



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

DESIGN PŘÍSTROJE PRO LOKÁLNÍ KRYOTERAPII

DESIGN OF LOCAL CRYOTHERAPY DEVICE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Barbora Vlčková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

akad. soch. Josef Sládek, ArtD.

BRNO 2025

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav konstruování
Studentka: **Bc. Barbora Vlčková**
Studijní program: Průmyslový design ve strojírenství
Studijní obor: bez specializace
Vedoucí práce: **akad. soch. Josef Sládek, ArtD.**
Akademický rok: 2024/25

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Design přístroje pro lokální kryoterapii

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o mobilní terapeutické zařízení pro lokální chladovou terapii kůže extrémně nízkými teplotami dusíku, jehož proud lze regulovat a přesně zacílit na postižené místo. Oblasti využití jsou zejména v ortopedii, sportovní medicíně, rehabilitaci, revmatologii, dermatologii a kosmetice. Kryoterapie zmírňuje bolest a fyziologické efekty jsou protizánětlivé, relaxační a další.

Typ práce: vývojová – designérská

Výstup práce: aplikovaný výsledek (Fužit, Fprum, Gprot, Gfunk, R)

Projekt: specifický vysokoškolský výzkum

Cíle diplomové práce:

Hlavním cílem je navrhnout design přístroje pro lokální kryoterapii využívající kapalný dusík do teploty až -197 °C , s pojezdovými kolečky a kontrolním LCD displejem. Přístroj je určen pro nemocnice, léčebny, lázně a rehabilitační centra.

Dílčí cíle diplomové práce:

- identifikovat hlavní designérské přístupy a charakteristické prvky přístrojů pro lokální kryoterapii,
- prokázat funkčnost, ergonomičnost a vyrobiteľnosť návrhu,
- pohodlný transport a uskladnění v interiéru,
- navrhnout aplikační hlavici,
- realizovat fyzický model ve zmenšeném měřítku.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, sumarizační poster, technický poster, ergonomický poster, designérský poster, fotografie modelu, fyzický model.

Rozsah práce: cca 72 000 znaků (40 – 50 stran textu bez obrázků).

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

<https://www.ustavkonstruovani.cz/texty/magisterske-studium-ukonceni/>

Seznam doporučené literatury:

FIELL, Charlotte a Peter FIELL (eds.). Designing the 21st century: design des 21. Jahrhunderts Le design du 21 siècle. Köln: Taschen, c2001. ISBN 3-8228-5883-8.

LIDWELL, William. a Gerry. MANACSA. Deconstructing product design: exploring the form, function, usability, sustainability, and commercial success of 100 amazing products. Beverly, Mass.: Rockport Publishers, c2009. ISBN 1592533450.

NORMAN, Donald A. Emotional design: why we love (or hate) everyday things. New York: Basic Books, 2005. ISBN 0-465-05136-7.

THOMPSON, Rob. a Young Yun. KIM. Product and furniture design. New York: Thames & Hudson, 2011. Manufacturing guides. ISBN 0500289190.

DREYFUSS, Henry. Designing for people. New York: Allworth Press, 2003. ISBN 1581153120.

PELCL, Jiří. Design: od myšlenky k realizaci = from idea to realization. V Praze: Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, c2012. ISBN 978-80-86863-45-0.

KULA, Daniel, Elodie TERNAUX a Quentin HIRSINGER. c2012. Materiology: průvodce světem materiálů a technologií pro architekty a designéry. Praha: Happy Materials. ISBN 978-80-260-0538-4.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2024/25

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tématem diplomové práce je návrh zařízení určeného k aplikaci extrémního chladu na konkrétní oblast pokožky pacienta. Přístroj je určen pro použití ve zdravotnickém prostředí. Návrh vychází z technické a uživatelské analýzy. Inovativním prvkem je řešení přepravy nádoby s kapalným dusíkem, kterou lze po odpojení komponent snadno převézt pomocí integrovaného vozíku, vzniklého oddělením zadní části zařízení. Díky jednoduchému systému spojení těchto částí je přeprava ke kryogenní nádrži snadná a rychlá. Konstrukce je přizpůsobena převozu vozíku do exteriéru, tedy i překonávání překážek ve formě prahu.

KLÍČOVÁ SLOVA

lokální kryoterapie, zdravotnický přístroj, kapalný dusík, design

ABSTRACT

The topic of this diploma thesis is the design of a device intended for the application of extreme cold to a specific area of a patient's skin. The device is designed for use in medical environments. The design is based on both technical and user analysis. An innovative feature of the proposal is the solution for transporting the liquid nitrogen container, which can be easily moved using an integrated trolley that is created by detaching the rear part of the device. Thanks to a simple connection system between these parts, transportation is quick and easy. The construction is adapted for outdoor transport of the trolley, including overcoming obstacles such as door thresholds.

KEYWORDS

local cryotherapy, medical device, liquid nitrogen, design

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VLČKOVÁ, Barbora. *Design přístroje pro lokální kryoterapii*. Online, diplomová práce. akad. soch. Josef SLÁDEK, ArtD. (vedoucí práce). Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2025. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/165784>.

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu práce, akad. soch. Josefu Sládkovi, ArtD. za jeho cenné rady a připomínky, čas, ochotu i trpělivost. Také bych chtěla poděkovat svým blízkým za jejich podporu v průběhu celého studia.

PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracovala samostatně, pod odborným vedením akad. soch. Josefa Sládka, ArtD. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpala, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Podpis autora

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	16
2.1	Rešeršní metody	16
2.1.1	Kritéria relevance pro výběr informačních zdrojů	16
2.1.2	Rešeršní požadavek a rešeršní strategie	16
2.1.3	Užité metody zpracování dat	17
2.1.4	Sumarizace počtu a druhu vybraných informačních zdrojů	17
2.2	Rešerše na stav techniky	18
2.2.1	Analýza motivace	18
2.2.2	Analýza norem a směrnic	19
2.2.3	Lokální kryoterapie	20
2.2.4	Designérská analýza	22
2.2.5	Technická analýza	29
2.2.6	Uživatelská analýza	34
2.3	Shrnutí hlavních zjištění	36
2.4	Identifikace novosti a příležitosti	38
3	ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	39
3.1	Vymezení problému	39
3.1.1	Název produktu a jeho klasifikace	39
3.1.2	Specifikace zákazníka	39
3.1.3	Specifikace spotřebitele	39
3.1.4	Specifikace možného trhu, ceny a výrobních technologií	40
3.1.5	Vymezení problému	40
3.2	Cíle vývoje	41
3.2.1	Globální cíle práce	42
3.2.2	Dílčí cíle práce	42
4	KONCEPČNÍ NÁVRH	43
4.1	Analýza cílů a specifikace omezení	43
4.2	Technická funkční analýza	44
4.3	Návrh alternativních řešení	45
4.3.1	Varianta I	45
4.3.2	Varianta II	47
4.3.3	Varianta III	49

4.4	Analýza alternativních řešení a výběr nejlepšího	51
5	KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ	52
5.1	Určení tvarů, rozměrů a materiálů	52
5.1.1	Určení tvaru	52
5.1.2	Testování ergonomické vhodnosti	54
5.1.3	Určení rozměrů	55
5.1.4	Určení materiálů	56
5.2	Odhad výrobních nákladů a objemu výroby	57
6	DETAILNÍ NÁVRH	58
6.1	Tvarové řešení	58
6.1.1	Aplikační hlavice	62
6.1.2	Rameno	64
6.2	Konstrukční řešení	65
6.2.1	Řešení vozíku	65
6.2.2	Odjištění nádoby	67
6.2.3	Konstrukce	68
6.3	Ergonomické řešení, bezpečnost a hygiena	70
6.3.1	Ergonomické řešení	70
6.4	Barevné a grafické řešení	79
6.4.1	Barevné řešení	79
6.4.2	Grafické řešení	81
6.5	Udržitelnost produktu	84
6.5.1	Údržba	84
6.5.2	Materiály	84
6.6	Hodnocení klíčových parametrů	85
7	ZÁVĚR	86
8	VÝSLEDEK VÝZKUMU PODLE RIV	88
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	89
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN	93
11	SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	95
12	SEZNAM TABULEK	98

13	SEZNAM PŘÍLOH	99
	ZMENŠENÝ SUMARIZAČNÍ POSTER	100
	ZMENŠENÝ ERGONOMICKÝ POSTER	101
	ZMENŠENÝ TECHNICKÝ POSTER	102
	ZMENŠENÝ DESIGNÉRSKÝ POSTER	103
	FOTOGRAFIE MODELU	104

1 ÚVOD

Lokální kryoterapie je léčba extrémně nízkými teplotami zacílená na určitou oblast pokožky pacienta. V současnosti je na trhu k dispozici široké spektrum zařízení určených ke kryoterapii. Mezi nejčastěji navštěvovaná zařízení patří kryokomory, v nichž je celé tělo vystaveno extrémně nízkým teplotám. Tyto procedury často vyhledávají nejen osoby s konkrétními zdravotními potížemi, ale i lidé, kteří chtějí posílit imunitu, zlepšit regeneraci nebo podpořit celkovou tělesnou kondici. Na rozdíl od celotělové kryoterapie je lokální kryoterapie zaměřena na konkrétní postiženou oblast, což umožňuje cílenější a intenzivnější účinek při léčbě bolestivých stavů.

Tato metoda je využívána nejen ve zdravotnictví, ale také ve fyzioterapii, sportovní rehabilitaci a estetické medicíně. Její popularita stále roste, s trendem otužování roste i zájem o tyto aplikace. Nanášení extrémně nízkých teplot přináší řadu prokazatelných benefitů, od zmírnění bolesti a urychlení hojení po úrazech až po snížení otoků a podporu regenerace tkání. Kryoterapie je široce využívána u pacientů po ortopedických operacích, sportovců po intenzivní fyzické zátěži nebo osob trpících chronickými zánětlivými onemocněními. Kromě zdravotních aplikací nachází lokální kryoterapie uplatnění také v kosmetických procedurách, například při redukci celulitidy, zlepšení elasticity pokožky, nebo redukci akné.

Přestože se technologie neustále vyvíjejí, existují stále určité nedostatky, které ovlivňují především uživatelský komfort při práci s přístrojem. Pro identifikaci těchto nedostatků přispěly poznatky získané navštívením brněnských regeneračních center Náskok a Mráz léčí. Hlavním nalezeným problémem se ukázala být přeprava nádoby ke kryogenní nádrži, která se nachází v exteriéru. I několikrát denně je potřeba dusík do nádoby z této nádrže doplnit a vzhledem k velké váze nádoby a nedostatečně přizpůsobeným podvozkům je tento úkol pro obsluhu velkou obtíží. Tento problém se tak stal hlavním cílem k řešení.

Osobní zkušeností s lokální kryoterapií byl také objeven problém, který se týká komunikace přístroje směrem k pacientovi. Tomuto směru nejsou stávající přístroje přizpůsobeny a byla tak postrádána informace o času zbývajícím do konce terapie.

Diplomová práce se zaměřuje na návrh inovativního přístroje pro lokální kryoterapii, který propojuje funkčnost s moderním designem a ergonomií a nalézá řešení identifikovaných problémů. Cílem je vytvořit zařízení, které bude uživatelsky přívětivé, bude umožňovat snadnou manipulaci a umožní aplikaci chladu s ohledem na obsluhu přístroje i pacienta. Návrh vychází z analýzy současných přístrojů a využívaných technologií, uživatelských požadavků a ergonomických aspektů.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

2.1 Rešeršní metody

V následující kapitole jsou shrnuty metody využívané k provedení rešerše, která sloužila k získání potřebných znalostí pro navržení řešení.

2.1.1 Kritéria relevance pro výběr informačních zdrojů

Pro hledání zdrojů bylo potřeba si zformulovat klíčová slova, která napomůžou získat hledané výsledky a zodpovědět kladené otázky. Jako jazyk vyhledávání byl upřednostněn jazyk anglický, některé pojmy byly vyhledávány i v jazyce českém.

Lokální kryoterapie / Local cryotherapy; Přístroj pro lokální kryoterapii / Local cryotherapy device / machine; Průběh lokální kryoterapie / Process of local cryotherapy; Ergonomie ručních nástrojů / Ergonomics of hand tool design; Ergonomické parametry / Ergonomic measurements; Konektor hadice / Hose connector; Vnitřní schéma přístroje pro lokální kryoterapii / Local cryotherapy device scheme, apparatus, disassembled scheme; Design zdravotnických přístrojů / Medical device design; Legislativa zdravotnických přístrojů / Medical device regulation, legislation, standards.

Následně byla tato klíčová slova zadávána do bibliografických databází jakožto sekundárních zdrojů. Primární zdroje obsahovaly informace přímo od výrobců a distributorů přístrojů pro lokální kryoterapii. Jednalo se o jejich webové stránky či katalogy. Primárním zdrojem byla také návštěva regeneračního centra Náskok a Mráz léčí, jejichž zaměstnanci napomohli bližšímu poznání přístroje a nalezení uživatelských problémů.

Pro vyhledávání potřebných zdrojů byly využity bibliografické databáze Google Scholar, Google Patents, Elsevier, Science Direct a VUT Primo. Tyto databáze poskytly výběr mnoha odborných článků, patentů i několik závěrečných prací a knižních publikací splňujících zadávaná kritéria.

2.1.2 Rešeršní požadavek a rešeršní strategie

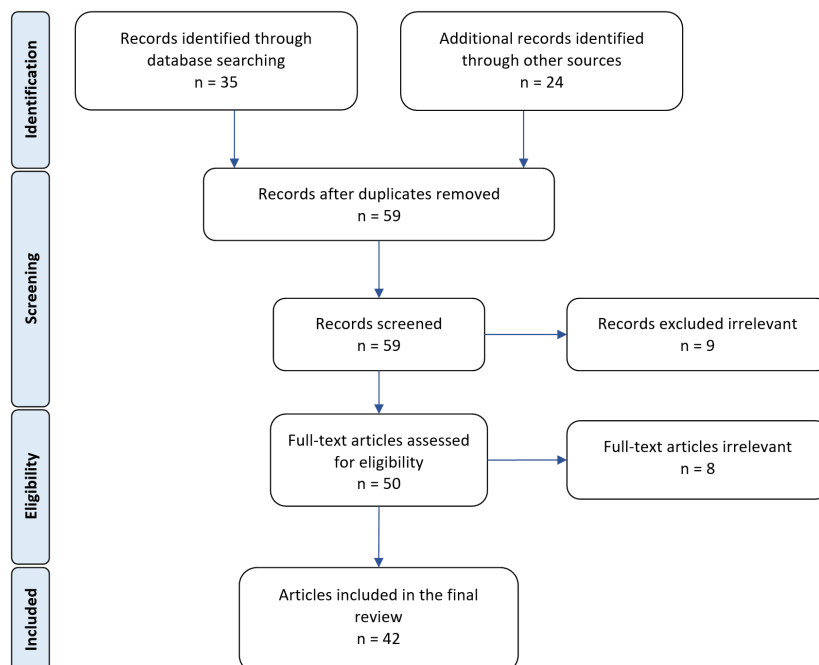
Při vyhledávání informačních pramenů byla vybrána strategie rostoucí perly. Ta spočívá v postupném rozšiřování hledaného výrazu a jeho doplňování o další klíčová slova. Začíná se u nejužšího pojmu a ten se postupně rozšiřuje. Aplikovaným příkladem je začínat vyhledáváním pojmu „Lokální kryoterapie“. Poté se k tomu přidávají další pojmy, jako „Přístroj pro lokální kryoterapii“. Na ten se dále navazovalo, například „Regulace přístrojů pro lokální kryoterapii“.

2.1.3 Užití metody zpracování dat

Veškeré nalezené zdroje byly uloženy do citačního manažeru Citace PRO. Dále byly rozříděny dle tematiky obsahu do kategorií články, patenty, knihy, katalogy, webové stránky, videa, závěrečné práce, ostatní. Převahu v těchto zdrojích mají technologie, nalezené produkty současného trhu a motivace pro návrh přístroje.

2.1.4 Sumarizace počtu a druhu vybraných informačních zdrojů

Z celkového počtu 59 nalezených zdrojů bylo za relevantní a přínosné označeno 42. Největší podíl měly články, webové stránky a patenty. Články se týkaly zejména procesu lokální kryoterapie a motivace, tedy účinnosti a průběhu tohoto typu terapie. Jeden z článků obsahuje i informace o legislativě, kterou musí přístroje splňovat. Patenty byly vyhledávány pro zmapování dostupných technologických možností, které mohou být použity pro řešení problémů. Dále mají velké zastoupení webové stránky, kde převažovaly webové stránky výrobců a distributorů a byly tak získány informace o produktech na současném trhu. Ostatní zdroje, jako videa, prezentace atp., měly rozmanitý přínos, závisle na druhu zdroje. Katalogy přinesly informace především o dostupných produktech. Byly zahrnuty i knihy, které pojednávaly o ergonomii a designu. Nalezeno bylo i pár závěrečných prací, které se zabývaly aplikovatelnými technologiemi, efektivitou terapie, nebo konkrétním přístrojem.



Obr. 2- 1 PRISMA diagram

2.2 Rešerše na stav techniky

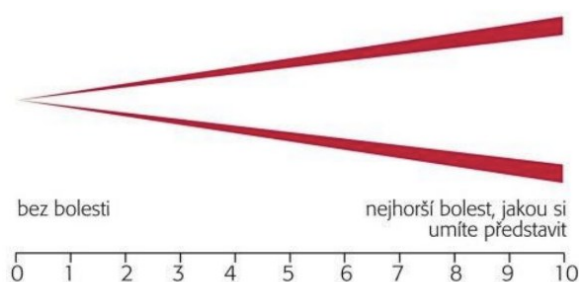
Tato kapitola představuje aktuální zástupce na trhu a objasňuje popis a funkci částí přístroje, které budou dále zmiňovány.

2.2.1 Analýza motivace

Pro nalezení motivace byly vyhledávány zdroje prokazující efektivitu lokální kryoterapie. Nalezeno bylo několik článků dokazující její účinky.

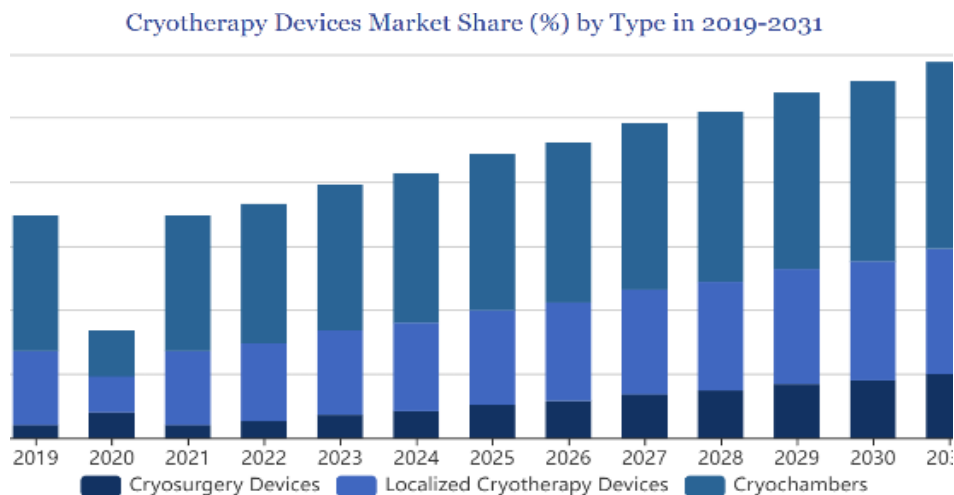
Příkladem je článek „Lokální kryoterapie a celotělová terapie chladem jako alternativa a doplněk léčby bolestivých onemocnění pohybového ústrojí“. Jeho autorem je MUDr. Lubomír Šmuk, který působí jako vedoucí anesteziolog na klinice v Praze. V článku je kladen důraz na škodlivý vliv analgetik na orgány, což vede k zamyšlení nad alternativou tohoto způsobu léčby. Následně jsou v článku popisovány procesy a principy různých prostředků pro kryoterapii. Závěrečné hodnocení terapeutického účinku zní: *Lokální kryoterapie a celotělová terapie chladem při -110 až -120 °C představují dostupnou a účinnou alternativu nebo doplnění perorální analgetické terapie v indikovaných případech., tedy výrok v prospěch efektivitu kryoterapie.* [1]

Účinky terapie potvrzuje také bakalářská práce Ondřeje Huňáčka, studenta fyzioterapie, s názvem *Hodnocení efektivitu kryoterapie u akutních bolestivých stavů.* Efektivita byla testována na 116 pacientech trpících akutními bolestivými stavy. Byla hodnocena pomocí vizuální analogové škály bolesti, kde hodnota 0 znamená stav bez bolesti a hodnota 10 zastupuje nejhorší představitelnou bolest. Pacienti před terapií a po několika terapiích hodnotili pokrok právě na základě této škály. Výsledkem je zlepšení o průměrně 5,87 stupně, což je více než polovina celé stupnice. [2]



Obr. 2- 2 Vizuální analogová škála bolesti [2]

Z hlediska motivace bylo nutné analyzovat také trh. Zájem o lokální kryoterapii a obecně kryoterapii neustále roste. V níže umístěném sloupcovém grafu lze pozorovat zájem o koupi kryochirurgických přístrojů, přístrojů pro lokální kryoterapii a kryokomor od roku 2019. Viditelný je propad v roce 2020, především z důvodu covidové pandemie. Poté se zájem rok od roku zvyšoval a rostoucí tendence je předpovídána i na několik dalších let.



Obr. 2- 3 Graf prodeje kryoterapeutických přístrojů [3]

2.2.2 Analýza norem a směrnic

Přístroj pro lokální kryoterapii patří pod zdravotnické přístroje, musí tedy splňovat jisté normy. Jedná se například o normu ČSN EN 60601-1-2 ED.2 (364801) Zdravotnické elektrické přístroje - Část 1-2: Všeobecné požadavky na základní bezpečnost a nezbytnou funkčnost - Skupinová norma: Elektromagnetická kompatibilita - Požadavky a zkoušky. Norma specifikuje všeobecné požadavky a zkoušky elektromagnetické kompatibility ME přístrojů a ME systémů. Jsou doplňujícími požadavky všeobecné normy a slouží jako základní požadavky zvláštních norem. [4] Dále norma ČSN EN ISO 20421-2 (697230) Kryogenné nádoby - Velké přepravní vakuově izolované nádoby - Část 2: Provozní požadavky. Norma pojednává o provozních požadavcích na velké přepravitelné vakuově izolované kryogenní nádoby. Tyto provozní požadavky zahrnují uvedení do provozu, plnění, vyjímání, přepravu v rámci lokality, skladování, údržbu, pravidelné prohlídky a nouzové postupy. [5] Pak také Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2017/745 ze dne 5. dubna 2017 o zdravotnických prostředcích, změně směrnice 2001/83/ES, nařízení (ES) č. 178/2002 a nařízení (ES) č. 1223/2009 a o zrušení směrnic Rady 90/385/EHS a 93/42/EHS. [6]

Dle technických specifikací se klasifikuje jako zdravotnický přístroj spadající do třídy bezpečnosti 1 s úrovní bezpečnosti B. [7]

2.2.3 Lokální kryoterapie

Přístroj pro lokální kryoterapii je zařízení, které slouží k terapii chladem, tedy terapii za pomoci extrémně nízkých teplot. Konkrétně lokální kryoterapie je cílena na určité místo, které je pak chladem ošetřováno.

U kryoterapie prochází tkáň čtyřmi stádii. V prvním stádiu dochází ke stažení cév a žil. Stejně tak reaguje ošetřovaná svalová tkáň. Termoreceptory zaznamenávají působení extrémního chladu a informují o tom mozek. Ten spustí obranný mechanismus reagující na termický šok. Ve druhém stádiu se cévy i žíly roztahují a rapidně zvyšují průtok krve, čímž umožňují přísun živin a kyslíku do ošetřované oblasti a odvod odpadních látek. Ve třetím stádiu je kryoterapeuticky ošetřovaná tkáň mozkiem preferována v zásobení živinami. Zásadním způsobem v dané oblasti zvyšuje buněčný metabolismus, na buněčné úrovni se zvyšuje prostup kyslíku a rapidně vzrůstá tvorba buněčné energie. Endokrinní systém těla vylučuje morfin, který mimo jiné působí útlum bolesti. Čtvrté stádium je stádium regenerace. Během několika málo minut po aplikaci chladu prodělá ošetřená tkáň zásadní změny. Je výborně prokrvená, vyplavuje značné množství toxinů a přijímá spoustu kyslíku a živin. Pociťovaná bolest je tlumena. Otoky jsou zásadně redukovány, stejně tak záněty. Významně je akcelerován proces hojení vazů, svalové tkáně, kostí i kloubních spojení. Doba rekonvalescence těchto tkání rapidně klesá. Účinky lokální kryoterapie se násobí s každou aplikací. Nejlepších účinků je dosahováno při minimálně týdenní každodenní reaplikační kůře. [8]

Zdrojem nízkých teplot jsou chladicí média, jejichž volba pak ovlivňuje i průběh, intenzitu a dobu trvání kryoterapie. Kapalné médium je většinou skladováno v nádobě pod tlakem. Při terapii se z nádoby uvolní do aplikátoru, kde se pod nízkým tlakem vaporizují v plyn. Nejčastěji používaným médiem je LN_2 – kapalný dusík. Jeho teploty dosahují v kapalném stavu $-196\text{ }^\circ\text{C}$, ve skupenství páry až $-160\text{ }^\circ\text{C}$ [9], což má za následek rychlou a intenzivní terapii. Jeho extrémně nízká teplota je však zároveň také jeho nevýhodou, jelikož může způsobit popáleniny nebo naopak omrzliny kůže. Při správném zacházení toto riziko hrozí minimálně. Dalším příkladem chladicího média je CO_2 – oxid uhličitý, který v kapalném skupenství dosahuje $-78\text{ }^\circ\text{C}$ [10]. Dále se hojně využívá vzduch čerpaný z okolního prostředí, který je následně kompresován a ochlazen. Tento vzduch dosahuje teplot až $-32\text{ }^\circ\text{C}$. Přístroje využívající toto médium mají výhodu v tom, že nevyžadují další spotřební materiál, který je nutné vyměňovat a skladovat. Jejich použití je tedy ekonomičtější díky nepotřebě doplňovat materiál a výhodnější z hlediska úspory prostoru.

