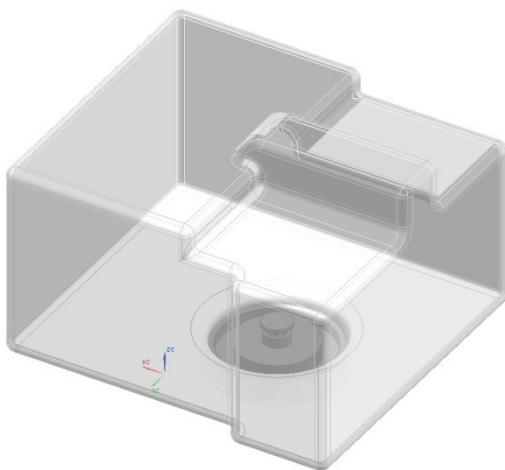
Dno krytu bylo navrženo rovněž z polyuretanu s využitím RIM technologie. Jeho tvar byl koncipován tak, aby bylo možné do něj umístit nerezové teleskopické lišty od společnosti Chambrelan. Tyto teleskopické lišty umožňují úplné vysunutí, a tím je docíleno vysunutí celé zvlhčovací jednotky ven z inkubátoru.



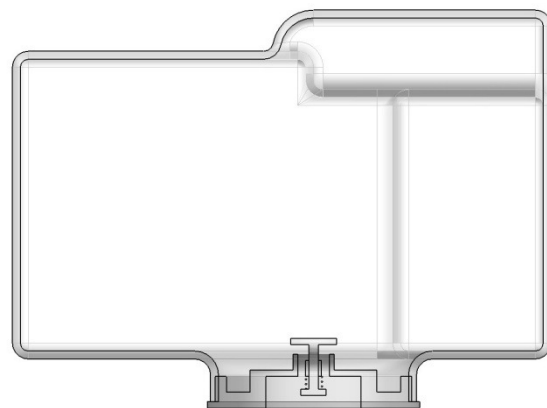
Obrázek 41: Dno krytu zvlhčovacího zásobníku

Nádrž

Nádržka byla navržena z měkčeného termoplastu. Pro výrobu byla zvolena technologie vyfukování. Obsah nádrže je 2,8 l což zabezpečilo prodloužení doby zvlhčování o 50% tedy z 8 hodin na 16. Nádržka má řešený tvar tak, aby byla zajištěna viditelnost hladiny v zásobníku i ze strany inkubátoru.



Obrázek 42: Nádoba zásobníku



Obrázek 43: Řez zásobníkem s víčkem

Víčko nádrže

Pro výrobu víčka byla zvolena technologie kombinovaného výlisku. Tato volba umožnila, aby těsnění bylo součástí samotného víčka, a tím se zabránilo k jeho ztrátě při doplňování kapaliny.

