



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 PŘENOSNÉHO VETERINÁRNÍHO RENTGENOVÉHO PŘÍSTROJE

DESIGN OF THE PORTABLE VETERINARY X-RAY MACHINE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Ondřej Kalenský

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. David Škaroupka, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav konstruování
Student: **Bc. Ondřej Kalenský**
Studijní program: Aplikované vědy v inženýrství
Studijní obor: Průmyslový design ve strojírenství
Vedoucí práce: **Ing. David Škaroupka, Ph.D.**
Akademický rok: 2016/17

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 přenosného veterinárního rentgenového přístroje

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Design komerčních veterinárních rentgenových přístrojů je zpravidla utilitární a upozaďuje aspekty ergonomie a stylistiky. Zároveň jde o přístroj vyráběný ve více výkonových variantách, které tvoří takzvanou produktovou rodinu. Design přístroje by tedy měl nést charakteristické znaky, přenositelné na celou produktovou řadu.

Typ práce: vývojová - designéřská
Projekt: specifický vysokoškolský výzkum

Cíle diplomové práce:

Hlavním cílem je parametrizovaný design přenosného veterinárního přístroje.

Dílčí cíle diplomové práce:

- identifikovat způsoby používání zařízení a možná technická řešení,
- navrhnout polohovací stativ a způsob manipulace s přístrojem,
- navrhnout zařízení samotné s ohledem na jednotný styl produktové řady a parametrizování,
- na CAD modelu parametrizovat rozměry, proporce, kompozici při zachování stylu,
- ověřit funkčnost parametrizačního skriptu na třech variantách produktu.

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

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

Struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2017.pdf

Seznam literatury:

TEDESCHI, Arturo. AAD_Algorithms-aided design: parametric strategies using grasshopper. Brienza, Italy: Le Penseur Publisher, 2014. ISBN 978-88-95315-30-0.

GENGNAGEL, Christoph, et al. (eds.). Computational design modelling proceedings of the Design Modelling Symposium Berlin 2011. Berlin: Springer, 2011. ISBN 978-364-2234-354.

LIDWELL, William, Kritina HOLDEN a Jill BUTLER. Univerzální principy designu: 125 způsobů jak zvýšit použitelnost a přitažlivost a ovlivnit vnímání designu. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-3540-2.

FRANCE, Anna Kaziunas. Make: 3D printing. Sebastopol, CA: Maker Media, 2013. ISBN 978-145-7182-938.

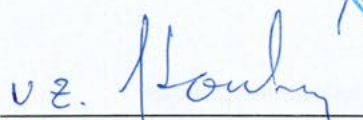
LIDWELL, William a Gerry MANACSA. Deconstructing product design: exploring the form, function, usability, sustainability, and commercial success of 100 amazing products. Beverly, Mass.: Rockport Publishers, c2009. ISBN 15-925-3345-0.

MORRIS, Richard. The fundamentals of product design. Lausanne: AVA, c2009. ISBN 978-2-940373-17-8.

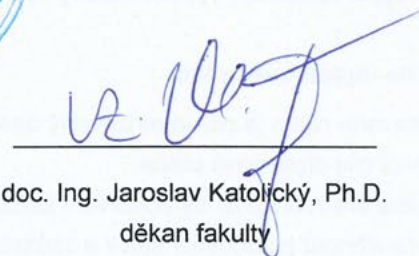
Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 1. 11. 2016





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



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá designem produktové řady přenosného veterinárního rentgenového přístroje. Práce zkoumá možnosti využití parametrizace při návrhu produktů, které tvoří tzv. produktovou rodinu. Podstata práce spočívá v návrhu parametrizačního skriptu, jenž umožňuje generování velikostních variant přenosného veterinárního přístroje na základě rozměrů a poloze vnitřních komponent. Kryt přístroje je definován algoritmy ze vstupních parametrů. Jednotlivé aspekty návrhu je možné měnit (průběhy křivek, rozměry dílčích částí, proporční vztahy mezi jednotlivými částmi). Výstupem z parametrizačního skriptu jsou tři velikostní varianty produktu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Design, přenosný rentgenový přístroj, produktová rodina, generativní design, Rhinoceros, Grasshopper, parametrizace, parametrizační skript, ergonomie, metody navrhování.

ABSTRACT

This diploma thesis is focused on the design of a product family of portable veterinary x-ray generators. The thesis deals with the possibilities of using parameterization when designing products which are part of a product series. The main body of the thesis lies in the design of a parametric script which generates variations of portable veterinary x-ray generators depending on the size and position of the inner components. The outer surfaces are defined by algorithms from the input parameters. It is possible to alter the individual attributes (e.g. the progression of curves, the dimensions of component parts and the proportions between the individual parts). The output from the parametric script is three size-variations of the product.

KEY WORDS

Design, portable x-ray generator, product family, generative design, Rhinoceros Grasshopper, parametrization, parametric script, ergonomics, design methods.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KALENSKÝ, O. *Design přenosného veterinárního rentgenového přístroje*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 113 s. Vedoucí diplomové práce Ing. David Škaroupka, Ph.D..

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu práce Ing. Davidu Škaroupkovi, Ph.D., za trpělivé vedení, cenné připomínky a podnětné konzultace. Děkuji rodičům za to, že mi umožnili studium oboru, který jsem si vybral a po celou dobu mě podporovali. Poděkování zaslouží také manželka Aneta, která mi při tvorbě diplomové práce byla velkou oporou.

Zvláštní poděkování patří odborníkům, se kterými jsem konzultoval způsoby používání, technické parametry a další aspekty práce s přenosným rentgenovým přístrojem. Pravidelné konzultace probíhaly na Klinice chorob koní Veterinární a farmaceutické univerzity v Brně. Jmenovitě děkuji sálovému technikovi Jiřímu Lehárovi za opakované předvedení práce s přístrojem, cenné podněty a spolupráci při návrhu ergonomického řešení. Poděkování patří MVDr. Filipu Kološovi za poskytnutí užitečných informací z praxe. Dále děkuji zaměstnancům firmy *AtomVet.cz* Mgr. Milanu Starcovi za informace k marketingové analýze a Jakubu Jasanskému za fotografie vnitřních komponent a konzultaci technického řešení. Cenným přínosem byly také konzultace na Ústavu biomedicínského inženýrství na Fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií VUT v Brně s doc. Ing. Milanem Chmelařem, CSc., a Ing. Martinem Mězlem.

Závěrem děkuji kolegům za příjemný kolektiv a cenné podněty v průběhu celého studia.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma Design přenosného veterinárního rentgenu jsem vypracoval samostatně s použitím informací ze zdrojů, jež jsou uvedeny v *Seznamu použitých zdrojů*.

V Brně dne 19. 5. 2017

.....
Ondřej Kalenský

OBSAH

ABSTRAKT	5
KLÍČOVÁ SLOVA	5
ABSTRACT	5
KEY WORDS	5
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE	7
PODĚKOVÁNÍ	9
PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI PRÁCE	9
1. ÚVOD	15
2. PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	17
2.1 Designérská analýza	17
2.1.1 Historie rentgenologie	17
2.1.2 Přenosné veterinární RTG přístroje	18
2.1.3 Designérské řešení zdravotnické techniky	21
2.2.4 Cílová skupina	22
2.3 Technická analýza	23
2.3.1 Základní charakteristiky přenosných veterinárních rentgenových přístrojů	23
2.3.2 Konstrukční řešení rentgenového přístroje	24
2.3.3 Materiálové řešení rentgenového přístroje	27
2.3.4 Ergonomické řešení rentgenového přístroje	27
2.3.5 Konstrukční, materiálové a ergonomické řešení stojanu	28
2.4 Závěry vyvozené z rešerše	29
2.4.1 Přenosný veterinární RTG přístroj	29
2.4.2 Stativ	30
3. ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	31
3.1 Analýza, interpretace a zhodnocení poznatků získaných na základě kritické rešerše	31
3.2 Formulace hlavních problémů	31
3.3 Specifikace parametrů, které je nutné dodržet	33
3.4 Definice jasných a kontrolovatelných cílů	33
4. VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU	35
4.1 Proces navrhování produktu	35
4.2 Průzkum	36
4.2.1 Základní vhled do problematiky	36
4.2.2 Rozdělení problému	38
4.2.3 Myšlenkové mapy	38
4.2.4 Abstraktní skici	39
4.2.5 Skici	40
4.2.6 Synektika	40
4.2.7 Ergonomická analýza	41
4.3 Vývoj návrhů	41
4.3.1 Přenosný stativ	41
4.3.2 Rentgenový přístroj	43
4.4 Variantní studie designu	44

4.4.1	Varianta A	44
4.4.2	Varianta B	45
4.5	Hodnocení variant	48
4.5.1	Zásady výběru variant	48
4.5.2	Hodnocení/porovnání jednotlivých aspektů variant	48
4.5.3	Výběr varianty pro další rozvíjení	49
4.5.4	Další vývoj varianty C	50
5.	TVAROVÉ ŘEŠENÍ	51
5.1	Parametrizační skript	51
5.1.1	Vstupní parametry	51
5.1.2	Přepínání mezi sadami vstupních komponent	51
5.1.3	Výpočet hmotnosti a těžiště	51
5.1.4	Mezní rozměry	52
5.1.6	Podélný průřez přístroje	53
5.1.7	Vytvoření ploch	54
5.1.8	Detaily kolimátoru	54
5.1.9	Umístění ovládacího panelu	55
5.1.10	Madlo	56
5.1.11	Pogumování krytu a kolimátoru	58
5.1.12	Nožky	59
5.1.13	Dokončení v <i>Rhinoceros</i>	59
5.2	Přínos parametrizace při navrhování	60
5.2.1	Vztah vstupních parametrů a tvarování	60
5.2	Kompoziční řešení produktové rodiny	62
5.2.1	Společné znaky	62
5.2.2	Změny proporcí v rámci produktové řady	64
5.3	Kompoziční řešení příslušenství	64
5.3.1	Přenosný stativ	64
6.	KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ	67
6.1	Konstrukčně technologické řešení	67
6.1.1	Přístroj	67
6.1.2	Stativ	71
6.1.3	Dálková spoušť	73
6.2	Ergonomické řešení	74
6.2.1	Přístroj	74
6.2.2	Stativ	76
7.	BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ	79
7.1	Barevné řešení	79
7.2	Grafické řešení	81
7.2.1	Název a logotyp	81
7.2.2	Ovládací prvky kolimátoru	83
7.2.3	Ovládací panel	83
8.	DISKUZE	85
8.1	Význam řešení produktové rodiny	85
8.1.1	Psychologická funkce	85
8.1.2	Ekonomická funkce	86