Média se liší nejen teplotami, ale také využitím. Zatímco kapalný dusík a chlazený vzduch se využívají ve vnitřních prostorách, přístroje aplikující CO₂ jsou často přizpůsobeny do podmínek exteriéru. Jsou využívány například u běžeckých okruhů, kde se v případě zranění aplikují ihned na místě.



Obr. 2- 4 Použití přístroje s CO₂; ošetření obličeje chlazeným vzduchem [10][11]

Využití chlazeného vzduchu se liší některými způsoby aplikace. Kupříkladu v oblasti kosmetiky se používají různé nástavce, například na pleť, přes které je pak médium nanášeno na celou oblast obličeje. To by s kapalným dusíkem, z důvodu extrémně nízkých teplot a rizika omrzlin, provést nešlo. I ten se ale v kosmetice používá, neumožňuje však delší působení na jedno místo.

Díky nízkým teplotám zprostředkovaným chladícími médii je možné dosáhnout široké škály účinků. Využívá se k úlevě od bolesti, zmírnění otoků a zánětů, pooperačním rehabilitacím, urychlení léčby zranění. [12] V ortopedii může být použita k léčbě artritidy, osteoartritidy a jiných onemocnění pohybového aparátu. V kosmetice jsou jeho účinky zaměřeny na oblast redukce celulitidy, léčbě kožních problémů jako je akné či ekzém, nebo i k redukci vrásek. Používá se také ve sportovním prostředí, kde pomáhá s urychlením regenerace těla a s celkovým zlepšením výkonu. Kryoterapie by měla také posilovat imunitu a celkovou odolnost organismu a snižovat úzkost a stres. [13]

Pro tuto práci byl zvolen přístroj aplikující kapalný dusík. Aplikace s dusíkem jsou krátké, terapie trvá většinou 3 minuty. Pro potřeby intenzivnější terapie je možné zákrok zopakovat po 10 minutách. [9]

2.2.4 Designérská analýza

Cryo Local Polar Bear

Tento produkt je výrobkem polské společnosti Vacu Activ. Ovládá se přes 10" displej umístěný v horní části přední plochy na mírně nakloněné ploše. Nabízí volbu několika programů dělených do kategorií obličej, tělo a vrchní a spodní část těla. Mimo tyto předdefinované programy lze zvolit manuální program, kde je možné nastavit jednotlivé hodnoty vhodně vůči danému problému. Nad displejem je červené nouzové tlačítko pro okamžité přerušení provozu.

Objem nádoby je 50 l. Rozměry přístroje jsou: 630 mm šířka, 1180 mm výška a 670 mm hloubka. Výška včetně ramena je 1930 mm. [14]

Měkké tvarování hlavního objemu, působící až mírně nafouklým dojmem, je adekvátní k uvnitř se nacházející nádobě válcového charakteru. Je dostupný ve dvou barevných variantách – v černé a bílé. U varianty s černým základem je kryt doplněn o modrou barvu v krytu oddělující část přístroje s ovladači. U bílé varianty je tato část zbarvena šedě. Součástí obou variant je tyrkysově podsvícené odsazení bočních částí krytu. Konstrukce těla je podložena podvozkem se čtyřmi koly pro snadnější převoz. Z hlavního objemu vychází v horní zadní části prvek, ve kterém je vsazeno rameno pro podepření hadice. Skládá se z flexibilního plechu, na jejímž konci je v plastovém krytu upevněn hák, který hadici podepírá. Na konci hadice je aplikační hlavice, která má ergonomicky tvarovaný úchop. Součástí aplikační hlavice je také ovládací panel. Obsahuje čtyři světelné LED ukazatele, které znázorňují intenzitu vycházejícího proudu. Tu lze regulovat pomocí tlačítek + a -. Součástí je také tlačítko pro zastavení. Hlavice vysílá dva laserové paprsky, které indikují bezpečnou vzdálenost aplikátoru od pokožky.



Obr. 2- 5 Cryo Local Polar Bear [15][14]

Cryo Penguin

Cryo Penguin je produktem společnosti °CRYO Science. Přístroj obsahuje nádobu o objemu 50 l. Ovládá se pomocí 10" displeje umístěného na přední části. Displej se nachází na nakloněné ploše, aby jeho ovládání bylo pro uživatele co nejdostupnější.

Disponuje několika bezpečnostními funkcemi, jako je laser upřesňující místo, kam se chlad zaměřuje a kontrolující vzdálenost aplikátoru od pokožky. Dále mění se LED barva upozorňující na kritickou teplotu kůže, což předchází přechlazení pokožky. Také červené nouzové tlačítko umístěné na nejdostupnějším místě pro okamžitou možnost stlačení. Výhodou tohoto zařízení je také světelné a zvukové upozornění, které varuje uživatele v případě potřeby výměny nádoby s dusíkem. [16]

Tvarování je spíše geometrického charakteru. V zadní části přiznává válcovou nádobu s kapalným dusíkem. Objem je členěn na tři části. Základem je bílé krytování, které doplňuje šedý zadní kryt, který slouží jako dvířka pro přístup k nádobě. Horní plochy jsou zbarveny černě a opticky tak oddělují ovladače. Z této plochy také vychází kruhová tyč, na jejímž konci je hák prvek pro zavěšení hadice. Součástí je i ergonomická aplikační hlavice s tlačítky pro rychlý přístup a správu ošetření. Stejně jako u samotného přístroje, má tmavě oddělenou část s ovladači. Na jejím boku je výkroj pro úchop.

Přístroj obsahuje podvozek se čtyřmi koly, které jsou barevně v souladu s přístrojem. Podvozek s kolečky má také samotná nádoba, což by mělo usnadňovat její převoz.



Obr. 2- 6 Cryo Penguin [16]

CRYO LC

Produkt od společnosti CryonIQ má průtok nastavitelný na 4 různé úrovně v závislosti na velikosti léčeného povrchu a konkrétnímu problému klienta. Spotřeba kapalného dusíku pro jednu desetiminutovou terapii je uváděna od 1 do 1,5 litru. Je vybaven laserovým měřením vzdálenosti aplikační hlavice od pokožky a senzorem, který sleduje teplotu pokožky, aby se zabránilo jejímu podchlazení. Ovládání probíhá přes 10" displej, kde lze pozorovat délku procedury, teplotu pokožky uživatele, vzdálenost hlavice od pokožky. [17]

Jeho rozměry činí 485 mm na šířku, 550 mm na hloubku a 995 mm na výšku. Přístroj má hmotnost 30 kg v nenaplněném stavu a 70 kg v případě plné 50l nádoby. [18]

Konstrukce přístroje je řešena velmi minimalisticky. Nádobu není uzavřena pod krytem, je pouze obalena textilním prvkem s geometrickým vzorem, který dodává přístroji průmyslový výraz. Je uložena na plastovém podvozku se čtyřmi koly. Podvozek v jeho přední části disponuje děrami na odložení topného tělesa při doplňování nádoby. Z přední částí vychází rovná obdélníková plocha, ze které vystupuje madlo pro převoz. Tato plocha vyvyšuje displej do patřičné úrovně. Po bocích jsou prvky pro odložení hlavice. Aplikační hlavice není nijak ergonomicky tvarována, jedná se o prostý válec, na jejímž konci je kvádr pro uložení komponentů. Přístroj neobsahuje rameno pro podepření hadice.

Přístroj je dostupný ve dvou variantách obalu nádoby – stříbrná a antracitová. Do toho je možné nastavit LED podsvícení loga ve 12 barevných provedeních. [18] Tato možnost nastavení různých barev dává uživateli příležitost přizpůsobit si vizuál přístroje vlastní identitě.



Obr. 2- 7 Cryo LC [17]

Cryo-T Elephant

Tento produkt společnosti Metrum CryoFlex je nejprodávanějším mezi kryoterapeutickými přístroji na kapalný dusík. Přístroj nabízí více možností objemu nádoby, nejtypičtější je ale 60l dewar. Je vyráběn také v menší variantě – Cryo-T Elephant Mini (viz obr. 2-7 vpravo), která je konstruována pro nádobu o objemu 35l. [19]

Cryo-T Elephant Mini je velmi otevřený, podobně jako Cryo LC výše. Nádoba je uložena na podvozku, z přední strany je průhledný kryt a nahoře ovládací panel. Podpěrné rameno je umístěno na hrdle a jedná se o drátěnou konstrukci.

Cryo-T Elephant je konstruován také v otevřené formě, s krytováním pouze z přední strany. V horní části je displej a níže se nachází madlo pro manipulaci. Otevřené krytování umožňuje přístup k nádobě s dusíkem ze zadní strany.

Rozměry větší verze činí (533 × 1092 × 787) mm. Na 5.7" displeji jsou zobrazeny základní údaje, jako je teplota média, úroveň jeho průtoku a doba do konce terapie (výchozím nastavením bývají 3 minuty). [20]

Po boku displeje se nacházejí tlačítka pro ovládání přístroje. V jeho zadní části je rameno podporující hadici v určité úrovni. Ve spodní části předního krytu se po levé straně nachází prvek pro odložení aplikační hlavice. Nádoba je uložena na podvozku přístroje s kolečky a jištěna kolíky. Z něj se v případě potřeby doplnění nádoby musí vyjmout a přenést na vlastní podvozek pro převezení ke kryogenní nádrži. Aplikační hlavice je válcového tvaru. Její součástí je bíle odlišený prvek, který obsahuje laser indikující vzdálenost trysky od pokožky. Tato část je odnímatelná. Podpěrné rameno je, stejně jako u verze Mini, vytvořeno z drátěného kusu.



Obr. 2- 8 Cryo-T Elephant a Cryo-T Elephant Mini [21][20][22]

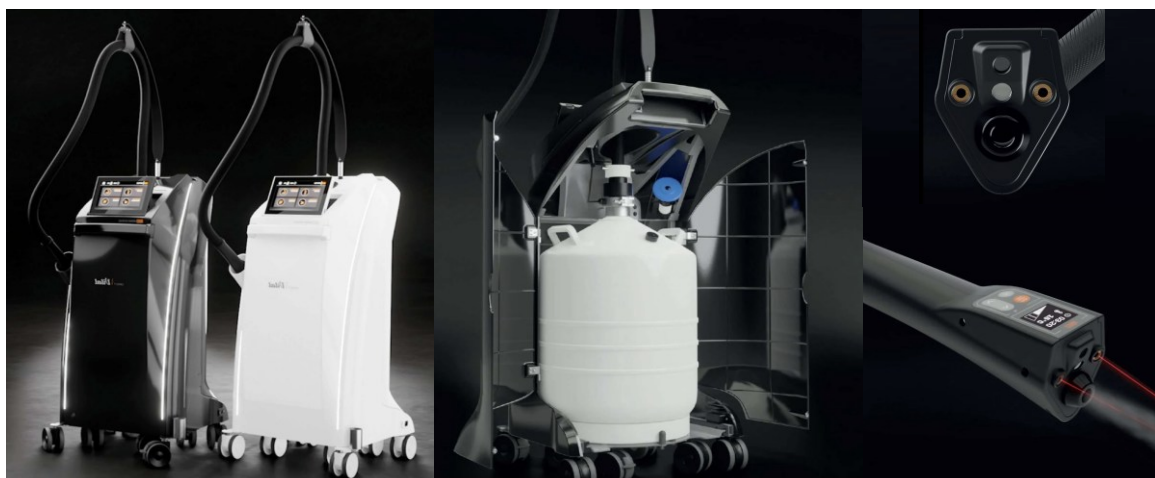
Cryo-T Vital

Nejnovějším produktem na trhu je právě Cryo-T Vital. Je to přístroj nabízený společností Metrum CryoFlex, stejně jako předchozí produkt. Na 10.1" displeji nabízí volbu programu závisle na ošetřované partii. Disponuje také kamerou s termovizí, jejíž obraz lze přes displej zaznamenat a uložit. Mimo to je zobrazena teplota pokožky a teplota páry na výstupu, zbývající čas terapie, aktuální stav obsahu dusíku v nádobě a regulovatelná škála intenzity proudu. Displej lze vyklopit a nastavit si jeho úhel natočení dle potřeb. [23]

Ovladače jsou také na aplikační hlavici, kde lze pomocí šipek regulovat proud, nebo tlačítky pozastavit nebo přerušit proces. Součástí je i displej, který zobrazuje čas, teplotu a intenzitu terapie.

Nádoba s dusíkem má objem 50 l, rozměry přístroje jsou (626 × 1180 × 650) mm. S přidaným podpěrným ramenem výška roste na 1848 mm. Hmotnost přístroje bez nádoby činí 30 kg. [24]

Produkt je nabízen ve dvou barevných variantách – plně černá a plně bílá. Tvarování je spíše organické. V zadní části napodobuje kulatou nádobu a přední stěny jsou ploché. Zezadu jsou dvířka, která po jejich otevření umožňují přístup k nádobě. Po odjištění hrdla lze s nádobou vyjet. Přístroj má celkem osm koleček, což z určitého úhlu může působit přehnaně. Čtyři kolečka patří podvozku přístroje a čtyři podvozku nádoby. Umožňuje to snadnou manipulaci s oběma částmi. Madla má přístroj dvě, jedno vepředu na nižší výškové úrovni a druhé vzadu výše. Od zadního madla k předním kolečkám vybíhá křivka podtržená akcentním podsvícením ve studených teplotách. Z horní plochy vychází rameno. V jeho spodní části je pružný prvek, na nějž je napojeno samotné rameno. To umožňuje flexibilní pohyb s hadicí. Rameno je zakončeno okem pro podepření hadice. Aplikační hlavice nemá konkrétní tvar, ani tvarovaný úchop. Vychází z kruhové hadice a je zakončena nepravidelným pětiúhelníkem, který odpovídá komponentům na hlavici.



Obr. 2- 9 Cryo-T Vital [23]

Local Cryo Iceberg

Local Cryo Iceberg je produkt vyráběný firmou Vacuactivus. Stejně jako Cryo-T Elephant, je nabízen ve dvou velikostních variantách.

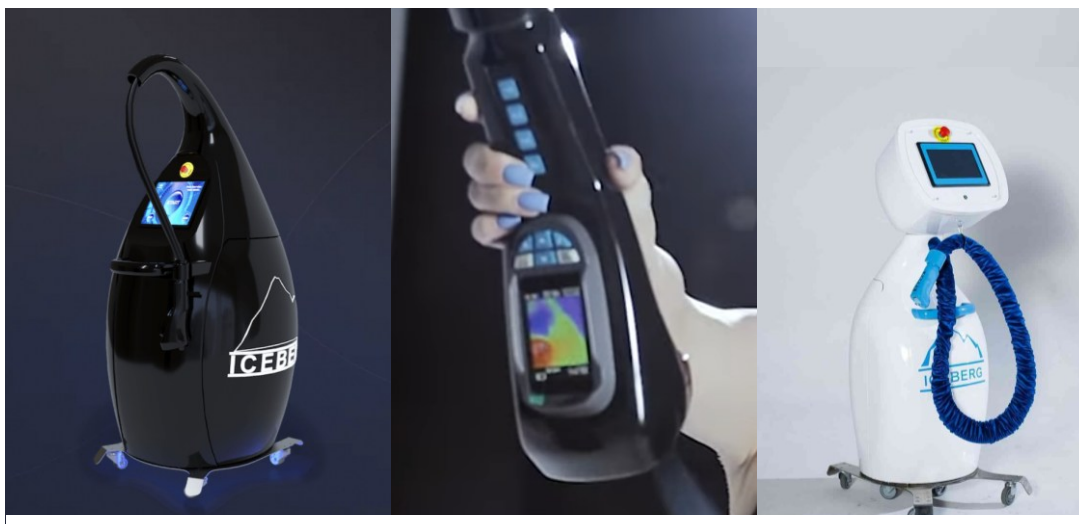
Větší varianta je navržena pro nádobu o objemu 50 l, přičemž celkové rozměry přístroje jsou (730 × 1590 × 770) mm. [25] Menší varianta je určena pro 25l nádobu a její rozměry činí (570 × 1390 × 720) mm. [26]

Obě jednotky jsou vybaveny 11palcovým dotykovým displejem, senzorem pro měření teploty, 4 úrovněmi intenzity chladícího proudu, přednastavenými programy pro jednodušší aplikaci chladu. Aplikační hlavice disponuje kamerou s termovizí, 2,4" displejem pro vykreslení teploty oblastí pokožky a laserem indikujícím správnou vzdálenost pro předejití podchlazení kůže. [26]

Větší verze přístroje Iceberg (obr. 2-9 vlevo) je tvarována organickými křivkami, které přes objem postupně vyústí až nahoře u výstupu hadice. Toto tvarování je tedy i podporou hadice. Mezi podporou a displejem je výrazně značené tlačítko pro nouzové zastavení přístroje. Přístroj je podložen plechovým podvozkem se čtyřmi koly. V něm se nachází zvlášť podvozek nádoby, který má také čtyři kola. Po otevření zadního krytu lze tak vyjet s nádobou ven. Přístroj je dostupný v plně černém a plně bílém zbarvení.

Menší varianta (obr. 2-9 vpravo) je inspirována tvarováním té větší. Rozdílem je ale zakončení horní části. Zde je nasazen druhý objekt, jehož součástí je displej a nouzové tlačítko. Tento objekt je vůči celku poměrně objemný a způsobuje tak optickou nestabilitu celku. Pod displejem je hák, který drží hadici, hlavice tak volně visí. Podvozek je řešený stejně jako u větší varianty. Nabízené barvy se ale liší. Tato verze je dostupná v bílém základu s doplněním o tyrkysové prvky, nebo v černém základu s červenými prvky.

Aplikační hlavice má tvarovaný úchop pro ruku. Její průřez je od hadice konstantní a v určitém bodě se začíná rozšiřovat. V tomto bodě je hlavice uchopována.



Obr. 2- 10 Local Cryo Iceberg [25][26]

Cryo Q

Cryo Q je také produktem společnosti Vacuactivus. Návaznosti na dříve představený produkt Cryo Local Polar Bear mi nejsou známy, podobnosti s tímto přístrojem se však nedají zapřít. Tvarování je mírně obléjší, především ve spodní části. Základní objem přechází přes organickou hranu zlomu k přední ploše. Ta je opět členěna oblou křivkou v horní části a oddělena modrým krytováním. To je na rozdíl od konkurenta koncipováno vystouple. V modré části je vsazen displej a nad ním se nachází tlačítko pro nouzové přerušování provozu. Boční kryt je obdobně rozčleněn oválnějším tvarem a podsvícen tyrkysovým osvětlením. Podvozek je vytvořen z plechového dílu opatřeného čtyřmi kolečky. V horní zadní části je rameno z ohýbaného plechu organického tvarování. Je odlehčeno oválným otvorem. Na konci je oko pro hadici uloženo v plastové konstrukci. Aplikační hlavice je uložena v držáku vyčnívajícím z boční části přístroje.

Rozměry přístroje činí 696 mm šířka, 690 mm hloubka a 1203 mm výška, 1927 mm výška s ramenem. Disponuje 2m hadicí a 50l dewarem, který je vybaven senzory pro měření hladiny dusíku. [27]

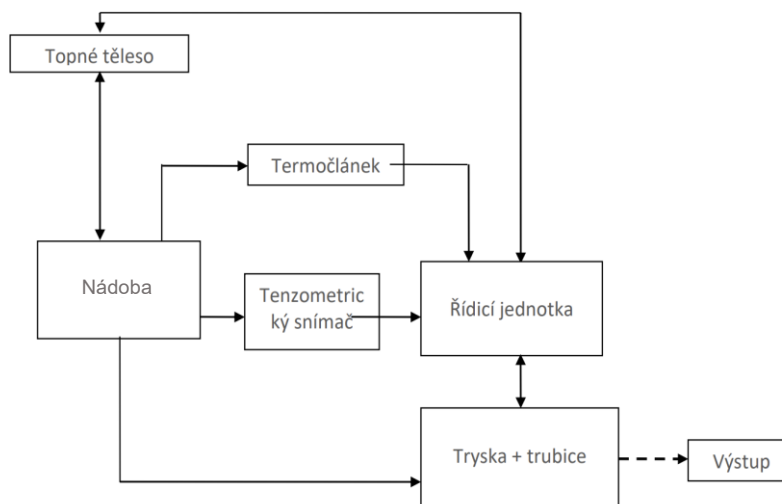
Aplikační hlavice obsahuje ovládací prvky pro přidání či ubrání intenzity proudu a pozastavení a spuštění par dusíku. Čtyři body zobrazují nastavenou intenzitu proudu. Ve střední části je mírně zúžena a ze strany vykrojena, což vytváří prostor pro úchop.



Obr. 2- 11 Cryo Q; aplikační hlavice Cryo Q, Cryo Local Polar Bear [28][27][15]

2.2.5 Technická analýza

Pracovním médiem přístroje je kapalný dusík LN₂ obsažený v dewaru. Dusík v nádobě má teplotu -196 °C a díky jeho extrémní teplotě zprostředkovává chlad pro kryoterapii. V dewaru dochází k vaporizaci dusíku, tedy přeměně kapaliny v páru, díky tepelné energii dodávané výkonem topného tělesa. Odpařený dusík postupně prostupuje ve formě páry kryogenní hadicí do trysky. Z ní vystupuje a je tak aplikován na pokožku. Přetlak, který vzniká v nádobě, je dostatečný k tomu, aby páry dusíku samovolně proudily z dewaru nahoru přes izolovanou kryogenní hadici. [29]



Obr. 2- 12 Schéma přístroje [29]

Přístroj se ve většině případů ovládá displejem. Na něm lze nastavit čas terapie a reguluje se výkon topného tělesa, tedy intenzita vycházejícího proudu. Jsou tam také zobrazeny informace o teplotě aplikované páry, teplotě pokožky pacienta a zbývajícím obsahu dusíku v dewaru.

Teplota výstupní páry je měřena termočlánekem umístěným v trubici. Teplota povrchu kůže je měřena teplotním senzorem, který je součástí aplikační hlavice. Pod nádobou se nachází tenzometrický snímač, který poskytuje informace o obsahu dusíku v nádobě.

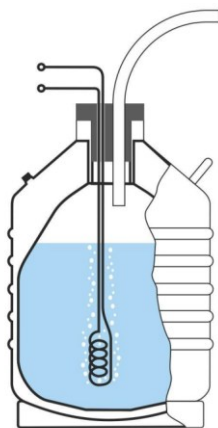


Obr. 2- 13 Náhled displeje [30]



Obr. 2- 14 Popis částí přístroje [31]

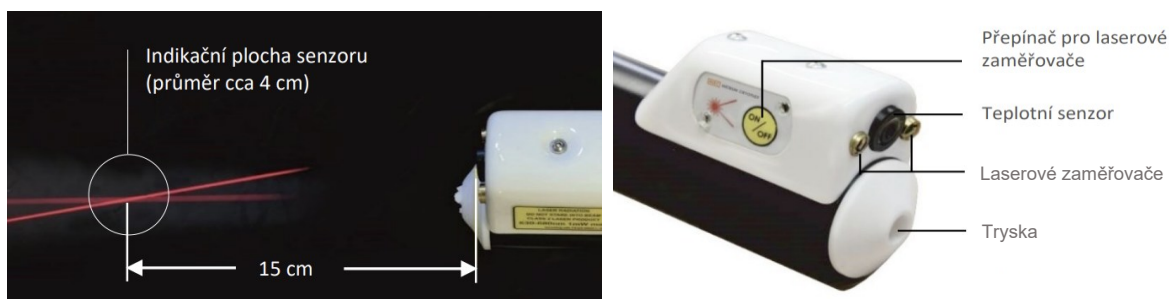
Konstrukce přístroje je uložena na podvozku se čtyřmi koly s brzdou. V některých případech je uvnitř zvlášť podvozek nádoby, pro usnadnění jejího převozu. Nádoba mívá nejčastěji objem 50 l. Nádoby s menším objemem se používají spíše pro přístroje, které jsou pronajímány pacientům domů. Do regeneračních center jsou méně vhodná, především kvůli tomu, že se musejí častěji doplňovat. Součástí dewaru jsou dvě madla v horní části a ventil. Hrdlo nádoby je pomocí svorky upevněno k topnému článku a poté spojovací maticí k trubici.



Obr. 2- 15 Dewar s topným tělesem [32]

Na konci hadice se nachází aplikační hlavice s tryskou, ze které vystupují páry dusíku. Hlavice se v její nečinnosti ukládá do držáku pro ni určeného. Někdy je tento držák pouze okem pro odložení, někdy je jeho součástí vana pro odkapávání uniklého média.