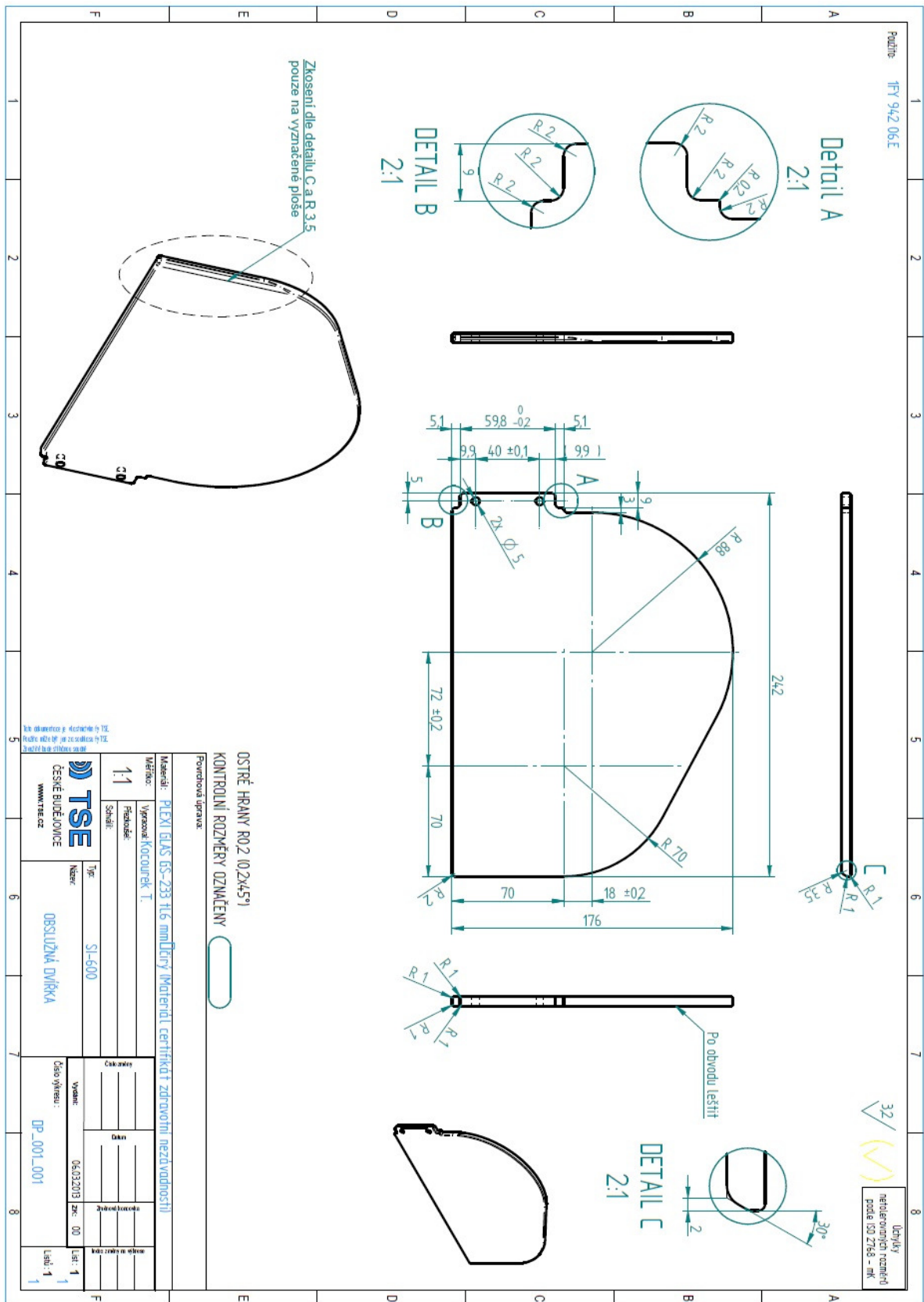
Tvar celé soustavy byl navržen tak, aby splňoval normu pro konstrukci zdravotnických elektrických přístrojů.

Pro signalizaci minimální hladiny byl v původním návrhu zvolen vodivostní snímač, který ovšem nemůže být použit z důvodu elektrické nevodivosti destilované vody. Proto byl navržen kapacitní snímač, který může být umístěn na stěně inkubátoru, a tudíž není součástí zvlhčovací jednotky.