8.1.3 Sociální funkce	87
8.2 Význam parametrizace při navrhování	87
9. ZÁVĚR	89
9.1 Charakteristika práce	89
9.2 Splněné cíle	89
9.3 Přínos práce	90
9.4 Možnosti rozvíjení tématu	90
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	91
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	97
SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	99
SEZNAM TABULEK	103
SEZNAM PŘÍLOH	105
ZMENŠENÉ POSTERY	107
FOTOGRAFIE MODELU	111

1. ÚVOD

Objev RTG záření znamenal revoluci v mnoha oborech. „Světlo, které tu nikdy nebylo“ se velice rychle rozšířilo a prakticky okamžitě se uplatnilo jako diagnostická metoda ve zdravotnictví. Veterinární lékaři si RTG přístroj osvojili stejně rychle jako lékaři humánní. (1)

Se vzrůstajícím významem veterinární diagnostiky a prevence je použití RTG přístrojů stále běžnější. Přenosné přístroje jsou zejména užitečné pro tzv. terénní veterináře, kteří dojíždějí za klienty do stájí a chovů. Vyšetření přímo na místě šetří čas a prostředky chovatele i lékaře a z kvalitňuje jeho péči.

I přes stálý rozvoj technologií spojených s RTG snímkováním je designéřské řešení samotných rentgenových přístrojů zastaralé a neodpovídá současným trendům v oblasti profesionální diagnostické techniky. (2) (3)

Přenosné veterinární RTG přístroje jsou nabízeny ve výkonových, resp. velikostních variantách určených pro specifické uplatnění v praxi. Nejmenší přístroje jsou preferovány lékaři zaměřenými zejména na koně (snímkování kopyt a zubů), střední velikost je vhodná pro smíšenou praxi (velká i malá zvířata) a nejvýkonější přístroje jsou určeny pro nejnáročnější klienty, jako jsou veterinární univerzity nebo zoologické zahrady. Řešení variant přístrojů v rámci produktové rodiny umožňuje konzistentní prezentaci značky. Kvalitní diagnostika vyžaduje přesnou a pohodlnou manipulaci s přístrojem – řešení ergonomie je proto pro tento přístroj zcela zásadní. Spolu se samotným RTG zářičem je používáno další příslušenství: RTG deska, stojan a dálková spoušť. (4) (5)

2. PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

2

2.1 Designérská analýza

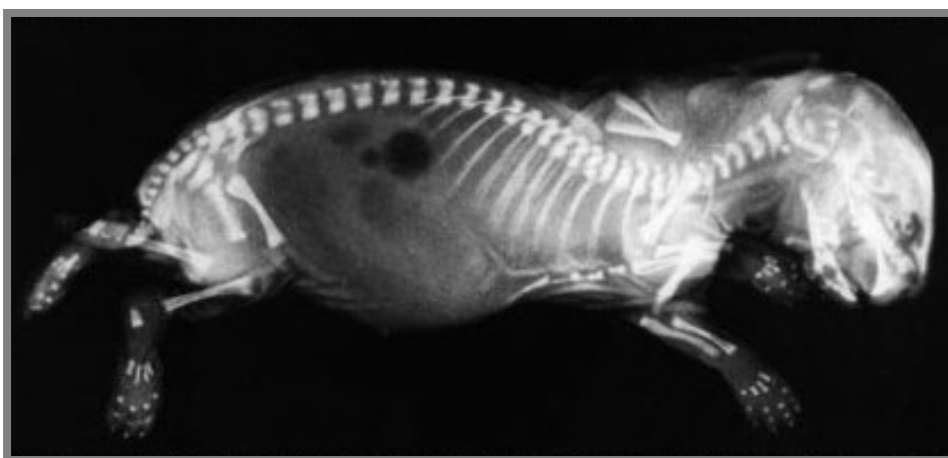
2.1

2.1.1 Historie rentgenologie

2.1.1

Historie rentgenologie se datuje od 8. listopadu 1895, kdy prof. Wilhelm Conrad Röntgen objevil paprsky, které označil písmenem *X* (toto označení se používá v anglosaských zemích dodnes, u nás známé jako RTG záření). Protože svůj objev nepatentoval, byla tato metoda rychle rozšířena do praxe. (6) (1)

Už v únoru 1896 J. A. W. Doller publikoval v britském časopise *The Veterinarian* články, ve kterých vyjádřil své nadšení z praktického uplatnění Röntgenova objevu. Ve stejné době Josef Maria Eder a Eduard Valenta na Universität Wien vytvořili fotografické



Obr. 2.1 RTG snímek novorozeného králíka, 1896 (7)

desky zobrazující tenké objekty (hady, krysy, žáby, apod.). Další články na toto téma se záhy začaly objevovat také v dalších evropských zemích. (1) (7)

Používané přístroje měly řadu nevýhod, především dlouhé expoziční časy a nízký výkon RTG jednotky. Ve Spojených státech se veterinární rentgeny začaly uplatňovat o něco později, první zmínka je z roku 1910. Od 30. let se začala veterinární diagnostika uplatňovat na odborných školách a ve veterinární praxi malých zvířat. (1)

První přenosné RTG přístroje si vynutila 1. světová válka. Později se přenosné rentgeny rozšířily také do veterinární praxe. Japonský výrobce *Mikasa* uvedl na trh první takový přístroj v roce 1946. Konstrukce ani vzhled RTG přístrojů se v průběhu let v podstatě nezměnily. Vývoj spíše zaznamenaly RTG kazety. (8) (9) (10) (11) (12)

Firma *Meta*, později *Chirana Praha, a. s.*, působila v Československu od roku 1922. V roce 1937 se povedlo vyrobit první rentgenku, která odpovídala celosvětové úrovni. Od roku 2001 je podnik v konkursu a tím skončila více než sedmdesátiletá historie výroby RTG přístrojů na území České republiky. (13) (14)

Budoucnost přenosných RTG přístrojů nastiňují výzkumníci z University of Missouri, kteří v roce 2013 vyvinuli zařízení, jež funguje na principu piezoelektrického efektu. Prototyp má velikost mobilního telefonu a může být napájen baterií. Očekává se, že toto zařízení by mohlo být využito zejména u intraorálních rentgenů, nicméně konkrétní aplikace zatím nebyly uvedeny na trh. (15) (16) (17)

2.1.2 Přenosné veterinární RTG přístroje

Na českém trhu je možné zakoupit přístroje od několika výrobců: *Gierth*, *Sedecal*, *Eco-Ray*, *Poskom*, *Ajex*, *Soyee* a *Siui*. Cena těchto přístrojů se pohybuje od 140 000 Kč do 420 000 Kč bez DPH. (18) (19) (20) (21) (22) (23) (24)

K přenosnému rentgenovému přístroji neodmyslitelně patří kompatibilní stojan a RTG kazeta (nebo moderní bezdrátový flat panel). Hlavní části přístroje jsou:

- kolimátor (mechanické zařízení, které usměřuje paprsek RTG záření),
- tělo přístroje (uvnitř se nachází rentgenový zářič a řídicí elektronika) a
- madlo.



Obr. 2.2 TruXRAY® Switch na přístrojích různých výrobců (25)

Většina přístrojů má technický vzhled, u některých přístrojů je kolimátor oddělen od těla přístroje. Madlo je vždy otočné kolem těla a slouží jak k úchopu, tak k připevnění na stojan. Na horní ploše je situován ovládací panel s displejí a membránovou klávesnicí, která umožňuje snadnou údržbu. Spoušť lze ovládat pouze dálkově, což je v některých polohách spíše nevýhodou. Na trhu se prodává také vzdálená spoušť *TruXRAY® Switch*, kterou je možné připevnit na madlo (obr. 2.2). Toto řešení je považováno za bezpečnější a uživatelsky příjemnější. (25) (26)

Gierth (obr. 2.3)

Produkty německého výrobce *Gierth* se vyznačují velmi technickým vzhledem, estetické řešení prakticky chybí. Nejmenší přístroj *RT 90/20*, který výrobce nabízí, má na rozích plastové krytky, jež slouží jako ochrana proti poškození. Grafické řešení ovládacího panelu je utilitární, některé funkce (např. přednastavené hodnoty) jsou nepřehledné a uživatelé je proto nepoužívají.

MinXray (obr. 2.4)

Přístroj amerického výrobce zaujme agresivní černo-žlutou barevnou kombinací, kterou je do značné míry definován firemní styl. Podle konvence symbolizuje žlutá barva



Obr. 2.3 Rentgen značky *Gierrh*, model *TR 90/20 Battery* (27)



Obr. 2.4 RTG přístroj *MinXray HF 80/20* pro rentgenování koní (28)



Obr. 2.5 *Poskcom Vet-20BT* (29)

RTG záření. Rentgenování však vyžaduje klidný postoj snímkaného zvířete, přičemž agresivní barevnost spíše navozuje pocit nebezpečí. Proto je nevhodné zvolit takovou barvu pro diagnostický přístroj. Tvar se skládá ze dvou oddělených kubusů těla a kolimátoru. Madlo je technicistní, některé úchopové plochy jsou obaleny pěnou.

Poskom (obr. 2.5)

Model korejského výrobce *Poskom* je ze současné produkce nejzajímavější. Kolimátor je propojen se zbytkem přístroje, díky čemuž přístroj působí kompaktně. Otáčecí madlo následuje stejný archetyp jako ostatní přístroje. Na krytu probíhá tvarová modelace a je znát jistý designérský záměr. Využití estetického působení prázdné plochy a výrazného otočného ovladače na horní straně přístroji dodává na eleganci. Ovládací prvky a grafické řešení jsou přehledné a odpovídají současným trendům. Barevné řešení a členění ploch je vhodné.



