



Diplomová práce

Design medicínské techniky

Medical technology design

Autor: BcA. Kristýna Coufalová

Studijní program: Design (B8202)

Studijní obor: Průmyslový design (8206T043)

Vedoucí: MgA. Martin Tvarůžek

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta architektury

2/ ZADÁNÍ diplomové práce

Mgr. program navazující

jméno a příjmení: Kristýna Coufalová

datum narození: 15.1.1997

akademický rok / semestr: 2021/2022 Letní semestr

obor: Design

ústav: Ústav designu

Praha, červen 2022

vedoucí diplomové práce: MgA. Martin Tvarůžek

téma diplomové práce: Design medicínské techniky

viz přihláška na DP

zadání diplomové práce: Inkubátor

1/ popis zadání projektu a očekávaného cíle řešení

Návrh designu novorozeneckého inkubátoru.

2/

Pro AU/ součástí zadání bude jasně a konkrétně specifikovaný stavební program

Pro D/ součástí zadání budou jasně a konkrétně specifikované jednotlivé fáze projektu, které jsou nezbytnou součástí řešení

Analytická část, formulace vize, navrhovaný proces + vizualizace, model

3/ popis závěrečného výsledku, výstupy a měřítko zpracování

Portfolio produktu

Technická zpráva

Plakát

Model v měřítku (měřítko bude specifikováno během vývoje)

4/ seznam dalších dohodnutých částí projektu (model)

Model v měřítku (měřítko bude specifikováno během vývoje)

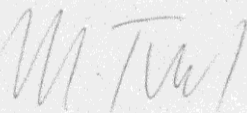
Datum a podpis studenta

8.2.2022



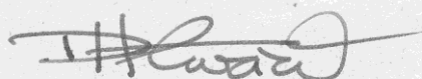
Datum a podpis vedoucího DP

8.2.2022



Datum a podpis děkana FA ČVUT

8.2.2022



registrováno studijním oddělením dne

8.2.2022



Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Design medicínské techniky“ vypracovala samostatně a s použitím uvedené literatury a pramenů.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Coufalová', written in a cursive style.

V Praze, dne 19.4.2022

Kristýna Coufalová

Poděkování

Chtěla bych velmi poděkovat panu Tvarůžkovi za skvělé vedení ateliérových prací, jeho přístup a cenných rad.

Anotace

Práce se zabývá tématem designu novorozeneckého inkubátoru, jeho nedostatků a jejich řešení.

Annotation

The work deals with the design of the newborn incubator, its shortcomings and their solutions.

© Kristýna Coufalová

České vysoké učení technické v Praze, 2021

Klíčová slova: průmyslový design, novorozenecký inkubátor, novorozenec, neonatologie, design, medicínská technika

Key words: industrial design, infant incubator, newborn, neonatology, design, medical technology

OBSAH

Úvod

2. Analytická část

2.1 Historie inkubátorů

2.2. Technická analýza

2.2.1. Klimatické podmínky – termoregulace a termoneutralita

2.2.2. Vybavení inkubátoru

3. Výstup analýzy a formulace vize

3.1 Design ve zdravotnictví

3.2. Cílová skupina

3.3 Stanovení nedostatků stávajících produktů

4. Proces navrhování

4.1 Tvarová inspirace

4.2 Kresebné skici

5. Prototypování a testování

5.1 Skicování s pomocí 3D modelů

5.2 3D modely

6. Výsledný návrh

6.1 Popis

7. Technická dokumentace

7.1 Rozměry

8. Závěr a reflexe

ÚVOD

Neonatologie je medicínský obor, který se zabývá péčí o novorozence v široké škále stavů od zdravých donošených přes novorozence s vrozenými vývojovými vadami až pak extrémně nezralé děti s poporodní hmotností kolem 500 g. Hlavní náplní oboru je zabezpečení nerušené poporodní adaptace. Novorozenecké období je vymezeno okamžikem narození a následujícími dvaceti osmy dny života. V tomto časovém období se odehrávají děje, které se již nikdy v životě nebudou opakovat (1).

Nedonošených dětí stále přibývá – stále více rodí i starší ročníky žen a více párů využívá asistovanou reprodukci. Děti někdy přicházejí na svět i o řadu týdnů dříve a jsou odkázané na pomoc lékařů. Tím nejtypičtějším pomocníkem v péči o předčasně narozené novorozence je inkubátor.

„Inkubátor je přístroj určený k péči o předčasně narozené dítě. Zajišťuje mu stále kontrolované prostředí (např. teplotu, vlhkost vzduchu, nepřítomnost choroboplodných zárodků) a umožňuje sledovat a podporovat jeho životní funkce“ (2, s.469).

Novorozenecké inkubátory doznaly v následujících desetiletích výrazného rozvoje a jejich široké uplatnění umožnilo ve druhé polovině minulého století neuvěřitelný 75% pokles kojenecké úmrtnosti. Inkubátory jsou úzce zaměřeny na počátek lidského života, jejich přínos veřejnému zdraví – měřeno počtem celkových let života navíc – se může směle srovnávat s těmi nejvýznamnějšími lékařskými pokroky dvacátého století. Radiační terapie zhoubných nádorů nebo dvojitý bypass mohou člověku přidat deset či více let dalšího života, inkubátor mu však dá celý život (3).

Předmětem mojí diplomové práce je design medicínské techniky, konkrétně stacionárního neonatologického inkubátoru. Zabývat se budu zjištěnými nedostatky plynoucími z praxe neonatologických sester Fakultní Thomayerovy nemocnice a Fakultní nemocnice v Motole v Praze spolu s negativy z dostupných pramenů. Zaměřím se zejména na celkový vzhled, který významně ovlivňuje psychickou pohodu matky v tak náročné a neočekávané životní situaci, jakou je předčasný porod.

V první části je nejdříve shrnut historický vývoj inkubátorů. Matky vždy intuitivně věděly, že novorozené děti potřebují teplo a používaly k tomu různé metody. Prvopočáteční inspirací vzniku inkubátorů byly líhně pro drůbež k historicky prvnímu inkubátoru z roku 1835. Výrazný pokrok datujeme s objevem elektrického proudu. Zdokonalení konstrukce pak přineslo plexisklo, proudění vzduchu čištěného pomocí bakteriálního filtru, vlhkost vzduchu a přívod kyslíku. Tak jako každý vývoj nebyl ani vývoj inkubátorů jednoduchý.

Analytická část popisuje technickou analýzu, a to klimatické podmínky inkubátoru a jeho vybavení. Znalost termoneutrality je klíčová pro správné fungování. Popisuje produkci a ztráty tepla a vlhkost. Vybavení inkubátoru shrnuje výhody dnešních přístrojů.

Designerská analýza dělí inkubátory podle jejich použití s příklady výrobků. Nejmodernější naše i zahraniční přístroje jsou uvedeny samostatně se svými přednostmi.

Výstupní analýza definuje význam designu ve zdravotnictví spolu s barevnou koncepcí a uvedením cílové skupiny. Stanovením nedostatků současných stacionárních inkubátorů vymezím cíle práce. V hlavní části se zabývám vlastní studií designu zařízení, od výběru variant k finálnímu řešení. Důraz kladu na organické tvarování s cílem přispět k příznivému vlivu na psychiku rodičů, ale také personálu. Vzhledem k náročné profesi sester dbám na ergonomické aspekty produktu.

2. ANALYTICKÁ ČÁST

2.1 Historie inkubátorů

Jedním ze základních aspektů péče o novorozence je udržování termoneutrálního prostředí a tepelného komfortu. Již koncem 19. století byl ve Francii zkonstruován první inkubátor. V 50. a 60. letech dvacátého století bylo jednoznačně prokázáno, že nedonošené děti, které byly podchlazeny umíraly ve větším procentu než ty, u kterých bylo podchlazení zabráněno (4, s. 67).

Význam tepla pro přežívání živých tvorů je lidstvu z empirie známý i u primitivních společenství. Proti podchlazení byly porozené děti vkládány do peřinek, vaty, teplého písku, popele, dokonce do útrob čerstvě zabitého zvířete, byly zahřívány u ohně, někdy pomoci teplých kamenů. U našich prarodičů z 19. století bylo běžné v zimě dávat do postele žehličky, či ohřívací lahve skleněné nebo gumové thermofory – teplonosiče. Existuje záznam o využití tepelného zařízení pro nápadně malé dítě již roku 1577. Od 19. století lze již mluvit o inkubátorech, kuvézách (z latinského in – v, cubo – ležeti. Prototyp zařízení pravděpodobně vznikl již kolem roku 1835 v tehdejší Petrohradě. Používal ho tajný rada Johann Georg von Ruehl, osobní lékař carevny Fedorovny. Přístroj Ruelšhe Wiege zavedl v carském nalezinci. Takzvaná Ruehlova kolébka byla dvoustěnná vana z železného plechu natřená olejovou barvou. Zahřívání zajišťovala teplá voda, která se nalévala otvorem dvojité vany, v dolní části byl vypustný kohoutek. Teplotu vody řídil lékař, jeden teploměr byl ve vodě, druhý blízko dítěte. Vnitřek vany byl vystlán flanelem. Nad dítětem byl na kovové konstrukci závěs z mušelínu, který se podle potřeby odhrnoval. Vzduch kolem dítěte tak byl o něco chladnější. Podle dobových záznamů měl tento typ v praxi úspěch. Podle tohoto vzoru nechal Nicolaus Theodor Miller zřídit v moskevském nalezinci 40 takových van. V roce 1857 Denucé v Bordeaux nechal řemeslníkem Gendronem zkonstruovat Berceau incubateur pour enfants nés avant terme (kolébka pro děti narozené před termínem), k záchraně sedmiměsíčních dětí. Zinková vana byla chráněná dekou před ztrátami tepla. Od této doby se užívá termín inkubátor (5, s.108-109).

„Myšlenkou péče o nedonošené se zabýval v roce 1864 i proslulý porodník Credé, který trval na odstranění závěsu nad vanou. Tento typ byl jednoduchý, praktický a levný. Používal se do poloviny 20. století“ (5, s.110).