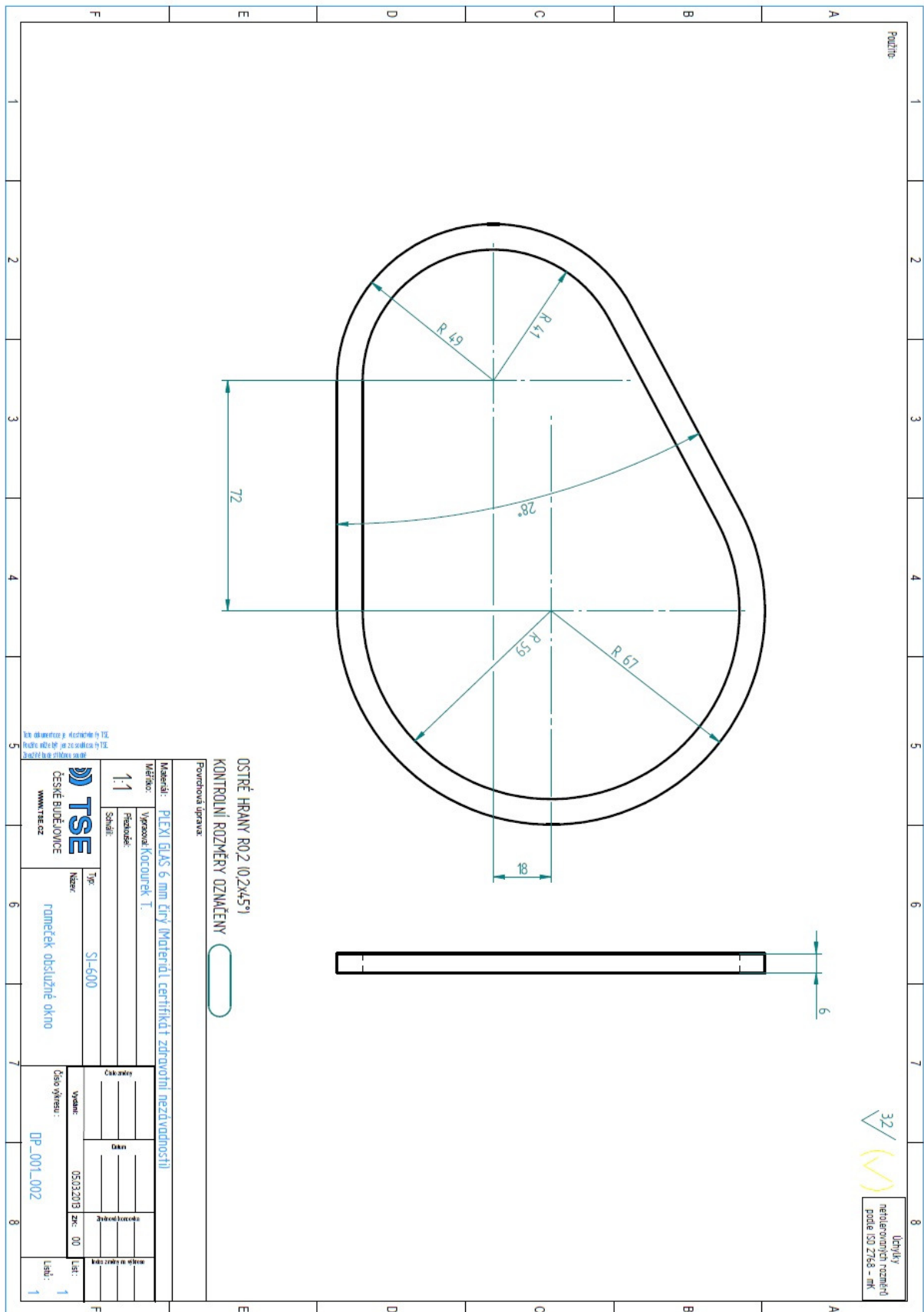
Zajištění polohy nádržky bylo navrženo pomocí příklopného aparátu. Obsluze stačí posunout jistící lištu do přední polohy, a tím lištu odklopit. Pro uzavření je potřeba pouze lištu znovu sklopit, domáčknot na nádržku a zasunout do zadní polohy.