Obr. 2.6 Stativ na přenosný rentgen *MinXray* (30)



Obr. 2.7 Montážní stojan na kola *Feedback Sports ECO* (31)

Přenosné stojany

Rozlišujeme stojany mobilní, které jsou určeny pro přesun v rámci jedné budovy, a přenosné v pravém slova smyslu, jež jsou lehce složitelné a dobře skladné do zavazadlového prostoru osobního automobilu.

Jediný přenosný stojan na trhu je na obr. 2.6. Jedná se o stativ typu tripod, který je upraven pro specifické použití v RTG diagnostice. Toto řešení má mnoho nevýhod, zejména není možné plynule pohybovat s přístrojem nahoru a nohy brání v manipulaci s přístrojem. (30)

Jiný pohled na problematiku ukazují montážní stojany na kola. Většinou jsou řešeny konstrukcí typu tripod, která má však jednu stojnu kratší, a tak je možné umístit kolo do prostoru při zachování správné polohy těžiště. Na obr. 2.7 je stojan *ECO* od výrobce *Feedback Sports*, který má vynikající parametry: nosnost 27,2 kg, hmotnost 6,15 kg a maximální výšku 1,4 m. Tento stojan je vhodný pro práci v omezeném prostoru, je dobře skladný a eliminuje nevýhody klasické konstrukce tripod. (31)

2.1.3 Designérské řešení zdravotnické techniky

2.1.3

Designérské trendy v medicínské technice jsou patrné na dvou progresivně řešených přístrojích.



Obr. 2.8 Veterinární sonograf (32)

Sonograf

Stacionární sonograf značky *Mindray* se vyznačuje citlivým tvarováním a neutrální barevností. Protvarovaný podvozek s kolečky nese základní hmotu přístroje. Noha, která nese ovládací panel a monitor, působí stabilně. Na funkčních částech přístroje má uživatel dostatek možností úchopu. Ovládací panel je členěn přehledně a logicky.

Intraorální rentgen

Intraorální zubní rentgen *Nomad Pro 2 Veterinary* je zobrazen na obr. 2.9. Nízká hmotnost umožňuje držení v jedné ruce. Tvarování se podobá ruční akumulátorové vrtačce. Spínač je logicky umístěn na rukojeti. Neutrální barevnost s barevnými akcenty odpo-

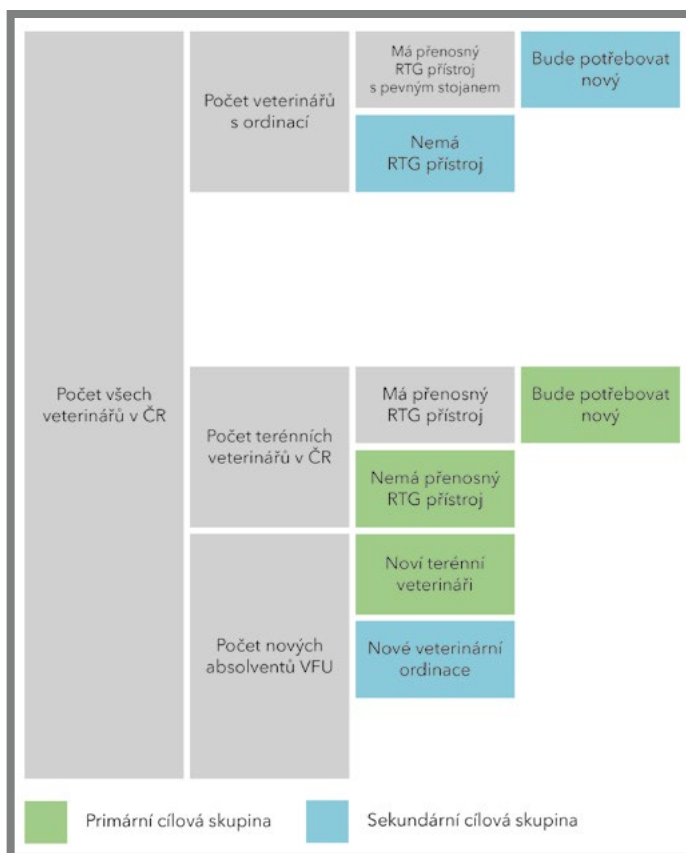
vidá trendům v designu lékařské techniky. Přístroj je navíc vybaven ochranným štítem proti zpětnému záření. Veškeré nastavení se provádí pomocí LCD panelu (velikost zvířete, typ používaného záznamového média, typ snímku). Přístroj je určen pro RTG snímky ústní dutiny a snadno se nastavuje do těžko dosažitelných míst. (33)



Obr. 2.9 Itraorální rentgen značky *Nomad* (33)

2.2.4 Cílová skupina

Segmentace trhu umožňuje přesně definovat homogenní skupinu zákazníků, která má stejné charakteristiky. Na tuto skupinu se výrobce, popř. dodavatel, zaměří a přizpůsobí svůj produkt jejich potřebám a požadavkům. (34)



Obr. 2.10 Diferenciace cílové skupiny

Cílovou skupinou pro návrh přenosného veterinárního rentgenového přístroje jsou veterinární lékaři a veterinární kliniky. Velikost této skupiny je dále ukázána na situaci v České republice.

V České republice v současné době působí 3 931 veterinárních lékařů. Terénní veterinární lékaři (včetně smíšené praxe) tvoří asi jednu třetinu veterinářů. Dále lze připočítat absolventy veterinárních univerzit (v České republice pouze Veterinární a farmaceutická univerzita v Brně), kteří si zařizují novou praxi. Toto rozdělení je znázorněno na obr. 2.10. Návrh nového RTG přístroje je zaměřen především na terénní veterinární lékaře, kteří tvoří primární cílovou skupinu (vyznačeno zeleně). Sekundární cílovou skupinou pak jsou soukromé veterinární ordinace (vyznačeno modře). (35)

Podle údajů Státního úřadu pro jadernou bezpečnost je v České republice 171 aktivně používaných přenosných veterinárních rentgenů. Distributor *AtomVet.cz* ročně prodá cca 25 přístrojů tohoto typu. (24) (36)

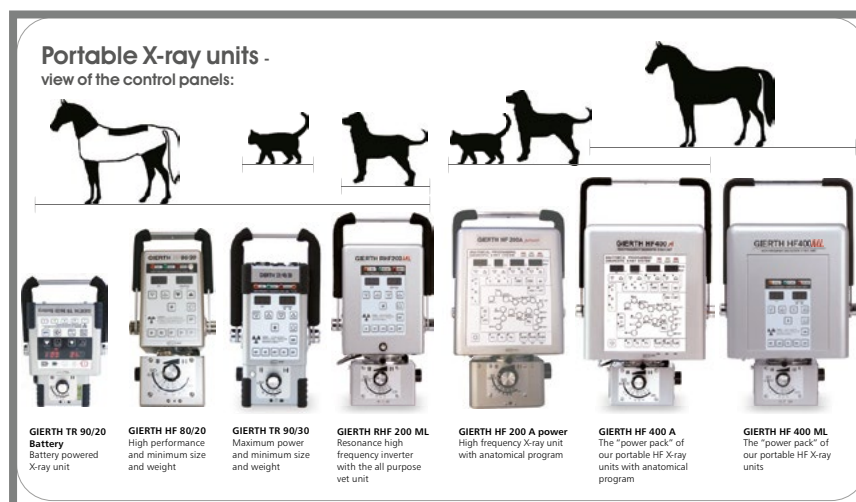
2.3 Technická analýza

2.3

2.3.1 Základní charakteristiky přenosných veterinárních rentgenových přístrojů

2.3.1

Přenosné veterinární RTG přístroje jsou vyráběny v modelových řadách. Jednotlivé typy se liší svými parametry a jsou vhodné pro specifické použití (obr. 2.11). Pro účely práce byly z této škály produktů vybrány tři přístroje od výrobce *Gierth*, které budou podrobně popsány níže. Jedná se o model *TR 90/20*, *HF 200 ML* a *HF 400 ML*. Jejich základní charakteristiky jsou uvedeny v tab. 2.1.



Obr. 2.11 Modelová řada výrobce *Gierth* (4)

Gierth TR 90/20

Nejmenší RTG přístroj značky *Gierth* má hmotnost 6,8 kg. Je vhodný především pro terénní veterináře, kteří se věnují koním. Přístroj je napájen baterií Li-ion, která má kapacitu pro vytvoření zhruba 300 snímků. Nabití trvá 240 minut, stav baterie je zobrazen na displeji. Uživatelské rozhraní je přizpůsobeno k propojení s digitálními systémy. Aktivace kolimačního světla a spoušť je řešena dálkově. Expozice je signalizována opticky a akusticky. (37)

	Gierth TR 90/20	Gierth HF 200 ML	Gierth HF 400 ML
Maximální výkon	90 kV, 20 mA	100 kV, 40 mA	120 kV, 100 mA
Rentgenka	Toshiba D-0814	Toshiba D-124	XD4-120
Ohnisko	0,8 mm x 0,8 mm	1,2 mm x 1,2 mm	1,2 mm x 1,2 mm
Čas	0,01 - 1,00 sec.	0,01 - 1,50 sec.	0,01 - 2,00 sec.
Hmotnost	6,8 kg	11,2 kg	22,4 kg
Rozměry	265 × 220 × 180 mm	370 × 245 × 215 mm	430 × 320 × 260 mm
Napájení/baterie	Baterie lithium-ion	2,5 kVA	6,0 kVA

Tab. 2.1 Srovnání vybraných parametrů přenosných RTG přístrojů (4) (37)

Gierth RHF 200 ML

Jedná se o univerzální přístroj vhodný pro smíšenou veterinární praxi. Krátké expoziční časy omezují vliv pohybu zvířat a držení přístroje; zároveň snižují radiační ozáření lidí i zvířat. Správná vzdálenost od rentgenovaného objektu je zajištěna duálním laserovým zaměřovačem. Tento přístroj disponuje otočným světelným zaměřovačem s nastavitelným dělením předem a otočnou clonou. (39) (40)

Gierth RHF 400 ML

Největší přístroj výrobce Gierth je nejuniverzálnějším a nejvýkonějším přenosným rentgenem v nabídce. Je vhodný pro klinickou praxi malých zvířat, smíšenou praxi, veterinární kliniky, univerzity a zoologické zahrady. Přístroj, který má hmotnost 22,4 kg, umožňuje nejkratší expoziční časy a svými parametry přesahuje do oblasti stacionárních RTG přístrojů. Model *HF 400 A* disponuje navíc anatomickým programem pro malou praxi. (41) (42)