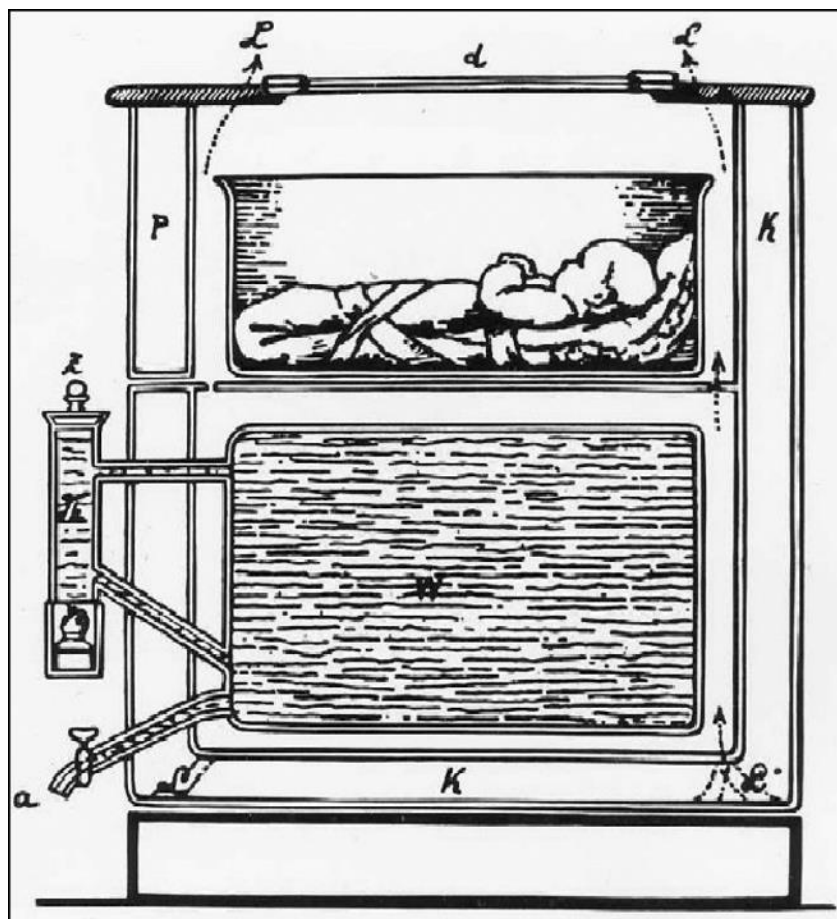
Obr. 01: Dvojitá vana, Credé Wanne, 1864

V celém „V roce 1886 lékař Graubner v Petrohradu zavedl elektrické topné zařízení. V USA Hess Aloe sestrojil Water – Jacket – Ttoe – inkubátor s termostatem a bezpečnostním zařízením. Zařízení zůstávalo polootevřené, bylo dobře omyvatelné a lehce přenosné. Problémem zůstávala teplota okolního vzduchu. Polootevřený systém se proto více uzavřel a proto další konstrukce se využily principy inkubátorů drůbežářských. Roku 1881 zkonstruoval francouzský porodník Stephan Tarnier s technikem Odilem Martinem Couveuse pour enfants nouveaunés – dřevěnou skříň s dvojitým ostěním. Mezera byla vyplněna pilinami: v horní části bylo umístěno dítě, v dolní byla nádrž s vodou na 71 litrů. Mezi nádrží a dítětem byl volný prostor pro teplý vzduch. Horní skleněný kryt dovoval manipulaci s dítětem i přístup vzduchu. Teplota byla zvolena na 30 stupňů“ (5, s.110).

Francouzským porodníkem Stephanem Tarnierem, který se v 70. letech 19. století snažil najít způsob, jak zahřát četné předčasně narozené děti, které běžně podléhaly podchlazení na odděleních pařížské nemocnice Maternite. Návštěva expozice v inkubátoru kuřat v pařížské zoo ho inspirovala k tomu, aby v roce 1880 výrobce přístrojů v zoo instaloval podobné zařízení pro péči o kojence. ohřívány nad zásobníkem horké vody připojeným k externímu zdroji vytápění. Rychle zjednodušil přístroj na model pro jedno kojence vyhřívány lahvemi s horkou vodou, které sestra každé 3 hodiny ručně vyměňovala. Větrání se opíralo o

jednoduchou konvekci, se vzduchem vstupujícím u základny a cirkulujícím směrem nahoru kolem dítěte.¹³

Je třeba poznamenat, že Tarnierův vynález sotva představoval kvantový skok oproti jiným dostupným prostředkům pro zahřívání předčasně narozených dětí (6).



Obr. 02: Couveuse – dřevěná skříň od Tarniera a Martina, 1878

V roce 1874 ještě před Tarnierovým inkubátorem zveřejnil Cl. Godson z Londýna Children Coveting Apparatus. Na to navazoval Champion Incubator-Thermostatic Nurse 1884 podle Hearson-Eustacha. V tomto zařízení proudil ohřátý vzduch, který přicházel z atmosféry do zinkového kruhu. Vzduch zvlhčovaný vodou cirkuloval, ohříval se plamenem v rouře U-tvaru, předával teplo obklopující vodě a od ní se ohříval vzduch. Regulace teploty se děla automaticky roztahováním kovové kapse uvnitř inkubátoru. Kapsle obsahovala kapalinu, odtud šla páka,

kteřá podle roztažení kapsle hořák zvedala, nebo snižovala. Největší výkyvy teploty činily stupeň. Přístroj měl mimoto alarmový signál.

Vyvinuty byly kuvézy pro domácí použití. V. A. Auvard 1883 vystavil v Paříži Nouvelle couveuse pour la clientele privéé. Pod lůžkem pro dítě byly umístěny lahve s teplou vodou, známé v Paříži pod jménem moines – mnich, zahřívadlo do postele, o obsahu půl litru. Dvnitř proudil zvenčí přiváděný vzduch kol houby, která vzduch zvlhčovala. Nahoře bylo skleněné okno a malá turbína pro případné zvětšení proudění. Teploměr ukazoval teplotu vzduchu. Dřevo skříně bylo 25 mm tlusté, bylo dobrým izolátorem, zevně se dával ještě filc. Při pokojové teplotě 16-18 stupňů byla uvnitř teplota přes 32 stupňů. Po dvou hodinách se měnila nejvíce prochlazená lahev. Navzdory primitivnímu uspořádání přístroj používaly 1895 i kliniky, např. Great Ormond Street London. Z té doby existují práce měřící tělesnou teplotu, puls, frekvenci dechu při krmení nedonošených dětí, při přebalování, očištění, dokládající, že dítě chované v takových podmínkách za těchto manipulací neprochladne. Při praktickém zavádění hrála svoji roli i hodně nízká cena.

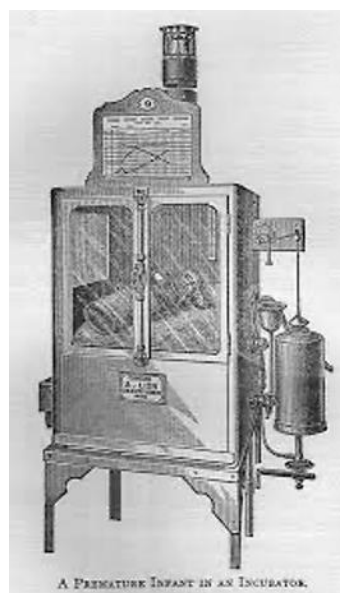
„Fürst roku 1887 navrhl improvizovanou tepelnou skříňku pro domácí kutily, kde zahřívání zabezpečovalo 13 střešních tašek, které se zahřály na plotně kamen, teplota uvnitř kuvézy se řídila vyřazováním, měla být 32 stupňů. Dítě bylo uloženo na závěsném lůžku. Do prostoru se ještě dávala na hák namočená mořská houba. Vzduch dobře cirkuloval a chránil dítě před prochlazením. Zařízení bylo možné použít i v nejchudším prostředí“ (5, s.111).

Ve francouzském Nice Alexandre Lion, lékař a syn vynálezce, vyvinul v 90. letech 19. století mnohem sofistikovanější inkubátor než Tarnier. Inkubátor Lion bylo velké kovové zařízení vybavené termostatem, nezávislým systémem nucené ventilace a nabízelo tak optimální prostředí. Nevýhodou byla vysoká pořizovací cena. Tu chtěl Lion dorovnat zpřístupněním prohlídek inkubátorů pro veřejnost s vybíráním vstupného a propagací v tisku. Vrcholem Lionovy kariéry bylo otevření Kinderbrutenstalt, která se stala překvapením na berlínské

výstavě 1896 a pro velký úspěch se podobné přehlídky inkubátorů s živými dětmi staly pravidelnou součástí veletrhů na přelomu století (6).



Obr. 03: Pět inkubátorů používaných kolem roku 1896 ve výloze Lion's pro péči o předčasně narozené děti v paříži ve Francii. Dr. Lion stojí u konce inkubátoru



Obr. 04: Inkubátor Alexandra Liona

Americký lékař Julius Hess vyvinul v roce 1914 inkubátor zvaný „Hess Bed“. Lůžko nemělo okénko, na dítě bylo vidět pouze otvorem v příklopu, který sloužil k ventilaci. Lůžko vyhřívala cirkulující teplá voda, která protékala jeho dvojitou stěnou. Šlo o reminiscenci Credého vyhřívané vany s tou obměnou, že voda byla zahřívána kontinuálně elektrickým proudem. Do lůžka mohl být přiváděn kyslík. V roce 1922 navázal transportním inkubátorem nebo „dětskou sanitkou“ a v roce 1934 rozšířil návrh tak, aby umožňoval poskytování kyslíku. Napájen byl z autobaterií chicagských taxíků po zasunutí zástrčky do vstupu pro zapalovač. K transportu novorozence posloužila i upravená porodnická brašna, která měla dvojitě dno, v němž byla uložena lahev s teplou vodou. V přepážce bylo několik otvorů, kudy proudilo teplo. Důležité bylo nad dítětem nechat dostatečný prostor kvůli ventilaci. (7, s.89-89)

Stanice předčasně narozených dětí, kterou Hess založil s registrovanou sestrou Evelyn Lundeem v nemocnici Sarah Morris (Michael Reese), se stala vzorem pro předčasnou péči v celých Spojených státech a Anglii. Spolu s Lundeem v roce 1941 napsali *The Premature Infant: Its Medical and Nursing Care*. Jejich kojenecká stanice v nemocnici Sarah Morris byla obzvláště úspěšná v prevenci krvácení a léčbě vrozené syfilis a dlouhodobé studie ukázaly, že 85 procent kojenců léčených přežilo s dobrým zdravím a normálním vývojem. Hess se také podílel na vypracování celoměstských a celostátních plánů důsledné péče o nedonošené novorozence (9).

The New Hess Premature Infant Ambulance

Designed by Dr. Julius H. Hess, Chicago



*Protects the Infant in the Home, and
During Transportation by Train
and Automobile*

Dependable Electric Heat - Adjustable Automatic Control. Any current may be used, the 110 V. light current, the 32 V. current of the Pullman car, and the 6 V. current of the auto storage battery.

Proper Air Circulation
Insulated Walls prevent sudden temperature change under any conditions.

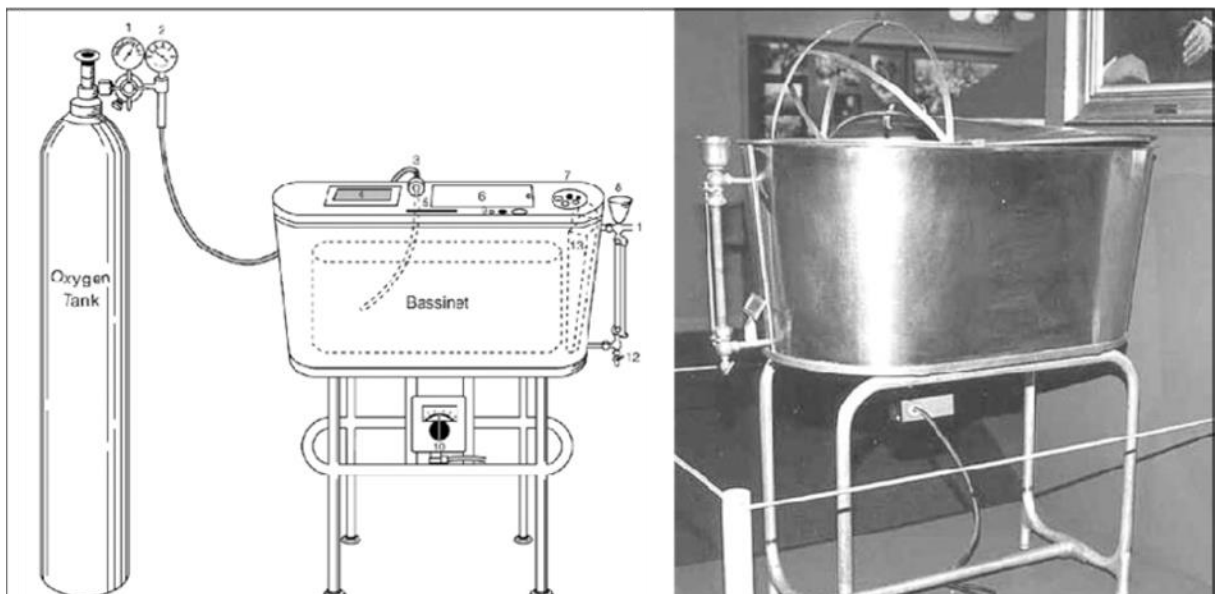
**Plenty of Room for the Full Term Infant
Substantially Built—Yet Easily Portable**

A Safe, Dependable and Thoroughly Satisfactory Hospital Necessity.