Součástí je také teplotní IR senzor pro měření teploty pokožky a laserové zaměřovače zajišťující bezpečnou vzdálenost aplikátoru od pokožky. Dva laserové paprsky jsou vyslány pod úhlem 15 °. Protínají se ve vzdálenosti 15 cm, což je považováno za bezpečný odstup od pokožky. [29]



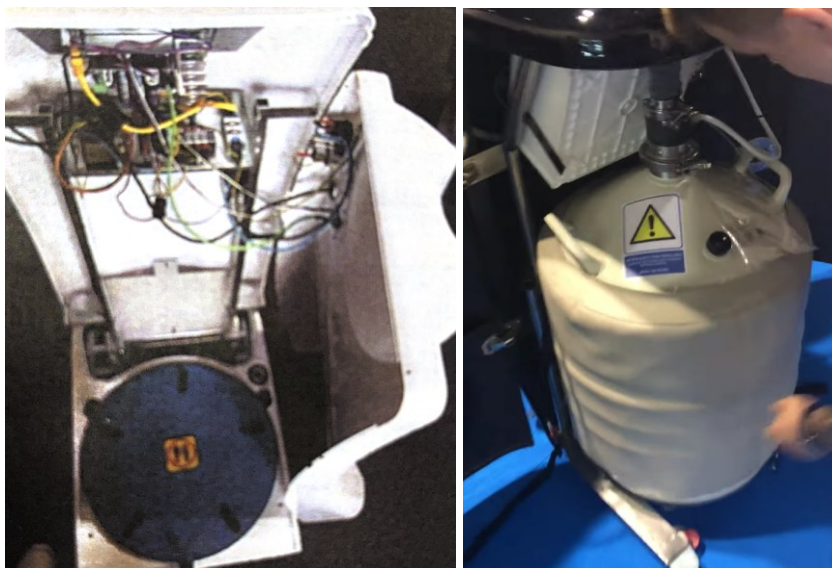
Obr. 2- 16 Aplikační hlavice, laserové zaměřovače [29]

Když se dusík v dewaru vypotřebuje, musí se připravit k převozu. Nejprve je nutné odpojit všechny kabely, poté se odjistí matice spojující trubici s topným tělesem. S nádobou se vyjede ven a odjistí se svorka spojující hrdlo nádoby s topným tělesem. Těleso se vyjme z dewaru a vloží do prvku sloužícího pro jeho odložení. Hrdlo se zajistí patřičnou zátkou a převezí ke kryogenní nádrži. Zátka se na místě odejme, dusík je doplněn a po zajištění nádoby a navrácení topného tělesa je přístroj opět připraven k provozu.



Obr. 2- 17 Postup přípravy dewaru k převozu [29][33]

Na dalším obrázku lze vidět přístroje Cryo-T Elephant a Cryo Local Polar Bear po otevření zadní části krytování. Komponenty jsou umístěny v horní části u displeje v elektrické skříňce vyvýšené ocelovou konstrukcí. Největším velikostním omezením vnitřních prostor přístroje zůstává dewar s dusíkem.



Obr. 2- 19 Nahlédnutí pod krytování [34][35]

Rozměry a hmotnost dewaru

Rozměry přístroje se odráží od rozměrů nádoby s dusíkem. Návrh je přizpůsoben 50l dewaru, což je nejčastěji využívaný objem. Rozměry 50l dewaru činí $\varnothing 462 \times 810$ mm. Nádoba tohoto objemu má v nenaplněném stavu hmotnost 17 kg. [36] Při úplném naplnění nádoby 50 l kapalného dusíku o hustotě $808,6 \text{ kg/m}^3$ [37] by celková hmotnost činila necelých 57,5 kg.

$$V := 50 \text{ l}$$

$$m_{\text{prázdná}} := 17 \text{ kg}$$

$$\rho := 808,6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \rho = 0,809 \frac{\text{kg}}{\text{l}}$$

$$m_{\text{dusíku}} := V \cdot \rho$$

$$m_{\text{dusíku}} = 40,43 \text{ kg}$$

$$m := m_{\text{prázdná}} + m_{\text{dusíku}} = 57,43 \text{ kg}$$

Obr. 2- 20 Výpočet hmotnosti dewaru

2.2.6 Uživatelská analýza

Pro bližší porozumění použití přístroje v praxi bylo navštíveno brněnské regenerační centrum Náskok. Jednou z pracovníků tohoto centra mi byl představen přístroj Cryo-T Elephant. Bylo mi umožněno nahlédnout do procesu kryoterapie poskytnutím možnosti jedné terapie přihlížet. Dále mi byly poskytnuty základní informace o popisu a funkcích přístroje a popsán celý proces práce s ním.

Dozvěděla jsem se zde například práci s intenzitami proudu a časem terapie. Čas terapie se nemění, je fixně nastaven vedením na délku 3 minut. V případě potřeb je terapie spuštěna podruhé. Intenzita proudu je regulována závisle na části, na kterou je dusík aplikován. Nejmenší intenzita je využívána na prsty a menší části těla, střední intenzita například pro obličej nebo kotník. Největší intenzita je aplikována na větší partie, jako jsou záda, ramena, nebo koleno.



Obr. 2- 21 Detail přístroje zezadu; držení aplikační hlavice, vlastní foto

Důležité bylo zjištění, že dusík v nádobě je manuálně doplňován obsluhou přístroje. Když je ho nedostatek, je potřeba dewar převézt ke kryogenní nádrži, která se nachází v exteriéru a tam je plněn kapalným dusíkem. Právě při převozu k této nádrži se ukázal první velký uživatelský problém, a to manipulace s dewarem. Konkrétně tento přístroj nebyl vybaven podvozkem dewaru, bylo tedy poněkud obtížné jej k nádrži dopravit. Zde je to řešeno zajištěním vlastní platformy se čtyřmi kolečky, na kterou je dewar přenášen. Z důvodu jeho velké hmotnosti je ale obtížné jej vůbec zvednout, natož přesunout na tuto platformu. Problém taky nastal v momentě převozu přes práh do exteriéru, který byl pro kolečka obtížný zdolat.



Obr. 2- 22 Kryogenní nádrž v Náškovu, vlastní foto

Dalším navštíveným centrem bylo taktéž brněnské regenerační centrum zaměřené na tento typ terapií – Mráz léčí nacházející se v Novém Lískovci. Centrum je vybaveno několika přístroji Kriosan od společnosti Kriosystem. Tyto přístroje využívají na akcích v exteriéru a půjčují je pacientům do domácnosti. Pro služby kryoterapie přímo v centru jsou vybaveni přístrojem Cryo-T Elephant, stejně jako regenerační centrum Náškok.



Obr. 2- 23 Přístroje v centru Mráz léčí, vlastní foto

Obsluha mi předala svoje poznatky o jednotlivých přístrojích a problémech s nimi. Jednalo se například o problém s tenzometrickým snímačem a jeho nespolehlivostí. Měřená úroveň hladiny dusíku zobrazovaná v procentech vykazuje značnou nepřesnost. Naměřené hodnoty kolísají až o 25 %, a to v rámci velmi krátkých časových intervalů. Obsluha proto nádobu protřepává, aby měla přehled o množství dusíku, což je nevyhovující a nevhodné řešení.

Obsluha zmínila, že přístroje mají již 12 let, tím pádem je jejich životnost poměrně dlouhá. Každý přístroj je kompatibilní pouze se specifickými nádobami, aby bylo zajištěno správné napojení hrdla.

Dewar je potřeba doplňovat i několikrát denně, závisle na četnosti provedených terapií. Při provedení této činnosti se potvrdili potíže s manipulací nádoby při jejím převozu. Jelikož bylo také potřeba nádobu dopravit k nádrži venku, přičemž po cestě se nacházelo několik překážek ve formě schodku, přeprava se ukázala být opět obtíží. Zde přepravovali nádobu ručně dva dospělí muži, kteří i ve dvou měli potíže s přenesením naplněného dewaru.



Obr. 2- 24 Doplňování dewaru v Mráz léčí, vlastní foto

Nakonec mi byl chladivý dusík aplikován na zvolenou část. Podstoupila jsem kryoterapii zápěstí, což mi umožnilo nahlédnout na věc i ze strany pacienta. Samotnou aplikaci chladu hodnotím jako příjemnou. Došla jsem ale k poznatku, že bych na místě pacienta ocenila informaci o čase zbývajícím do konce terapie. Informace je zobrazena pouze na displeji a je určena spíše pro obsluhu. Pacient většinou leží na lůžku, závisle na léčeném místě. Z lůžka na displej nedohlédne a nemá tak možnost pozorovat ubývající čas.

2.3 Shrnutí hlavních zjištění

Rešeršní analýza potvrdila účinnost lokální kryoterapie. Odborné články i experimentální studie naznačují, že aplikace extrémně nízkých teplot může významně přispět ke zmírnění bolesti a zánětů. Zájem o kryoterapii mezi pacienty i provozovateli roste, což dokládají data o prodeji kryoterapeutických přístrojů.

Přístroje pro lokální kryoterapii spadají pod zdravotnické prostředky a musí splňovat příslušné normy, zejména v oblasti bezpečnosti, elektromagnetické kompatibility a kryogenních nádob. Byly identifikovány specifické požadavky, které musí zařízení splnit.

Byla zmapována oblast přístrojů vyskytujících se aktuálně na trhu. Převažují spíše organicky tvarované uzavřené objemy zbarveny černě, bíle, nebo šedě. Některé využívají světelné podtržení jako estetický prvek tvarování nebo loga. V přední části se vždy nachází madlo pro manipulaci s přístrojem. Modely obsahují displej, který slouží pro zobrazení a regulaci potřebných parametrů. Dewar má obvykle objem 50 l a bývá nejčastěji uložen na podvozku se čtyřmi koly a čtyři kola má i samotná konstrukce přístroje. Hadice je podepřena ramenem, které je vytvořeno většinou plechovým prvkem, který je zakončen okem pro hadici, drátěným kusem, nebo je součástí plastového krytování. Velice rozmanité je tvarování aplikační hlavice. U této části je tvarování velmi podstatné, jelikož se jedná o ruku uchopovanou část a tvar tak určuje ergonomickou kvalitu. Liší se jak průřezy hlavice, tak její celkové tvarování. Hadice se ukládá do držáku pro ni určeného, který se nachází na jedné z boční částí přístroje. Tento prvek musí být koncipován tak, aby tryska hlavice směřovala dolů a bylo tak umožněno odkapávání média. Přístroj také musí obsahovat prvek pro odložení topného tělesa při jeho vyjmutí z nádoby. Bývá vkládán do válce z plechu, který je umístěn ve spodní části přístroje. Je buď v podvozku přístroje, nebo po boku krytování. Prvky pro odložení svorky a zátky nebyly upozorovány, mohly by však být příhodným přídatkem.

Nejcennější poznatky pro technickou analýzu poskytly rozhovory s pracovníky a návštěvy odborných pracovišť. Servisní manuál poskytnutý obchodním manažerem DN Formed mi byl velmi nápomocný v přehledu o vnitřním uskupení částí přístroje a všech použitých komponentech.

V rámci uživatelské analýzy byla navštívena dvě regenerační centra, kde bylo pozorováno používání přístrojů a zaznamenány klíčové problémy. Největším problémem je manipulace s dewarem. Převoz nádoby ke kryogenní nádrži bývá náročný, zejména když přijde na překonávání schodků nebo prahů. Zkoumané přístroje sice na rozdíl od ostatních na trhu neobsahovaly podvozek s kolečky, ale na některé prahy a schodky by dle mého názoru podvozky přístrojů na trhu nestačily. Navíc podvozek pouze nadlehčuje nádobu, ale z ergonomického hlediska to není zcela dořešeno. Uživatel tlačí dewar na podvozek za ucha nádoby, přičemž dochází ke skrčení zad.

Dalším problémem se ukázala být nepřesnost váhového senzoru. Hladina dusíku je měřena tenzometrickým snímačem, jehož hodnoty mohou kolísat až o 25 %, což vede k neefektivnímu odhadu zbývajících množství média. Cílem bude zvolit jiný a efektivnější způsob měření hladiny dusíku.

Problémem může být také nedostatečný přístup pacienta k informacím o zbývajícím čase procedury. Přístup k této informaci by mohl přispět k lepšímu vnímání komfortu během aplikace.

2.4 Identifikace novosti a příležitosti

Hlavním identifikovaným problémem je obtížná manipulace s dewarem při jeho přepravě ke kryogenní nádrži. Ze všech v analýze zkoumaných přístrojů nebylo shledáno ani jedno řešení podvozku jako dostatečně vyhovující pro přepravu přes práh. Nabízí se zkoumat možnosti konstrukce podvozku či jiného způsobu přepravy nádoby, který by ulehčil tuto činnost a odstranil nebo alespoň redukoval problémy s manipulací dewaru.

Další potenciální potíží k řešení je nulová komunikace přístroje s pacientem. Ošetřovanému by měla být poskytnuta informace o zbývajícím času terapie, aby jeho pocit z terapie byl důvěřivější a pocit komfortu a jistoty vzrostl.

Pro snížení nepřesností při měření obsahu dusíku v dewaru je nutné najít spolehlivější metodu, jelikož váhový senzor se ukázal být nespolehlivý. Proto bude nutné prozkoumat alternativní způsoby, které uživateli přesněji sdělí zbývajícím množství dusíku. Vzhledem k omezeným informacím poskytovaným výrobcem bude hledání zaměřeno na obecné způsoby měření v kryogenních podmínkách.

Přístroj by měl být navržen minimalisticky, aby byla podpořena univerzálnost a jeho vhodnost do zdravotnického prostředí.

3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

Na základě dosavadní analýzy existujících řešení v oblasti přístrojů pro lokální kryoterapii byly stanoveny problémy k řešení a příležitosti pro zlepšení navrhovaného konceptu. Tato zjištění vedla k definici konkrétních cílů práce.

3.1 Vymezení problému

3.1.1 Název produktu a jeho klasifikace

Tématem diplomové práce je design přístroje pro lokální kryoterapii. Jedná se o zdravotnický přístroj sloužící ke kryoterapeutickým účelům. Přístroj se využívá ke krátké aplikaci extrémně nízkých teplot na postižené místo. Využívá se především v rehabilitačních, regeneračních a fyzioterapeutických centrech, zdravotnických střediscích a nemocnicích.

Přístroj je materiálním produktem. Konkrétně se jedná o speciální spotřební zboží. Výrobci přístrojů pro lokální kryoterapii obvykle zaručují dobu bezpečného provozu zařízení v délce 10 let.

3.1.2 Specifikace zákazníka

V současnosti na evropském trhu dominují přístroje polské společnosti Metrum CryoFlex. Dalšími konkurenty jsou firmy CryoScience, Kriosystem, Cryomed, Vacuactivus, nebo třeba Cryoniq.

V zadání nebyl zákazník specifikován. Předpokládá se fiktivní společnost obdobná výše zmiňovaným, tedy společnost nadnárodního charakteru specializující se na medicínské, nebo přímo kryoterapeutické přístroje. Cílem zákazníka je získat atraktivní produkt, který bude splňovat požadované funkční, ergonomické a estetické aspekty za přívětivou pořizovací cenu.

3.1.3 Specifikace spotřebitele

Spotřebitelem jsou všechna rehabilitační, regenerační, fyzioterapeutická, lázeňská a zdravotnická centra a nemocnice, která nabízejí nebo chtějí nabízet služby lokální kryoterapie.

Zaměstnanci těchto organizací jsou primárním uživatelem. Jsou to zdravotní sestry, nebo personál vyškolený k práci s aplikací kapalného dusíku. Tito uživatelé předpokládají snadnou a rychlou práci s přístrojem a možnost regulace dle individuálních potřeb. Jelikož se přístroj přemísťuje v rámci ordinace, je potřeba jej tomu přizpůsobit. Mimo to se bude převážet do exteriéru pro doplnění kapalného dusíku. Uživateli by tedy měl být usnadněn převoz přístroje přes práh.

Sekundárním uživatelem je pacient. Není s přístrojem v přímém kontaktu, avšak je důležité, aby na něj přístroj působil příjemně a nevytvářel nevlídné dojmy.

3.1.4 Specifikace možného trhu, ceny a výrobních technologií

Vzhledem k charakteru produktu, přístroj bude vyráběn malosériově a nabízen primárně na evropském trhu. Produkt musí být v souladu s evropskými normami, které se vztahují na tento typ přístroje.

Cena přístrojů pro lokální kryoterapii využívající kapalný dusík jako médium se pohybuje v rozmezí 150 000–350 000 Kč. Odvíjí se od využitých technologií, obsažených funkcí, kvality materiálů apod. Přístroj navrhovaný v této diplomové práci se bude pravděpodobně přibližovat průměrné až vyšší částce, neměl by ji však překročit.

Jako materiál krytování se předpokládá plast. Pro přístroje tohoto typu se využívá nejčastěji ABS plast, mimo jiné kvality i z hygienických důvodů. Možnosti technologie pro tento materiál jsou nejčastěji vstřikování plastů nebo vakuové tvarování. Technologie vstřikování přináší méně tvarových omezení, tudíž by byla preferována.

3.1.5 Vymezení problému

Analýzou stávajících řešení přístrojů pro lokální kryoterapii byly vytyčeny parametry, které jsou pro návrh zařízení omezující. Nejzásadnějším rozměrovým omezením je dewar o objemu 50 l, který stanovuje základní objem přístroje. Dále byly identifikovány problémy, které budou řešeny v návrhu diplomové práce. Jedním z hlavních problémů dosavadních řešení je převoz dewaru ke kryogenní nádrži. Kryogenní nádrže se nacházejí v exteriéru a je tedy nezbytné těžkou nádobu přepravit přes práh dveří. Podvozky tomuto nebývají přizpůsobeny. Dalším problémem může být nedostatečná komunikace ke straně pacienta. Přístroje, na kterých jsou potřebné údaje zobrazovány, bývají orientovány k obsluze a pacient tak postrádá informace o délce terapie. Obecně bude nutné zajistit co největší pohodlí při manipulaci přístrojem a odlehčit některé činnosti, například vhodným umístěním odkladných prostor pro odložení hlavice, hadice, topného tělesa, svorky i zátky.

Charakteristika	Cíle	Omezení	Funkce	Prostředky
Dewar o objemu 50 l		✓		
Minimalistický design vhodný do zdravotnických center	✓			
Adekvátně zvolená barevnost	✓			
Konstrukce podvozku uzpůsobená převozu přes práh	✓			
Kolečka přístroje opatřená brzdou			✓	✓
Pohodlí při manipulaci s přístrojem	✓	✓		
Vhodně umístěné madlo pro převoz přístroje	✓	✓		✓
Prvky pro odložení všeho potřebného		✓		✓
Rameno podepírající hadici	✓	✓		✓
Intuitivní ovládání	✓		✓	
Ovládání pomocí dotykového displeje		✓	✓	✓
Ovládací prvky i na aplikační hlavici		✓	✓	✓
Ovládací prvky umístěné na přístupném místě				
Ergonomicky tvarovaná aplikační hlavice	✓	✓		✓
Komunikátory na aplikační hlavici	✓	✓		
Jednoduchá údržba → přístupnost komponent	✓	✓		✓
Indikátory stavu součástí displeje			✓	
Regulovatelný průtok			✓	
Stabilita přístroje	✓	✓		
Napájení ze zásuvky 230 V kabelem		✓	✓	
Dodržení normy ČSN EN 60601-1-11 a směrnici EU 2017/745		✓		✓

Tab. 3-1 Souhrn stanovených cílů

3.2 Cíle vývoje

Hlavním cílem je navrhnout design přístroje pro lokální kryoterapii využívající kapalný dusík do teploty až -197 °C , s pojezdovými kolečkami a kontrolním LCD displejem. Přístroj je určen pro nemocnice, léčebny, lázně a rehabilitační centra.

3.2.1 Globální cíle práce

- identifikovat hlavní designérské přístupy a charakteristické prvky přístrojů pro lokální kryoterapii
- prokázat funkčnost, ergonomičnost a vyrobiteľnosť návrhu
- pohodlný transport a uskladnění v interiéru
- navrhnout aplikační hlavici
- realizovat fyzický model ve zmenšeném měřítku

3.2.2 Dílčí cíle práce

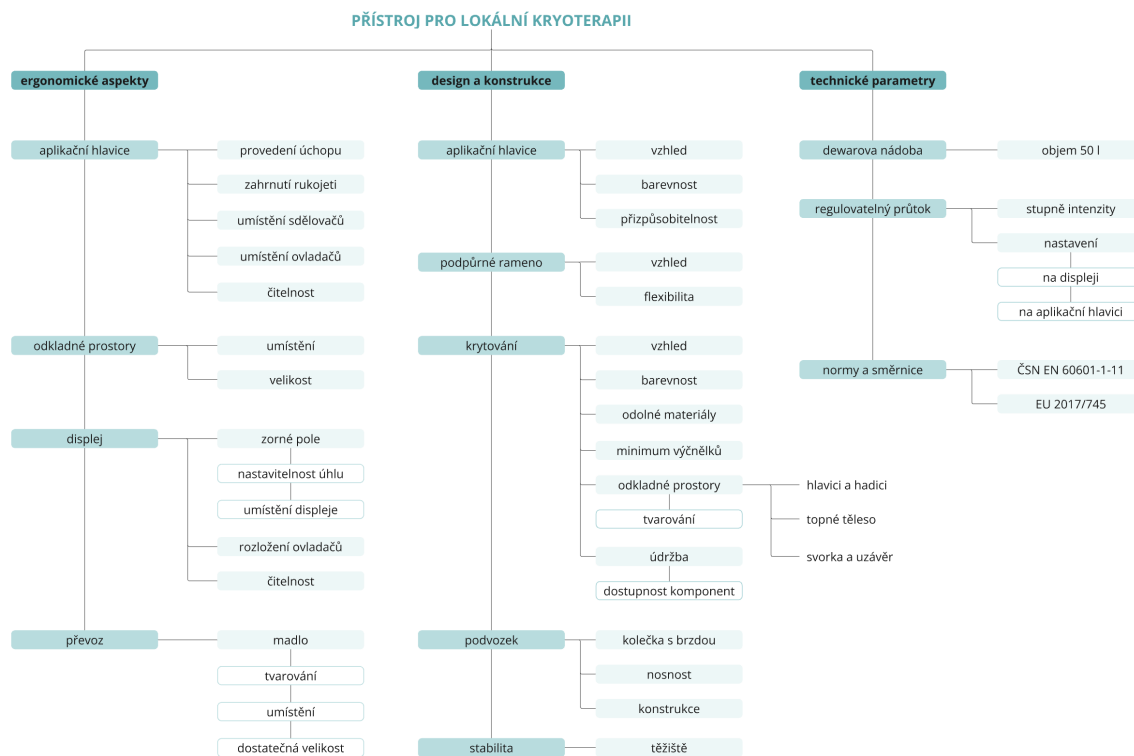
- minimalistický design zapadající do prostředí regeneračních center i nemocnic
- barevnost adekvátní funkci a prostředí, ve kterých je přístroj používán
- přizpůsobení podvozku nádoby převozu
- zajištění pohodlné manipulace s přístrojem
- ergonomicky řešené madlo pro prevoz či pootočení přístroje
- návrh ramene pro podepření hadice
- snadné, rychlé a intuitivní ovládání
- ergonomické tvarování aplikační hlavice
- aplikační hlavice opatřená komunikátory
- zajištění stability přístroje
- umožnit přístup ke všem komponentům za účelem snadnější údržby

4 KONCEPČNÍ NÁVRH

Tato kapitola se zaměřuje na návrh koncepčních řešení, která vycházejí z analýzy produktu, stanovených cílů a omezení. Na základě těchto vstupů byly vytvořeny tři varianty, které jsou poté porovnávány. Nejvhodnější z nich je označena za hlavní a je rozvíjena dále.

4.1 Analýza cílů a specifikace omezení

Vymezené cíle byly rozloženy do stromu cílů (obr. 4-1). Zde jsou roztrženy do tří kategorií podle toho, zda se jedná o problém řešený ergonomicky, designem a konstrukcí, nebo technicky stanovené parametry. Ergonomie nejvíce ovlivňuje aplikační hlavici, jelikož se jedná o část, která je držena rukou a je s ní manipulováno nejčastěji. Po designérské a konstrukční stránce se musí řešit primárně krytování přístroje, které je největší částí přístroje a určuje tak jeho celý dojem. Mimo to také aplikační hlavice, rameno podepírající hadici, podvozek přístroje a jeho stabilita. Do technických parametrů bylo zahrnuto omezení určené dewarovou nádobou, která odráží objem i rozměr celku. Dále nutnost regulovat intenzitu průtoku je požadavkem uživatele a ovlivňuje vnitřní komponenty a umístění ovladačů. Obecně veškeré vnitřní komponenty mají vliv na rozměr přístroje a rozložení jednotlivých částí. Nakonec byly zařazeny normy a směrnice, které musí návrh přístroje splňovat.