2.3.2 Konstrukční řešení rentgenového přístroje

Popis vnějších částí přístroje je uveden na obr. 2.15. Schránka přenosného RTG přístroje obsahuje tyto základní části:

- RTG zářič,
- kolimátor,
- invertor,
- kontrolní deska,
- ovládací deska,
- ovládací panel. (43) (44)



Obr. 2.12 RTG zářič (44)

RTG zářič

Rentgenka a její kryt tvoří konstrukční celek, který se nazývá RTG zářič (obr. 2.12). Rentgenka je elektrotechnická součástka, která přeměňuje elektrickou energii na RTG záření. V přenosných rentgenech se používají rentgenky se stacionární anodou. Rentgenka je uložena v krytu, který znemožňuje přístup k částem pod vysokým napětím, zachycuje vedlejší záření a chrání skleněnou baňku rentgenky. Kryt má olejovou náplň, která rentgenku chladí a izoluje. (43) (45) (46)

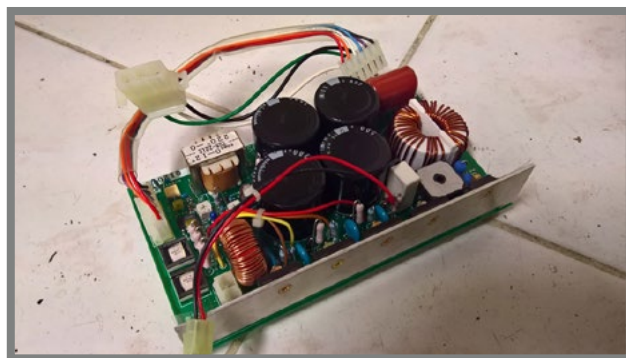
V přístroji Gierth RHF 200 ML je použita rentgenka Toshiba D-124 s nominálním napětím 100 kV. Trubice rentgenky má průměr 50 mm a délku 145 mm. Její hmotnost je cca 480 g. (47)

Kolimátor

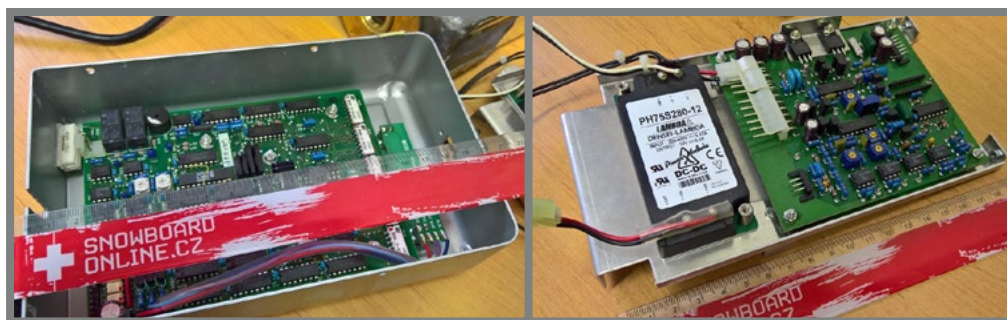
Kolimátor je mechanické zařízení, jenž usměrňuje primární záření. Skládá se z klapek vyrobených z materiálu absorbujícího RTG záření, které jsou uspořádány tak, aby propouštěly záření jen v požadovaných směrech (úhlech). Nastavení centrálního paprsku se provádí pomocí dvou otočných ovladačů na rentgenové hlavě, ale eventuálně je možné nastavení provést posuvnými ovladači. Kontrolu je možné udělat stisknutím tlačítka s ikonou žárovky. (43) (45) (48) (49)

Další komponenty přístroje

V RTG přístroji se dále nachází inverter a kontrolní a řídicí deska. Inverter neboli střídač je elektronická deska s kondenzátory (obr. 2.13). Toto zařízení zajišťuje převod proudu a napětí ze střídavého na stejnosměrné. Kontrolní deska (obr. 2.14 vlevo) obsahuje software pro řízení systému (firmware), řídí vstupní proudy, ovládací prvky apod. Řídicí deska (obr. 2.14 vpravo) je připojena na ovládací panel. Umožňuje změny hodnot napětí, proudu a času expozice. (44)



Obr. 2.13 Invertor (44)



Obr. 2.14 Kontrolní a řídicí deska (44)

Pro vytvoření přístrojů produktové rodiny je nutné znát rozměry a velikosti výše popsaných komponent. Na základě konzultací s technikem distributora přístrojů *Gierth* Jakubem Jasanským byly odhadnuty parametry popsané v tab. 2.2 a 2.3. Tyto hodnoty jsou vstupem do parametrizačního skriptu a definují tři vybrané velikostní varianty.

	TR 90/20	HF 200 ML	HF 400 ML
Rentgenka	2	3	5
Elektronické desky	1	1	2
Invertor	0,5	1	1,5
Baterie	0,5	0	0
Tělo s madlem	2	3,5	9
Kolimátor	1	2,5	4,5
Celková hmotnost	7	11	22

Tab. 2.2 Hmotnosti vnitřních komponent v kg (44)

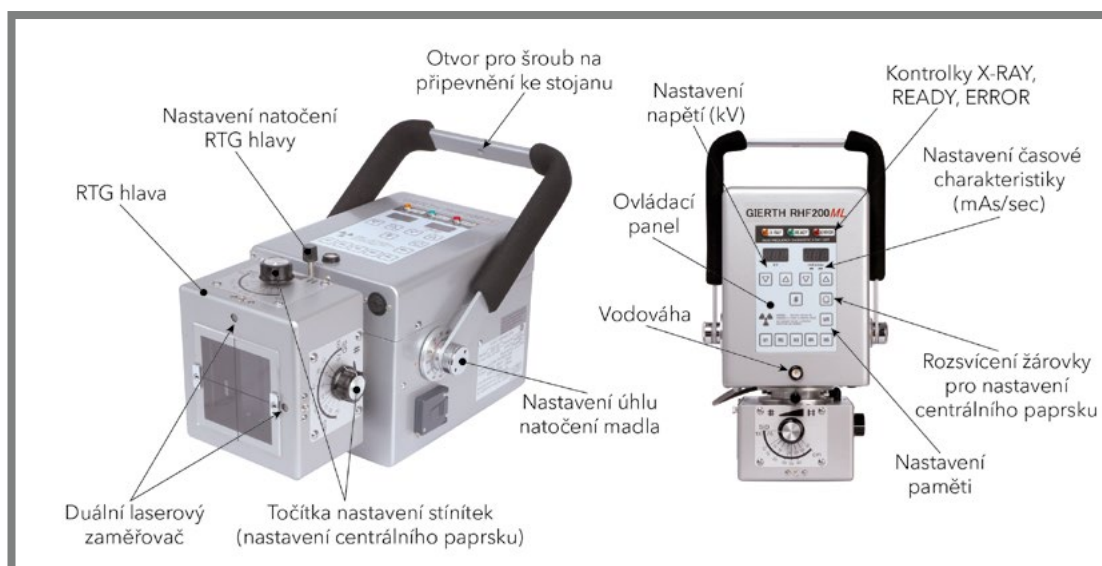
	TR 90/20	HF 200 ML	HF 400 ML
Rentgenka	140×80×90	150×98×116	160×160×104
Elektronické desky	120×44×152	132×46×180	156×50×254
Invertor	140×76×86*	146×86×86	150×100×150
Kolimátor	128×128×68	162×162×96	180×180×126

*včetně baterie

Tab. 2.3 Rozměry hlavních součástí v mm (44)

Ovládací panel

Ovládací panel slouží k nastavení potřebných parametrů pro nastavení expozice a ozařovacích hodnot. Na obr. 2.15 je ovládací panel přístroje *Gierth RHF 200 ML*, včetně popisu.



Obr. 2.15 Popis přenosného RTG přístroje *Gierth RHF 200 ML* (39)

Základními hodnotami (expoziční parametry), které se nastavují, jsou anodové napětí (kV), anodový proud (mA) a expozice (mA.s). Anodové napětí určuje „tvrdost“ RTG záření, tj. energii fotonů RTG záření. Anodový proud stanovuje intenzitu RTG záření. Expozice určuje kvalitu RTG snímků a také radiační zátěž pacienta. Je dána součinem anodového proudu a expozičního času. Hodnoty anodového napětí a expozice jsou zobrazeny na displejích a je možné je regulovat tlačítky nahoru/dolu.

Spoušť je řešena dvoustupňovým dálkovým spínačem. Po stisknutí „na půl“ se rozsvítí kontrolka „READY“, domáčkutím se provede expozice. Většina přístrojů umožňuje uložit několik přednastavených hodnot. Tato funkce se však v běžné praxi příliš nevyužívá. (50)

2.3.3 Materiálové řešení rentgenového přístroje

2.3.3

Firma *Gierth* vyrábí kryty přístrojů z hliníku, ostatní výrobci často používají plastové kryty. Americká firma *MinXray* používá kryt s vnitřním žebrovaním, který lépe absorbuje otřesy. Rohy bývají často kryty tvrdou pryží. (45) (51) (5)

Kryt rentgenky je vyroben většinou z hliníkových slitin a je vyložen olovem, které brání nežádoucímu pronikáním RTG záření. (45)

2.3.4 Ergonomické řešení rentgenového přístroje

2.3.4

Přenosné RTG přístroje mají jedno madlo, které slouží jak k držení přístroje, tak k připevnění na stojan (obr. 2.16 a obr. 2.17). To není vhodné, protože horní část madla, která často slouží k úchopu, je odhalená. Přístroj má poměrně velkou hmotnost (cca 7–22 kg) a obsluha je nucena si jej opírat o své tělo. Při snímkování v nižších polohách přístroj stiskne mezi nohy, pro vyšší polohy si jej opírá o bok, hrud' nebo rameno. Kryt přístroje není pro takovou manipulaci přizpůsoben. (50)

Při práci musí být obsluha přístroje chráněna olověným pláštěm (viz obr. 2.16) a je třeba dodržovat zásady práce s RTG zářením. Obsluhující personál musí absolvovat zkoušku



Obr. 2.16 Manipulace s veterinárním RTG přístrojem

zvláštní odborné způsobilosti pro nakládání se zdroji ionizujícího záření na veterinárním pracovišti. (52)

2.3.5 Konstrukční, materiálové a ergonomické řešení stojanu

Stojany pro RTG přístroje dělíme na pevné (které jsou často spojeny se stolem), mobilní a přenosné. Mobilní stojany jsou hůře skladné, bez možnosti složení; jsou tedy určeny pro manipulaci s přístrojem v rámci jedné budovy. Takový stojan značky *Gierth* je používán na VFU v Brně (viz obr. 2.16, 2.18). Stojan je složen z hliníkových profilů. RTG přístroj je přišroubován na rameni a pomocí ozubeného hřebenového převodu ovládaného klikou je možné ho zvedat nebo snižovat. Stojan je vybaven kolečky, která umožňují jednoduchý pohyb po místnosti. Zmíněný typ stojanu se však nehodí pro terénní podmínky.