Write for Descriptive Literature

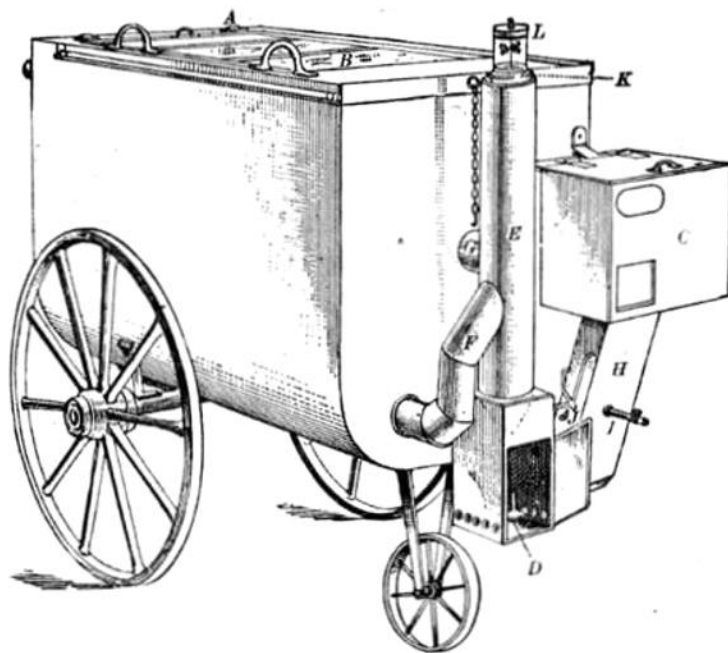
V. MUELLER & CO.
Ogden Ave., Van Buren and Honore Sts.
CHICAGO

Obr. 05: Hessův inkubátor pro přepravu kojenců, 1922



Obr. 06: Hessův inkubátor

V roce 1893 napsal Thomas Morgan Rotch z Bostnu, že děti narozené před 7. měsícem téměř vždy zemřou, pokud je o ně pečováno tradičními postupy. Zformuloval nové požadavky na inkubátor: snadná dezinfekce, pojízdnost, automatická ventilace, úprava přivádějícího vzduchu a jeho čištění, přívod kyslíku, snadno regulovatelná teplota a snadné vážení.



Obr. 07: Rotchův inkubátor

V roce 1924 vydal Bernarr MacFaden v Praze publikaci *Dokonalá zdravotní péče*, v níž je kapitola o předčasně narozených dětech. Mimo jiné popisuje i návod na domácí inkubátor. Doporučuje zhotovení, líhně, z dřevěné bedny se zasklenými dvířky, kde je vzduch ohříván lahvemi s horkou vodou, ohřátými cihlami nebo vložkami ze žehliček. Na další způsob, jak zajistit teplo nedonošeným novorozencům, přišli Blackfan a Yaglou v roce 1923, kdy jako inkubátor upravili celou ošetrovnu. Neuvědomili si však, že sice stabilní, ale subnormální teplota znamená pro dítě stres. Tato praktika přetrvávala několik let, dokud Silverman v roce 1958 neopublikoval studie, v nichž demonstroval souvislost nízké teploty s vysokou mortalitou nedonošených novorozenců. V roce 1943 popsal Richard Lawrence Day omezenou schopnost nedonošených novorozenců přizpůsobit se změnám teploty prostředí. Byl vlastně

zakladatelem moderního konceptu managementu termoregulace. Výsledky jeho práce však byly léta ignorovány. Po druhé světové válce 1947 představila Air Shields Company inkubátor Isolette, který měl jako první průhlednou horní část. Nevýhoda úniku tepla byla vyřešena zdvojenou plexisklovou stěnou (7, s. 95-97).

Nový systém měl dokonale propracované proudění vzduchu, izolaci proti vzduchové infekci pomocí bakteriálního filtru. Kyslík byl dodáván v přesných dávkách, stejně tak jako regulovaná vlhkost vzduchu. V přístroji byla zabudovaná i váha. Další inkubátory byly stále dokonalejší a komfortnější.

2.2 Technická analýza

2.2.1 Klimatické podmínky – termoregulace a termoneutralita

„Termoregulace je řízení tělesné teploty. Teplota těla je výsledkem rovnováhy mezi tvorbou tepla (svalová činnost, metabolismus) a ztrátami (výdej do okolí, při němž má vliv okolní teplota, pocení, vlhkost vzduchu a jeho proudění, prokrvení kůže a ošacení)“ (2, s.1000).

„Jako tepelně neutrální prostředí označujeme takové podmínky, kdy jsou spotřeba kyslíku, tak energetické nároky na udržení tělesné teploty v mezích normy nejmenší“ (4, s. 67).

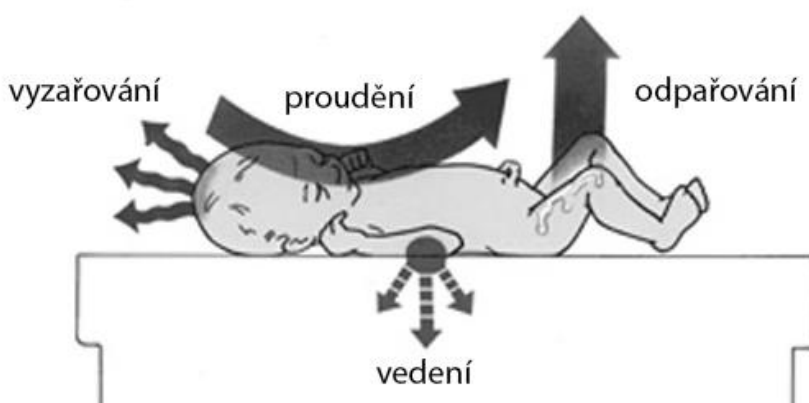
„Jestliže je dítě nemocné nebo jeví určité příznaky nemoci a je třeba, aby bylo nahé pro možnost sledování a možnost přístupu personálu, je nejlépe jej uložit do inkubátoru. Také dítě s nízkou porodní hmotností, které má sklon k podchlazení, musí být uloženo v termoneutrálním prostředí, které mu inkubátor zajistí“ (4, s. 264).

Zvláště novorozenci s porodní hmotností nižší než 1 000 gramů potřebují vysokou teplotu i vlhkost prostředí (růžová 97). Nezralý novorozenec má relativně velký tělesný povrch a minimální vrstvu podkožního tuku, a tak rychle ztrácí teplo nebo naopak se může i rychle přehřát (9, s.33).

- Produkce tepla

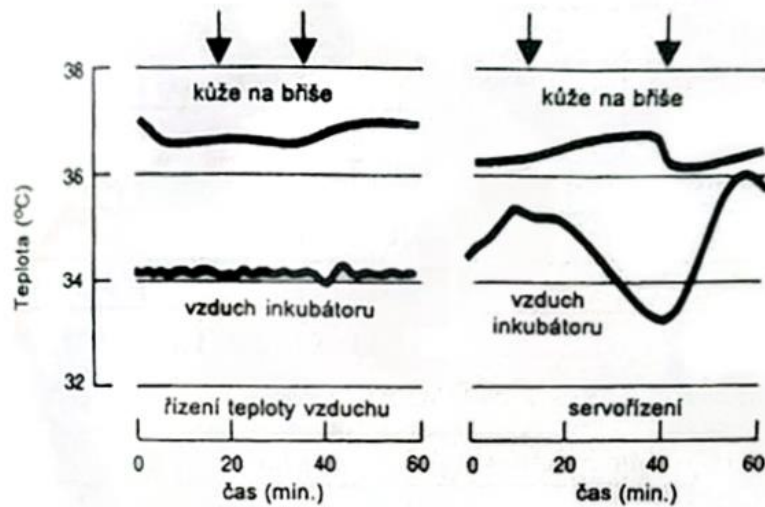
Produkce tepla – novorozenec produkuje teplo v klidu při spánku, ale o to víc při pohybu a krmení. Má navíc speciální orgán produkce tepla, tzv. hnědý tuk. Pokles teploty stimuluje nervová zakončení v kůži a hnědý tuk začne uvolňovat teplo. Ztráty tepla probíhají čtyřmi

způsoby: prouděním, vyzařováním, odpařováním a vedením. Ztráty tepla se dějí dýchacím traktem, velkým povrchem těla a nezralou kůží. Ztráty nezralou kůží jsou obzvláště velmi vysoké. Novorozence je třeba ihned po porodu zabalit do polyetylenové fólie, umístit dítě do inkubátoru s velkou vlhkostí 70 %, použít vyhřívanou podušku v případě vyhřívaného lůžka a aplikovat na kůži změkčující a zvláčňující látku na bázi vazelíny. (10, s.95).



Obr. 08: Způsoby ztráty tepla

Inkubátor zajišťuje termoneutralitu cirkulací zahřátého a zvlhčeného vzduchu v uzavřeném prostředí. Cílem je omezit tepelné ztráty dítěte a redukovat tak metabolickou produkci tepla na minimální úroveň. Inkubátory tedy neohřívají přímo dítě, ale vzduch, ve kterém leží. Výsledkem je konstantní a rovnoměrné tepelné prostředí. Teplota je udržována termostatem, který je nastaven na určitou teplotu nebo termistorovým kožním čidlem – servo režim. (4, s. 264).



Obr. 09: Kolísání teploty vzduchu v inkubátoru při otevření okénka

Problémy mohou nastat, pokud si dítě na sondě leží, pokud sonda zvlhne nebo se odlepí od kůže. Také při otevření okénka inkubátoru jsou výkyvy v teplotě větší (až o 3 st. Celsia) – 10, s.98.

- Teplota v inkubátoru

Pro ošetření dítěte v inkubátoru je nutné nejdříve zvolit vhodnou teplotu. Ta je uvedena v tabulce pro děti podle různé porodní hmotnosti a postnatálního věku. Pokud není použit kryt na dítě (dečka, stan, plastový obal, oblečení), je skutečná potřeba tepla ještě vyšší. Na každých 7 st. Celsia rozdílu mezi teplotou v inkubátoru a okolním prostředí, musíme přidat 1 st.Celsia. Pro servoregulaci je třeba nalepit termistorovou sondu. Sonda musí být suchá, nesmí se odlepovat a dítě na ni nesmí ležet (10, s. 99).