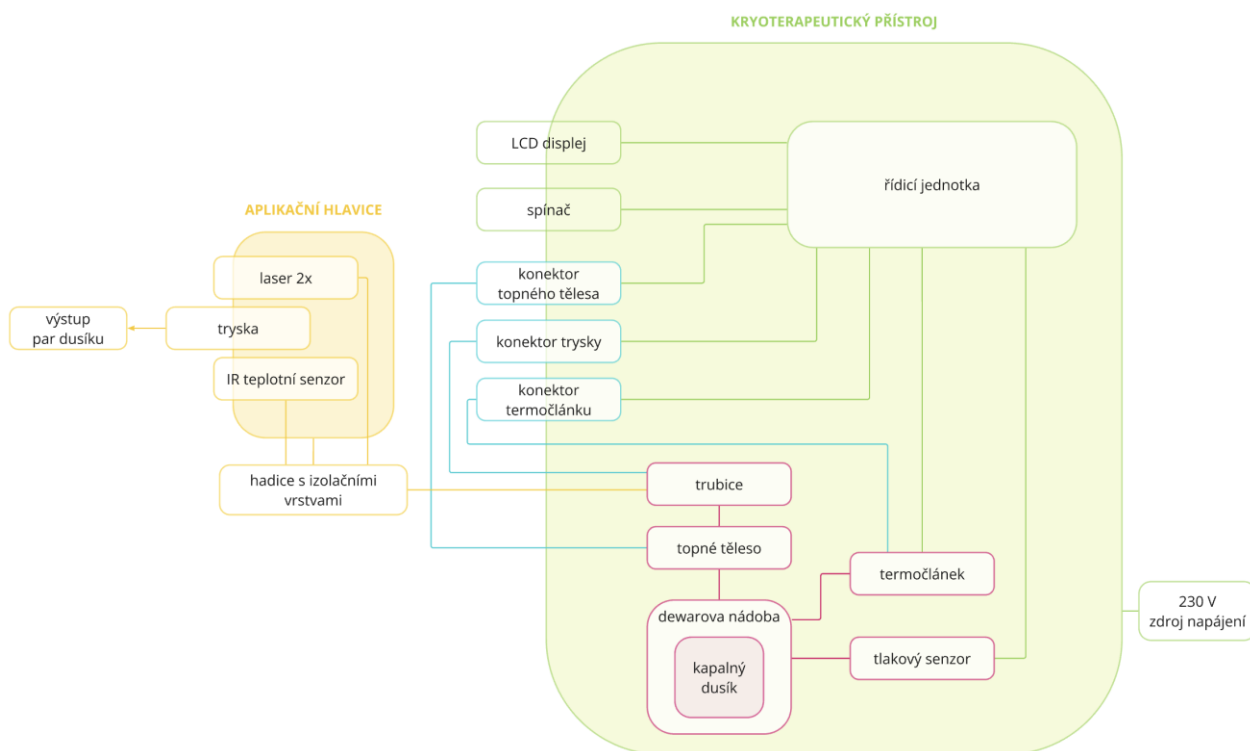
Obr. 4- 1 Strom cílů

4.2 Technická funkční analýza

Veškeré vnitřní komponenty potřebné pro správný chod přístroje byly zobrazeny v průhledovém schématu, které přibližuje jejich propojení a umístění. Toto schéma je důležité pro obraznou představu o prostorovém rozložení komponent.

Komponenty byly barevně rozlišeny závisle na jejich napojení. V zeleném obdélníku představujícím krytování přístroje je základem řídicí jednotka, na kterou jsou veškeré komponenty napojeny. V horní části je umístěn displej a spínač pro uvedení přístroje do provozu, případně jeho přerušení. Modře odlišeny jsou konektory všech zapojených komponent, které budou uvolněny při potřebě odvozu nádoby. Růžově značeny jsou komponenty navázané na dewar. Celý přístroj je napojen na 230V zdroj napájení.

Napojení přístroje k aplikační hlavici, kterou představuje oranžový obdélník, je provedeno přes izolovanou hadici. V samotné hlavici se pak nachází laser pro zaměření vzdálenosti, senzor pro měření teploty pokožky a nakonec tryska, kterou vystupují páry dusíku.

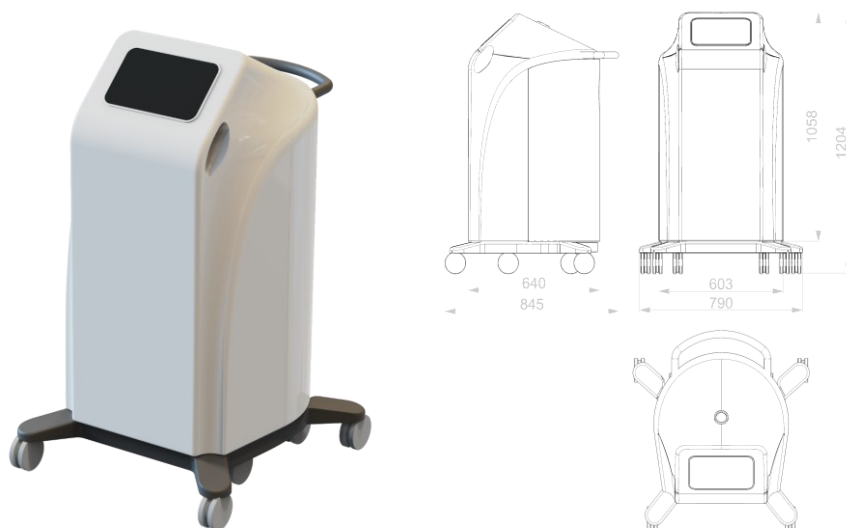


Obr. 4- 2 Glassbox

4.3 Návrh alternativních řešení

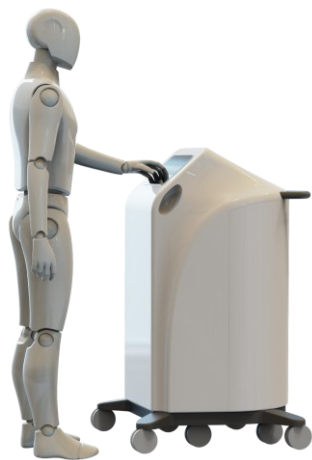
4.3.1 Varianta I

První varianta je pojata amorfně. Tvar odráží kulatou nádobu umístěnou v zadní části přístroje. Oblý profil zadních ploch přechází v plochou přední stranu, která se v horní části zlomí v plochu s displejem. Napojení těchto ploch konvexní křivkou napomáhá optickému odlehčení hlavního objemu.



Obr. 4- 3 Perspektivní pohled; rozměrové řešení

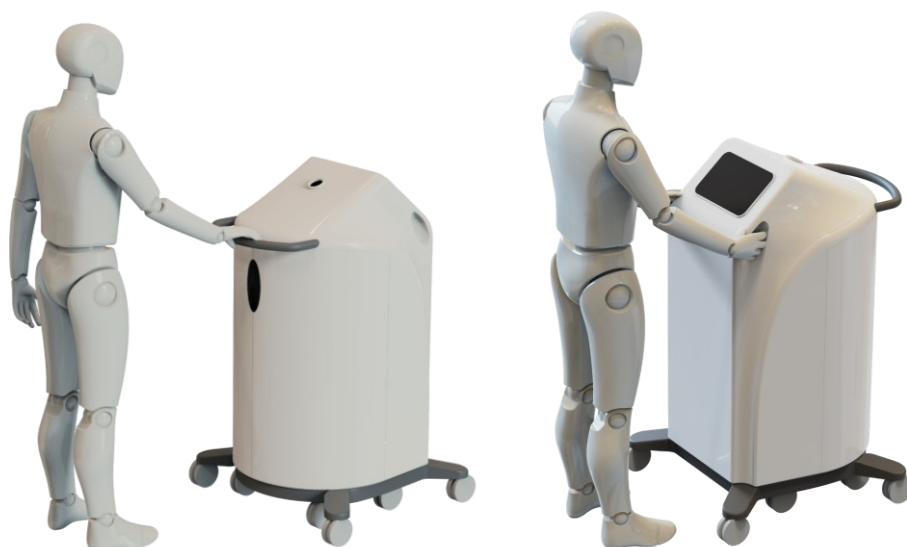
Displej na navrhovaném přístroji je umístěn na zkosené ploše pod určitým úhlem, což zlepšuje čitelnost zobrazovaných informací při běžném používání. Toto ergonomické řešení umožňuje snadnější sledování displeje bez nutnosti nadměrného naklánění hlavy nebo měnění polohy uživatele. Navíc tento sklon minimalizuje odlesky a zvyšuje komfort práce s přístrojem v různých světelných podmínkách.



Obr. 4- 4 Ergonomie displeje

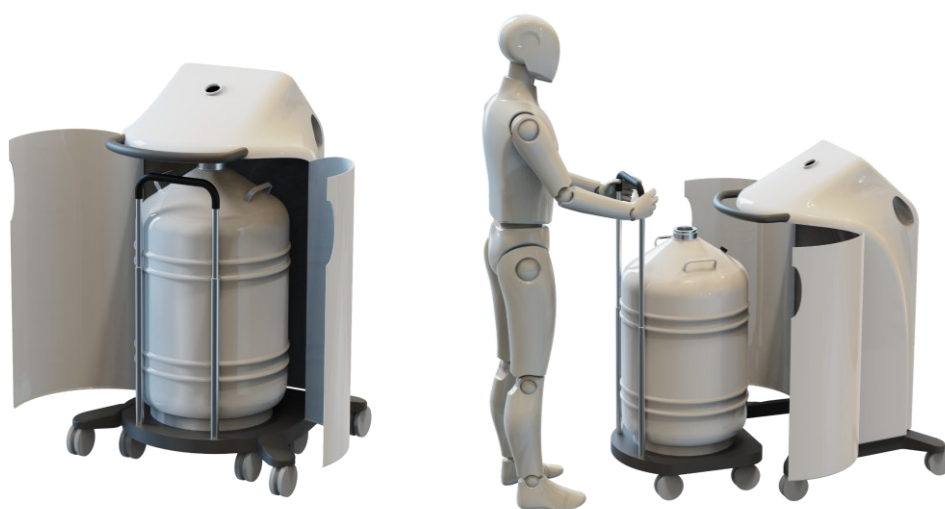
Madlo v zadní části je tvořeno odsazenou křivkou shodnou se zakřivením zadní plochy. Křivka je kolmo napojena do objemu přístroje. Madlo slouží k převozu delších vzdáleností, jako je přemístění do jiné místnosti.

Úchopný prvek je potřeba i v přední části, aby bylo možné přístroj přisunout k lůžku, případně pootočit. Tento úchop byl vytvořen tvarovým vyhloubením po bocích přední plochy.



Obr. 4- 5 Ergonomie úchopů

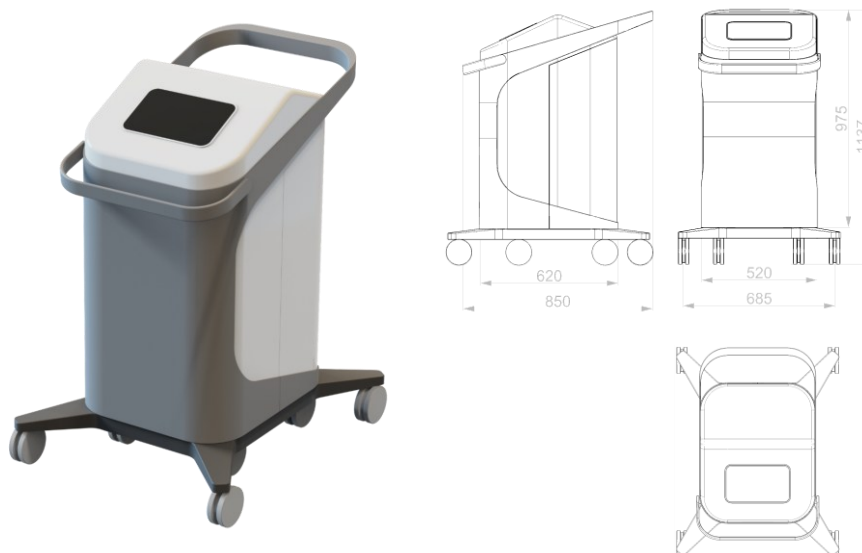
Přístroj je postaven na křížovém podvozku s kolečky, jehož nohy navazují na šířku onoho odlehčení. Nachází se v něm podvozek přímo pro nádobu, který je zvlášť opatřen kolečky a je tak možné vyjet pouze s ní. Součástí podvozku je výsuvná tyčová konstrukce sloužící pro pohodlnější převoz.



Obr. 4- 6 Řešení podvozku; ergonomie převozu nádoby

4.3.2 Varianta II

Druhá varianta pracuje s vyvážením hmot. Jedná se o geometrický základ, který je rozčleněn na dvě části. První část (bílá) je staticky spuštěna dolů. Druhá část (šedá) je tvořena dynamickou křivkou a její hmota je vnějškem soustředěna do přední části, což opticky vyvažuje těžkou nádobu nacházející se v zadní části.



Obr. 4- 7 Perspektivní pohled; rozměrové řešení

Stejně jako u varianty předešlé, i toto řešení disponuje displejem umístěným na nakloněné ploše. Úhel naklonění je různoběžný vůči rovině předního a zadního madla z důvodu ergonomických preferencí.



Obr. 4- 8 Ergonomie displeje

Zadní madlo navazuje na objem a jeho průřez je rozšířen v části úchopu pro komfortnější držení. Madlo ve přední části odkazuje na tvarování zadního madla, jeho průřez je ale konstantní. Nacházejí se v jedné nakloněné rovině.



Obr. 4- 9 Ergonomie úchopů

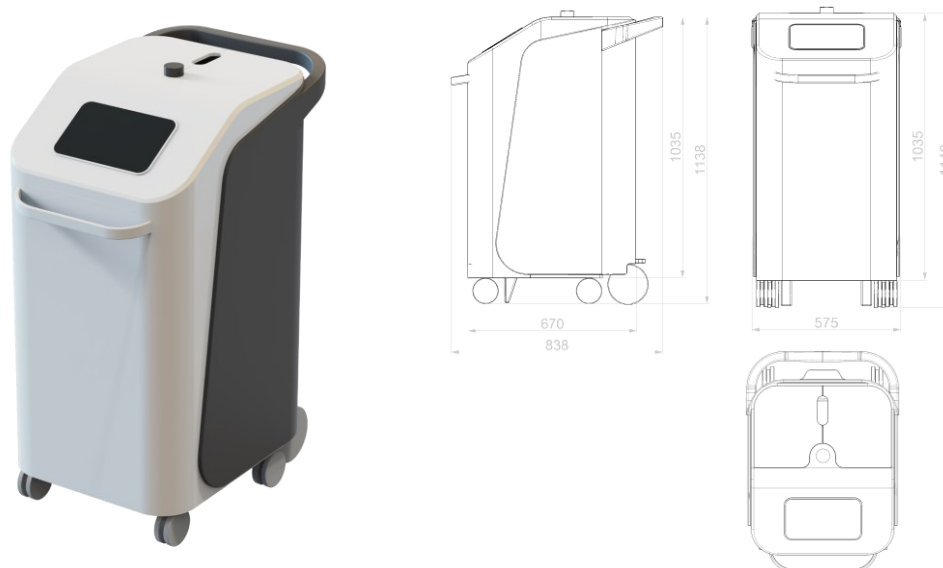
Podvozek je řešen obdobně jako ten u první varianty. Je tvořen čtyřmi výběhy, na jejichž koncích jsou kolečka. Z části jeho hmoty je vytvořen podvozek nádoby, který je také opatřen vlastními kolečky. V zadní části je, stejně jako u první varianty, teleskopická tyčová konstrukce, která napomáhá převozu samotné nádoby.



Obr. 4- 10 Řešení podvozku; ergonomie převozu nádoby

4.3.3 Varianta III

Tato varianta je čistě geometrického charakteru. Základem je kvádr se zaobleným profilem v podstavě, v horní ploše zkosen pro vytvoření plochy pro displej. Objem byl rozčleněn na dvě části. První část (bílá) tvoří základ přístroje, kde jsou obsaženy vnitřní komponenty a ovladače. Druhou částí (šedá) je zadní segment krytu. Boční stěny, které objímají bílou část, jsou dynamického charakteru, což znázorňuje pohyb a naklápění zadní části.



Obr. 4- 11 Perspektivní pohled; rozměrové řešení

Jelikož je provedení této varianty velmi odlišné od ostatních a součástí nejsou zadní dvířka umožňující přístup k hrdlu nádoby, bylo nutné vyřešit tento přístup jiným způsobem. Ze všech testovaných možností byla vybrána dvířka v horní ploše, která tento přístup umožní nejlépe, a to s minimálním estetickým zásahem.



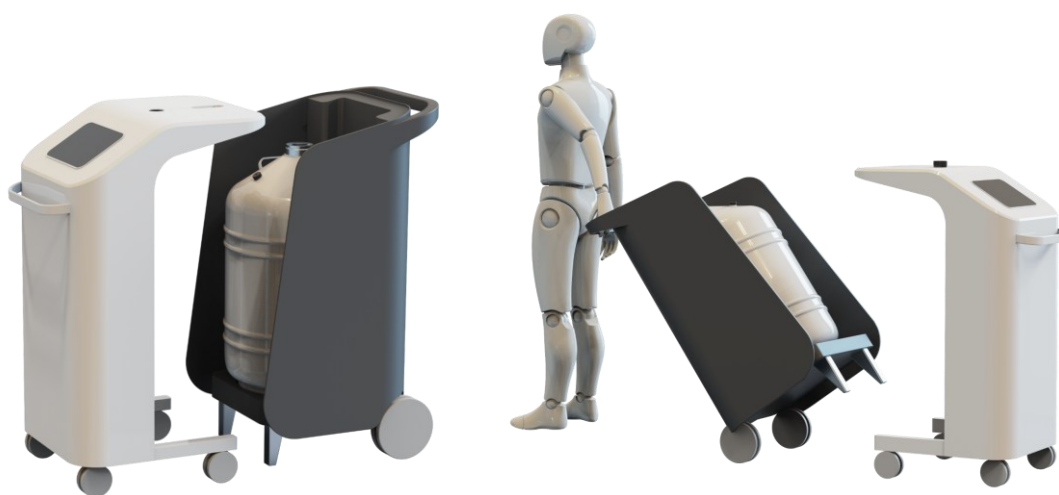
Obr. 4- 12 Ergonomie displeje a horních dvířek

Zadní madlo plynule vybíhá z objemu zadní části. Tloušťka jeho průřezu je konstantní, v úchopové části se jedná o čtverec. Postupně směrem k vozíku se ale výška průřezu zvětšuje, což podporuje dynamické působení této části. Přední madlo odkazuje na tvarování zadního madla, je ale zjednodušeno.



Obr. 4- 13 Ergonomie úchopů

Podvozek je součástí zadní části, která je konstruována jako vozík. Ten umožní těžkou nádobu pohodlně a snadno převézt přes práh. Statická část je opatřena čtyřmi kolečky, což zajišťuje stabilitu jí samotné. Vozík má v zadní části dvě větší kola právě pro převoz přes práh a ve přední části dvě nohy sloužící pro zapření vozíku při doplňování dusíku do nádoby.



Obr. 4- 14 Řešení vozíku; ergonomie převozu nádoby

4.4 Analýza alternativních řešení a výběr nejlepšího

Variantní návrhy byly vyhodnocovány na základě jednotlivých parametrů, které byly vloženy do tabulky 4-1 a následně obodovány dle úrovně splnění nastavených kritérií.

Vyhodnocovaný parametr	I	II	III
Originalita tvaru	9	8	7
Ergonomie chůze při převozu	8	9	7
Přizpůsobení převozu přes práh	4	4	8
Dostupnost uzávěru nádoby	6	7	8
Stabilita	9	9	8
Prostorová nenáročnost půdorysu	7	8	10
Manipulace s přístrojem	8	8	8
Kompaktnost tvaru	8	6	7
Hygienická údržba	9	7	8
Součet bodů	68	66	70

Tab. 4- 1 Souhrnné vyhodnocení variant

Tabulka vypovídá, že se zdá být nejlepší varianta 3. Kvůli konstrukci podvozku byla slaběji ohodnocena stabilita a ergonomie chůze při převozu. Podvozek však dominuje v přizpůsobení převozu přes práh. Také jeho minimální rozměry zapříčinily nejlepší ohodnocení ve vyhodnocování prostorové náročnosti půdorysu, jelikož oproti zbylým dvěma variantám je podvozek plně situován v obrysu samotného přístroje. Originalita tvaru byla hodnocena nejhůře, jelikož se jedná o jednodušší výřez kvádrů. Díky jednoduchému tvarování by se však měla nejlépe udržovat. Z důvodu minimálního počtu výčnělků je totiž snadno omyvatelná.

Dále byla hodnocena varianta 1, která nabyla plusových bodů za originalitu tvarování, stabilitu, ergonomii chůze při převozu a celkovou manipulaci s přístrojem. Ztrácí ale body v oblastech, jako je přizpůsobení převozu přes práh.

Varianta 2 byla vyhodnocena jako nejslabší. Má prostorově náročnější půdorys než ostatní varianty a je nejméně kompaktní. Silné stránky má v ergonomii chůze při převozu a stabilitě. Kladem je také její tvarování, které je odlišné od konkurenčních produktů.

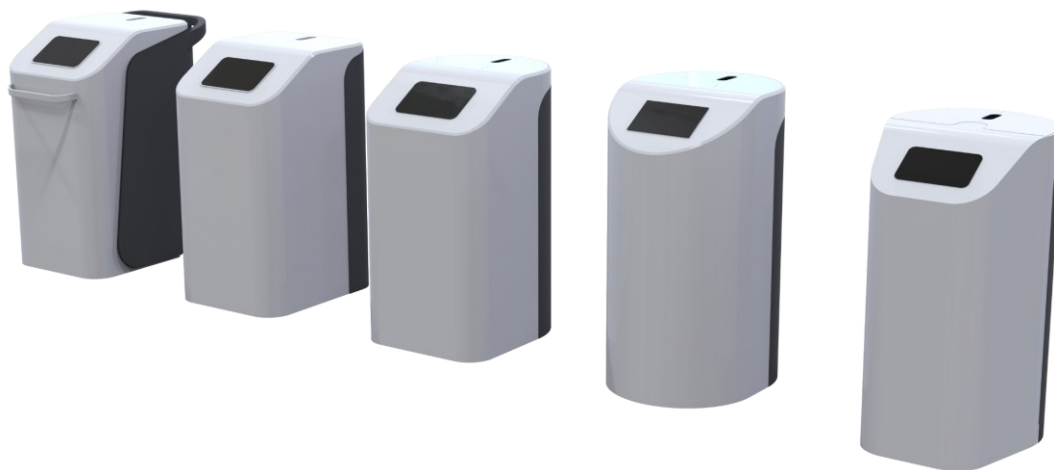
5 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

Výše zvolená varianta byla dále rozpracována formou koncepčního řešení. Byly konkretizovány tvary a rozměry a zvoleny materiály. Také došlo k přibližnému odhadu výrobních nákladů a objemu výroby.

5.1 Určení tvarů, rozměrů a materiálů

5.1.1 Určení tvaru

Jelikož vybraná varianta působila příliš mohutně, došlo ke změně hlavního objemu. Nejprve došlo k redukci tmavého robustního vozíku v zadní části. Boční stěny dále nepřekrývaly základní objem, jednalo se o dvě tělesa rozčleněna jednou křivkou. Pokračovalo se změnou původně obdélníkového půdorysu, který na objemnosti tělesa velmi přidával. Do zadní části byla promítnuta válcovitost nádoby, přičemž poté působila příliš hmotně přední část přístroje. Byla snaha tento jev redukovat oválným průřezem, který ale nepůsobil příliš dobře. Největší vyváženost půdorysu byla nalezena v kombinaci lichoběžníkové přední části a kruhové zadní části.



Obr. 5- 1 Postup změn základního tvaru

Vybraný tvar byl dále rozvíjen. Probíhaly různé variace navázání vozíku ve spodní části na kolo, tvary zadních i předních madel a navázání předních koleček na objem přístroje.



Obr. 5- 2 Příklad různých provedení

Bylo zakomponováno také osvětlení na přední ploše, které by doplňovalo čistý vzhled krytování. Zvažovány byly nejprve geometrické útvary lineárního charakteru a nakonec se přešlo k útvarům tvořeným generativními postupně se zmenšujícími prvky. Účelem bylo znázornit prostup par dusíku objemem přístroje směrem nahoru.



Obr. 5- 3 Návrh světelných prvků

5.1.2 Testování ergonomické vhodnosti

Pro nalezení aplikační hlavice, která nejvíce vyhovuje ergonomickým požadavkům, byly vytištěny tři vybrané modely hlavic. První testovaný model vycházel ze čtvercového průřezu. V ruce byl velmi mohutný a jeho zmenšení nebylo z důvodu napojení hadice možné, byl tedy zavržen. Lépe na tom byl druhý model vycházející z šestiúhelníkových profilů. Možný úchop byl vhodnější než u předešlého modelu, stále však nebyl zcela vyhovující. Poslední testovaný tvar byl vytvořen napojením kruhového profilu na oválný profil. Tato varianta poskytovala nejkomfortnější úchop a byla tak dále rozvíjena.



Obr. 5- 4 Testování tvarů aplikační hlavice

Dále byly testovány vybrané sdělovače, aby se ozkoušela poloha ruky vůči jejich umístění. V prvním případě byl ze zvažovaných variant volen sdělovač ve formě displeje na nakloněné ploše, ale v některých případech došlo k uchopení hlavice v místě zkosení. Druhou formou, která se ukázala být vyhovující, byly pruhy umístěné u čelní plochy hlavice. Při všech testovaných polohách nedošlo k jejich překrytí.



Obr. 5- 5 Testování formy sdělovačů

Pro ověření vhodnosti úchopu bylo vytištěno i zadní madlo v měřítku 1:1. Po otestování všech poloh uchopení se zvolený průměr i tvar ohybu trubky ukázal být vyhovujícím.



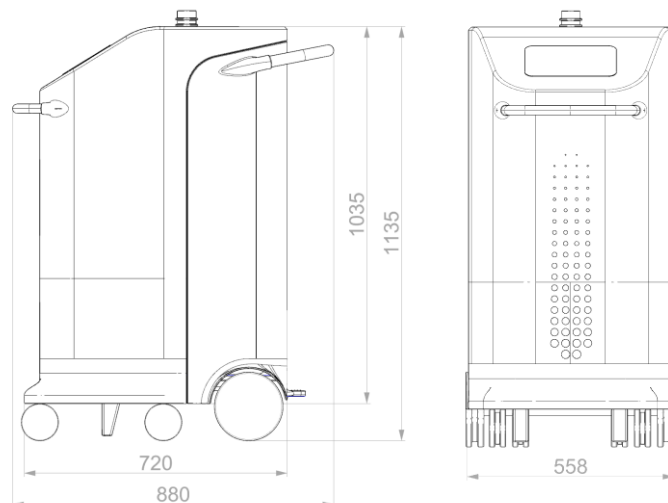
Obr. 5- 6 Testování zadního madla

5.1.3 Určení rozměrů

Rozměry byly odvozeny od uspořádání a velikosti vnitřních komponent, které jsou k nahlédnutí na obr. 5-4. Příklad byl navržen se snahou eliminovat prázdné prostory uvnitř a co nejvíce tak minimalizovat vnější rozměry přístroje. Konečné rozměry činí (š × v × h) (558 × 1135 × 720) mm, přičemž celková výška bude ještě nastavena podpěrným ramenem pro hadici.