Jediný mobilní stojan na trhu (stativ) určený pro RTG přístroje nabízí americký výrobce *MinXray* (viz obr. 2.6). Jedná se o stativ typu tripod, na který je možné přišroubovat madlo přístroje. Hmotnost tohoto stativu je 3,2 kg. Výhodou je možnost použití na nerovném povrchu. Nejpoužívanějšími materiály pro výrobu stativů obecně jsou hliníkové slitiny (duraly) a kompozitní materiály s uhlíkovými vlákny (karbony). Stativy jsou vybaveny teleskopickými nohama, které jsou aretovány svorkami nebo speciálními maticemi. Přesná poloha stativové hlavy bývá často řešena hřebenovým převodem, který je řízen klikkou. (30) (53)



Obr. 2.17 Přenosný RTG přístroj na mobilním stojanu a detaily konstrukce

2.4 Závěry vyvozené z rešerše

2.4.1 Přenosný veterinární RTG přístroj

Diagnostika rentgenovým přístrojem je nedílnou součástí veterinární praxe a očekává se, že včasná diagnostika a prevence budou stále důležitější. Jak bylo demonstrováno na situaci v České republice, přenosné veterinární rentgeny mají relativně velkou skupinu potenciálních zákazníků. Pokud dále vezmeme v úvahu cenu těchto přístrojů, je překvapující, že dosud nebyly řešeny z hlediska estetického a ergonomického. Designérské řešení těchto přístrojů neodpovídá současným trendům v oblasti diagnostických přístrojů. Většina výrobců nevěnuje patřičnou pozornost zásadám uživatelsky příjemného designu.

Všechny přístroje na trhu se vyznačují jedním madlem, které slouží jak k připevnění k mobilnímu nebo přenosnému stojanu, tak pro držení v ruce. To je nevhodné, protože hlavní úchopová plocha je odhalená (bez pěnové výstelky). Držení přístroje s hmotností až přes 20 kg pomocí jednoho madla je takřka nemožné, pro opření o tělo není krytování uzpůsobeno. Spoušť je možné ovládat pouze dálkovým spínačem. To je vhodné při umístění přístroje na stojan, nicméně při snímkování z ruky je obsluha nucena držet v ruce další předmět, což může být komplikované. Významné je také propojení přístroje a přenosného stojanu, které je v současné době nepraktické a pro běžné použití v terénní praxi těžko použitelné. Uživatelé i distributor se shodují, že zlepšení designu přenosných RTG přístrojů je potřebné. (24) (50)

Přístroje jsou obvykle děleny do dvou celků (to může být výhodné při opravách nebo výměně dílčích částí). Přední kubus, který je možné většinou natáčet, tvoří kolimátor. V hlavním objemu je umístěn rentgenový zářič a potřebná elektronika. Na horní straně je ovládací panel. Od této typologie se žádný produkt na trhu výrazně neodlišuje. (44)

Technické řešení stávajících přístrojů je dobré a plně uspokojuje potřeby veterinární praxe.



Obr. 2.18 Práce s přístrojem připevněným na mobilním stojanu

2.4.2 Stativ

Základní požadavky na přenosný stojan jsou limitující a protichůdné: vysoká nosnost, výška zvednutí břemene a stabilita při nízké hmotnosti stojanu a možnost stojan složit. Dobrou inspiraci poskytují montážní stojany na kola, které tyto požadavky splňují. Zároveň ukazují, že i konstrukci stativu typu tripod je možné vyřešit inovativně a elegantně. Konstrukční prvky (rychloupínáky, posuv a materiálové řešení stojanů) je možné převzít z existujících fotografických stativů.

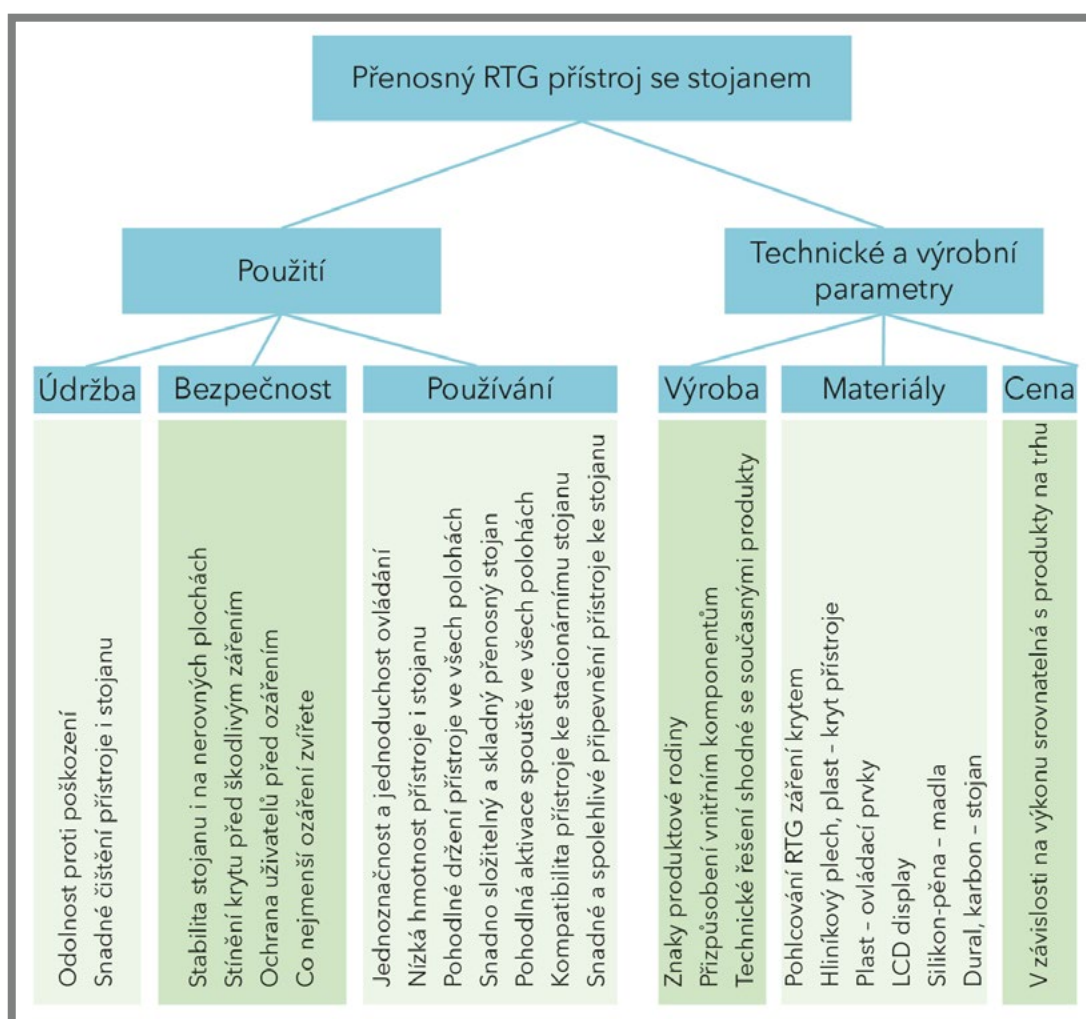
3. ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

3

3.1 Analýza, interpretace a zhodnocení poznatků získaných na základě kritické rešerše

3.1

V rešerši byly identifikovány způsoby používání a možná technická řešení přenosného veterinárního rentgenového přístroje. V kapitole 2, *Přehled současného stavu poznání*, jsou tyto aspekty rozděleny do oblasti designérské a technické. Tak byl popsán kontext, ze kterého vyplývají problémy k řešení. Výsledný design (resp. tvar) bude řešením těchto problémů. Pro přehlednost jsou tyto parametry, které je nutné dodržet pro úspěšný návrh přístroje, uspořádány v tab. 3.1.



Tab. 3.1 Kontext a problémy k řešení

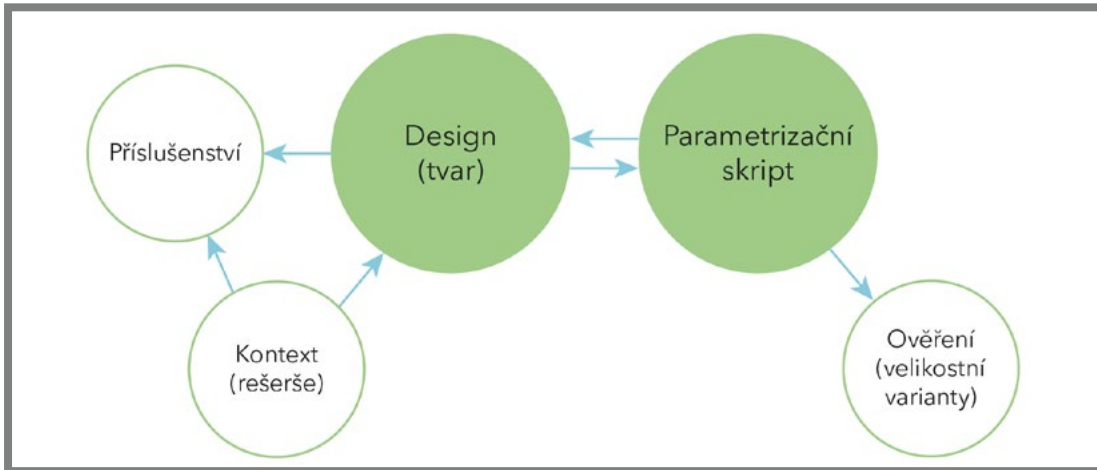
3.2 Formulace hlavních problémů

3.2

Hlavním cílem této práce je navrhnout parametrizovaný design přenosného veterinárního přístroje. Jinými slovy, cílem je navrhnout takový tvar, který bude umožňovat změnu rozměrů a proporcí jednotlivých částí tak, aby všechny velikostní varianty vykazovaly znaky jedné produktové rodiny.