4. Výkresová dokumentace

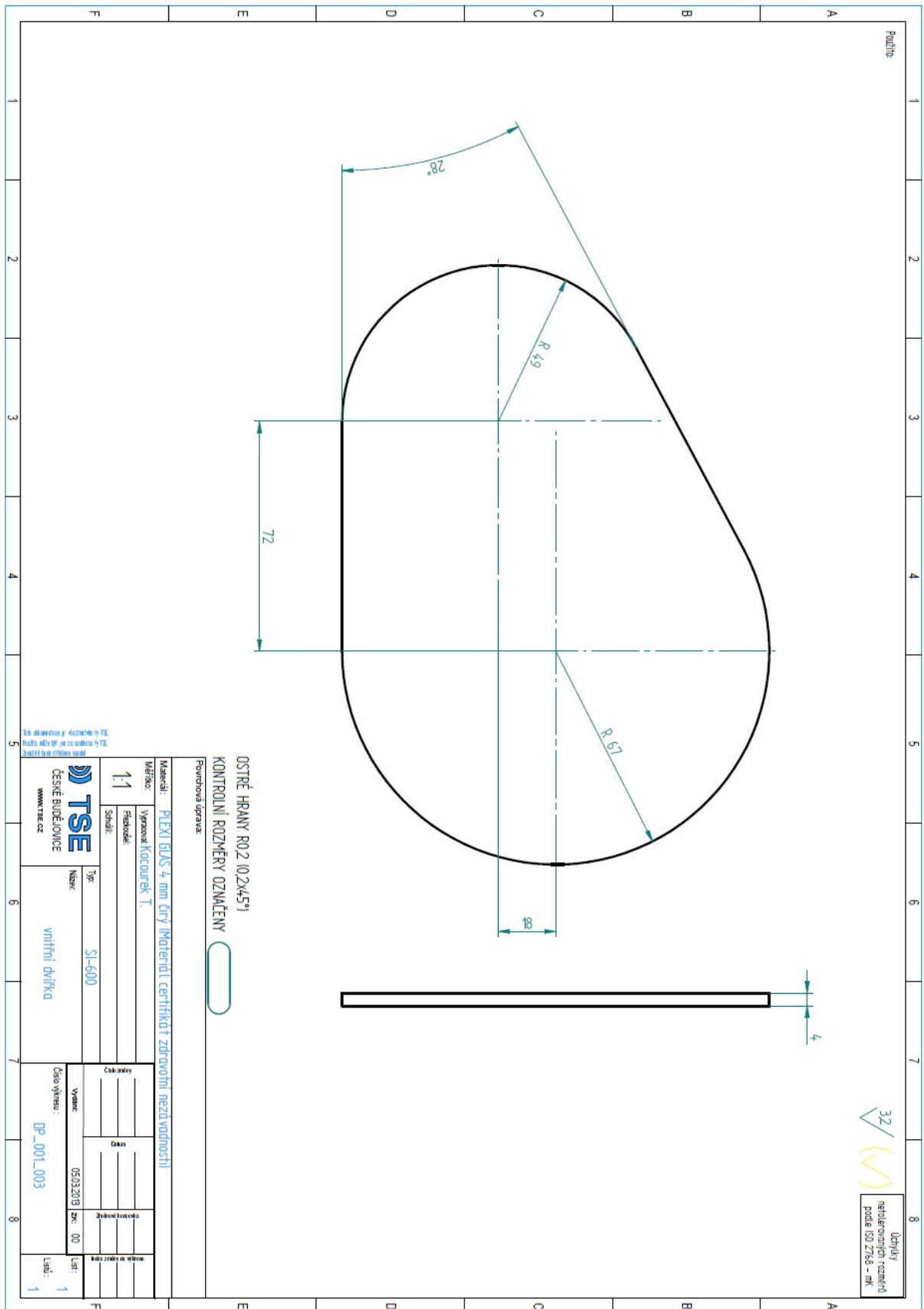
Výkresová dokumentace byla zpracována pro návrh průzoru, který byl otestován na prototypu. Výkresy byly stejně jako modely vypracovány za pomoci softwaru Solid Edge ST4.