Obr. 5- 7 Vnitřní uspořádání

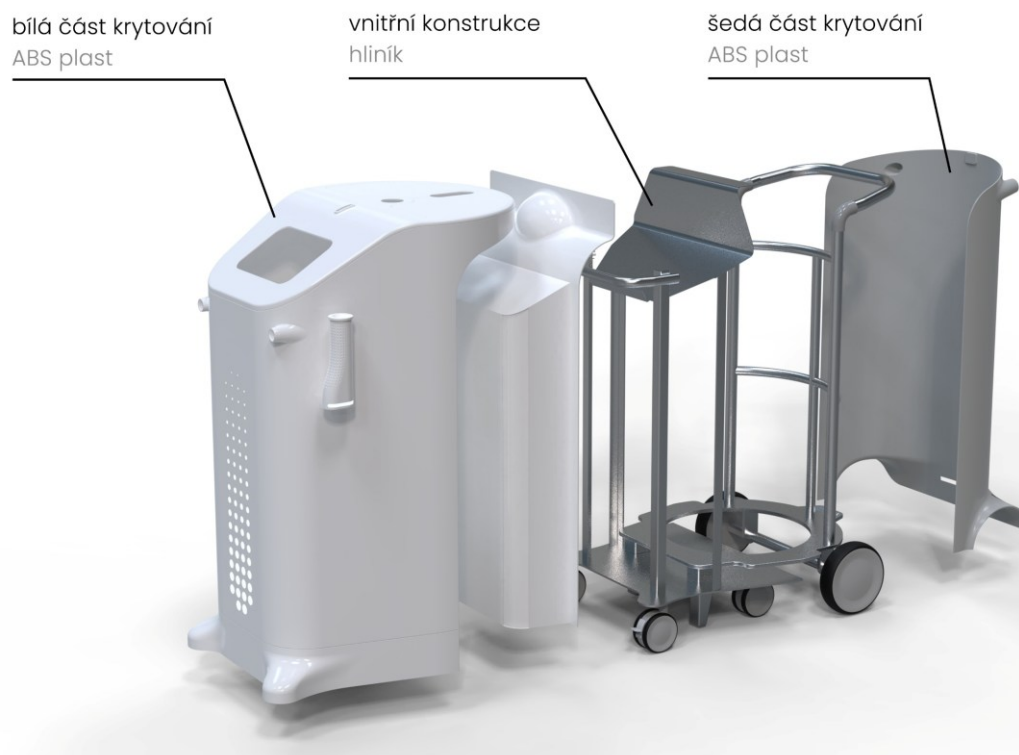


Obr. 5- 8 Rozměrové řešení

5.1.4 Určení materiálů

Základem přístroje je jednoduchá rámová konstrukce, která je z vnější strany krytována. Rám je sestaven z hliníkových profilů, trubek a plechů. Výroba těchto částí probíhá pomocí laserového řezání a následného ohýbání do požadovaných tvarů.

Krytování je vyrobeno z ABS plastu technologií lisování plastů. Tento materiál byl zvolen především s ohledem na požadavky na mechanickou odolnost a hygienické normy. Kompletace by byla provedena svařováním a šroubovými spoji.



Obr. 5- 9 Materiálový rozpad

5.2 Odhad výrobních nákladů a objemu výroby

Cena byla odhadována na základě průměru vyhledaných cen součástek označených za vhodné. Některé komponenty, jako třeba tlakový senzor, neměly dostupně zjistitelnou cenu, proto bylo žádoucí kontaktovat přímo některé dodavatele. Nakonec se jednalo o nejdražší komponentu z celého zařízení. Další součástky byly odhadnuty na základě prodeje částí přímo ke konkrétním kryoterapeutickým přístrojům. Cena byla v součtu odhadnuta na 300 000 Kč, závisle na výši stanovené marže a nepřesnosti odhadu.

Jedná se o přístroj produkovaný zejména pro evropský trh, vyráběný malosériově. Výroba by měla objemově představovat zhruba 100 kusů ročně, závisle na zájmu o přístroj.

tlakový senzor	100 000 Kč
dewarova nádoba	35 000 Kč
topné těleso	32 000 Kč
LCD displej	1 200 Kč
řídící jednotka	3 000 Kč
zdroj napájení	1 500 Kč
kryogenická hadice s hlavicí	36 500 Kč
termočlánek	
konektor termočlánku	
konektor trysky	
IR teplotní senzor	
laser	
plastové komponenty	10 000 Kč
hliníková konstrukce	3 000 Kč
kolečka	1 500 Kč
	223 700 Kč

Obr. 5- 10 Rozpis odhadu nákladů

6 DETAILNÍ NÁVRH

U zvolené varianty bylo provedeno několik změn, které vedly k výsledné podobě přístroje. Princip převozu nádoby se zachoval, avšak estetická podoba prošla velkými změnami, včetně tvaru celkového objemu.

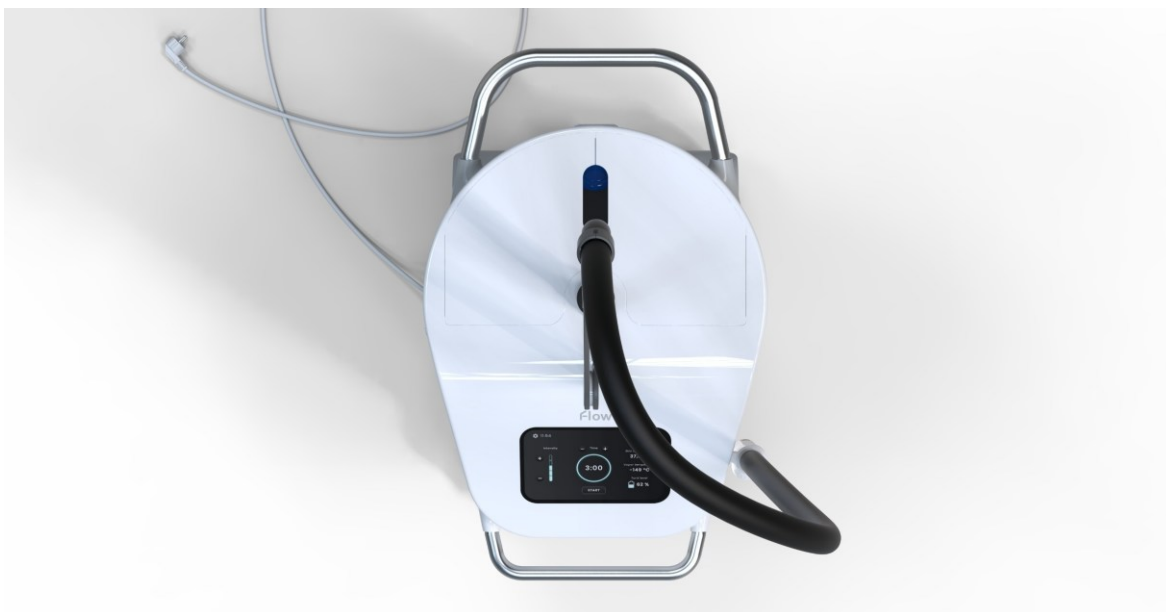
6.1 Tvarové řešení

Základní objem přístroje tvoří vertikálně orientovaný kvádr. Přední část horní plochy byla zkosena pro zlepšení čitelnosti na ní umístěného displeje. Hrany zadní plochy byly plně zaobleny tak, aby byla znázorněna válcovitost nádoby uložené v této části. Půdorys se postupně zužuje směrem k přední ploše, čímž vizuálně odlehčuje celkové působení. Hrany této plochy jsou výrazně zaobleny. Tvarování vykazuje podélnou symetrii, která podporuje jeho vizuální vyváženost.



Obr. 6- 1 Perspektivní pohled

V pohledu shora lze pozorovat atraktivní a esteticky čistý profil oblého lichoběžníku. Na hlavní objem tečně navazuje přední i zadní madlo. Půdorysně tak vzniká zajímavý kompaktní obrys modifikovaného šestiúhelníku.



Obr. 6- 2 Pohled shora

Na horní ploše jsou umístěna dvířka zpřístupňující komponenty, které je potřeba před odvozem odjistit. Dvířka tvarově odkazují na objem přístroje. Korespondují se zakřivením zadní válcovité části a v místě navázání na tečný bod madla se lomí v kolmou přímku. Díky takto vzniklé hraně se vytváří místo pro umístění pantu. V polovině přední hrany přechází přímka v oblouk, čímž vzniká plocha pro uložení hadice. Zakřivení tohoto oblouku vychází ze středu průřezu kruhové hadice.



Obr. 6- 3 Detail zadní horní části

Dělicí linie mezi kontrastními objemy přístroje je tvořena plynulou křivkou, která vychází z vertikály spuštěné ze středu napojení hadice a poté oblým zlomem přechází v horní jemně nakloněnou část. Tímto způsobem je podpořena mírná dynamika vozíku, zároveň ale nedochází k narušení optické stability.



Obr. 6- 4 Boční pohled

Zadní madlo je navrženo v mírném náklonu, jehož úhel je rovnoběžný s horní přímkou tvořící dělicí křivku pro vznik vozíku. Po protažení osy zadního madla v bokorysu je v místě protnutí s přední plochou přístroje umístěno přední madlo. Toto madlo je již koncipováno v horizontální rovině z důvodu ergonomických preferencí.

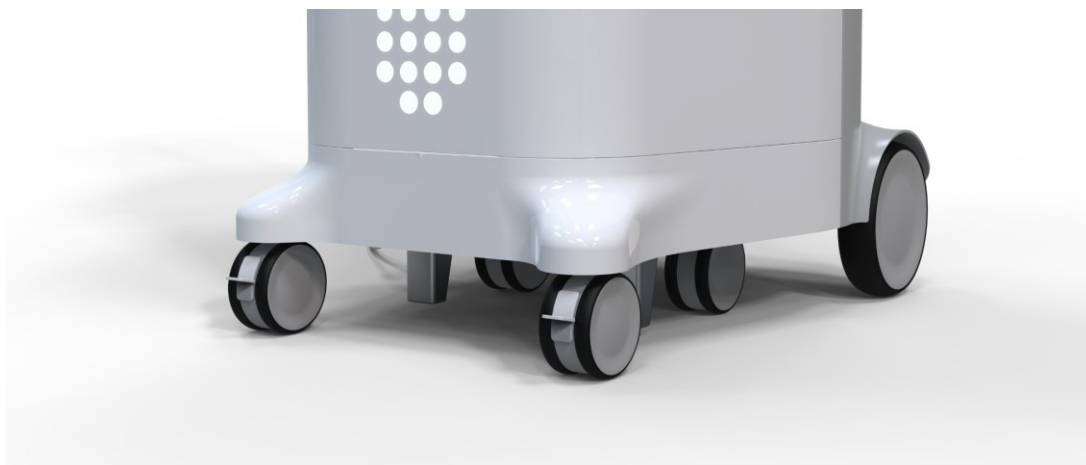
Zadní i přední madlo jsou plynule provázány nejen tečností na základní těleso a přímkovou návazností v bokorysu, ale také tvarovým prvkem vycházejícím z objemu. Organické výběžky z krytování ucelují kompaktnost a zamezují ostrosti přechodu mezi tělem přístroje a madlem.



Obr. 6- 5 Detail přední horní části

Přední část přístroje je vybavena čtyřmi kolečky. Zадní kola jsou umístěna z boku hlouběji, aby nenarušovala estetickou čistotu. Jelikož je přístroj vybaven v součtu šesti koly, zahloubením dvojice prostředních kol je podpořen optický standard čtyř kol a spodní část tak nepůsobí nepřírodně.

Ve spodní části dochází k plynulému navázání na mírně vybíhající přední kolečka. Tvarování této části je inspirováno tradičním provedením křížových podvozků, což podporuje stabilitu celku.



Obr. 6- 6 Detail přední spodní části

Vozík je vybaven dvěma dominantními koly v zadní části. Tvarování spodní partie kolem zadních kol je řešeno jako plynulý organický náběh, který přechází z objemového základu do dynamické formy. Náběh vozíku je tvarován s odkazem na zakřivení zadních kol. Měkké zakřivení obepínající kola má střed souladný se středem osy kol.



Obr. 6- 7 Detail zadní spodní části

Součástí přední plochy přístroje je světelný prvek, který obohacuje estetiku základu. Je tvořen souborem kruhů, jejichž kompozice a postupně se zmenšující tendence má za následek evokování prostupu par dusíku z nádoby směrem nahoru. Světlo jemně pulzuje. V průběhu terapie se pozvolna rozjasňuje a tlumí, čímž vytváří uklidňující atmosféru.



Obr. 6- 8 Přední plocha

6.1.1 Aplikační hlavice

Hlavice vznikla propojením kruhu navazujícího na hadici a oválu v přední části. Tyto profily byly spojeny v horní části přímkou a ve spodní části organickou křivkou. Na přední ploše se nachází IR senzor a dva laserové vysílače. Ve středu horní kružnice oválu je výstupní tryska. Součástí hlavice je prvek sloužící ke komunikaci směrem k pacientovi. Jedná se o dva světelné pruhy umístěné po bocích čelní plochy. Tento sdělovač je umístěn v pozici, kde nebude při držení překrýván rukou obsluhy. Zároveň tato část vždy směřuje k pacientovi. Symetrické řešení orientováno kolmo na osu hlavice má za důsledek sdělovač, který bude při většině situací pacientovi viditelný.



Obr. 6- 9 Perspektivní pohled aplikační hlavice

K redukci případů, kdy by ruka sdělovač mohla překrývat, bylo provedeno několik opatření. Prvním opatřením je rozšíření objemu hlavice v této části. Obsluze bude komfortnější držet hlavici na její válcovité části, která lépe padne do ruky, nebo nejdále v bodě rozšíření průřezu. Nedojde tak k umístění ruky do přední části, kde se sdělovač nachází. Dalším opatřením jsou tvarové prvky ve formě vyhloubených částí koulí, které směřují ruku do dané části hlavice.

Na horní ploše je umístěno kruhové tlačítko sloužící k pozastavení a spuštění proudu dusíku. Kružnice navazuje tečně na spojnicí světelných sdělovačů.



Obr. 6- 11 Horní a boční pohled hlavice



Obr. 6- 10 Hlavice při aplikaci chladu

6.1.2 Rameno

Podpěrné rameno vychází ze středu osy symetrie přístroje. Vybíhá z obdélníkového výčnělku v krytování, který napovídá jeho umístění. Z bokorysu navazuje na střed zaoblení zlomu horních ploch. Šířka, ve které rameno vychází, odpovídá průměru hadice. První článek má konstantní obdélníkový průřez a je zakončen kruhovým prvem, v němž se nachází čep. Na to je napojen druhý segment, jehož průřez se zmenšuje směrem nahoru, kde je též zakončen kruhovým prvem, který odpovídá průřezovému zmenšení. Poslední segment je orientován kolmo k ose hadice a jeho součástí je úchopné mezikruží obepínající hadici. Tento prvek je rozdělen na dvě části, přičemž je lze pomocí drážky rozevřít a objímku tak uvolnit.



Obr. 6- 12 Pohledy na podpěrné rameno

6.2 Konstrukční řešení

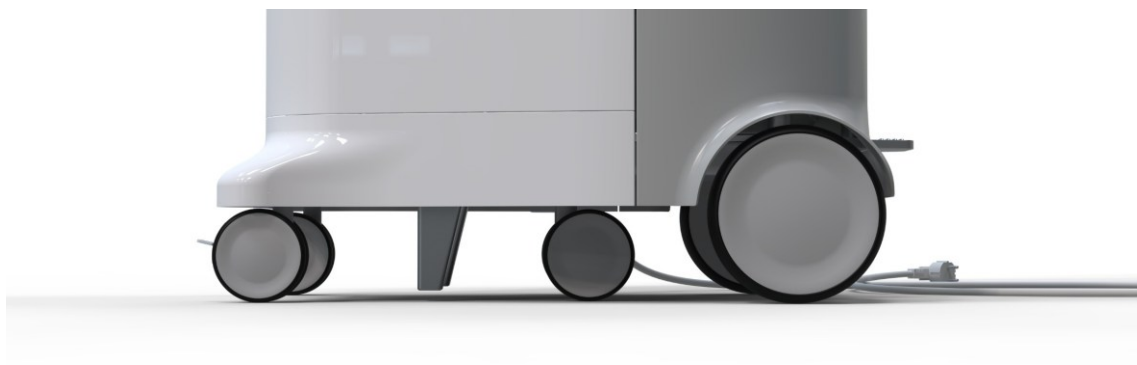
6.2.1 Řešení vozíku

Celek je tvořen přední částí, která je vybavena čtyřmi koly a je tak schopna stát samostatně. Druhou částí je mobilní vozík v zadní části. Vozík je vybaven dvěma většími koly vzadu a dvěma nohami vepředu. Nohy slouží jako prvek stability pro vozík, zároveň zajišťují spojení dvou částí k sobě. Vloží se do děr ve spodní části přístroje, čímž vzniká tvarový spoj. Ve středu mezi koly je umístěn nášlap, který zjednodušuje překllopení vozíku pro jeho převoz.



Obr. 6- 13 Vyklopený vozík zezadu

Aby nedocházelo k brždění přístroje při převozu, součástí noh je distanční hranol, díky němuž vzniká vůle mezi nohami a zemí.



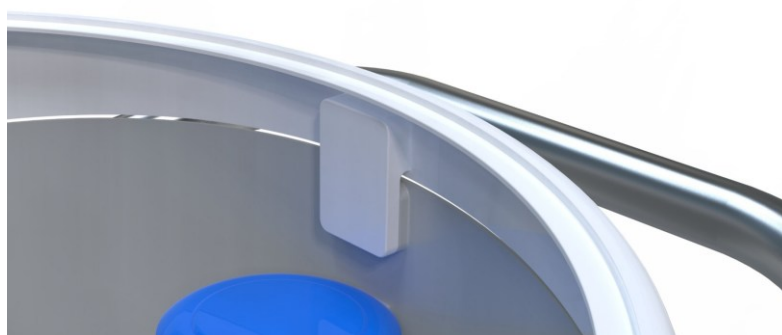
Obr. 6- 14 Detail podvozku

Nádoba je ve vozíku jištěna dírou v plechu základny, do které zapadá její spodní válec. Aby byla bezpečnost podpořena, byly přidány dva popruhy jistící nádobu na dvou místech objemu. Pásy jsou upnuty ke krytování a spojují se sponou uprostřed.



Obr. 6- 15 Vyklopený vozík zepředu

Pro podpoření stability spojení částí a zajištění konstantní vůle mezi nimi byl do horní části vozíku vložen magnetický spoj, který je připevněn k bílému výstupku patřícímu přední části přístroje.



Obr. 6- 16 Magnetický spoj

6.2.2 Odjištění nádoby

Přístupnost komponentů zajišťují dvířka v horní ploše. Prvním krokem před odvozem dewaru je vypnutí přístroje pomocí kolébkového spínače vlevo. Poté je postup následující. Nejprve se odjistí kabely odpojením všech konektorů od přístroje.



Obr. 6- 17 Odpojení kabelů

Následně se odšroubuje matice spojující hadici s topným tělesem. Dalším krokem se odjistí objímka spojující topné těleso s hrdlem dewaru a vloží se na háček určený pro její uložení. Poté je možné nadzvednout trubici a vozík z přístroje vyjmout.



Obr. 6- 18 Odjištění matice, odložení svorky

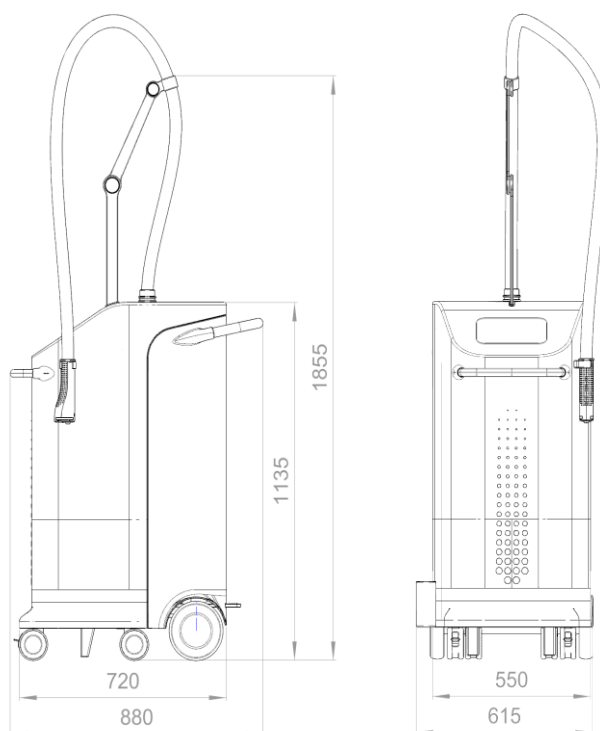
Poté je nutné vyjmout topné těleso a vložit ho do nerezového válce po boku přístroje. Posledním krokem je zajistit hrdlo nádoby zátkou uloženou v držáku. Držák byl navržen jako součást vozíku, aby při potřebě odložení zátky při plnění nádoby byl k dispozici.



Obr. 6- 19 Odložení topného tělesa, zajištění zátkou

6.2.3 Konstrukce

Rozměrové řešení se oproti předběžnému návrhu nijak neměnilo. Celkové rozměry tak činí (615 × 880 × 1855) mm po rameno. Výška bez ramene pak činí 1135 mm.



Obr. 6- 20 Rozměrové řešení

Plastové díly jsou rozčleněny na několik částí a připevněny k vnitřní konstrukci. K plechové podstavě jsou připevněna kolečka. U části vozíku jsou kola spojena osou, která je také upevněna k plechové podstavě, stejně tak i nohy vozíku. K přední podstavě jsou připevněny také profily, na které je následně přivařen horní plech, jež zajišťuje polohu vnitřních komponent. K tomuto plechu je upevněno rameno pro podepření hadice.



Obr. 6- 21 Rozpad na jednotlivé části

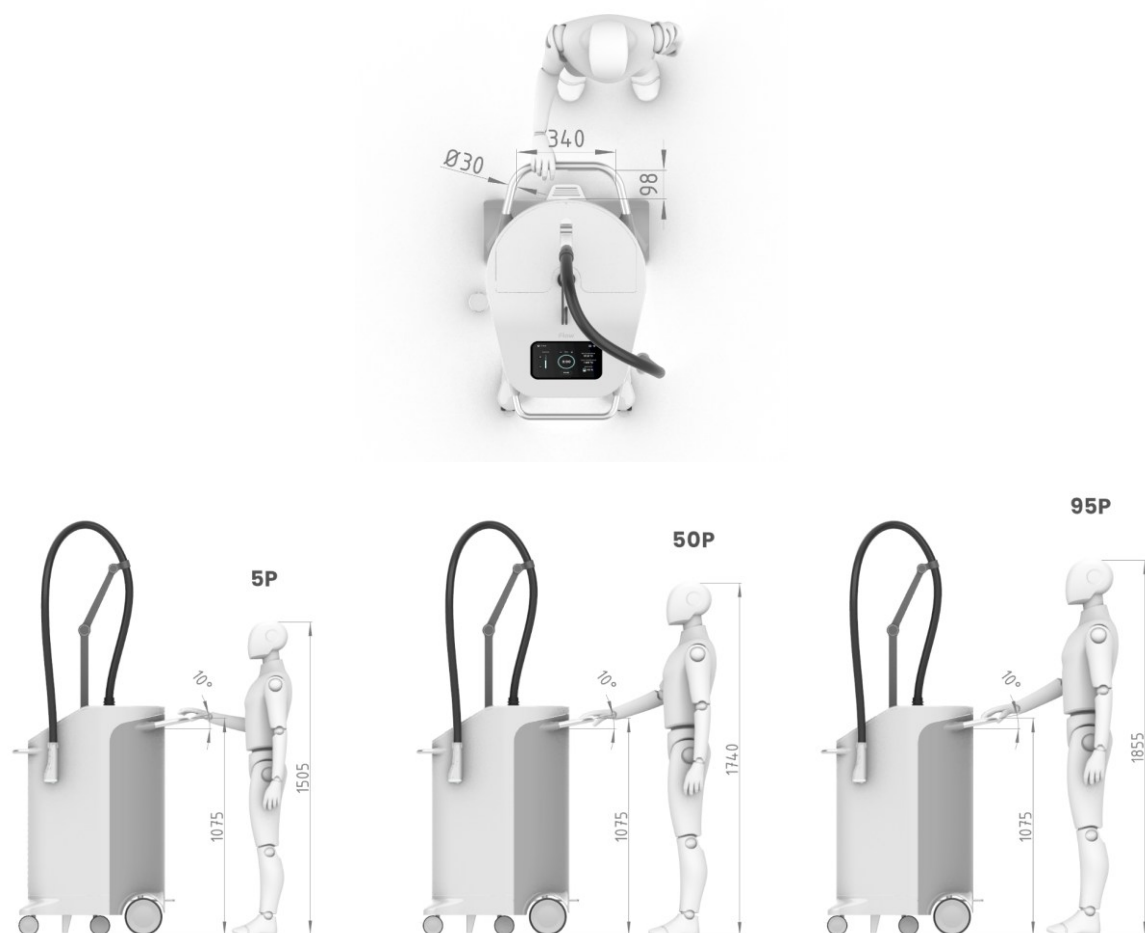
6.3 Ergonomické řešení, bezpečnost a hygiena

6.3.1 Ergonomické řešení

Vzhledem k tomu, že se jedná o manuálně obsluhovaný zdravotnický přístroj, ergonomie tvoří velmi podstatnou část pro pohodlí uživatele.