Design (resp. tvarování) a parametrizační skript se vzájemně ovlivňují (obr. 3.1). Při návrhu tvaru přístroje je potřeba zohlednit jak kontext (uživatelské a technické parametry)

try, viz tab. 3.1), tak požadavek na parametrizaci (jasná definovatelnost tvaru pomocí jednoduchých geometrických prvků). Výstupem ze skriptu je řada velikostních variant, které svou typologií odpovídají původnímu návrhu. Ověření skriptu a dokončení velikostních variant potvrzuje správnost řešení. Parametrizační skript je tedy nástroj, který zjednodušuje návrh produktové rodiny a zajišťuje konzistentní tvarování všech velikostních variant. Součástí práce je také návrh polohovacího stativu, jenž musí být s přístrojem kompatibilní, a přímo tak jeho řešení ovlivňuje.



Obr. 3.1 Hlavní a vedlejší cíle práce

Požadavek	Možnost řešení
Odolnost proti poškození	robustní tvarování, nebo ochranné prvky
Snadné čištění	ne těžko dostupné spáry, mřížky použití dobře omyvatelných materiálů
Stabilita stojanu na nerovných plochách	řešení typu tripod
Jednoznačnost a jednoduchost ovládání	dobry konceptuální model a mapovací souvělosti ovladačů s jejich mechanismy
Pohodlné držení přístroje v různých polohách	ergonomické řešení vhodných madel
Pohodlná aktivace spouště ve všech polohách	na vhodná místa umístit i více spouští
Snadné a spolehlivé připevnění přístroje ke stojanu	podobných řešení z jiných aplikací a jejich adaptaci na daný problém

Tab. 3.2 Požadavky na produkt a možná řešení

3.3 Specifikace parametrů, které je nutné dodržet

3.3

Rešerše odhalila slabá místa současných přenosných rentgenových přístrojů:

- přenosné RTG přístroje nejsou dostatečně esteticky řešené,
- ergonomické řešení manipulace s přístrojem je nevhodné,
- grafické rozhraní a ovládání přístroje neodpovídá současným trendům,
- jediný přenosný stojan na trhu není uživatelsky příjemný.

Navrhovaný produkt však musí zároveň odpovídat obecným požadavkům na RTG přístroje (viz tab. 3.1). Design musí zohledňovat mnoho specifických požadavků. Některé z nich jsou vypsány v tab. 3.2 společně s možnými řešeními. Použití vhodných materiálů ovlivňuje celkový dojem, kvalitu, funkční vlastnosti a životnost produktu; přiměřená cena je zásadním faktorem pro realizovatelnost projektu. (54) (55)

3.4 Definice jasných a kontrolovatelných cílů

3.4

- Prozkoumání kontextu přenosného RTG přístroje (rešerše),
- návrh polohovacího stativu a manipulace s přístrojem,
- návrh přenosného veterinárního rentgenového přístroje s ohledem na jednotný styl produktové řady,
- návrh parametrizačního skriptu a jeho ověření,
- výstupem je produktová rodina (tři výkonové varianty produktu).

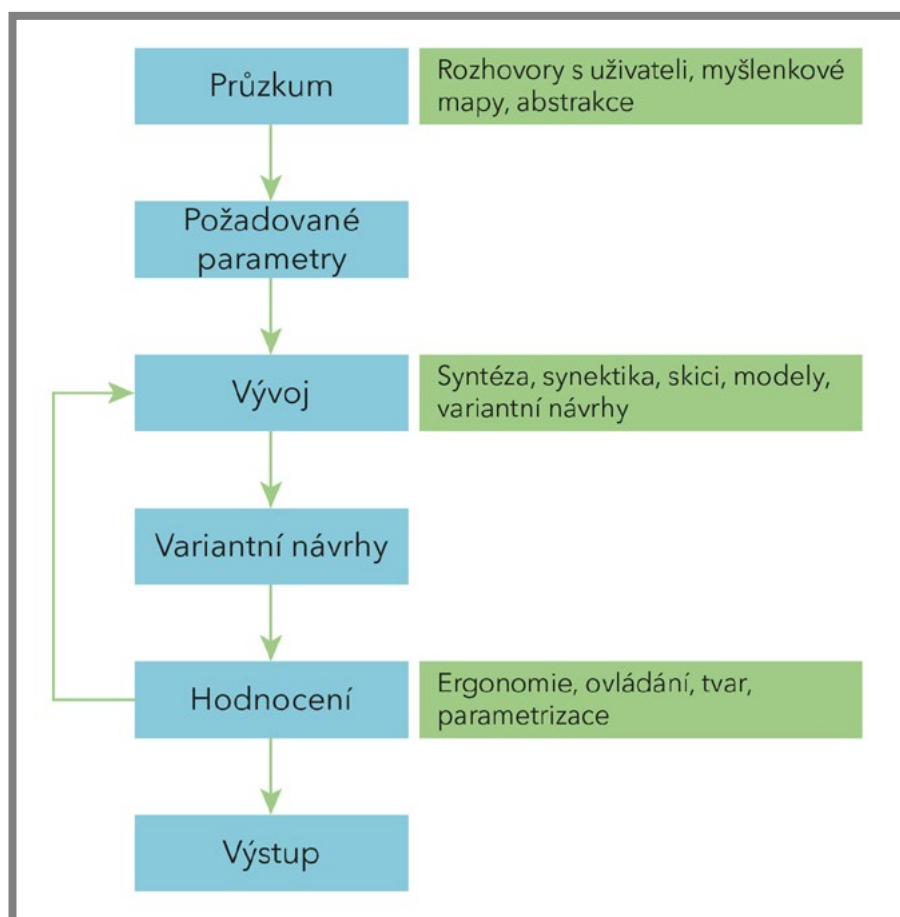
4. VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

4

4.1

4.1 Proces navrhování produktu

Mnozí autoři se shodují na schématu procesu designu, který je rozšířen pro tento konkrétní případ na obr. 4.1. Po vstupním průzkumu a pochopení dané problematiky následuje tzv. smyčka zpětné vazby. Jedná se o klíčovou fázi práce, tento krok totiž představuje navrhování v pravém slova smyslu. Designér se zpravidla zaměřuje na množství možných řešení, z nichž vylučuje ty nevhodné (solution focused strategy). Většina variant se v této fázi ukazují jako slepé cesty, které jsou zavrženy, případně jsou z nich separovány nadějná řešení jednotlivých aspektů. Toto kritické hodnocení navrhovaných řešení také pomáhá přesněji definovat a plně pochopit problém. Je chybou se rychle fixovat na jedno konceptuální řešení, dokonce se dá říct, že pokud se koncept od začátku do konce této fáze zjevně nezměnil, nedá se o navrhování ani mluvit. Po několika iteracích, kdy navržené řešení uspokojuje stanovené cíle, zbývá návrh dokončit, prezentovat a komunikovat pro výrobu (viz následující kapitoly). (56) (57)



Obr. 4.1 Schéma procesu navrhování

I přesto, že navrhování je schopností, která se může zdát jednoduchá a takřka intuitivní, může být užitečné zvolit systematický přístup, jenž pomůže prozkoumat široké spektrum možných řešení. Nigel Cross poukazuje na to, že proces navrhování je založený na odhadu nebo intuici; obecné zásady tedy mohou designérovi pomoci jít správným směrem, ale nejsou zárukou úspěchu. (57)

4.2 Průzkum

4.2.1 Základní vzhled do problematiky

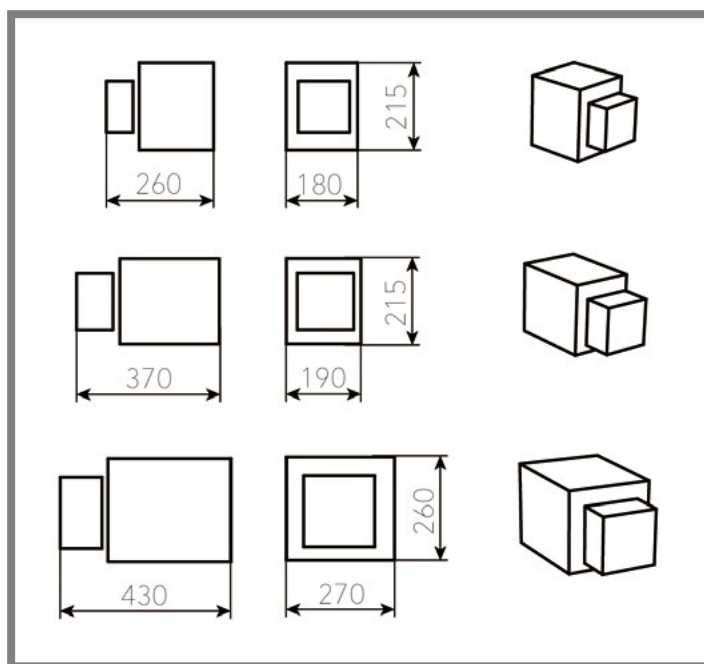
Požadavky na daný produkt a kontext, ve kterém se používá byly stanoveny v kapitole 3, *Analýza problému a cíl práce*. Kromě toho je klíčové porozumět cílové skupině a jejím potřebám. Designér se tak stává „advokátem uživatelů“, který se jim snaží usnadnit práci. Uživatelé ale často neznají nebo neumí přesně pojmenovat své potřeby. Podle Victora Papanka je „nejdůležitější schopností designéra rozpoznat, izolovat, definovat a vyřešit problémy“, kterých si nikdo ani nepovšiml. (58)