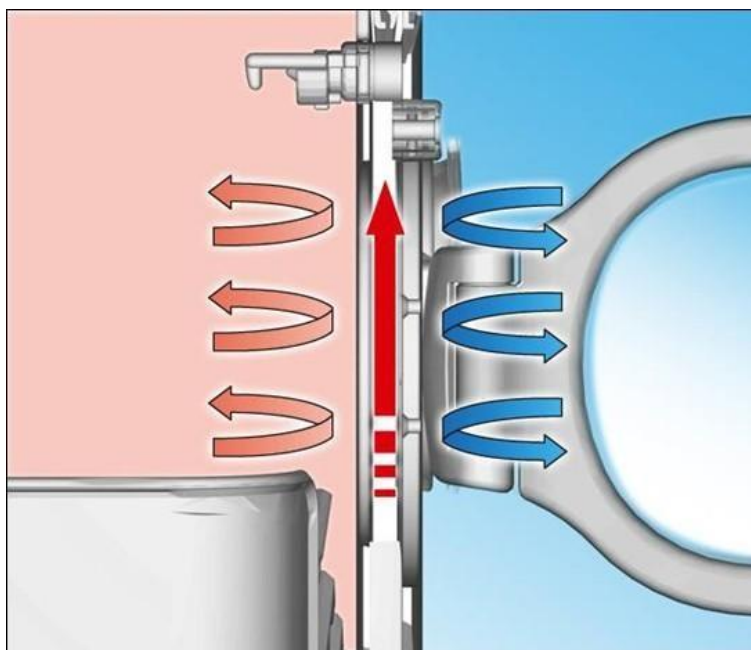
porodní hmotnost	teplota prostředí					
	37 °C	36 °C	35 °C	34 °C	33 °C	32 °C
< 1000 g	1. den	po 1. dni	po 2. týdnu	po 3. týdnu	po 4. týdnu	po 6. týdnu
1000 g – 1500 g			do 10. dne	po 10. dnu	do 3. týdnu	po 5. týdnu
1500 g – 2000 g				do 10. dne	po 10. dnu	po 4. týdnu
2000 g – 2500 g				do 2. dne	po 2. dnu	po 3. týdnu
> 2500 g					do 2. dne	po 2. dnu

Obr. 10: Orientační nastavení teploty v inkubátoru

- Vlhkost

Novorozenci narození mezi 23. – 25. týdnem gestace mají 10krát větší ztráty vody přes kůži. Tito novorozenci mají vyšší nepoznatelné ztráty vody (2060ml/kg/den) v průběhu prvních pěti dnů po narození. Ke snížení poklesu postnatální tělesné teploty novorozence v důsledku TEWL – (Trans epidermal water loss) je třeba vložit dítě do plastového vaku nebo jej překrýt plastovou folií bez předchozího sušení (11, s.34). Běžné hodnoty u nezvlhčovaného inkubátoru se pohybují mezi 25-40 %. V prvních dnech se doporučuje až 80 % zvlhčení. Vysoká vlhkost má ale taky své nevýhody. Jednou z nich je zvýšení riziko osídlení bakteriemi, kterou zabráníme hygienickými opatření. Druhou nevýhodou je snížená viditelnost dítěte vlivem kondenzace na stěnách inkubátoru. Jako vhodná alternativa se jeví použití vodotěsných příkrývek, které vytvářejí místní zvlhčené prostředí okolo dítěte. Kyslík – přiváděný kyslík se uvnitř ohřívá a zvlhčuje. Jeho koncentrace se neustále měří a může se pohybovat v rozmezí 21-60 %. Při vyšších požadavcích dítěte je však podávání kyslíku metodou neúspornou a hlučnou. Lepší je použití kyslíkového mikrostanu nebo brýlí. (10, s.100-101).

Cirkulace vzduchu – systém cirkulace vzduchu umožňuje neustálé proudění teplého vzduchu a rovnoměrné rozložení teploty v inkubátoru. Minimalizuje tepelné ztráty. U dvoustěnných inkubátorů proudí vzduch mezi vnitřní a vnější stěnou a minimalizuje únik tepla při otvírání vstupů tzv. vzduchovou clonou.



Obr. 11: Schéma systému termoregulace

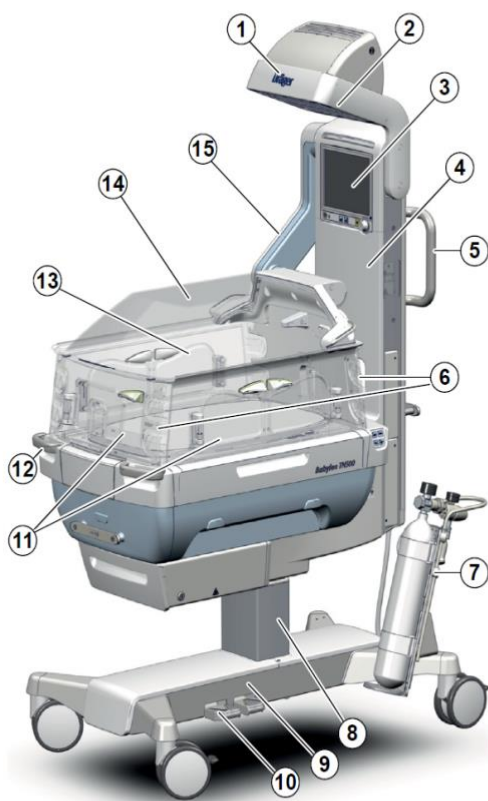
2.2.2 Vybavení inkubátoru

Postel novorozence, lůžko – polohovatelné lůžko je výsuvné. Matrace je antidekubitní a vyhřívaná. Její materiál je propustný rentgenovému záření.

Váha a rentgenová deska – váha je v inkubátoru většinou integrovaná a má jednoduché ovládání. Měřené hodnoty se ukládají v grafické nebo numerické podobě. Zásuvka na RTG kazetu je nezávisle uložena v dolní části inkubátoru

Displej – monitorovací systém je integrován do displeje, umožňuje nastavení alarmových limitů. Průběžné zaznamenávání měřené hodnoty v trendech. Má intuitivní ovládání pomocí barevného displeje. Displej je otočný, s výškovým a stranově variabilním umístěním.

Čištění – design je uzpůsoben jednoduchému a častému a efektivnímu čištění a sterilizaci. Všechna místa jsou snadno dostupná, s oblými rohy. Jednotlivé části lze snadno vyjmout a nelze je vrátit zpět nesprávně.



Č.	Název
1	Tepelný zářič
2	Pracovní osvětlení
3	Zobrazovací jednotka
4	Hlavní sloupek
5	Rukojeti
6	Hadicové průchodky
7	Držák na plynovou lahev (volitelná možnost)
8	Zvedací sloupek
9	Podvozek
10	Nožní pedály
11	Porty na ruce
12	Rukojeti
13	Pacientský prostor
14	Kryt
15	Rameno krytu

Obr. 12: Části inkubátoru Babyleo TN 500 v režimu se zavřeným krytem

2.3 Designerská analýza

Moderní modely dokáží udržet optimální teplotní režim, vytvářejí potřebnou vlhkost vzduchu a nasycení kyslíkem ve stanovených parametrech (jeho nadbytek je stejně nebezpečný jako jeho nedostatek). Elektronický systém dokáže sledovat indikátory vnitřního prostředí inkubátoru a stav dítěte. Zdravotnickému personálu hlásí případnou chybu.

Inkubátory můžeme rozdělit do dvou skupin na transportní a stacionární. Transportní jsou vybavena zdrojem energie, který umožňuje jejich fungování v autonomním režimu, a ventilátorem. Stacionární se dělí na tyti poddruhy:

- klasické – podporují automaticky termoregulaci a vlhkost vzduchu, při otevírání otvorů pro procedury se vytvoří vzduchová clona a je také možné změnit sklon matrace a nainstalovat kazetu pro RTG snímky
- transformátory – umožní změnu uzavřeného inkubátoru na otevřený pro naléhavá resuscitační opatření. Vzhledem k možnosti fungování nejen ze sítě, ale také z baterie se používají k přepravě pacienta na místo operace. Lze z nich udělat postýlku pro blízký kontakt s matkou
- multifukční modely – kombinují základní funkce a výhody jiných typů. Jsou hermeticky uzavřeny, mají stabilní mikroklima a umožňují provádět jakékoli lékařské zákroky bez transportu kojence. Jsou vybavené infuzní terapií, umělou plicní ventilací, fototerapií a počítačovou kontrolou nad probíhajícími událostmi. Jsou vybaveny také funkcí automatického vyrovnávání a porty a policemi pro potřebné vybavení. Další výhodou je možnost odvádění vzduchu za účelem přepravy pacienta do jiného zdravotnického zařízení (12).

Obdobný způsob dělení inkubátorů je na čtyři druhy: stacionární, vyhřívané lůžko, hybridní a transportní.

Stacionární uzavřený inkubátor je primárně určen na neonatologická oddělení s možností převozu na krátké vzdálenosti po nemocnici. Tomu odpovídá konstrukce inkubátoru. Hlavní

odlišností od transportních inkubátorů je nepřenosná kyslíková lahev. Inkubátor je uzavřený většinou již dvojitým plexisklem.



Obr. 13: PG NEST – Technicare



Obr. 14: Atom Air Incu-i – Dartin

Otevřená vyhřívaná lůžka umožňují neomezený přístup k novorozenci. Slouží ke stabilizaci hypotermických novorozenců, ale nejsou vhodná pro dlouhodobou péči, pokud nejsou doplněna plastovým krytem. Jsou vhodná při léčbě hyperbilirubinémie fototerapií, při umělé plicní ventilaci a při předoperačních, operačních a pooperačních výkonech. Vyhřívané lůžko se již na první pohled liší chybějícím horním uzavíratelným krytem. Snadný přístup k novorozenci je na úkor špatné kontroly vlhkosti a proudění vzduchu (10, s.102-102).



Obr. 15: Nataly- TSE MEDICAL



Obr. 16: LN – 91G - Alfamedic

Hybridní inkubátor spojuje funkce stacionárního a vyhřívaného lůžka. Horní díl se pohybem po vodících sloupech uzavřít a znovu otevřít posunutím do horní polohy. Spojuje tam výhody obou druhů.



Obr. 17: Dräger Babyleo® TN500



Obr. 18: Gireffe Omnibed – GE Healthcare

Transportní inkubátor je využíván v případě nutnosti přepravy novorozence. Součástí je tlaková lahev a baterie, která udrží provoz i několik hodin. Podvozek a nosítka umožňují přepravu sanitkou i helikoptérou.



Obr. 19: BABY ACTIVE – TSE MEDICAL



Obr. 20: Transportní inkubátor Dartin

2.3.1 Současné stacionární inkubátory

SHELLY – produkt firmy z Českých Budějovic – předností tohoto stacionárního inkubátoru je jeho nízká hladina hluchnosti – 38 dB. Při otevření dveří inkubátoru se automaticky spouští vzduchová clona, která minimalizuje tepelné ztráty. Dvojitý plexisklový kryt garantuje stabilitu vnitřního prostředí a akustickou bariéru. Alarmový systém zobrazí příčinu spuštění na obrazovce spolu s jejím vyřešením. Dvoustupňové zajištění všech funkcí systém zajišťuje ještě větší bezpečnost. Monitorovací systém je plně integrován do displeje s možností nastavení alarmových limitů a zaznamenávání měřených hodnot. Množství integrovaných funkcí často vede ke zvětšení prostorového objemu inkubátorů. Inkubátor Shelly si však uchoval kompaktní design (12).