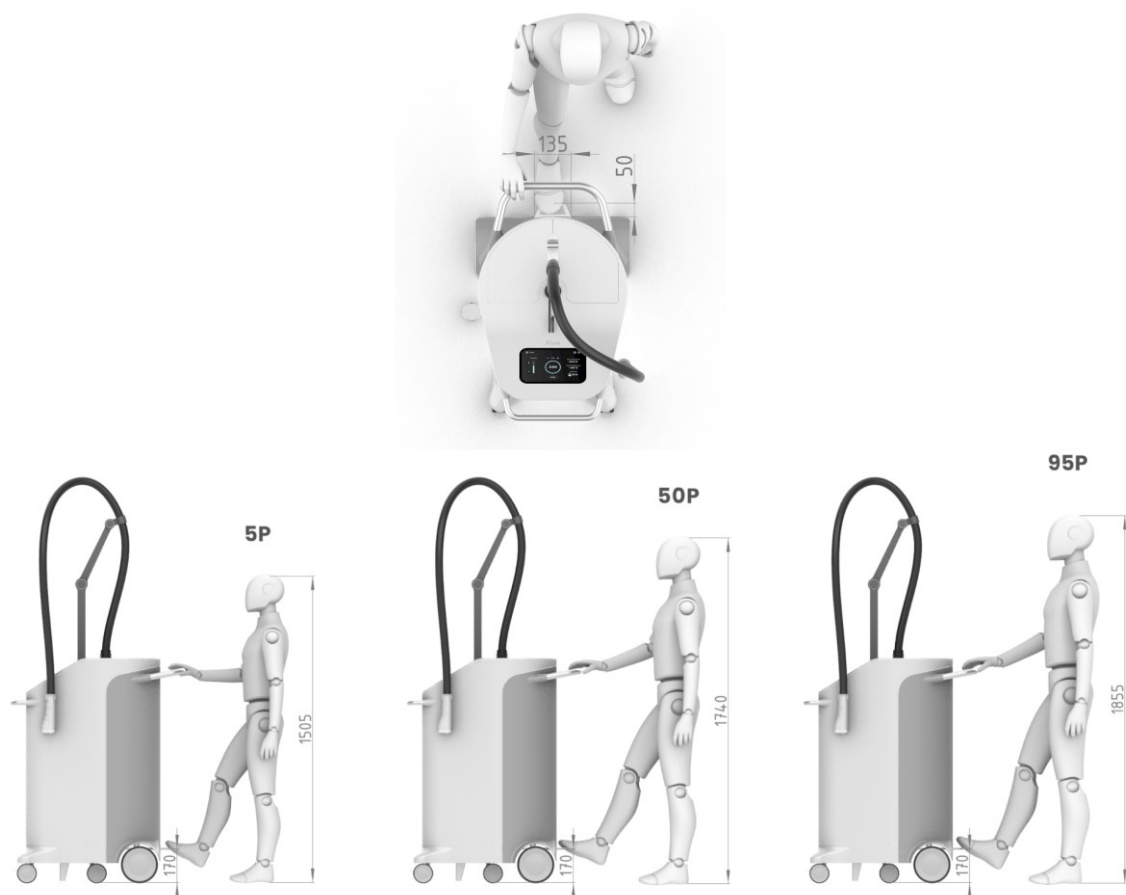
První často manipulovanou částí je vozík, pro jehož převoz slouží zadní madlo. Je vyrobeno z trubky o \varnothing 30 mm. Průměr byl volen s ohledem na váhu vozíku a pohodlnosti úchopu madla při těchto rozměrech. Madlo je uloženo pod úhlem, který zapříčiňuje jeho dostupnost i při naklonění vozíku. Nachází se ve výšce 1075 mm.

Prostor vzniklý mezi madlem a přístrojem je dostatečný pro predikované rozměry ruky a nabízí mnoho možností úchopu. Předpokládá se ale nejčastěji úchop v přímé části, po bocích ohybu trubky.



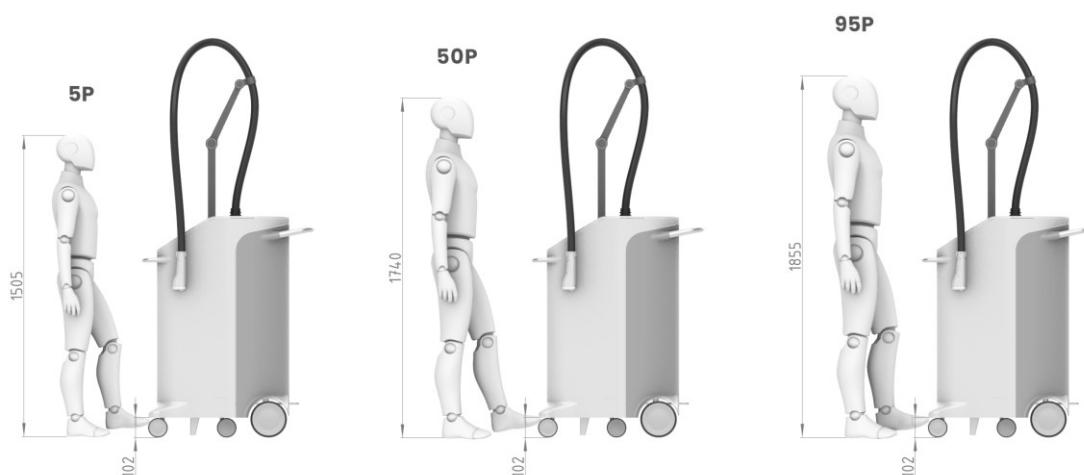
Obr. 6- 22 Ergonomické řešení zadního madla

Za zadní madlo se také lze přidržet v případě naklápění vozíku. Tomuto úkonu napomáhá nášlap o rozměrech (135 × 50) mm umístěný nad zadním kolem ve výšce 170 mm. Nášlapný prvek má lichoběžníkový tvar, k noze se zužuje a je doplněn o vruby, které zamezují prokluzu nohy.



Obr. 6- 23 Ergonomické řešení zadního nášlapu

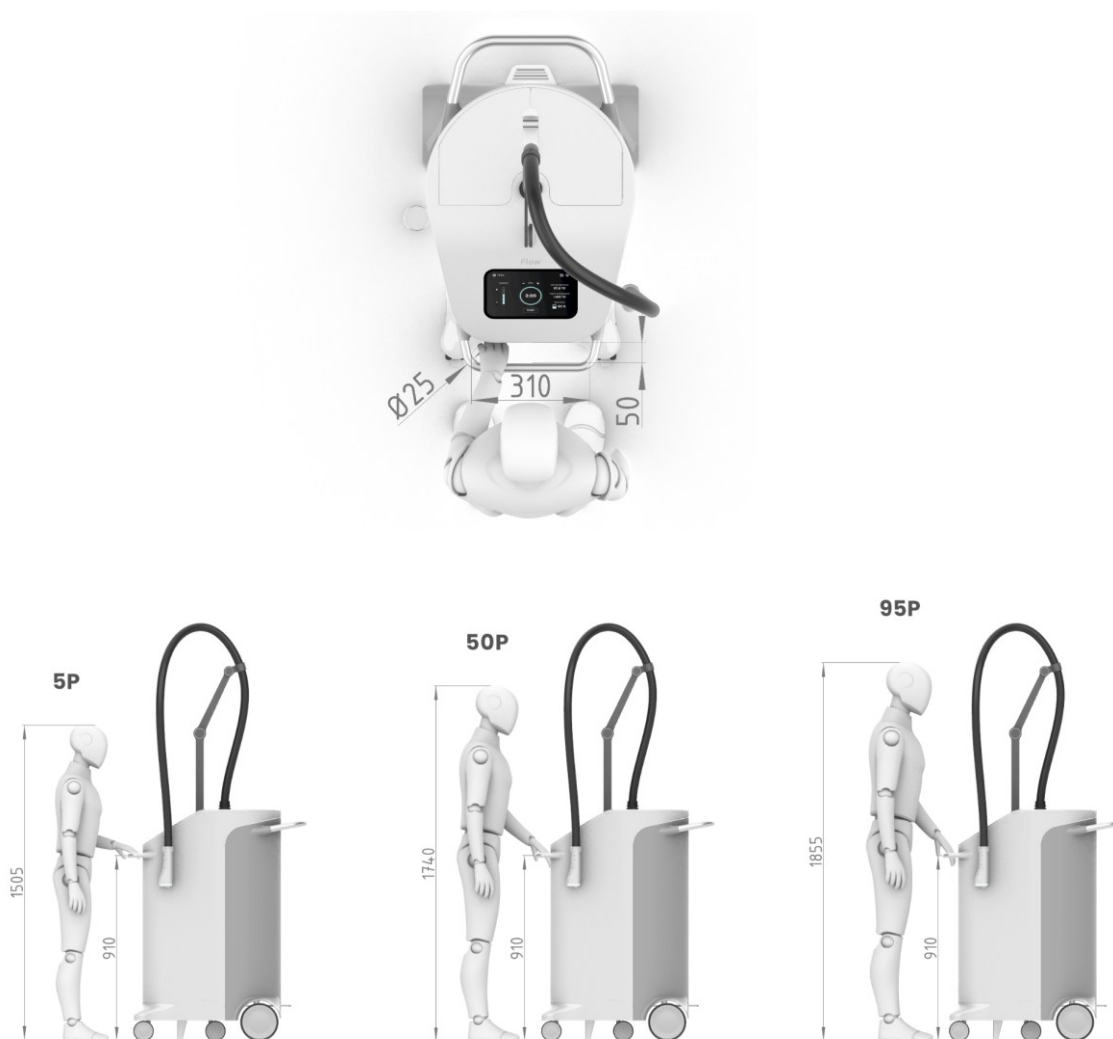
Dalším prvkem, který je sešlapáván nohou, jsou brzdy na předních dvou kolech. Brzdy jsou vystrčené z objemu ven pro usnadnění jejich sešlápnutí. Jsou umístěny ve výšce 102 mm.



Obr. 6- 24 Ergonomické řešení přístupu brzd

Madlo v přední části slouží zejména k menším manipulacím s přístrojem, jako je jeho přisunutí k lůžku, či pootočení požadovaným směrem. Z těchto důvodů byl volen menší průměr 25 mm. Madlo je uloženo v horizontální rovině. Pro přisunutí je možné využít celou přímou plochu. Pro pootočení se předpokládá využití ohybů.

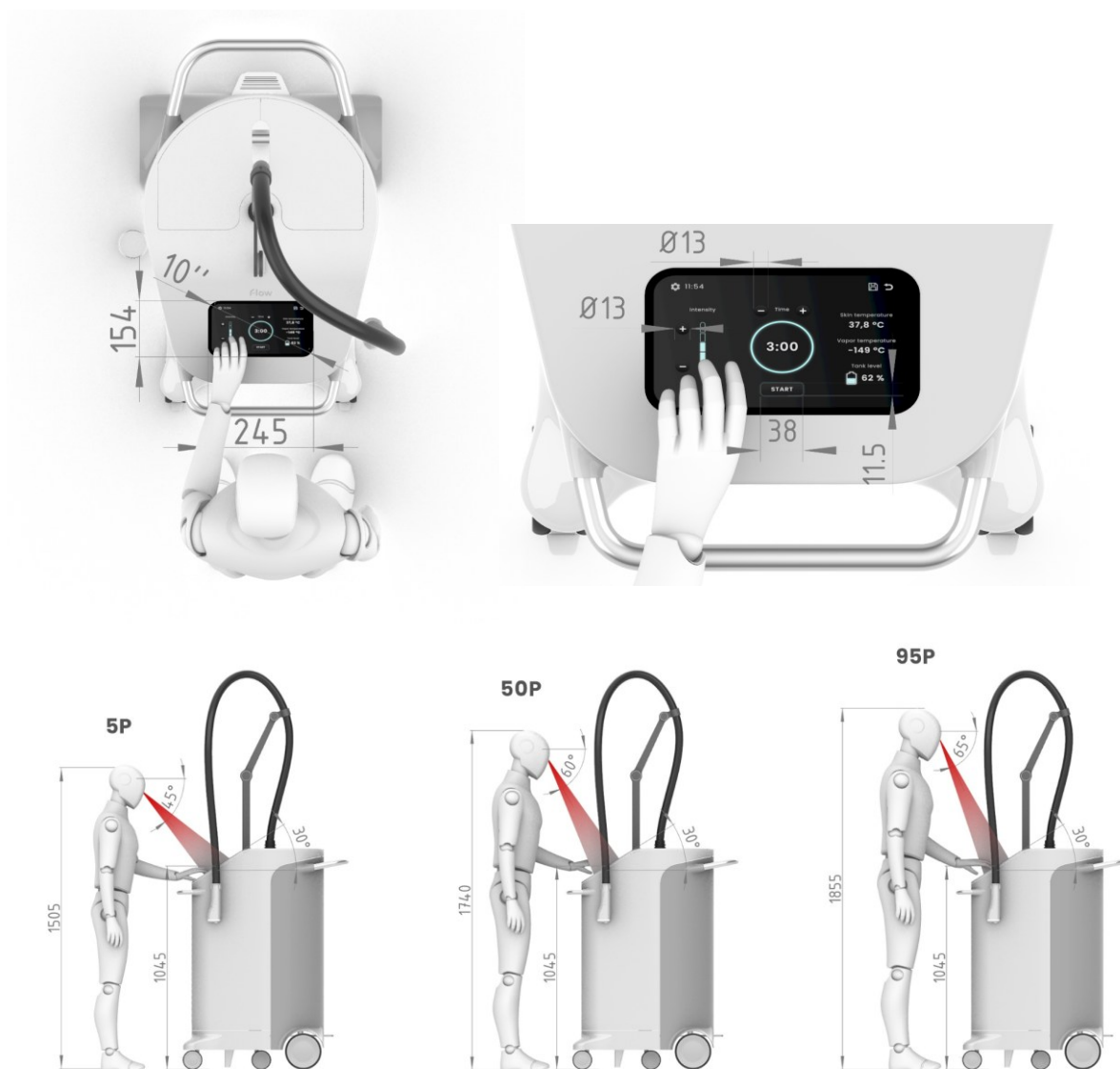
S ohledem na menší manipulace je prostor mezi madlem a přístrojem výrazně menší než tento prostor u zadního madla. Navzdory tomuto zmenšení je zde stále dostatečný prostor pro ruku obsluhy.



Obr. 6- 25 Ergonomické řešení předního madla

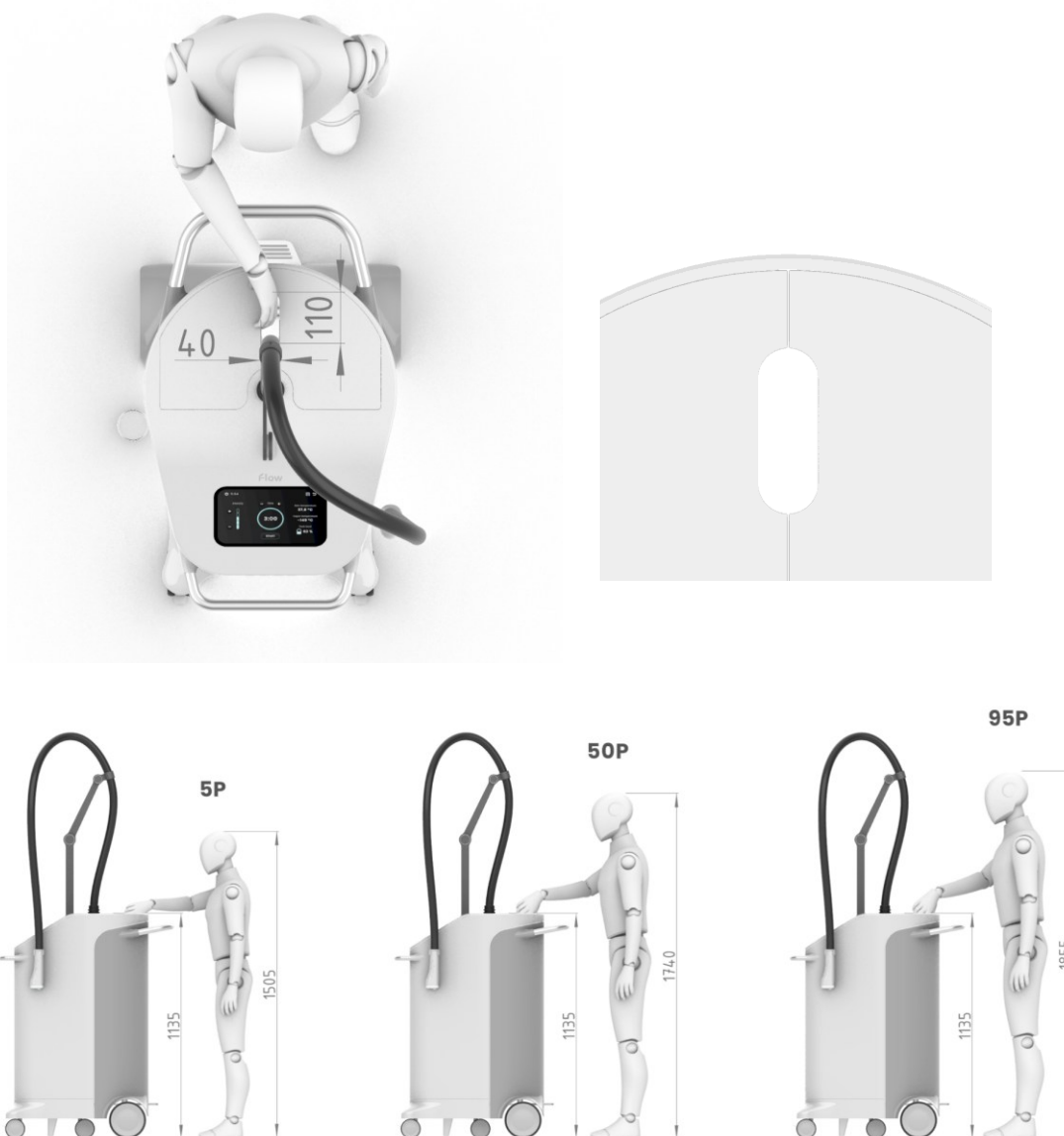
Přístroj se ovládá pomocí 10" displeje umístěného na horní nakloněné ploše pod úhlem 30°. Toto naklonění má za důsledek příznivější zorné podmínky a redukuje se odlesky vzniklé ze stropních svítidel. Střed displeje je umístěn ve výšce 1045 mm.

Součástí displeje je také několik tlačítek. Všechna tlačítka + a – mají průměr 13 mm. První sada slouží ke snížení a zvýšení intenzity proudu. Ukazatel je vertikálně orientován, proto jsou tlačítka navržena níže pro ubrání stupně a nahore pro přidání. Druhou sadou se přidává a ubírá nastavení času terapie, byla tedy volena horizontální orientace. Ergonomická pravidla doporučují udávat směr zesponu nahoru a zleva doprava, což bylo respektováno při uvedeném uspořádání jednotlivých tlačítek. Největším tlačítkem je obdélníkové tlačítko STOP/START. Z důvodu četnosti jeho užívání je umístěno ve spodní části středu displeje.



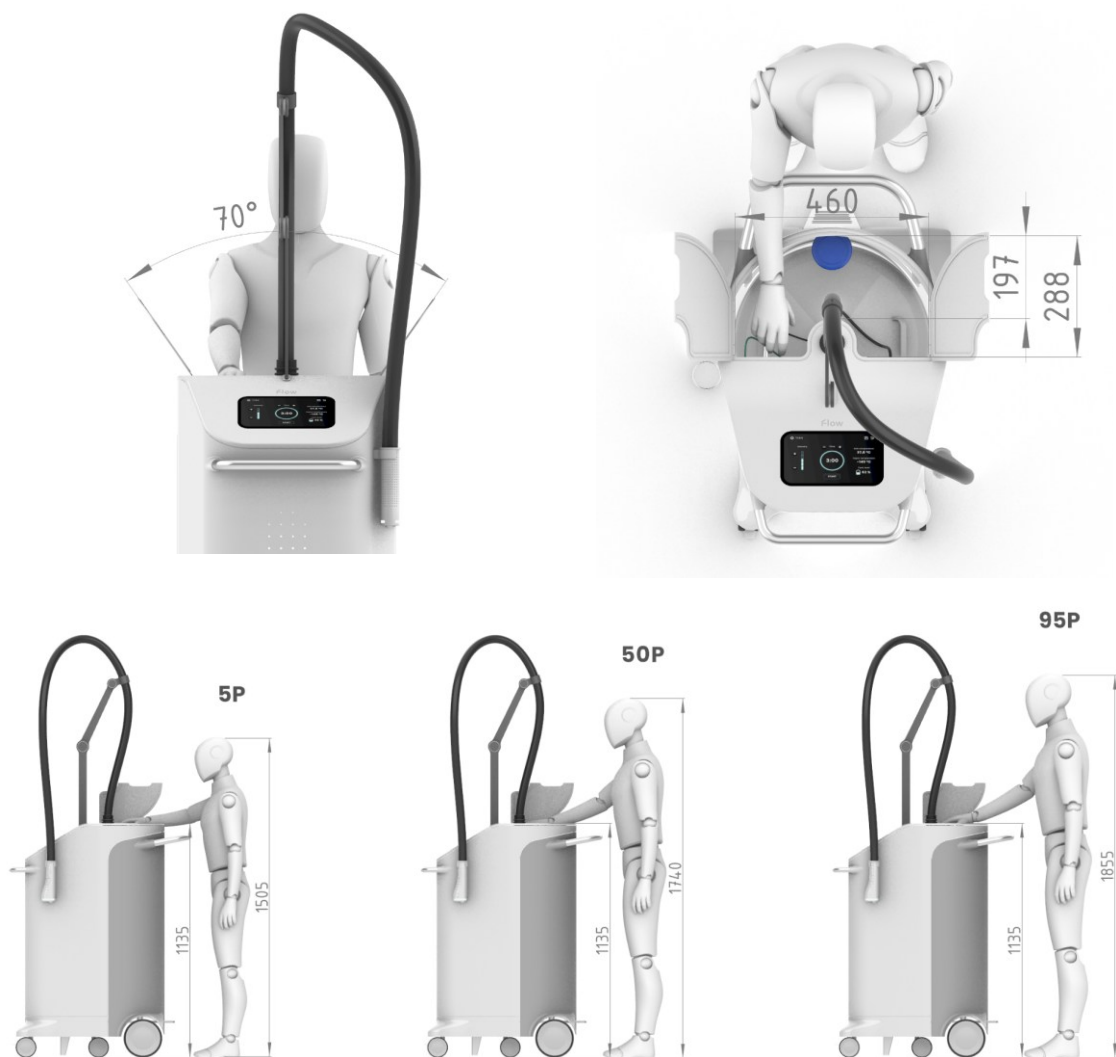
Obr. 6- 26 Ergonomické řešení displeje

V horní ploše se nacházejí dvířka zpřístupňující vnitřní komponenty. Dvířka se skládají ze dvou křídel. V každém z nich je výřez sloužící k jejich otevření. Tento otvor po sklopení obou dvířek vytváří oválný tvar, jehož přímá plocha umožňuje dvířka uchopit a otevřít. Plocha, na které se dvířka nacházejí, je ve výšce 1135 mm.



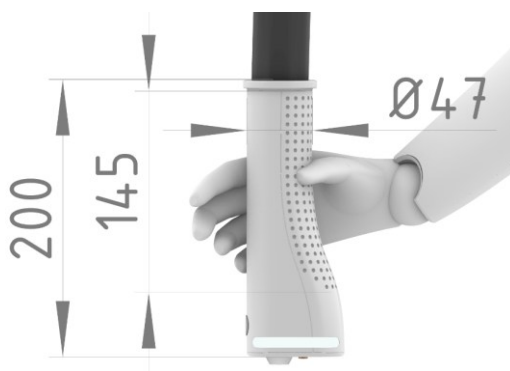
Obr. 6- 27 Ergonomické řešení otevírání horních dvířek

Dvířka lze rozevřít do úhlu 70°. Poté vzniká přístup k odpojení kabelů a odjištění matice a svorky. Manipulační prostor pro toto odpojení má obálkové rozměry (460 × 288) mm.



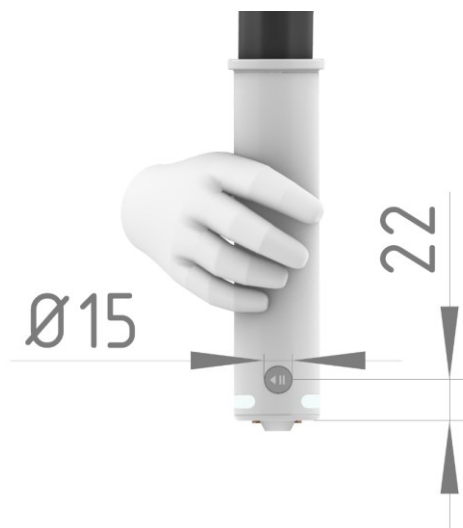
Obr. 6- 29 Ergonomické řešení přístupu horních dvířek

Aplikační hlavice je nejčastěji drženou částí. Celkové tvarování vychází z válce, který je ergonomicky přívětivou variantou. V určité části se válec rozšíří v oválný profil. Rozšíření poskytuje také možnost úchopu právě v této části. Polohu ruky určuje oblast vyznačená prvky kulového vyhloubení, která je součástí části spodní plochy hlavice.