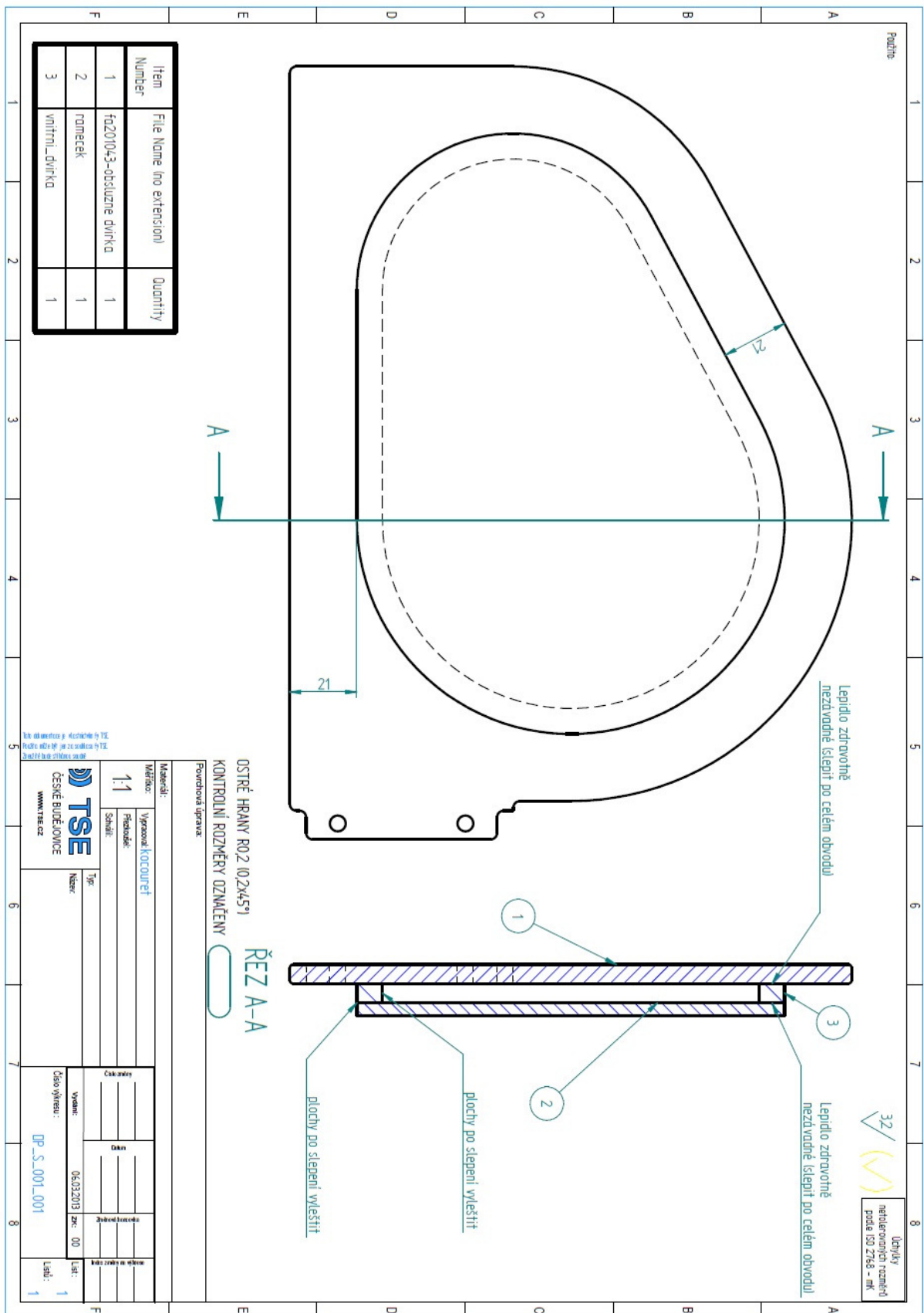
Výkres 1: Obslužné dvířka – DP_001_001



Výkres 2: Rámeček obslužné okno – DP_001_002



Výkres 3: Vnitřní dvířka – DP_001_003



Výkres 4: Sestava obslužná dvířka – DP_S_001_001

5. Závěr

Tato práce řeší problematiku neonatálních inkubátorů. Zaměřuje se na funkce, které by měl inkubátor splňovat a na jednotlivé mechanické části, které tyto požadované funkce zajišťují. Dále je řešena konkurenceschopnost vybraných modelů inkubátorů od různých společností z celého světa. Nejlépe podle hodnocení pomocí metodiky EDS dopadl inkubátor SI-610 od firmy TSE s.r.o. České Budějovice a inkubátor Caleo od společnosti Dräger.