Obr. 21: Stacionární inkubátor Shelly – TSE MEDICAL

Isolette® 8000 plus pokročilý termoregulační systém, dvojitá vzduchová clona a preventivní regulační mechanismus udržují stabilní podmínky během ošetřování novorozence. Vlhkost lze nastavit ručně nebo automaticky. Široký rozsah nastavení výšky umožňuje klopánkování i matce na invalidním vozíku. Má inovativní systém řízení kondenzace pro kontrolu infekcí a hygieny. Kondenzát je z prostoru odváděn samostatně, mimo přívod čisté vody. Celý zvlhčovací systém se dá snadno vyjmout a provést jeho sterilizaci (13).



Obr. 22: Inkubátor Isolette® 8000, Dräger

Isolette® C2000 – pokročilý termoregulační systém řízený algoritmem PID pomáhá udržovat dítě ve stabilním prostředí. Okolo novorozence je pomocí velmi malé rychlosti proudění vzduchu vytvořena klidová zóna, která brání ztrátám tepla z proudění, zatímco dvojitá vzduchová clona a preventivní regulační mechanismus udržují prakticky stabilní podmínky během přístupu k novorozenci.

Servomechanicky ovládaný zvlhčovač poskytuje optimální pohodlí a pomáhá zabránit nadměrné transepidermální ztrátě vody a únikům tepla v důsledku vypařování. Dvojitá konstrukce stěny dále maximalizuje uchování tepla.

Přístupové otvory pro ruce a velké sklápěcí boční stěny systému poskytují pohodlný přístup pro každodenní péči o novorozence nebo pro potřebné zákroky. Díky kompaktní konstrukci a malým nárokům na místo se snadno vejde do každé jednotky neonatální intenzivní péče, maximalizuje místo pro další vybavení, ošetřovatele a rodiče. Zapuštěná skříňka umožňuje ošetřovatelům a rodině sedět pohodlně a blízko dítěte (14).



Obr. 23: Isolette[®] C2000 – Dräger

Caleo[®] - Dräger – zajišťuje ideální mikroprostředí pro novorozence tím, že dodává vhodnou teplotu, vlhkost a hladinu kyslíku. Je navržen tak, aby vytvářel mikroklima, které minimalizuje vliv rušení a prodlevy z termoneutrální zóny. Dvojitá vzduchová clona funguje jako bezpečnostní příkrývka pro novorozence a poskytuje vyvážené klima, i když jsou přístupové dveře otevřené. Měří centrální i periferní tělesné teploty a poskytuje přesný a včasný indikátor chladového nebo tepelného stresu nebo teplotní nestability. (15).



Obr. 24: Caleo®- Dräger

3. VÝSTUP ANALÝZY A FORMULACE VIZE

3.1 Design ve zdravotnictví

Design ve zdravotnictví se poslední dobou obrací k lepšímu. Mnohé nemocnice, zdravotní i sociální zařízení prošly proměnou vizuální podoby. Vizuální vnímání se děje pohledem samotného pacienta, který umí zhodnotit kvalitu a pohodlnost vybavení. Psychická pohoda pacienta má velký vliv na průběh léčby. Stres zatěžuje organismus, podílí se negativně na léčbě a rychlosti uzdravení. Každý prostředek, který vede ke snížení stresu je z lékařského hlediska vítán. Vhodně zvolený tvar a barva předmětů znamenají zmírnění traumatu z nového prostředí, od kterého očekává pomoc a úlevu. Prostor také ovlivňuje i příbuzné. Design ovlivňuje pohodu a náladu lékařů a sester. Špatně pojatý design nejenže nepůsobí hezky, ale může i značně komplikovat práci. Design pro nemocniční zařízení znamená vizuální úpravu funkčního zařízení. Je třeba projít si praxi a zjistit, jak je zařízení využíváno, je nutná znalost prostředí. Dobrý design zdravotnického zařízení je ergonomický, funkční a snadno ovladatelný. Dobrý zdravotnický design by měl urovnávat technologické vlastnosti objektu, podpořit a umocnit jeho funkci. Vedle toho musí působit solidně. Lacině působící design by popíral důvěru pacienta i personálu. Navíc ve zdravotnických zařízeních pracují ve velkém podílu hlavně ženy, které jsou na vnímání barev citlivější (16).

Barvy ovlivňují vnímání prostoru, délky, výšky a vzdálenosti i rozlišování předmětů, pociťování chladu a tepla. Při řešení barevné kompozice musíme přihlížet k druhu práce (17). Pro zdravotnické prostředí je nejčastější a neočekávanější barvou bílá. Tu bych chtěla doplnit studenou barvou, která uklidňuje a podporuje duševní soustředění.

„Modrá podporuje uvažování, zmírňuje depresi, únavu, vyrovnanost, klid a přesnost. Vlivem modré barvy se může i snížit krevní tlak a svalové napětí. Dýchání a srdeční činnost se pod působením modré barvy zpomaluje. Zelená osvěžuje a psychicky uklidňuje, symbolizuje pocit bezpečí, zdrženlivost, sebevědomí, smyslové založení. Používá se hlavně ve zdravotnických zařízeních, protože vzbuzuje dojem čistoty.“ (17, s. 59).

3.2 Cílová skupina

Neonatologické jednotky intenzivní a resuscitační péče představují vysoce odborná pracoviště zaměřená na nejmenší pacienty. Pracují na nich lékaři, dětské sestry, porodní asistentky. Nesmíme zapomínat ani na rodiče a rodinu a také na úklidový a servisní personál. Všichni tito lidé spadají do cílové skupiny této práce.

Na první pohled krásná práce je sester velmi náročná. Sestra musí být nejen připravena po stránce odborné, ale i lidské. Nejde o situace, kdy je vyžadována odbornost a zručnost sestry, ale hlavně o situace v rovině lidské. První zátěžovou situací je už samotné přijetí novorozence, které bývá akutní, rychlé a náročné. Prvořadé je zjištění životních funkcí a napojení na přístrojovou techniku. Po provedení odběrů biologického materiálu a vyplnění spousty dokumentace se setra dostává k první komunikaci s rodičem, respektive s tatínkem. Ten je většinou předčasným porodem zaskočený a vystrašený, nebyl na situaci vůbec připraven. Uklidní je většinou pohled na dceru nebo syna v inkubátoru. Miminko je sice maličké a plné hadiček, ale tady už záleží na citlivém přístupu sestry, aby otcové celou situaci zvládli a vstřebali. Další kolo náročné komunikace nastává u prvního příchodu matky k dítěti, která si většinou předčasný porod vyčítá. I tady je sestra neustále nablízku. Každá další návštěva je pro rodiče méně stresující. (18).

Struktura jednotky intenzivní péče

- intenzivní lůžka
- Rooming-in pro nedonošené

Struktura pacientů jednotky intenzivní péče:

- nezralé děti od 31. gestačního týdne
- poruchy poporodní adaptace
- infekční problematika
- děti v postresuscitační péči
- další specifická neonatologická problematika

Děti k doléčení z Perinatologických center nebo děti přeložené z porodnic nižšího stupně. Jednotka intenzivní péče je vybavena moderními přístroji umožňujícími poskytovat novorozencům všechny typy konvenční ventilační podpory – invazivní i neinvazivní (ventilátory, nCPAPy, Vapothermy). Každé intenzivní lůžko či inkubátor je vybaveno monitorem životních funkcí a infuzními pumpami. Součástí vybavení JIP je analyzátor krevních plynů, mobilní RTG, ultrazvukový diagnostický přístroj a EKG přístroj (19).

3.3 stanovení nedostatků stávajících produktů

Literatura definuje nevýhody inkubátoru v těchto bodech:

- ztížený přístup pouze okénky, kterými se prostrčí ruce personálu) při praktických výkonech jako je zavádění infuzí, punkce, intubace
- prudké snížení teploty a podchlazení dítěte při otevření předního panelu inkubátoru
- přehřátí inkubátoru a dítěte, dopadá-li na inkubátor přímé sluneční světlo (skleníkový efekt
- možnost většího výskytu sluchových postižení z důvodu hlučnosti chodu inkubátoru a přívodu kyslíku do inkubátoru

Nevýhody vyhřívaného lůžka:

- zvýšené riziko infekce po vystavení dítěte zevnímu prostředí (prach, průvan, kapénková infekce)
- zvýšené ztráty vody a tepla přes kůži odpařováním, vedením a vyzařováním (10, s. 101-104)

Sestry neonatologického oddělení Thomayerovy nemocnice v Praze jako negativa vyjmenovaly tyto skutečnosti, z nichž některé korespondují s výše uvedenými:

- otvírání dvířek na ruce – otvírají se zmáčknutím prstem, ale sestry by preferovaly možnost otvírání loktem
- dezinfekce – před každým otevřením inkubátoru se musí dezinfikovat ruce. Sestry by uvítaly vestavný dávkovač dezinfekce. Zároveň se dezinfekce nesmí dostat přímo na plexisklo.
- levopravost – u leváků – dosah na dítě, preference podle volby personálu, rozhoduje také umístění v místnosti
- displej s životními funkcemi – nejlépe jako součást inkubátoru
- otvírání horního krytu – nejlepší variantou se jeví vysunutí po sloupu nahoru, tím se automaticky zapíná ohřívač, který sice nahrazuje ztrátu tepla, ale suché teplo novorozence vysouší
- fototerapie – nejlépe vestavěná, používá se i fototerapie denním světlem
- ovládací panel, displej životních funkcí – přidat možnost snížení jasu při nočním režimu, kdy je jeho světlo rušivé
- zakrytí – ideální by bylo integrované, kdy může být dítě zcela zakryté
- hluk – při zavírání a otvírání ruší dítě
- inkubátory na pokoji s matkou
- malý prostor uvnitř – nemyslí se na vícečetná těhotenství, u kterých je blízkost sourozence velmi důležitá
- otvory na ruce – nevyhovuje jejich výška – nejsou uzpůsobeny na výšku matrace a hnízdečka zároveň
- otočná podložka uvnitř – dítě se otáčí na stranu, odkud přichází podněty, sestry jej otáčí podložkou, aby leželo na obou stranách
- rozměry – jsou zásadní pro okolní prostor, aby zabíraly co nejméně místa a zároveň poskytovaly co nejvíce prostoru uvnitř

Ze stávajících nedostatků vyplývají tyto cíle práce:

- usnadnění práce personálu – vhodnější umístění dvířek, displejů a ovládacích prvků, více úložného prostoru, integrovaná dezinfekce, otvírání loktem
- lepší přístup k inkubátoru – z hlediska ergonomie, průhled na dítě
- pohodlí dítěte – zamezit otřesům při otvírání inkubátoru, snížení jasů displejů
- pozitivní dojem pro matku – pocit bezpečí, potlačit dojem přístroje