Metoda pozorování

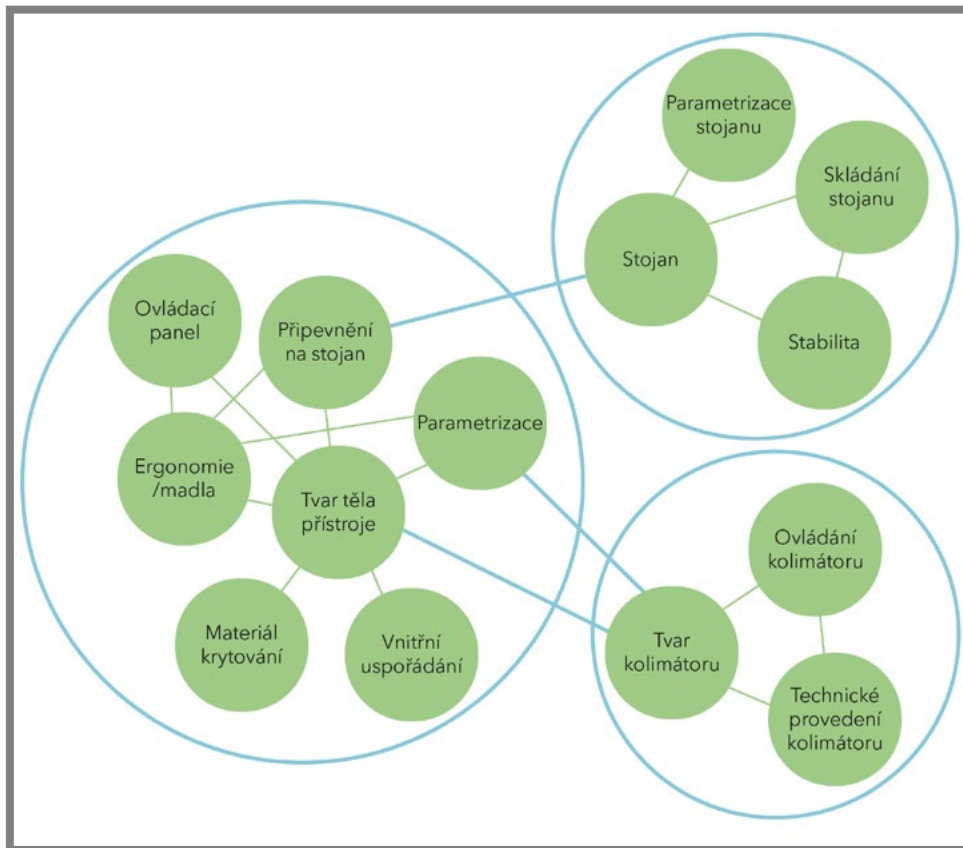
Pozorování práce s přenosným rentgenovým přístrojem opakovaně probíhalo na Klinice chorob koní Veterinární a farmaceutické univerzity v Brně. Nejprůnosnější byly rozhovory se sálovým technikem Jiřím Lehárem, který přístroj denně používá. Autor se také zúčastnil cvičení předmětu Zobrazovací diagnostika pod vedením MVDr. Filipa Kološe (viz obr. 2.16 a 2.18). Na tomto pracovišti se používají dva přenosné veterinární rentgeny (*Gierth RHF 200 ML* a *Gierth HF 400 ML*). Konzultace s pracovníky a vyzkoušení práce s přístrojem ukázaly, že z uživatelského hlediska je klíčové řešení manipulace s přístrojem a jeho ovládání. (50) (59)

Analýza produktové řady

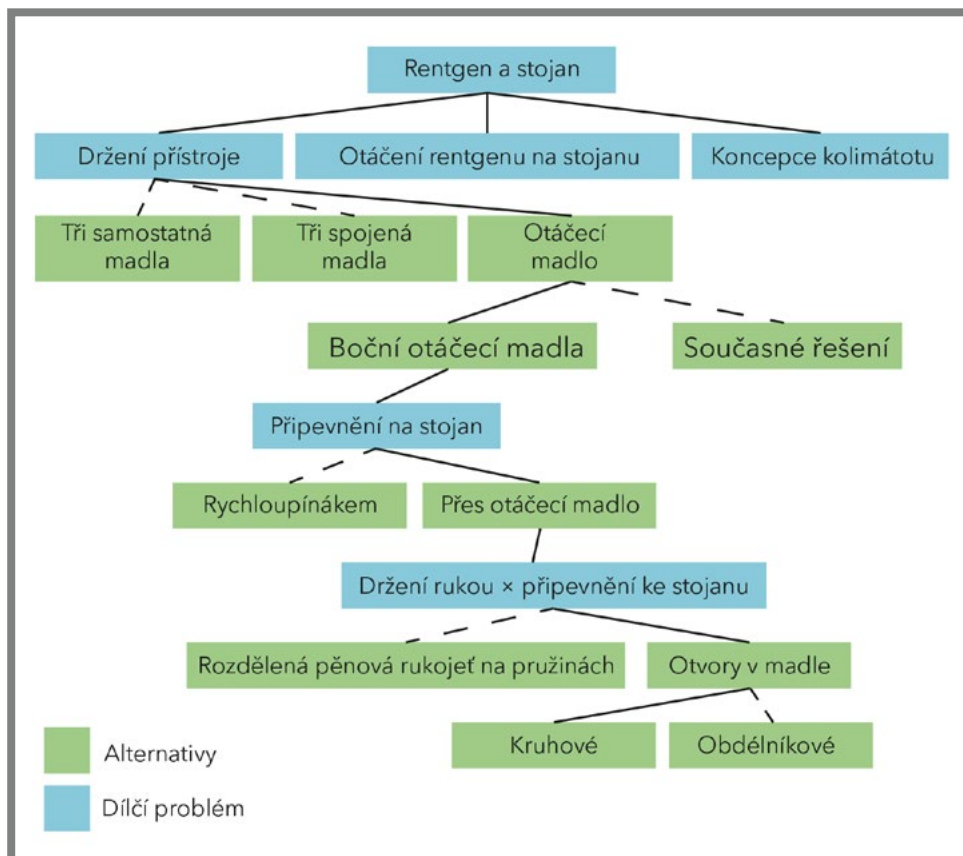
Pro návrh produktové rodiny je zásadní, aby kompozice a proporce jednotlivých částí vykazovaly podobné znaky u všech velikostních variant přístroje. Přehled tří velikostí přístroje (*Gierth TR 90/20*, *HF 200 ML*, *HF 400 ML*) je zobrazen na obr. 4.2. Ze schématu vyplývá: největší přístroj se od středního liší celkovým zvětšením, přičemž kolimátor se zvětšuje méně než tělo přístroje; u nejmenšího přístroje se mění délka těla, kolimátor zůstává prakticky stejně veliký. Přístroje se liší zejména velikostí, která vyplývá z objemu vnitřních součástí.



Obr. 4.2 Základní rozměry tří velikostí RTG přístroje v mm (M 1 : 20)



Obr. 4.3 Subproblémy řešení přenosného rentgenového přístroje



Obr. 4.4 Strom rozhodování

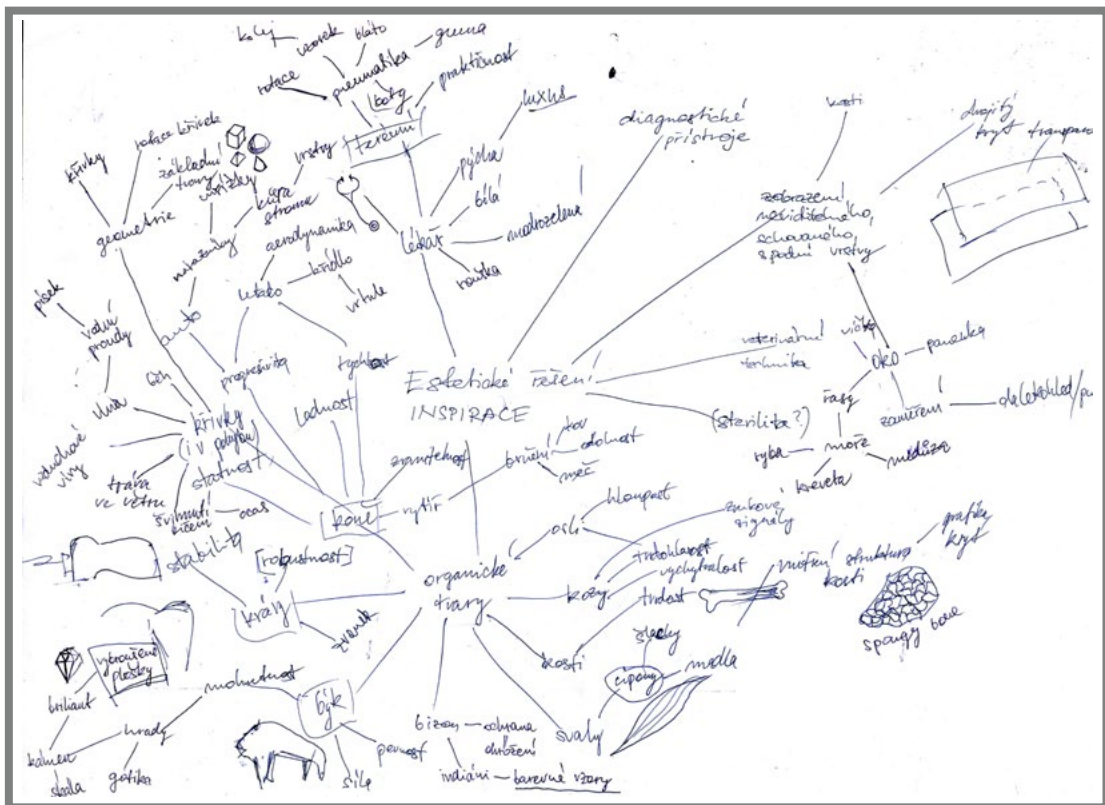
4.2.2 Rozdělení problému

Rozdělení hlavního systému (problému) do subsystémů, kde jsou jednotlivé proměnné závislé i nezávislé na ostatních, je pro designéra významným zjednodušením. Řešení dílčích problémů je relativně jednoduché. Návrh RTG přístroje a stojanu sestává z mnoha aspektů, které se vzájemně mohou ovlivňovat. V tomto případě je řešení rozděleno do tří částí: tělo přístroje, kolimátor a stativ. Obr. 4.3 popisuje dílčí problémy návrhu a jejich vztahy. Mezi nejvýznamnější interakce patří umístění a tvar ovládacího panelu × koncepce madel × připevnění na stojan; tvarování × parametrizace. (55)