Obr. 6- 28 Ergonomické řešení držení aplikační hlavice

Kromě displeje je umístěno ovládací tlačítko START/STOP přímo na aplikační hlavici. Je tak dána uživateli možnost spustit či pozastavit terapii i mimo displej. Kruhové tlačítko o průměru 15 mm je umístěno na horní ploše. Při tomto umístění je tlačítko na dostupném místě, avšak by nemělo dojít k jeho omylnému stisknutí.



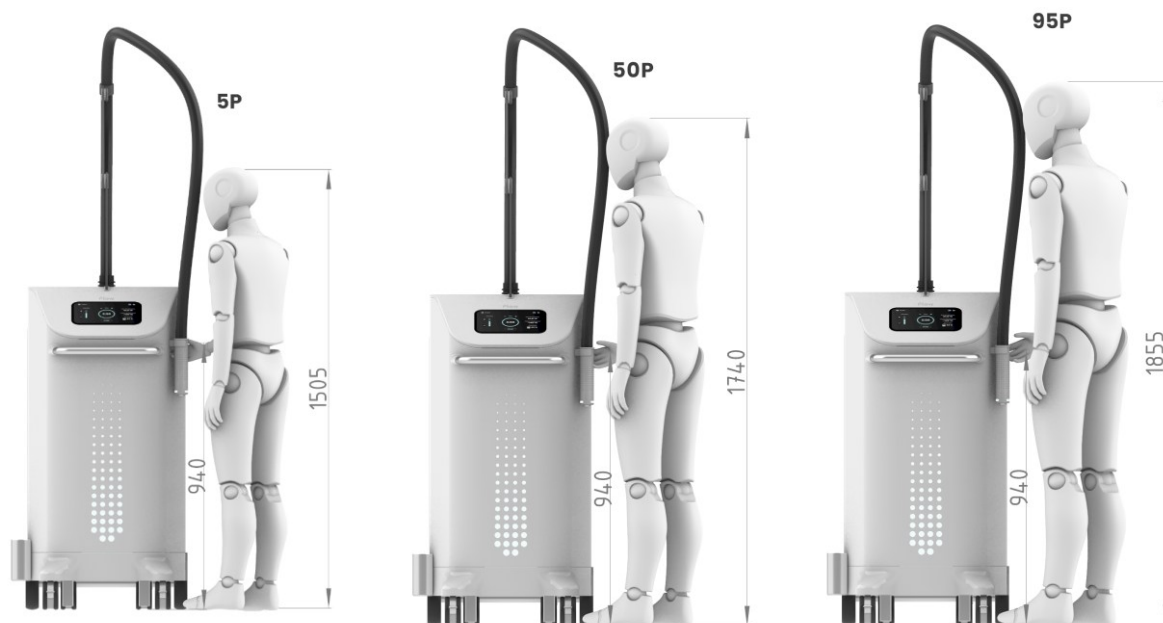
Obr. 6- 30 Ergonomické řešení tlačítka hlavice

Součástí hlavice jsou světelné prvky, které slouží jako sdělovače směrem k pacientovi. Symetrické prvky se nacházejí na kraji hlavice v části u trysky. Komunikátor má šířku 7,5 mm a je táhnut po obvodu hlavice po délce 65 mm.



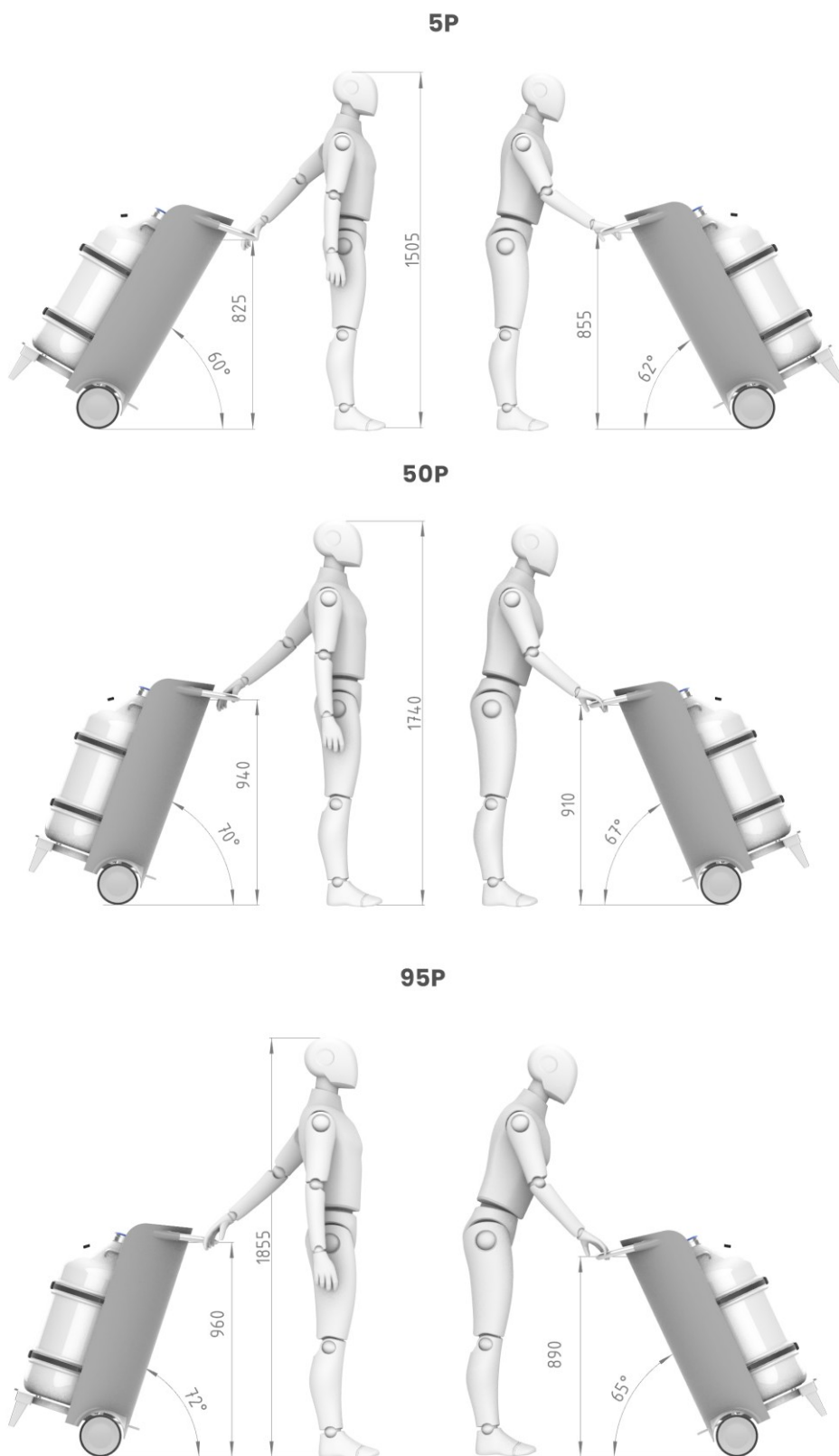
Obr. 6- 31 Ergonomické řešení světelného sdělovače

Hlavice je ukládána do držáku nacházejícím se na boční straně ve přední části přístroje. Je koncipován tak, aby hlavice byla orientována směrem dolů. Držák je tvořen z mezikruží s boční mezerou 37 mm, do které je hlavice vkládána. Je uložen ve výšce 940 mm.



Obr. 6- 32 Ergonomické řešení ukládání aplikační hlavice

Samotná přeprava vozíku s nádobou závisí na preferencích obsluhy. Je možné jej táhnout či tlačit. Předpokládaný úhel vozíku při manipulaci s ním je pouze odhadovaný. Závisí nejen na výšce osoby, která s vozíkem manipuluje, ale také na způsobu převozu a jeho postoji.



Obr. 6- 33 Ergonomické řešení přepravy vozíku

6.4 Barevné a grafické řešení

6.4.1 Barevné řešení

Návrh barevného řešení byl přizpůsoben funkcím přístroje. Z těchto důvodů je u všech variant volena tmavší barva na zadní část přístroje, která má sloužit jako vozík přepravovaný do exteriéru. Jedná se tedy o kritickou část a ztmavením jejího odstínu dochází k eliminaci znečištění. Z těchto důvodů byla také na vozík volena polomatná úprava povrchu a na přední část lesklá.

První varianta zleva je celkově nejčistší. Na přední plochy byla zvolena bílá barva a na část s vozíkem světle šedá. Disky kol jsou zbarveny shodným odstínem, jako krytování vozíku. Hlavice má shodné krytování jako přední část přístroje. Rameno pro podepření hadice je nalakováno do tmavších odstínů šedé. Vnitřní kruhové prvky u kloubů jsou odlišeny bíle a korespondují tak s přední částí. U předního i zadního madla byl zachován kovový materiál.

Druhá varianta je koncipována v tmavších odstínech. Na přední části krytování byla aplikována barva vozíku z první barevné varianty. Stejně tak na disky kol a aplikační hlavici. Vozík je zbarven antracitovou barvou, tedy tmavším odstínem šedi. Tento odstín je shodný s odstínem ramene, které je stejné jako u první varianty. Obě madla zůstávají bez laku.



Obr. 6- 34 Barevné varianty I

U třetí varianty bylo zamýšleno neutrální tmavý základ doplnit výraznějšími detaily. Přední kryt je tmavě šedý, stejně tak i aplikační hlavice. Vozík je zbarven do tmavšího odstínu, skoro až černé. Rameno je nejsvětlejším prvkem šedé barvy, stejně tak disky kol. Výrazná žlutá barva byla aplikována na přední i zadní madlo, logotyp, vnitřní kroužky ramene, brzdy na předních kolech a držáku hlavice i části, která hlavici v držáku jistí. Byla zbarvena i obvodová část disku zadních kol. Opakujícím se zbarvením detailů vzniká zajímavá varianta, která svým univerzálním základem doplněným o akcentní prvky tvoří moderní koncept.

Poslední varianta je barevně nejodvážnější. Byly voleny studené tóny reprezentující chlad, se kterým přístroj pracuje. Kryt přední části je zbarven ve světlém odstínu modré barvy. Na vozík byl vybrán opět tmavší odstín výrazné modré, která je aplikována i na rameno, logotyp a brzdy předních kol. U obou modelů je zachován kovový povrch.



Obr. 6- 35 Barevné varianty II

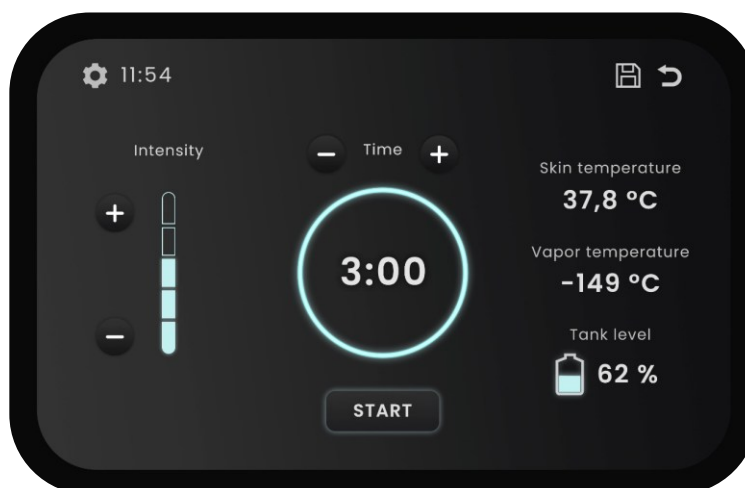
6.4.2 Grafické řešení

Uživatelské rozhraní

Grafika displeje byla navržena se snahou o moderní jednoduché rozhraní s minimem prvků pro maximální přehlednost. V horní liště vlevo má uživatel možnost nahlédnout do nastavení přístroje a zhlédnout informaci času. Na pravé straně jsou k dispozici tlačítka pro uložení nastavení terapie a ikona pro krok zpět. Rozhraní je členěno do tří částí. Prvním segmentem je regulace intenzity průtoku proudu. Stupně intenzity jsou zobrazeny v pěti vertikálních segmentech, které se zesponu nahoru naplňují podle nastavené hodnoty. Hodnoty lze nastavovat tlačítka se symboly + a -.

Prostřední segment je největším z rozhraní. Ve středu displeje se nachází výrazný kruh sloužící jako grafický ukazatel délky terapie. Uvnitř kruhu je přímo zobrazen čas terapie v minutách a sekundách. Nastavení času terapie lze regulovat symboly – a + umístěnými nad časovým kruhem. Jedno kliknutí přidává hodnotu 15 sekund, přičemž lze v průběhu terapie časovou hodnotu dále regulovat. Pod kruhem se nachází tlačítko START pro spuštění procesu terapie.

Pravý segment je čistě sdělovací. Nese informace o teplotě pokožky pacienta, teplotě par dusíku měřené na výstupu nádoby a informace o obsahu dusíku zbývajícím v nádobě. Informace o obsahu dusíku je doplněna o ikonu nádoby, v níž je zobrazena kapalina právě souladně s úbytkem dusíku v dewaru.



Obr. 6- 36 Grafické rozhraní displeje před spuštěním

Poté co se spustí proces terapie, tlačítko START se změní na STOP tlačítko, které umožňuje terapii kdykoliv v průběhu pozastavit. Po spuštění začne ubíhat čas uprostřed kruhu a souběžně ubývá kružnice kolem něj.



Obr. 6- 37 Grafické rozhraní displeje po spuštění

Logotyp

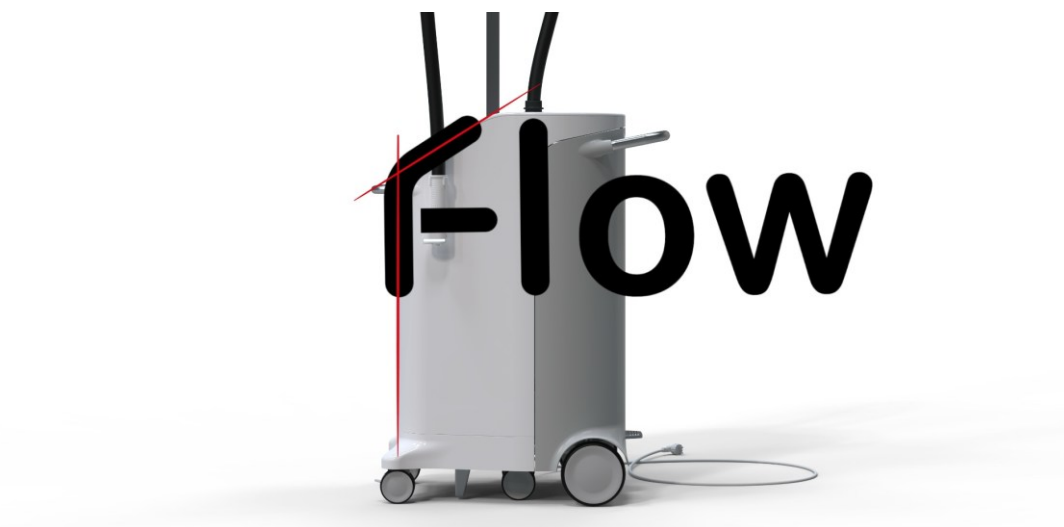
Jako název produktu byl zvolen výraz F–low. Základem je anglické slovo flow, tedy proud, které vystihuje proudění studeného dusíku při terapii. Název zároveň obsahuje slovní hříčku „°F low“, která upozorňuje na velmi nízké teploty, jež jsou pro kryoterapii typické. Slova propojuje pomlka, která je zároveň vnímána jako spodní čára písmene F. Výsledný název tak spojuje funkčnost zařízení s jeho hlavním účinkem a zároveň působí jednoduše a srozumitelně.

Zvoleným fontem logotypu byl Arial Rounded MT Bold. Tento bezserifový font odkazuje na jednoduchost a čistotu přístroje. Zároveň písmeno „l“ tímto zakulaceným fontem připomíná tvar světelného prvku na přední ploše, komunikačních pruhů na aplikační hlavici a tvar otvoru pro otevření dvířek v horní ploše.

F–low

Obr. 6- 38 Logotyp produktu

Písmeno „f“ není psáno v uvedeném fontu. Bylo modifikováno tak, aby se zachoval zakulacený charakter zbývajících písmen, avšak došlo k uzpůsobení odpovídajícímu tvarování přístroje. V bokorysu je viditelný zlom přední plochy, který byl přenesen právě do tvaru písmene „f“. Tento zlom byl změkčen rádiusem a přenesen do logotypu.



Obr. 6- 39 Přenesení tvarování na logotyp

Logotyp byl umístěn na horní plochu objemu, konkrétně na přední nakloněnou část na osu symetrie do úrovně nad displejem. Tato pozice se ukázala jako nejvhodnější především z hlediska dobré viditelnosti. Zároveň přispívá k celkovému vizuálnímu dojmu přístroje.



Obr. 6- 40 Umístění logotypu

6.5 Udržitelnost produktu

6.5.1 Údržba

Jelikož se jedná o zdravotnický přístroj, musí podstupovat pravidelné revize prováděné servisním technikem, který zaručí správný chod přístroje a tím i jeho delší životnost. Odejmutím krytu vzniká přístup k celé vnitřní konstrukci, tedy i vnitřním komponentům. Komponenty jako hadice a topné těleso jsou velmi dobře dostupné po celou dobu, jelikož nejsou chráněny krytem.

Servisní technik může provádět kroky jako je náhrada elektronických součástek, displeje, či konektorů. V jeho kompetenci je také provádět diagnostiku topného tělesa a trysky. Provádí i diagnostiku dewaru a jeho těsnosti, konkrétně měřením odpařeného dusíku u uzavřené naplněné nádoby. Mimo to kontroluje termočlánek, tlakový senzor a dohlíží na mazání kroužku na topném tělese, aby se snadno spojovala a odpojovala hadice od topného tělesa.

Před každou terapií je nutné zkontrolovat technický stav přístroje. Tato revize zahrnuje kontrolu, zda napájecí kabel, kryogenní hadice, hlavice topného tělesa a nádoba nejsou nijak mechanicky poškozené. Na konci dne by se hlavice měla umístit tak, aby tryska směřovala dolů. Takto se předejde vyschnutí trysky a prodlouží se tak její životnost. Držák pro hlavici je navržen tak, že tryska při uložení hlavice v držáku vždy směřuje dolů. Problém s vyschnutím by tedy neměl nastat.

Hadice by měla být uchovávána v pozici, která předchází vzniku mechanického poškození, čemuž pomáhá rameno podepírající hadici.

6.5.2 Materiály

Většina částí je vyrobena z ABS plastu, jehož vlastnosti napomáhají tomu, aby produkty z něj vyrobené měly dlouhou životnost. Tento materiál je tvrdý, houževnatý a vysoce odolný vůči mechanickým poškozením, což výrazně přispívá k celkové spolehlivosti a odolnosti produktu. Další výhodou ABS plastu je jeho recyklovatelnost, díky které je možné součásti po skončení životnosti snadno znovu využít.

Vnitřní konstrukce produktu je tvořena hliníkovými díly, které byly zvoleny zejména kvůli nízké hmotnosti a vysoké pevnosti materiálu. Hliník je zároveň dobře recyklovatelný, což podporuje snahu o udržitelnější nakládání s použitými materiály.

6.6 Hodnocení klíčových parametrů

Tato diplomová práce se ze začátku zaměřila na rešerši přístrojů pro lokální kryoterapii na současném trhu, jejich technickém řešení a identifikaci problému k řešení. Ne všechny informace byly jednoduše přístupné, proto bylo nutné doplnit je jiným způsobem. Informace o celém postupu při práci s přístrojem a celkovému seznámení napomohla návštěva regeneračních center Náskok a Mráz léčí, která mimo to poskytla i cenné informace o uživatelské zkušenosti obsluhy, na čemž se dále zakládaly cíle práce. Pro přiblížení technického řešení a získání přehledu o vnitřních komponentech přístroje byla nejvíce přínosná konzultace s obchodním manažerem DN Formed, kde byly poskytnuty materiály obsahující informace tohoto typu.

Hlavním cílem návrhu bylo vytvořit design reagující na problémy zjištěné právě uživatelskou analýzou. Koncept byl směřován k přizpůsobení celkové konstrukce přístroje převozu dewaru ke kryogenní nádrži nacházející se v exteriéru. Postupnými iteracemi bylo dosaženo řešení, které rozděluje přístroj na dvě části, přičemž jedna část je funkčním přístrojem obsahujícím elektronické komponenty a ovládací panel a druhá část mobilním vozíkem, který slouží jako prostředek pro přepravu nádoby. Vozík byl inspirován konstrukcí rudlu a měl by tak být dostatečně přizpůsobený přepravě objemné a těžké nádoby přes překážky v podobě prahů.

Další řešený problém byl identifikován při podstoupení lokální kryoterapie mou osobou, tedy zkušeností ze strany pacienta. Při procesu terapie byla postrádána informace o času zbývajícím do konce terapie, což zneprůjemňovalo celkovou zkušenost. Při rešerši se ukázalo, že na tento problém se žádný z přístrojů nezaměřuje a vznikl tak prostor pro další inovaci. Problém byl řešen formou světelného prvku umístěného na aplikační hlavici, který slouží jako komunikátor směrem k pacientovi. Tato sdělovací forma by měla být dostatečným prvkem pro předání informace o zbývajícím času terapie. Postupně se naplňující pruh předává pacientovi obrazně tuto informaci. I když se nejedná o konkrétní časový údaj, mělo by být s ohledem na psychologické aspekty dostatečné i zvolené grafické zobrazení. Má však mezery například při aplikaci chladu na oblast zad, kde dochází k nedohledu pacienta na aplikační hlavici a o informaci tak přichází.

Z hlediska estetiky byl následován trend zpozorovaný v designu kryoterapeutických přístrojů. Trendem jsou jemně tvarované objemy o neutrálně zvolených barvách, většinou bílá, šedá a černá, doplněné barevnými či světelnými prvky. Přístroj byl navržen také s ohledem na působení ve zdravotnickém prostředí. Zaměřením na čistotu a jednoduchost vznikl moderní přístroj splňující ergonomické i funkční aspekty.

7 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout přístroj pro lokální kryoterapii s důrazem na ergonomii, funkčnost a přívětivost vůči uživateli, a to jak z pohledu obsluhy, tak pacienta. Na základě úvodní rešerše současně dostupných zařízení na trhu a jejich technického řešení byly identifikovány klíčové nedostatky, které se staly výchozími body pro návrhovou část práce. Klíčovým přínosem byla návštěva regeneračních center a odborné konzultace s dodavatelem, díky nimž byl získán hlubší vhled jak do uživatelského prostředí, tak do vnitřní struktury přístrojů.

Na základě poznatků získané rešerší stávajících produktů a uživatelské analýzy byly vytvořeny tři varianty. Lišily se jak tvarovým řešením, tak přístupem k problému. Po vyhodnocení klíčových parametrů byla jedna varianta označena za nejvíce vyhovující a dále se rozvíjela ve formě předběžného návrhu, kde došlo k několika změnám v celkovém designu a doladění konstrukce.

Výsledné řešení tvoří minimalistický čistý design vhodný právě do zvoleného prostředí zdravotnických center. Zdůrazněním válcové nádoby v zadní části a zúžením půdorysu směrem k ovládací části vzniká vizuálně vyvážená a funkčně logická kompozice, která opticky odlehčuje celkový objem přístroje. Estetika přístroje byla doplněna o světelný prvek na přední ploše, který znázorňuje prostup par dusíku z nádoby nahoru. Pole kruhových prvků uspořádaných do oválu v průběhu terapie pulzuje a vytváří tak příjemný dojem.

Hlavním z problémů plynoucích z uživatelské analýzy bylo zjištění, že stávající přístroje pro lokální kryoterapii dostatečně neřeší problematiku přepravy těžké dewarovy nádoby s kapalným dusíkem, kterou je nutné pravidelně doplňovat z venkovní nádrže. Na tento problém reaguje navržené řešení rozdělením přístroje do dvou samostatných částí – pevné základny s elektronickými komponenty a mobilního vozíku sloužícího k přepravě nádoby. Toto řešení významně zjednodušuje každodenní obsluhu a stává se tak hlavní inovací designu.

Další inovativní prvek vyplynul z osobní zkušenosti s absolvováním terapie z pohledu pacienta. Byla zaznamenána absence jakékoliv informace o délce zbývajících času terapie, což negativně ovlivňuje psychickou pohodu uživatele. Tento dosud opomíjený aspekt byl řešen inovativním prvkem – světelným indikátorem umístěným na aplikační hlavici, který graficky signalizuje průběh terapie. Zvolený vizuální styl formou postupně se naplňujícího pruhu byl navržen tak, aby byl intuitivní, nenásilný a dobře čitelný i bez přímého udání konkrétního časového údaje. Toto řešení sice nenabízí ideální informovanost při aplikaci na nepřehledné části těla, například záda, přesto jde o posun v oblasti komunikace zařízení směrem k pacientovi.

Přístroj byl navíc doplněn o držák svorky a držák zátky pro zajištění nádoby, což by mělo mít za důsledek komfortnější manipulaci s těmito částmi. Byla také řešena problematika tenzometrického snímače, který se v praxi ukázal jako nedostatečně spolehlivý prostředek pro měření zbývajícího množství kapalného dusíku. Jako přesnější alternativa byl zvolen tlakový senzor, jenž umožňuje odhad množství dusíku na základě tlaku na výstupu nádoby. Tato forma je sice spolehlivější, avšak finančně nákladnější. Celková cena přístroje by se však měla pohybovat kolem očekávané hranice ve výši 300 000 Kč.