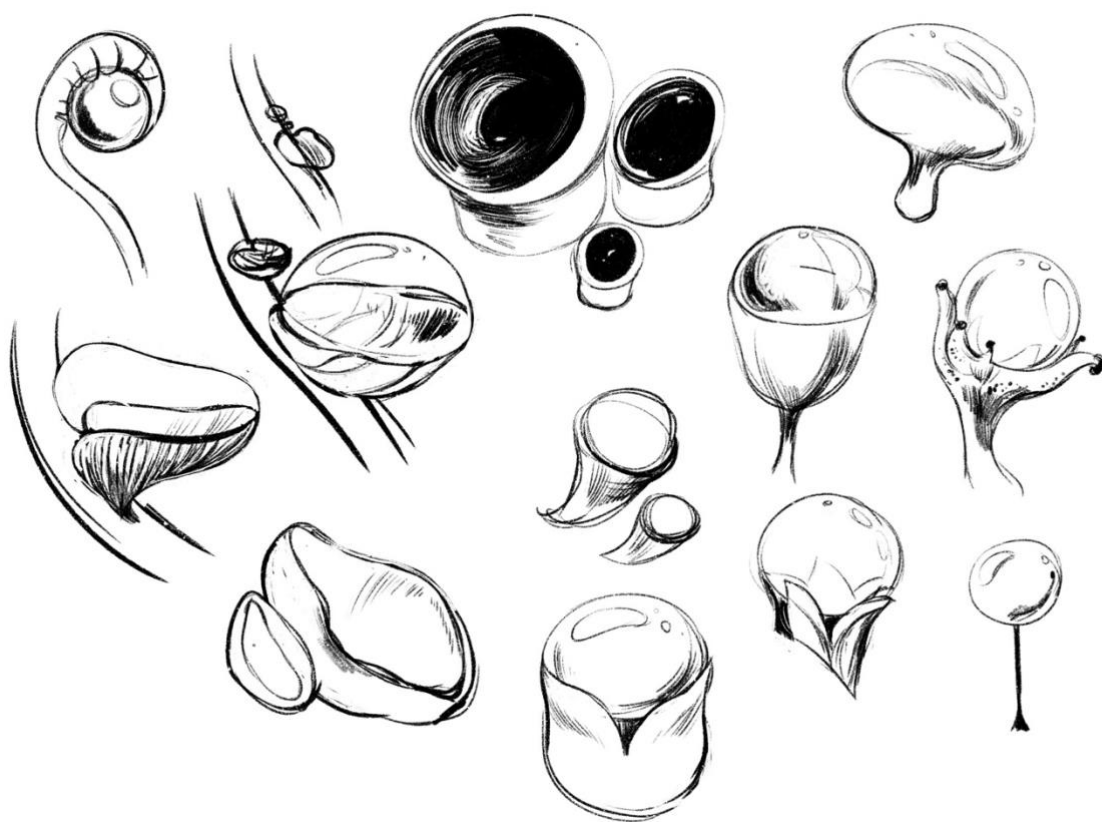
4. PROCES NAVRHOVÁNÍ

Jako prvotní vznikaly kresebné návrhy formou ručního skicování. Od počátku jsem chtěla, aby tvar byl kompaktní, ucelený z organický vzhledem k účelům, nárokům uživatelů a jejich psychické zátěži. Výsledný dojem má působit pozitivně a potlačit strach z vnímání pouze

medicinského přístroje jako takového. Zároveň musí být plně funkční a obstát v každodenním provozu při činnostech jako jsou medicínské zákroky a vyšetření, krmení, přebalování a kontakt s matkou.

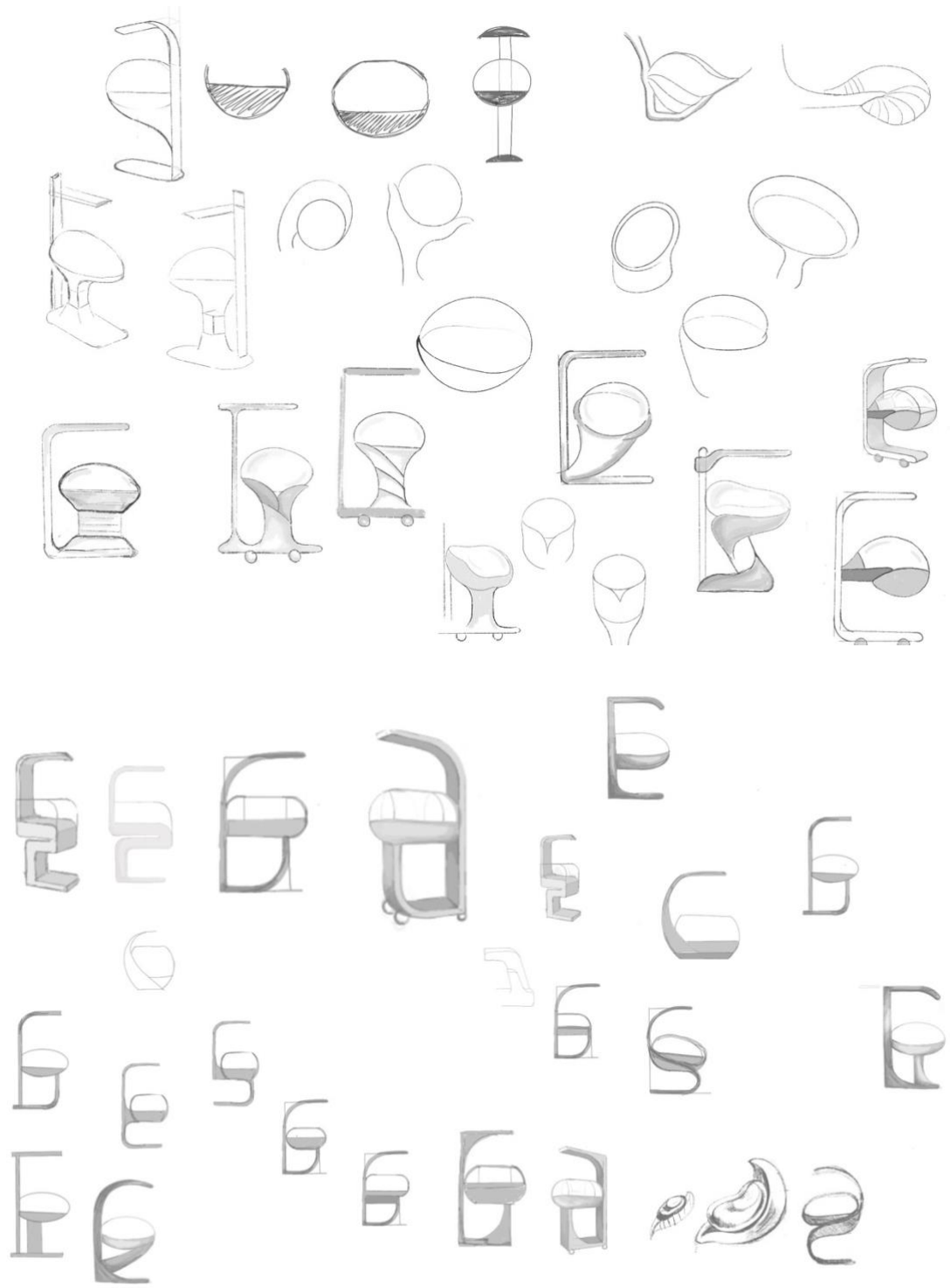
4.1 Tvarová inspirace

V návrhu jsem chtěla použít organické tvary, abych potlačila dojem stroje. Inspiraci jsem proto hledala v přírodě.



4.2 Kresebné skici

Měkké tvarosloví jsem použila při navrhování základního tvaru inkubátoru. Vyzkoušela jsem ale i opačný – geometrický přístup. Následně jsem další varianty rozkreslovala do větších detailů.