Výsledky tohoto hodnocení jsou založeny především na informacích udávaných výrobcem. Dále se zaměřují na kritéria popisující technické parametry ovlivňující pouze provoz inkubátoru.

Na základě hodnocení konkurenceschopnosti a analýzy vlastností mechanických uzlů byly vytipovány možné problémové části inkubátoru. Po konzultaci s odborníky ze společnosti TSE s.r.o. České Budějovice (jediná společnost zabývající se vývojem a výrobou neonatálních inkubátorů v ČR) byly vybrány části, pro které byla navržena inovativní řešení. U všech řešených částí byly nejprve navrženy varianty možných řešení, které vyplývaly z morfologické matice. Nakonec byla pro každou řešenou oblast vybrána varianta, která nejlépe splňovala stanovená kritéria.

Jedním z řešených problémů bylo řešení zamlžených plexisklových stěn inkubátoru tak, aby byl při vysoké relativní vlhkosti umožněn vizuální kontakt s pacientem. Pro tuto oblast byl navržen průzor v oblasti obslužných dvířek. Tento návrh byl vyroben jako prototypový díl a byl otestován u společnosti TSE s.r.o. České Budějovice. Během testu se toto řešení ukázalo jako úspěšné při splnění veškerých norem týkajících se neonatálních inkubátorů.

6. Seznam obrázků:

Obrázek 1: Schéma inkubátoru [31]	2
Obrázek 2: Nákres dvojité vyhřívané vany [1].....	3
Obrázek 3: Schéma Tarnierovo inkubátoru - 1883 [31]	4
Obrázek 4: Inkubátor cca. 1909 [13]	5
Obrázek 5: Oddělení neonatální péče – 1910 [1]	5
Obrázek 6: Schéma způsobů ztráty tepelné energie u novorozenců [3]	7
Obrázek 7: Schéma regulace a měření teploty vzduchu v inkubátoru [3]	8
Obrázek 8: Schéma regulace a měření teploty pokožky v inkubátoru [3]	9
Obrázek 9: SI-610 TSE [14]	12
Obrázek 10: Caleo Dräger [15]	12
Obrázek 11: Incu-i 101 ATOM [16]	12
Obrázek 12: Lifetherm 2002 [17]	12
Obrázek 13: David HKN-93. [18]	12
Obrázek 14: Panda Warmer [19]	12
Obrázek 15: ATOM model 100. [20]	13
Obrázek 16: Giraffe Incubator [21]	13
Obrázek 17: TSE spol. s.r.o. TI-401. [22]	14
Obrázek 18: Transportní inkubátor HWME - 359. [23]	14
Obrázek 19: Transportní inkubátor SPACEPOD [24]	14
Obrázek 20: Caleo	15
Obrázek 21: Isolete 8000	16
Obrázek 22: Incu 101	17
Obrázek 23: Vita	18
Obrázek 24: SI-600	19
Obrázek 25: SI-610	20
Obrázek 26: Polytrend	21
Obrázek 27: NataCare LX	22
Obrázek 28: Vision Advanced 2286	23
Obrázek 29: Navržená sestava dvojitých plexiskel	54
Obrázek 30: Zkosení u plastového dílu	55
Obrázek 31: Sestava zámku s popisem	55
Obrázek 32: Opěrný blok	56

Obrázek 33: Psychrometrický graf [9].....	58
Obrázek 34: model průzoru	60
Obrázek 35: Testování prototypu	61
Obrázek 36: Sestava zvlhčovacího systému	64
Obrázek 37: Řez zvlhčovací sestavou	64
Obrázek 38: Řez zvlhčovací sestavou – průtok kapaliny	64
Obrázek 39: Kryt zásobníku	65
Obrázek 40: Kryt zásobníku pohled ze spodní strany	65
Obrázek 41: Dno krytu zvlhčovacího zásobníku	66
Obrázek 42: Nádoba zásobníku	66
Obrázek 43: Řez zásobníkem s víčkem	66