Výsledný návrh reaguje na konkrétní problémy vycházející z reálného provozu a zkušeností uživatelů a zároveň přináší inovativní přístup k manipulaci s těžkou částí a komunikaci přístroje s pacientem. Řešení dosahuje předem stanovených cílů se záměrem zlepšení uživatelské zkušenosti.



Obr. 6- 41 Přístroj při kryoterapii

8 VÝSLEDEK VÝZKUMU PODLE RIV

Druh výsledku	Funkční vzorek
Název výsledku	Přístroj pro lokální kryoterapii
Autoři	Bc. Barbora Vlčková
Místo uložení výsledku	VUT Brno

Tab. 8- 1 Výsledek výzkumu podle RIV

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *MUDr. Lubomír Šmuk*. Online. Medicomclinic. ©2024. Dostupné z: <https://www.medicomclinic.cz/mudr-lubomir-smuk>. [cit. 2024-04-30].
- [2] *Hodnocení efektivity kryoterapie u akutních bolestivých stavů*. Online. Dspace. 2020. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/91863/FBMI-BP-2020-Hunacek-Ondrej-prace.pdf?sequence=-1&isAllowed=y&fbclid=IwAR3xF4DrmYtrYSg8uQYSXkSmCGrS699Rp5_u0PV6H8YM9-C1OfGx11F_mCA_aem_AUHvZY9sQyi32l2JvE2RPsWnhchXMg3Ctv33oyikbITzLjsBQ3hpNYoWQGOMdlumqa8akocr1jEHO6gBBErjKM24. [cit. 2024-04-29].
- [3] *Cryotherapy Devices Market Report 2024 (Global Edition)*. Online. Cognitivemarketresearch. 2024. Dostupné z: <https://www.cognitivemarketresearch.com/cryotherapy-devices-market-report?>. [cit. 2024-04-27].
- [4] *ČSN EN 60601-1-2 ED.2 (364801) Zdravotnické elektrické přístroje - Část 1-2: Všeobecné požadavky na základní bezpečnost a nezbytnou funkčnost - Skupinová norma: Elektromagnetická kompatibilita - Požadavky a zkoušky*. Online. Technicke-normy-csn. © 2020-2024. Dostupné z: <https://www.technicke-normy-csn.cz/csn-en-60601-1-2-ed-2-364801-196637.html>. [cit. 2024-05-28].
- [5] *ČSN EN ISO 20421-2 (697230) Kryogenické nádoby - Velké přepravní vakuově izolované nádoby - Část 2: Provozní požadavky*. Online. Technicke-normy-csn. © 2020-2024. Dostupné z: <https://www.technicke-normy-csn.cz/csn-en-iso-20421-2-697230-217364.html>. [cit. 2024-05-28].
- [6] *Nářízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2017/745*. Online. EUR-Lex. 2024. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX%3A32017R0745>. [cit. 2024-06-01].
- [7] *Technická specifikace kryoterapeutický přístroj*. 2019.
- [8] *Lokální Kryoterapie – jak funguje?* Online. Petrblatny. ©2024. Dostupné z: <https://petrblatny.cz/lokalni-kryoterapie-jak-funguje/>. [cit. 2024-04-27].
- [9] *Hledáte účinnou regeneraci a léčbu poúrazových stavů?* Online. Mráz léčí. 2025. Dostupné z: <https://www.mrazleci.cz/lokalni-kryoterapie/>. [cit. 2025-02-23].

- [10] *Kryos One Portable Local Cryotherapy - Body & Facial*. Online. Davincimedicalusa. ©2025. Dostupné z: <https://www.davincimedicalusa.com/kryos-one-portable-cryotherapy>. [cit. 2025-02-23].
- [11] *Cryo facial*. Online. One thirty labs. ©2021. Dostupné z: <https://onethirtylabs.com/en/treatment-overview/cryo-facial/>. [cit. 2025-02-23].
- [12] *Lokální kryoterapie - Chladová terapie, Léčba mrazem*. Online. Rehabilitace Šenov. ©2025. Dostupné z: <https://www.rehabilitace-senov.cz/sluzby/lokalni-kryoterapie.html>. [cit. 2025-02-23].
- [13] *Celotělová kryoterapie*. Online. Kryostrava. 2024. Dostupné z: <https://www.kryostrava.cz/kryoterapie/>. [cit. 2025-02-23].
- [14] *Cryo Local Polar Bear User Manual*. Online. Vacuactiv. 2021. Dostupné z: <https://vacuactiv.com/wp-content/uploads/2023/10/Cryo-Local-Polar-Bear-User-Manual-Vacu-Activ.pdf>. [cit. 2024-04-30].
- [15] *Cryo Local Polar Bear*. Online. Vacuactiv. ©2022. Dostupné z: <https://vacuactiv.com/products/cryotherapy-devices/cryo-local-polar-bear/>. [cit. 2024-04-29].
- [16] *CRYO PENGUIN*. Online. Sunspawellness.com. ©2023. Dostupné z: <https://www.sunspawellness.com/cryo-penguin>. [cit. 2024-06-02].
- [17] *CRYO LC*. Online. Cryoniq.cz. Dostupné z: <https://www.cryoniq.cz/cryo-lc/>. [cit. 2024-06-02].
- [18] *THE CRYO LC*. Online. In: Cryoniq.com. ©2023. Dostupné z: <https://www.cryoniq.com/fileadmin/content/documents/CRYO%20LC%20Brochure.pdf>. [cit. 2024-06-02].
- [19] *Cryo-T Elephant Series*. Online. Metrum. 2024. Dostupné z: https://www.metrum.com.pl/wp-content/uploads/2018/05/Cryostimulation_veterinary_2018.pdf. [cit. 2024-06-03].
- [20] *Cryofacial: METRUM Cryo-T Elephant*. Online. Cryomachines. ©2024. Dostupné z: <https://www.cryomachines.com/products/metrum-cryo-t-elephant/>. [cit. 2024-06-03].
- [21] *Cryo-T Elephant 50 l*. Online. Dnformed. ©2020. Dostupné z: <https://www.dnformed.cz/cryo-t-elephant-50-l/>. [cit. 2024-06-02].

- [22] *CRYO-T Elephant mini*. Online. Metrum. 2024. Dostupné z: <https://www.metrum.com.pl/produkty/cryo-t-elephant-mini/?lang=en>. [cit. 2024-06-03].
- [23] *Local cryotherapy CRYO-T Vital*. Online. Refinedwellness. ©2023. Dostupné z: <https://refinedwellness.com.au/local-cryotherapy-cryo-t-vital/>. [cit. 2025-01-31].
- [24] *CRYO-T Vital – lokální kryoterapeutický přístroj LN2*. Online. Metrum. 2024. Dostupné z: <https://www.metrum.com.pl/produkty/cryo-t-vital-aparat-do-krioterapii-miejscowej-ln2/>. [cit. 2025-01-31].
- [25] *Iceberg50L local CRYO*. Online. Vacuactivus. ©2024. Dostupné z: <https://vacuactivus.com/cs/allproducts/local-cryo/iceberg-50l-local-cryo/>. [cit. 2024-06-04].
- [26] *Iceberg25L local CRYO*. Online. Vacuactivus. ©2024. Dostupné z: <https://vacuactivus.com/cs/allproducts/local-cryo/iceberg-localized-cryo-25/>. [cit. 2024-06-04].
- [27] *Cryo Local Q - Brochure*. Online. Medicaexpo. Dostupné z: <https://pdf.medicaexpo.com/pdf/vacuactivus/cryo-local-q-brochure/117919-224816.html>. [cit. 2025-02-22].
- [28] *Cryo Q Lokalizovaný kryoterapeutický přístroj*. Online. Vacuactivus. ©2024. Dostupné z: https://vacuactivus.com/cs/allproducts/hidden_tax/iceberg-local-cryo/. [cit. 2025-02-22].
- [29] *Návod k použití: Zařízení pro kryoterapii a lokální kryostimulaci CRYO-T Elephant G*. Rev. 10. Metrum Cryoflex, 2021.
- [30] *Tutorial user guide: CRYO-T Vital*. Metrum Cryoflex, 2024.
- [31] *Cryotherapy unit Cryo-T Vital*. Online. In: Medicaexpo. ©2025. Dostupné z: <https://www.medicaexpo.com/prod/metrum-cryofex/product-74688-1147672.html>. [cit. 2025-02-10].
- [32] *Cryo-T Elephant - Heater vs. Pneumatic*. 2017.
- [33] *Brief tank refill instruction for CRYO-T Vital*. Metrum Cryoflex, 2024.
- [34] *Service Manual: Cryo-T Elephant*. SM-CTEHG-09-2016-EN. Metrum Cryoflex, 2016.

- [35] *How refill nitrogen in localized cryotherapy machine Polar Bear*. Online. In: Youtube. 2021. Dostupné z: <https://www.youtube.com/shorts/yHbXAGSJxq8>. [cit. 2025-02-24].
- [36] *Dewarova nádoba na kapalný dusík 50 litrů*. Online. E-dusik. ©2025. Dostupné z: <https://www.e-dusik.cz/dewarova-nadoba-na-kapalny-dusik-50-litru-e658.htm>. [cit. 2025-02-23].
- [37] *Kolik metrů krychlových plynného dusíku vznikne z jedné tuny kapalného dusíku?* Online. Prirodovedci. 2013. Dostupné z: <https://www.prirodovedci.cz/zeptejte-se-prirodovedcu/363>. [cit. 2025-02-23].

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

°	stupeň
°C	stupeň Celsia
°F	stupeň Fahrenheita
%	procento
"	palce
∅	průměr
LN ₂	tekutý dusík
CO ₂	oxid uhličitý
l	litr
mm	milimetr
cm	centimetr
m	metr
kg	kilogram
kg/m ³	kilogram na metr krychlový
kg/l	kilogram na litr
Kč	koruna česká
V	volt
V	objem
m	hmotnost

ρ	hustota
<i>LED</i>	light-emitting diode
<i>LCD</i>	liquid crystal display
<i>IR</i>	infrared
<i>ABS</i>	akrylonitrilbutadienstyren

11 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 2- 1 PRISMA diagram.....	17
Obr. 2- 2 Vizuální analogová škála bolesti [2]	18
Obr. 2- 3 Graf prodeje kryoterapeutických přístrojů [3]	19
Obr. 2- 4 Použití přístroje s CO ₂ ; ošetření obličeje chlazeným vzduchem [10][11]	21
Obr. 2- 5 Cryo Local Polar Bear [15][14].....	22
Obr. 2- 6 Cryo Penguin [16]	23
Obr. 2- 7 Cryo LC [17]	24
Obr. 2- 8 Cryo-T Elephant a Cryo-T Elephant Mini [21][20][22]	25
Obr. 2- 9 Cryo-T Vital [23]	26
Obr. 2- 10 Local Cryo Iceberg [25][26]	27
Obr. 2- 11 Cryo Q; aplikační hlavice Cryo Q, Cryo Local Polar Bear [28][27][15]	28
Obr. 2- 12 Schéma přístroje [29]	29
Obr. 2- 13 Náhled displeje [30]	29
Obr. 2- 14 Popis částí přístroje [31]	30
Obr. 2- 15 Dewar s topným tělesem [32].....	30
Obr. 2- 16 Aplikační hlavice, laserové zaměřovače [29]	31
Obr. 2- 17 Postup přípravy dewaru k převozu [29][33]	31
Obr. 2- 18 Schéma zapojení komponent [29][33].....	32
Obr. 2- 19 Nahlédnutí pod krytování [34][35]	33
Obr. 2- 20 Výpočet hmotnosti dewaru	33
Obr. 2- 21 Detail přístroje zezadu; držení aplikační hlavice, vlastní foto	34
Obr. 2- 22 Kryogenní nádrž v Náskoku, vlastní foto	35
Obr. 2- 23 Přístroje v centru Mráz léčí, vlastní foto	35
Obr. 2- 24 Doplnění dewaru v Mráz léčí, vlastní foto	36
Obr. 4- 1 Strom cílů.....	43
Obr. 4- 2 Glassbox.....	44
Obr. 4- 3 Perspektivní pohled; rozměrové řešení.....	45
Obr. 4- 4 Ergonomie displeje.....	45
Obr. 4- 5 Ergonomie úchopů	46

Obr. 4- 6 Řešení podvozku; ergonomie převozu nádoby	46
Obr. 4- 7 Perspektivní pohled; rozměrové řešení	47
Obr. 4- 8 Ergonomie displeje	47
Obr. 4- 9 Ergonomie úchopů	48
Obr. 4- 10 Řešení podvozku; ergonomie převozu nádoby	48
Obr. 4- 11 Perspektivní pohled; rozměrové řešení	49
Obr. 4- 12 Ergonomie displeje a horních dvířek	49
Obr. 4- 13 Ergonomie úchopů	50
Obr. 4- 14 Řešení vozíku; ergonomie převozu nádoby	50
Obr. 5- 1 Postup změn základního tvaru	52
Obr. 5- 2 Příklad různých provedení	53
Obr. 5- 3 Návrh světelných prvků	53
Obr. 5- 4 Testování tvarů aplikační hlavice	54
Obr. 5- 5 Testování formy sdělovačů	54
Obr. 5- 6 Testování zadního madla	55
Obr. 5- 7 Vnitřní uspořádání	55
Obr. 5- 8 Rozměrové řešení	56
Obr. 5- 9 Materiálový rozpad	56
Obr. 5- 10 Rozpis odhadu nákladů	57
Obr. 6- 1 Perspektivní pohled	58
Obr. 6- 2 Pohled shora	59
Obr. 6- 3 Detail zadní horní části	59
Obr. 6- 4 Boční pohled	60
Obr. 6- 5 Detail přední horní části	60
Obr. 6- 6 Detail přední spodní části	61
Obr. 6- 7 Detail zadní spodní části	61
Obr. 6- 8 Přední plocha	62
Obr. 6- 9 Perspektivní pohled aplikační hlavice	62
Obr. 6- 10 Hlavice při aplikaci chladu	63
Obr. 6- 11 Horní a boční pohled hlavice	63
Obr. 6- 12 Pohledy na podpěrné rameno	64

Obr. 6- 13 Vyklopený vozík zezadu	65
Obr. 6- 14 Detail podvozku	65
Obr. 6- 15 Vyklopený vozík zepředu	66
Obr. 6- 16 Magnetický spoj	66
Obr. 6- 17 Odpojení kabelů	67
Obr. 6- 18 Odjištění matice, odložení svorky	67
Obr. 6- 19 Odložení topného tělesa, zajištění zátkou	68
Obr. 6- 20 Rozměrové řešení	68
Obr. 6- 21 Rozpad na jednotlivé části	69
Obr. 6- 22 Ergonomické řešení zadního madla	70
Obr. 6- 23 Ergonomické řešení zadního nášlapu	71
Obr. 6- 24 Ergonomické řešení přístupu brzd	71
Obr. 6- 25 Ergonomické řešení předního madla	72
Obr. 6- 26 Ergonomické řešení displeje	73
Obr. 6- 27 Ergonomické řešení otevírání horních dvířek	74
Obr. 6- 28 Ergonomické řešení držení aplikační hlavice	75
Obr. 6- 29 Ergonomické řešení přístupu horních dvířek	75
Obr. 6- 30 Ergonomické řešení tlačítka hlavice	76
Obr. 6- 31 Ergonomické řešení světelného sdělovače	76
Obr. 6- 32 Ergonomické řešení ukládání aplikační hlavice	77
Obr. 6- 33 Ergonomické řešení přepravy vozíku	78
Obr. 6- 34 Barevné varianty I	79
Obr. 6- 35 Barevné varianty II	80
Obr. 6- 36 Grafické rozhraní displeje před spuštěním	81
Obr. 6- 37 Grafické rozhraní displeje po spuštění	82
Obr. 6- 38 Logotyp produktu	82
Obr. 6- 39 Přenesení tvarování na logotyp	83
Obr. 6- 40 Umístění logotypu	83
Obr. 6- 41 Přístroj při kryoterapii	87

12 SEZNAM TABULEK

Tab. 3-1 Souhrn stanovených cílů	41
Tab. 4- 1 Souhrnné vyhodnocení variant	51
Tab. 8- 1 Výsledek výzkumu podle RIV	88

13 SEZNAM PŘÍLOH

Zmenšené postery:

- zmenšený sumarizační poster A4
- zmenšený ergonomický poster A4
- zmenšený technický poster A4
- zmenšený designérský poster A4
- fotografie modelu ve stavu k 23.5.2025

Samostatné přílohy:

- sumarizační poster A1
- ergonomický poster A1
- technický poster A1
- designérský poster B1
- fyzický model ve zmenšeném měřítku

ZMENŠENÝ SUMARIZAČNÍ POSTER

SUMARIZAČNÍ POSTER

Flow

přístroj pro lokální kryoterapii



F-low je kryoterapeutický přístroj sloužící ke krátkodobé a intenzivní aplikaci extrémního chladu na lidskou pokožku. Provedení přístroje bylo plně přizpůsobeno potřebám uživatele, především dosud obtížné převážení nádoby. To je řešeno rozčleněním konstrukce přístroje na základní funkční část a mobilní vozík, v němž je nádoba uložena.

Na horní ploše jsou dvířka, která umožňují přístup k vnitřním komponentům. Po odjistění je nádoba připravena k převozu. Pro bezpečnost převozu je jištěna dvěma popruhy a tvarovým spojem v podvozku vozíku. V zadní části dole je nášlap pro jeho překllopení. Vozík samotný je opatřen nohami zajišťujícími stabilitu této části. Ty slouží také pro spojení obou částí k sobě. Omezení pojízdnosti přístroje po spojení zamezuje vůle mezi nohami a zemí, kterou zajišťuje distanční hranol.



DESIGN PŘÍSTROJE PRO LOKÁLNÍ KRYOTERAPII / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Barbora Vlčková / akad. soch. Josef Sládek, ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2024/25

T VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA STROJNÍHO
TECHNICKÉ INŽENÝRSTVÍ
V BRNĚ

ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

odbor
průmyslového
designu

ZMENŠENÝ ERGONOMICKÝ POSTER

ERGONOMICKÝ POSTER

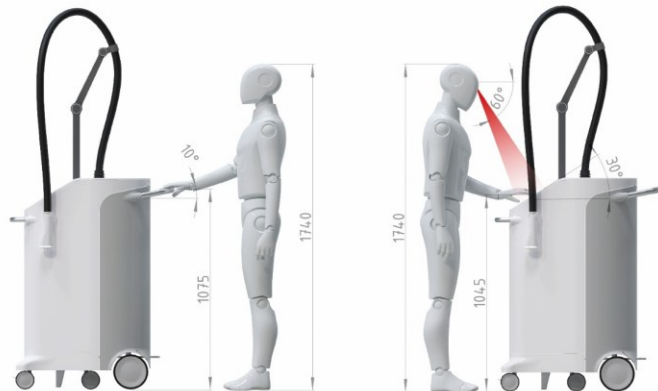
Flow

přístroj pro lokální kryoterapii

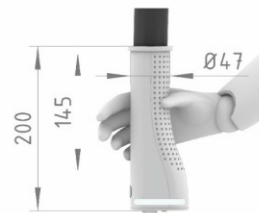
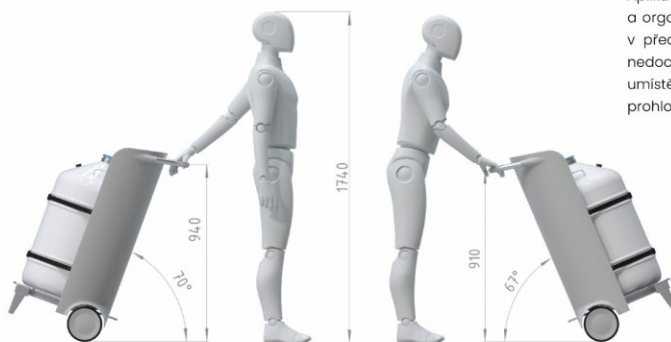


Zadní madlo je uloženo v mírném náklonu, aby při naklonění vozíku bylo co nejdostupnější. Výška jeho umístění vychází z ergonomických požadavků pro danou manipulaci.

Displej se nachází na nakloněné ploše pod úhlem 30°. To zajišťuje neustálý přehled obsluhy nad údaji zobrazenými na displeji.



Aplikační hlavice vychází z válcového základu hadice a organickou křivkou přechází k oválnému profilu. Rozšíření v přední části zamezuje držení hlavice u trysky. Zároveň nedochází k překrytí světelného sdělovače. Poloha pro umístění ruky je zvýrazněna prvky ve formě pole prohloubených částí koule.



DESIGN PŘÍSTROJE PRO LOKÁLNÍ KRYOTERAPII / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Barbora Vičková / akad. soch. Josef Sládek, ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2024/25

VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ INŽENÝRSTVÍ
V BRNĚ

ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

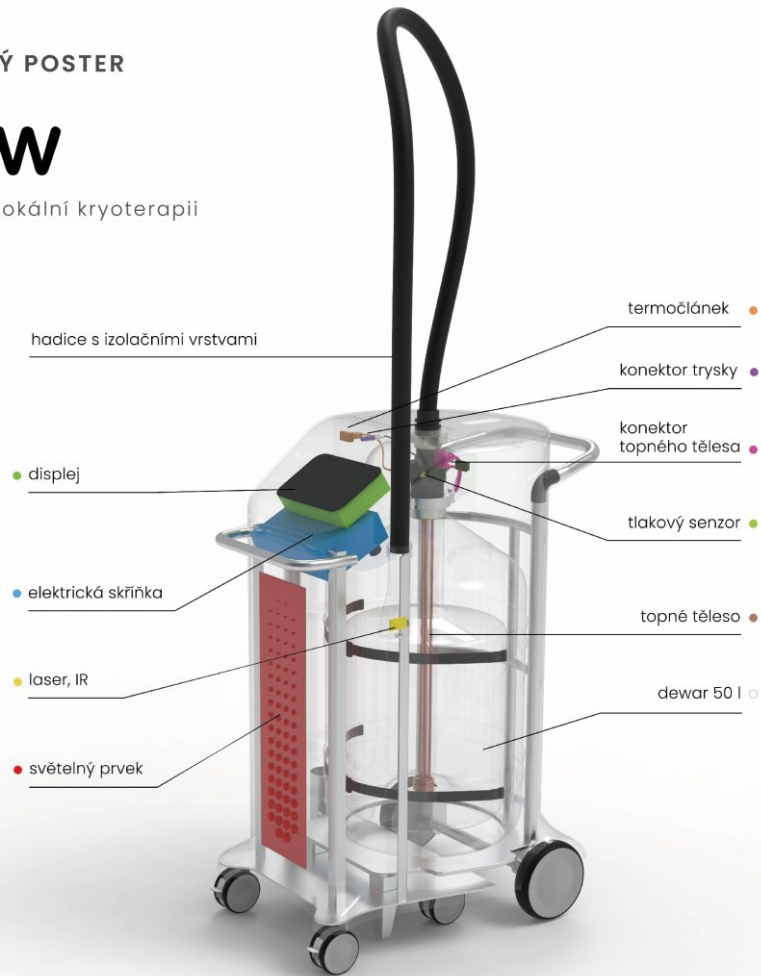
odbor
průmyslového
designu

ZMENŠENÝ TECHNICKÝ POSTER

TECHNICKÝ POSTER

Flow

přístroj pro lokální kryoterapii



Jádrum přístroje je nádoba s kapalným dusíkem (dewar) o objemu 50 l. V ní je uloženo topné těleso a jeho zahříváním dochází k vaporizaci dusíku. Vzniklé páry prostupují přes trubici a izolovanou hadici až k aplikační hlavici, kde tryskou vystupují a jsou aplikovány na pokožku pacienta.

Základem je vnitřní konstrukce, která je obložena kryty. Konstrukce je vyrobena z hliníku a skládá se z trubek a plechů. Krytování je vyrobeno z ABS plastu, který byl zvolen především kvůli jeho odolnosti a splnění hygienických nároků.

Rozložení vnitřních částí přístroje bylo koncipováno tak, aby obsahoval minimum prázdných míst a jeho objem byl tak prostorově co nejméně náročný.



DESIGN PŘÍSTROJE PRO LOKÁLNÍ KRYOTERAPII / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Barbora Vičková / akad. soch. Josef Sládek, ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2024/25

VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA STROJNÍHO
TECHNICKÉ INŽENÝRSTVÍ
V BRNĚ

ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

odbor
průmyslového
designu

ZMENŠENÝ DESIGNÉRSKÝ POSTER

Přístroj pro lokální kryoterapii

2025

Barbora Vlčková

vedoucí: akad. soch. Josef Sládek, ArtD.

F-low je přístroj sloužící k aplikaci extrémního chladu zacíleného na konkrétní oblast pokožky pacienta. Řešení tohoto konceptu přináší inovativní možnost v převozu nádoby pro její doplnění zásob dusíku z exteriéři nádrže. Po odpojení komponentů prostřednictvím dvířek v horní ploše je možné využít zadní část přístroje pro převoz nádoby. Díky jednoduchému systému spojení částí k sobě lze pouhým naklopením přeměnit zadní část ve vozík, jehož konstrukce je přizpůsobena převozu přes překážky, které se po cestě k nádrži nacházejí.

Esteticky čisté tvarování při zvolené barevnosti adekvátně zapadá do prostředí zdravotnických center. Pohodu pacienta při terapii podporuje také přidáný sdělovač na aplikační hlavici, který formou naplňujících se symetrických pruhů obrazně předává informaci o času zbývajícím do konce terapie.



FOTOGRAFIE MODELU K 23.5.2025