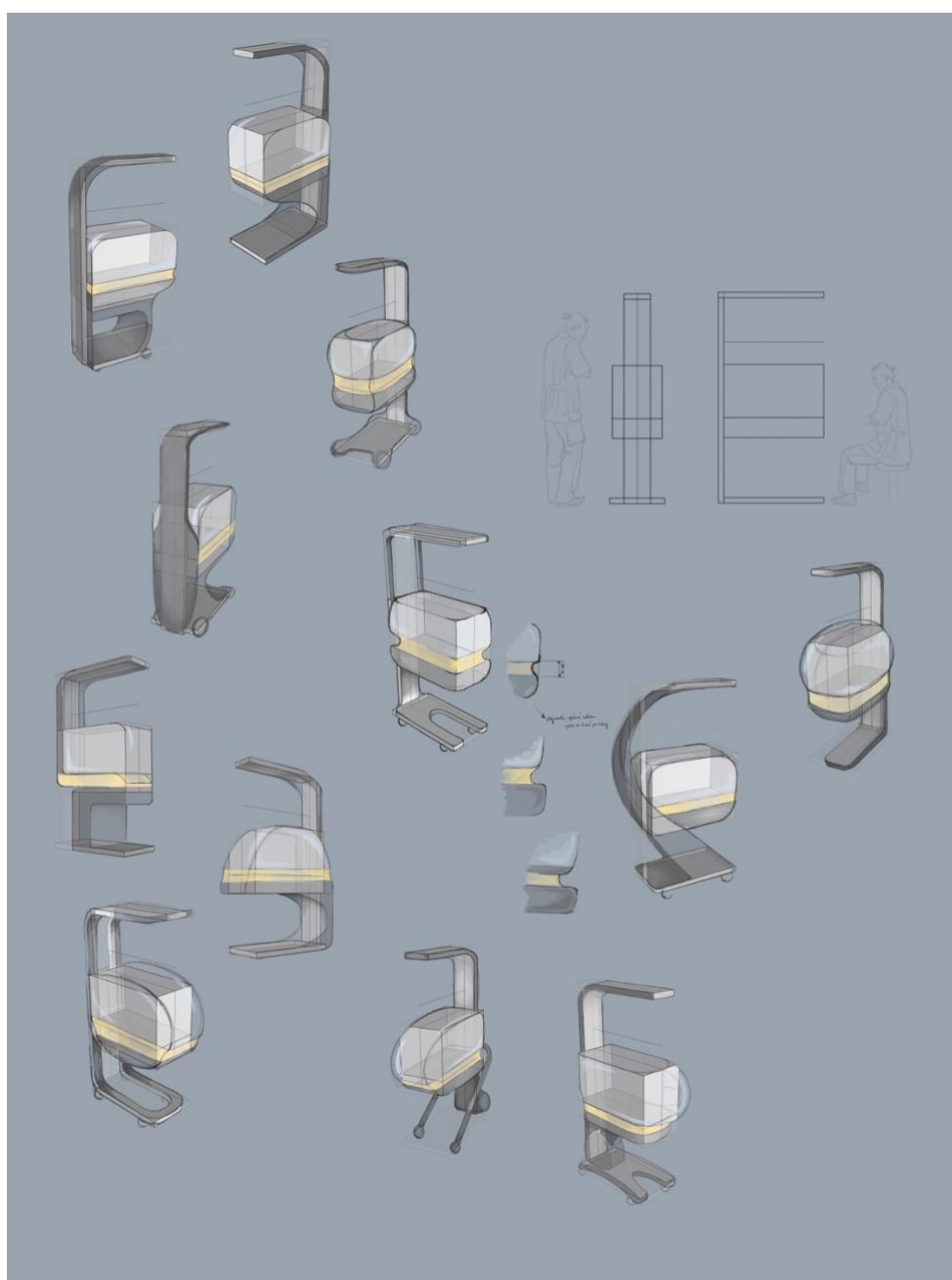


5. PROTOTYPOVÁNÍ A TESTOVÁNÍ

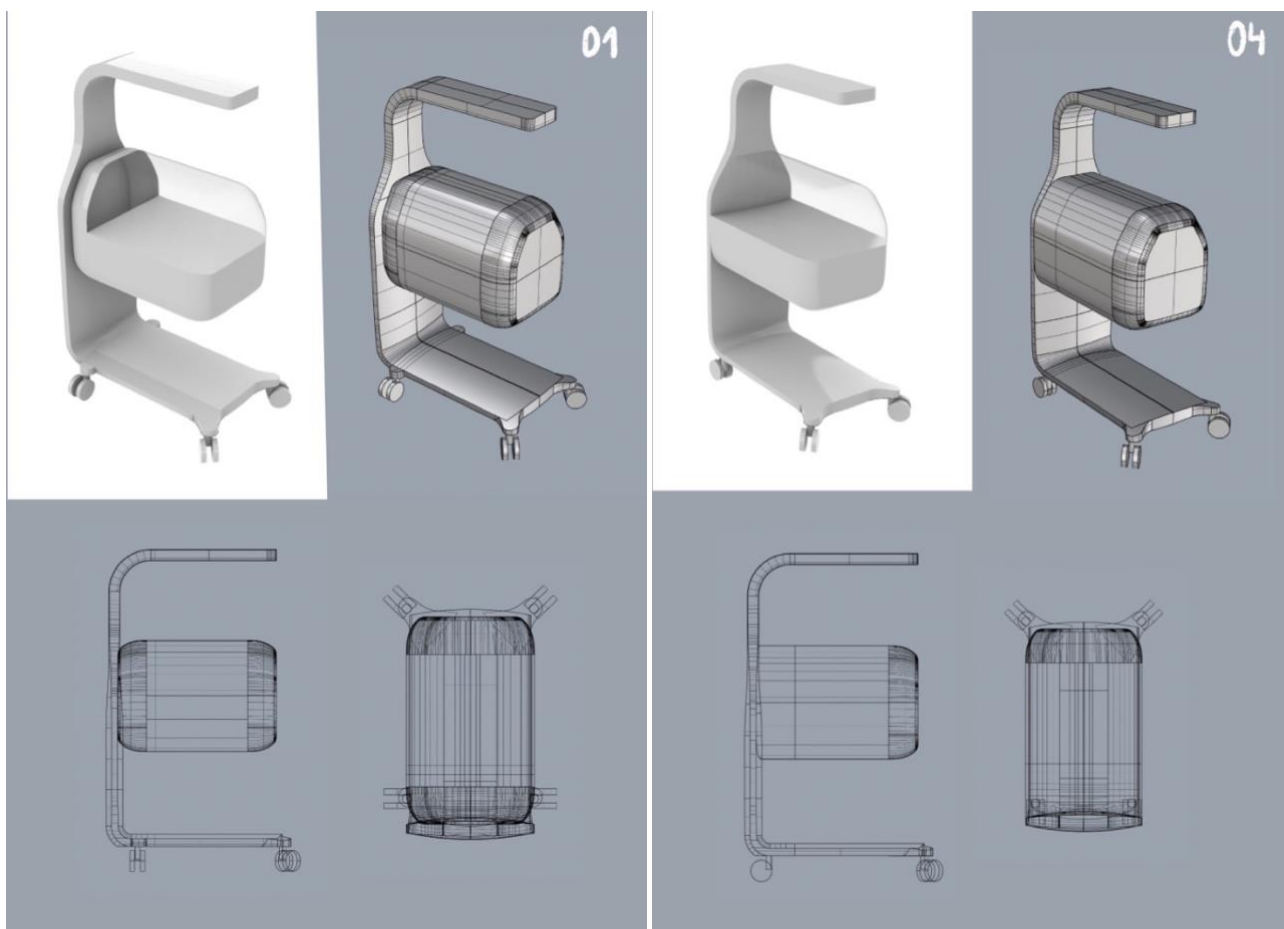
Vybrané skici různých tvarových řešení jsem prověřovala v 3D modelovacím programu. Tímto způsobem jsem postupně definovala výsledný tvar.

5.1 Skicování s pomocí 3D modelů

Základní tvary ve správném měřítku jsem si vytvořila v modelovacím programu, následně jsem přes ně dále kreslila a postupně tvořila výsledný návrh.



5.2 3D modely

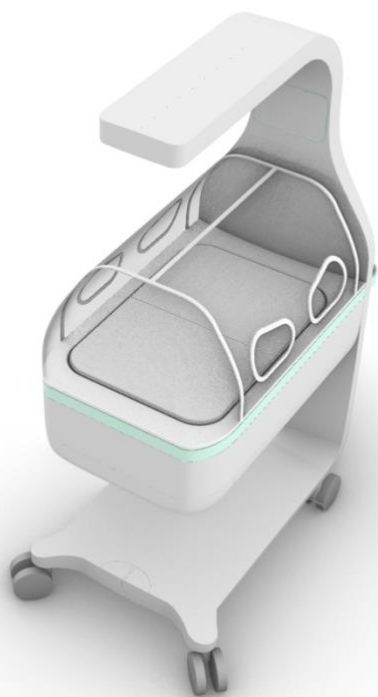


6. VÝSLEDNÝ NÁVRH

Finální model vzešel z předchozích variant. Je navržen s myšlenou na rozvoj dítěte a na rodiče, kteří se komfortně dostanou blíže k dítěti a mohou se tak zapojit do procesu péče.

Konstrukce krytu umožňuje dosah do celé plochy lůžka. Kryt je vyroben z dvojitého plexiskla a zajišťuje požadované termoneutrální prostředí. Zároveň tvoří bariéru nadměrnému hluku z okolí. Lze otevřít z obou stran. Vana lůžka má v dolní části prostor na odkládání nezbytných věcí.

Všechny hrany inkubátoru jsou zaobleny, aby nedošlo k poranění. Splňují také podmínky pro snadné čištění.



6.1 Popis

Hlavní část inkubátoru tvoří plast, což mi dovolilo organické tvarování. V horní části se nachází lampa na fototerapii.

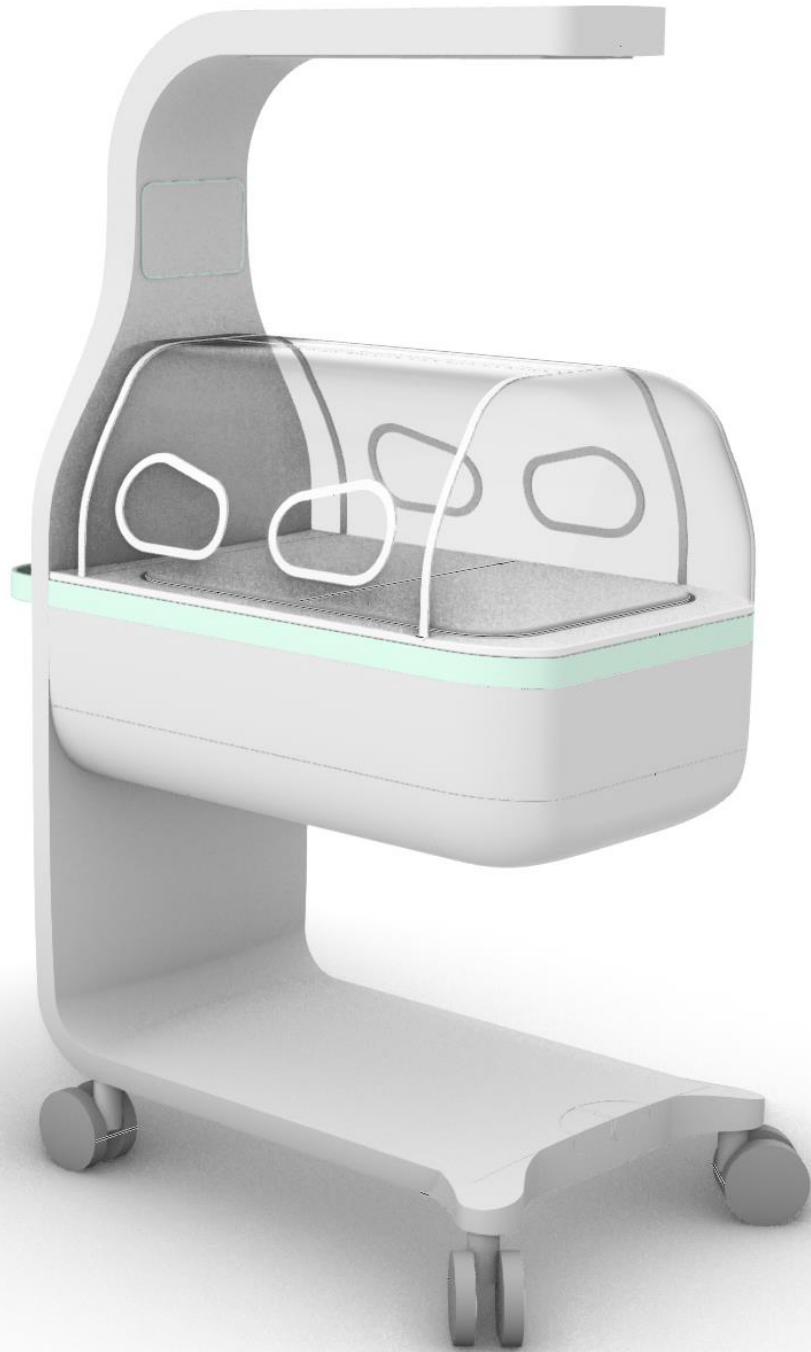
Plexisklový kryt obsahuje čtyři porty pro ruce. Uvnitř krytu se nachází novorozenecké lůžko uvnitř krytu s integrovanou váhou. Pod ním je vana inkubátoru s prostorem na veškeré potřebné vybavení – zásobník vody, přívod kyslíku, topná spirála, bakteriologický filtr, ventilátor, řídicí jednotka, baterie a místo pro smíchání vzduchu.

Pod vanou se nachází část s úložným prostorem.

Podvozek obsahuje výškové nastavení celého přístroje – nožní pedály. Na podvozek jsou napojeny kolečka značky Steinco, která jsou přizpůsobena do medicínského prostředí.

Zadní část v sobě skrývá zvedací mechanismus a ovládací panel. Z pohledové části je také umístěn displej, sloužící k zobrazení životních funkcí dítěte a nastavení inkubátoru.