7. Seznam tabulek

Tabulka 1: přehled vybraných modelů pro hodnocení	24
Tabulka 2: Přehled částí inkubátoru	24
Tabulka 3: Přehled hlavních funkcí inkubátoru a částí které je zajišťují	25
Tabulka 4: Části inkubátoru a jejich charakteristiky	26
Tabulka 5: Soupis kritérií pro hodnocení podle EDS	33
Tabulka 6: Morfologická matice pro návrh dvojitých plexiskel	51
Tabulka 7: Morfologická matice pro řešení transparentního prostoru	58
Tabulka 8: morfologická matice řešení zvlhčovacího systému	62

8. Seznam výkresů

Výkres 1: Obslužné dvířka – DP_001_001	69
Výkres 2: Rámeček obslužné okno – DP_001_002	70
Výkres 3: Vnitřní dvířka – DP_001_003	71
Výkres 4: Sestava obslužná dvířka – DP_S_001_001	72

9. Použité zdroje

- [1] PROCTOR, Katie. Transferring the Incubator: Fairs and Freak-Shows as Agents of Change. [Http://www.neonatology.org/](http://www.neonatology.org/) [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://www.neonatology.org/pdf/proctor.pdf>
- [2] BAKER MD, PHD., Jeffrey P. The Incubator and the Medical Discovery of the Premature Infant. [Http://www.ncbi.nlm.nih.gov/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/) [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10920793>
- [3] FENDRYCHOVÁ, J.: *Vybrané kapitoly z ošetrovatelské péče v pediatrii*, 2009
- [4] FENDRYCHOVÁ, J. a kol. *Vybrané kapitoly z ošetrovatelské péče v pediatrii: 2. část – péče o novorozence*. 1. vyd. Brno : NCONZO, 2009. 133 s. ISBN 978-80-7013-489-
- [5] JAVORKA, K. a kol: *Klinická fyziologiaprepediatrov*, 1996
- [6] PEREIRA, L. F. a A. P. CARVALHO. NOISE IN INFANT INCUBATORS AND IN NEONATAL INTENSIVE CARE. [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://paginas.fe.up.pt/~carvalho/in98.pdf>
- [7] Šuba, Oldřich, *Dimenzování a navrhování výrobků z plastů*, Ve Zlíně : Univerzita Tomáše Bati 2005
- [8] HOSNEDL, S., DVOŘÁK J. A KOPECKÝ M.: *Konstrukční a designérský návrh nemocničního lůžka pro intenzivní péči Case study*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2012. 60 s. ISBN 978-80-261-0135-2 (elektronická verze).
- [9] Psychrometric Chart. [Http://upload.wikimedia.org](http://upload.wikimedia.org) [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/05/PsychrometricChart-SeaLevel-SI.jpg>
- [10] ODBORNÉ INFORMACE / Rosení oke. [Http://www.jktokna.cz/](http://www.jktokna.cz/) [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://www.jktokna.cz/jktokna/eshop/5-1-ODBORNE-INFORMACE/19-2-Roseni-oken>
- [11] Poradna - Rosení skel. [Http://www.winpro.cz/](http://www.winpro.cz/) [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://www.winpro.cz/index.php?page=poradna__roseni_skel
- [12] Baby Incubation. [Http://www.ebme.co.uk](http://www.ebme.co.uk) [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://www.ebme.co.uk/arts/baby_inc/index.php
- [13] Histrory NICU. [Https://pinterest.com](https://pinterest.com) [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <https://pinterest.com/iheartpreemies/history-nicu/>
- [14] TSE spol. s.r.o. SI-610 [Http://www.tse.cz/](http://www.tse.cz/) [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://www.tse.cz/zdravotni-technika/si-610.html>

- [15] Dräger. *Http://www.draeger.cz/CZ/cs/* [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://www.draeger.cz/CZ/cs/products/neonatal_care/neonatal_closed_care/neo_Caleo.jsp
- [16] ATOM model 101. *Http://www.healthcare.philips.com/* [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://www.healthcare.philips.com/us_en/products/mother_and_child_care/post_natal_care/well_baby/thermoregulation/incu101/
- [17] Lifetherm 2002. *Eshop.pharmakon.c* [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://eshop.pharmakon.cz/Product.aspx/Details/9371>
- [18] David HKN-93. *Http://www.medicalexpo.com/* [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://www.medicalexpo.com/prod/ningbo-david-medical-device/open-radiant-infant-warmer-incubators-69526-432611.html>
- [19] Panda Warmer. *Http://www.medisap.cz/* [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://www.medisap.cz/produkty/pece-o-matku-a-dite/vyhrivana-luzka/panda-warmer/>
- [20] ATOM model 100. *Http://www.healthcare.philips.com/* [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://www.healthcare.philips.com/main/products/mother_and_child_care/post_natal_care/nicu/thermoregulation/dualincu100/index.wpd
- [21] Giraffe Incubator. *Http://www3.gehealthcare.com/* [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://www3.gehealthcare.com/en/Products/Categories/Maternal-Infant_Care/Incubators/Giraffe_Incubator
- [22] TSE pol. s.r.o. TI-401. *Http://www.tse.cz* [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://www.tse.cz/zdravotni-technika/ti-401.html>
- [23] Transport incubator HWME - 359. *Http://www.hengweibusiness.com/* [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://www.hengweibusiness.com/product_detail.asp?id=807
- [24] Transport incubator SPACEPOD. *Http://www.medicalexpo.com/* [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://www.medicalexpo.com/prod/f-stephan/closed-infant-transport-incubators-68464-424869.html>
- [25] Isolette 8000. *Http://www.draeger.cz/* [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://www.draeger.cz/CZ/cs/products/neonatal_care/neonatal_closed_care/neo_isolette_8000.jsp
- [26] Weyer VITA. *Http://www.medicalexpo.com/* [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://www.medicalexpo.com/prod/weyer/closed-infant-incubators-70882-470534.html>
- [27] Ginevri Polytrend. *Http://www.ginevri.com* [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://www.ginevri.com/PolyTrend.htm>

- [28] Natus NatalCare LX. *Http://www.natus.com/* [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://www.natus.com/index.cfm?page=products_1&crd=531
- [29] FANEM Vision Advanced 2286. *Www.fanem.com* [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://www.fanem.com.br/product/24/infant-incubator-model-vision-advanced-2286>
- [30] Prototyping a closed loop kontrol system for a neonatal incubator. *Http://www.google.cz/* [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/9436/1/MAIN.pdf>
- [31] Incubator. *Picture* [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://biobrain1.com/uploading3/Infant%20Incubator/Infant%20Incubator%20%20%20202.ppt>
- [32] LUSSKY, M.D., Richard C. A Century of Neonatal Medicine. *Http://www.minnesotamedicine.com* [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://www.mnmed.org/publications/MnMed1999/December/Luscky.cfm?PF=1>
- [33] RUTTER M.D., F.R.C.P., Nicholas. Péče o nedonošené děti v inkubátorech. *Dartin. Notthinhm.*
- [34] ČSN EN 60601-2-19. *Zdravotnické elektrické přístroje - Část 2-19: Zvláštní požadavky na základní bezpečnost a nezbytnou funkčnost kojeneckých inkubátorů.* 2010.
- [35] Neonatal phototherapy – today’s lights, lamps and devices. *Http://www.neonatal-nursing.co.uk/* [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://www.neonatal-nursing.co.uk/pdf/inf_001_tll.pdf
- [36] Incubators How to choose the best: A sensible Guide to the choice of an Incubator. *Www.ginevri.com/* [online]. [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: http://www.ginevri.com/Guida_ragionata_uk.pdf
- [37] EDER, W. E.; HOSNEDL, S.: *Introduction to Design Engineering: Systematic Creativity and Management.* CRC Press / Balkema, Taylor & Francis Group, Leiden, The Netherlands, 2010, 456 pp., ISBN: 978-0-415-55557-9