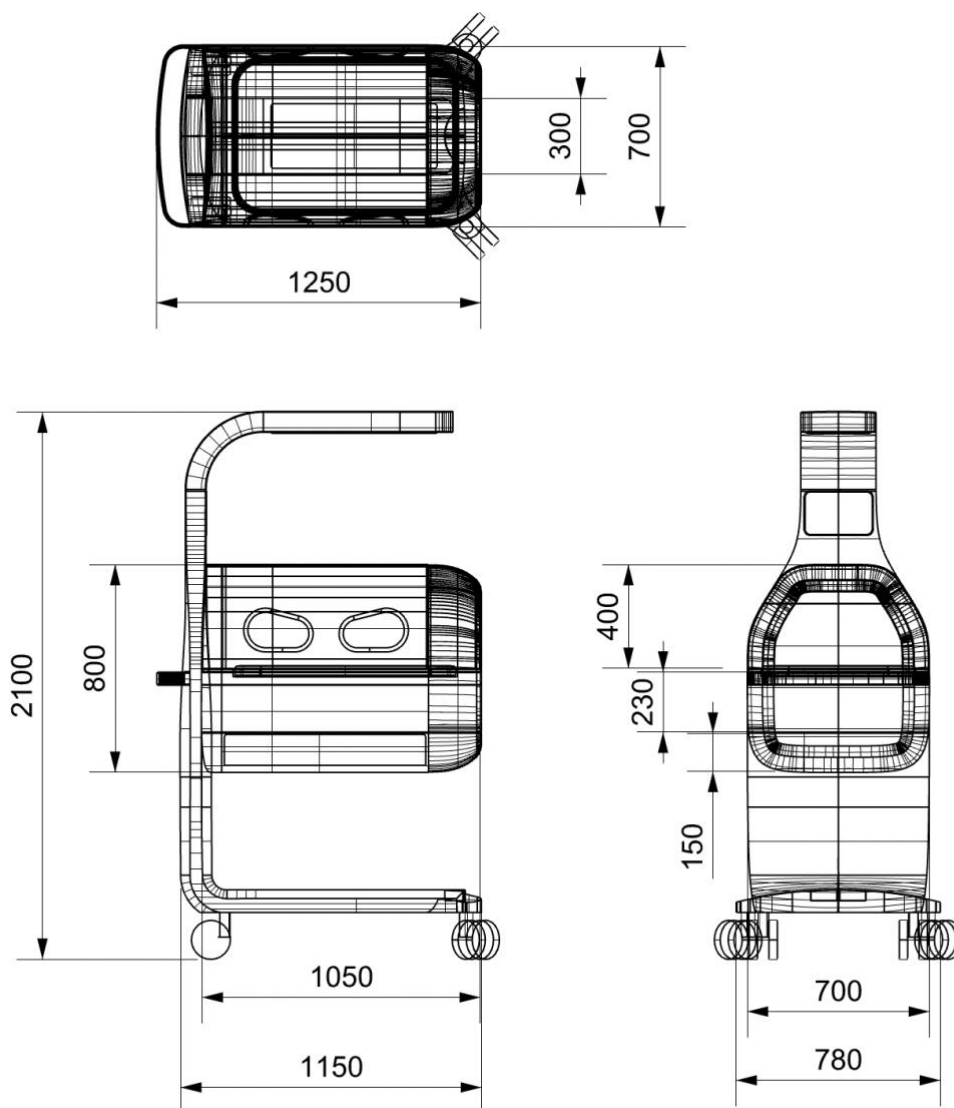




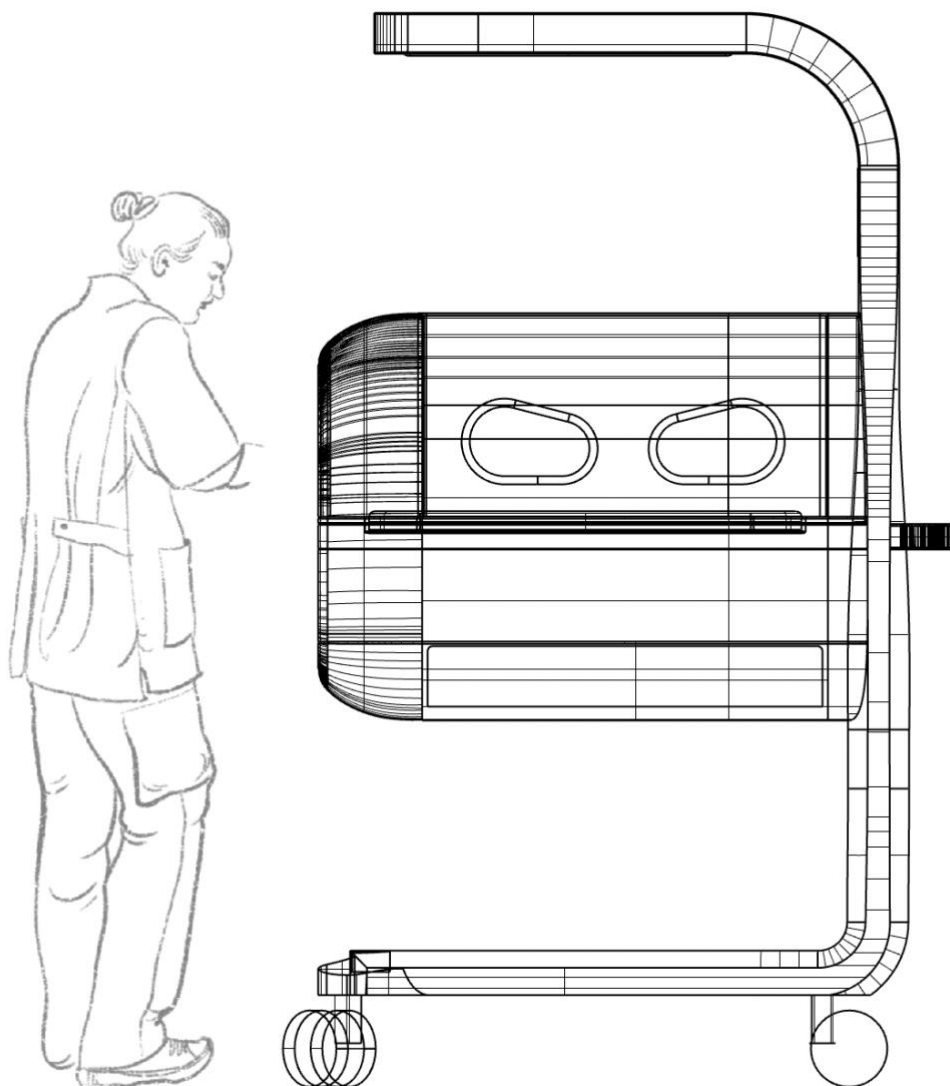
7. TECHNICKÁ DOKUMENTACE

7.1 Rozměry

Rozměry inkubátoru se odvíjí od tělesných proporcí člověka, základních ergonomických pravidel a rozměrů již užívaných zařízení. Výška navrženého inkubátoru je 2100 mm. Hlavní část má šířku 700 mm. Na podvozku jsou kolečka vyvedena mimo hranu zařízení pro zajištění lepší stability. V nejširším místě má proto inkubátor 780 mm.



Inkubátor má nastavitelnou výšku, aby ho mohl pohodlně obsluhovat člověk s jakýmkoliv typem postavy. Rozsah nastavení výšky je 450 mm.





8. ZÁVĚR A REFLEXE

Diplomová práce se zabývá designem medicínské techniky, konkrétně designovým zpracováním neonatologického stacionárního inkubátoru. Historická i současná analýza byla základním zdrojem informací o produktu a východiskem při jeho navrhování. Zaměřila jsem se na návrh inovativního tvarového řešení přístroje.

První variantní studie reprezentovaly oválný organický tvar horní lůžka a krytu z plexiskla a jeho členění. Zvažovala jsem varianty plného nebo členěného podvozku a možnostmi jeho tvarování. Další studie zohledňovaly ergonomii, rozměry přístroje a celkový vzhled. Ten měl splňovat požadavek zvenčí malého přístroje se zachováním komfortu prostoru uvnitř patientského prostoru. V další kapitole byla popsána varianta z hlediska konstrukčně-technologického a byly upřesněny rozměry přístroje. Barevnost zůstala zachována v typické bílé barvě s doplněním pastelové zelené. Na základě variant studií, jsem vybrala jednu finální, která splňuje výchozí cíl práce.

Téma medicínské techniky mě velmi zaujalo. Navrhla jsem kompaktní organický tvar s ohledem na potřeby a požadavky uživatelů. Zpracovaný koncept může být východiskem pro další zpracování jednotlivých částí přístroje.

9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. STRAŇÁK, Zbyněk, CHRÁSKOVÁ, Jana, LAMPLOTOVÁ, Ludmila. Základy neonatologie pro porodní asistentky. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Fakulta zdravotnických studií, 2014. ISBN 978-80-7414-727-2.
2. VOKURKA, Martin a kol. *Velký lékařský slovník*. 10. aktualizované vydání. Praha: Maxdorf, [2015], ©2015. xv, 1113, mcxvi-mcxxiv stran. Jessenius. ISBN 978-80-7345-456-2.
3. TESAŘÍK, Bohumil. Kde se vzaly inkubátory. *Třipól*. [on-line]. 2012. [cit. 5.5.2022.] dostupné také z: <https://www.3pol.cz/cz/rubriky/biografie/113-kde-se-vzaly-inkubatory>
4. BOREK, Ivo a kol. *Vybrané kapitoly z neonatologie a ošetrovatelské péče*. Vyd. 2., dopl. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2001. 327 s. ISBN 80-7013-338-4.
5. DOLEŽAL, Antonín. Počátky historie kojeneckých inkubátorů. In: Muzeum a současnost. V Roztokách u Prahy : Středočeské muzeum ; Městské muzeum v Čelákovících, s. 107-114. ISSN: 0862-2043.
6. BAKER, Jeffrey P., Historical Perspective: The Incubator and the Medical Discovery of the Premature Infant. *Journal of Perinatology* [online]. C 2000 [cit. 13.5.2022]. Dostupné z: <http://neonatology.org/pdf/7200377a.pdf>
7. FENDRYCHOVÁ, Jaroslava. *Základní ošetrovatelské postupy v péči o novorozence: vybrané kapitoly*. 1 vyd. Praha: Grada, 2011. 189 s. Sestra. ISBN 978-80-247-3940-3. Dostupné také z: <https://www.bookport.cz/kniha/zakladni-oseetrovatelske-postupy-v-peci-o-novorozence-760>.
8. HESS, Julius Hays. Papers, Crerar Ms 51, [Box #, Folder #], Hanna Holborn Grey Special Collections Research Center, University of Chicago Library [online]. © 2010 [cit. 13.5.2022]. Dostupné také z: https://www.lib-uchicago-edu.translate.google.com/e/scrc/findingaids/view.php?eadid=ICU.SPCL.CRMS51&_x
9. DORT, Jiří. *Neonatologie: vybrané kapitoly pro studenty LF*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2004. 101 s. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 80-246-0790-5.
10. FENDRYCHOVÁ, Jaroslava a kol. *Intenzivní péče o novorozence*. Vyd. 2., přeprac. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2012. 447 s. ISBN 978-80-7013-547-1
11. FENDRYCHOVÁ, Jaroslava. *Adaptované doporučené postupy v péči o novorozence*. Vydání: první. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2020. 166 stran. ISBN 978-80-7013-605-8.
12. Shelly - TSE MEDICAL. TSE MEDICAL - production of medical equipment for neonatology - TSE MEDICAL [online]. Copyright © TSE MEDICAL 2017 [cit. 20.05.2022]. Dostupné z: <https://www.tse-medical.cz/shelly/>
13. Isolette 800 <https://www.draeger.com/> [online]. cit. [13.5.2022]. Dostupné z: https://www.draeger.com/cs_cz/Products/isolette-8000-plus
14. Draeger.Web WWW - Draeger Master . [online]. Dostupné z: https://www.draeger.com/cs_cz/Products/Isolette-C2000-with-Cabinet-Stand

15. Draeger.Web WWW - Draeger Master . [online]. Dostupné z: https://www.draeger.com/en_aunz/Products/Caleo
16. BARČÁKOVÁ, Jana, Design ve zdravotnictví: Luxus nebo nutnost? *Sestra*. [online] Copyright Internet Info s.r.o. design cit. [13.5.2022] Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/sestra-priloha/> design-ve-zdravotnictvi-luxus-nebo-nutnost-346026
17. RUBÍNOVÁ, Dana. *Ergonomie*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 62 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-3313-2.
18. <https://www.nedoklubko.cz/2020/11/04/novorozenecka-intenzivni-pece-pohled-neonatologicke-sestry>
19. Fakultní nemocnice Bulovka [online], cit. [6.5.2022]. Dostupné z: <https://bulovka.cz/kliniky-a-oddeleni/neonatologicke-oddeleni/jednotka-intenzivni-pece>