Nigel Cross ukazuje, že na dílčí problémy (zelené kruhy na obr. 4.3) je do jisté míry možné pohlížet separovaně a vyloučit kombinace, které jsou nekompatibilní. Poté designér vidí několik možností, vybere tu, která se mu zdá nejlepší, a detailněji se jí zabývá. Detailní pohled na danou variantu otevírá nové možnosti (dílčí problémy), které řeší obdobně. Výsledkem je tzv. strom rozhodování, který se větví na každém rozhodovacím bodě. Jednu větev stromu rozhodování, který byl použit při návrhu přenosného rentgenu, ukazuje obr. 4.4. Hlavní problém je rozdělen na držení přístroje, otáčení rentgenu na stojanu a koncepci kolimátoru. Držení přístroje má několik alternativ. Výběrem otáčecího madla vznikají nové problémy k řešení. Podobně se postupuje až do nejmenších detailů, jako je konstrukce připevnění madla ke stativu apod. (57)

4.2.3 Myšlenkové mapy

Myšlenky lze organizovat jejich grafickým ztvárněním do tzv. myšlenkových map, které pomáhají řešit komplexní problémy. Kromě toho je možné přehledně analyzovat mnoho možností řešení. Mapy také umožňují sumarizovat a zvažovat předpoklady



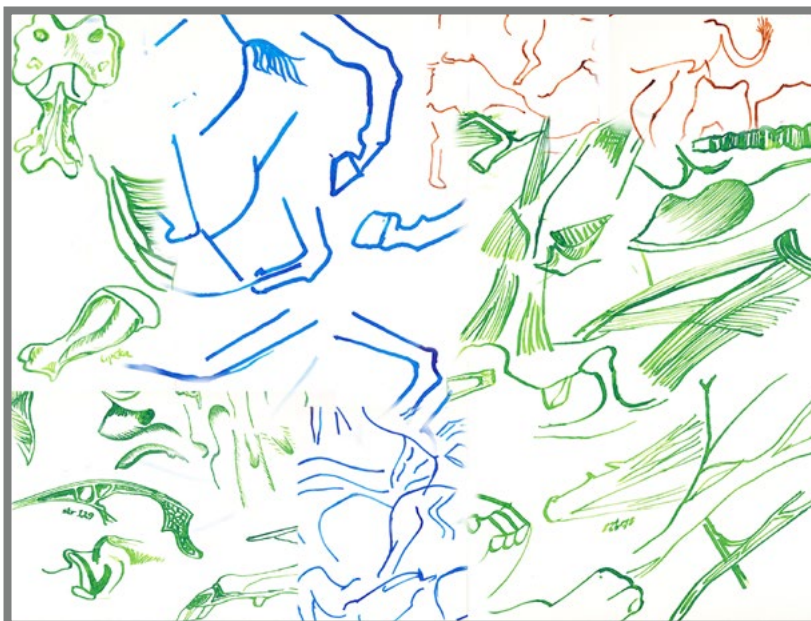
Obr. 4.5 Myšlenková mapa – inspirační zdroje

a alternativy. V úvodní fázi navrhování byly myšlenkové mapy provedeny pro jednotlivé aspekty návrhu na papíře: estetické řešení, ochrana přístroje před poškozením a ergonomie řešení. Tak bylo nalezeno mnoho pohledů a možností, jak řešit jednotlivé problémy. (60) (61)

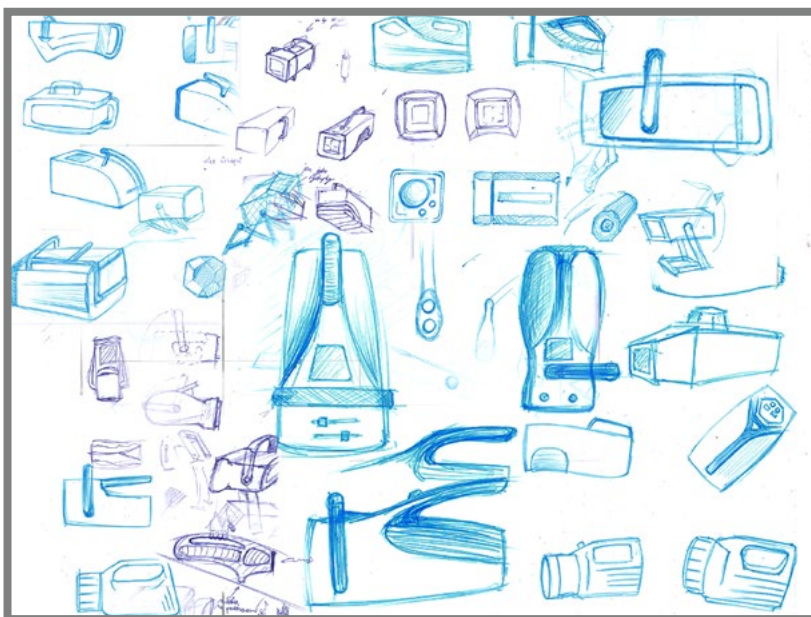
4.2.4 Abstraktní skici

4.2.4

Abstraktní skici umožňují podívat se na problematiku z jiné perspektivy a mohou ukázat směr budoucímu estetickému řešení produktu. „Tajemná“ schopnost člověka tvořit totiž spočívá v propojování doposud nesouvisejících myšlenek a uvádění známých věcí v novém kontextu. Obrázek 4.5 je kompilací náčrtů z oblastí vzdáleně souvisejících



Obr. 4.6 Abstraktní skici



Obr. 4.7 Skici

s navrhovaným přístrojem: zvířecí končetiny, křivky jejich pohybu, svalové tkáně, struktura a tvary kostí apod. (57) (58)

4.2.5 Skici

Skici jsou významným nástrojem k porozumění problému a řešení zároveň. Architekt Santiago Calatrava to popisuje jako dialog, ve kterém se pomocí nejdříve jednoduchých skic a organizování věcí prohlubuje vhléd do problému. Skici na obr. 4.6 rozvíjí myšlenky a možnosti směru návrhu přístroje. Slouží také jako komunikační nástroj a podklad pro diskusi (předání myšlenek vedoucímu práce). Na jejich základě jsou některé návrhy zpracovány ve 3D softwaru a dále rozvíjeny. V další fázi skici slouží k identifikaci a zacílení na zásadní detaily, které mohou výsledně ovlivnit celý produkt. (57)

4.2.6 Synektika

Synektika je metoda rozšíření kreativity založená na hledání analogií, kde je již problém vyřešen. V tomto případě byla řešena ergonomie držení rentgenového přístroje při snímkování. Zobecněná formulace problému zní: držení těžkého objektu na dvou bodech. Předmětem rešerše je hledání stejného problému, resp. jeho řešení v přírodě a technice. Bylo vypsáno asi 25 příkladů z oblasti ručního náradí z rostlinné a živočišné říše. Z těch byly vybrány čtyři analogie (viz obr. 4.6) Z této analýzy vyplývá, že pro dobré držení je potřeba podepřít přístroj ve dvou místech, a to nejlépe ve přední a zadní části. V některých případech jsou madla polohovatelná, jinde obepínají objekt z více stran nebo jsou úchopy řešeny alternativně podepřením či zavěšením. (62)

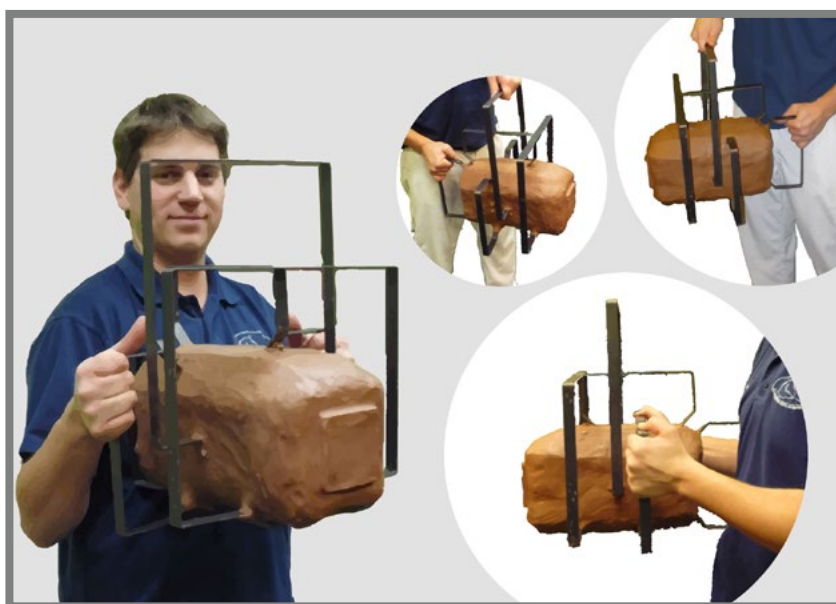


Obr. 4.8 Analogie získané metodou synektika. Šipky naznačují směry úchopů a podepření.

Tato metoda přinesla řadu možností, jak vyřešit přeformulovaný problém (madla). Pro zhodnocení těchto možností byl vytvořen ergonomický model, díky kterému bylo možné vyhodnotit všechny varianty a zvolit vhodné řešení.

4.2.7 Ergonomická analýza

Pro nalezení optimálního ergonomického řešení přenosného RTG přístroje byly využity poznatky získané metodou synektika. Byl vytvořen model s parametry současných přístrojů (hmotnost 12,8 kg), na kterém bylo možné prakticky vyzkoušet držení přístroje v různých pracovních polohách (nízko nad zemí, ve výšce pasu, u ramena). Šest modelů nabízelo mnoho možností úchopu. Následovalo testování prototypu skutečnými uživateli. Model byl vyzkoušen několika lidmi, zejména sálovým technikem, který přenosný rentgen každodenně používá (obr. 4.9). Byly tak v praxi ověřeny, resp. vyvráceny vstupní předpoklady. Ukázalo se, že pro snímkování těsně nad zemí a k přenosu přístroje je potřebné jedno horní madlo umístěné v těžišti. V tomto případě příčné i podélné madlo plní stejnou funkci. Pro přidržení přístroje ve výšce od pasu nahoru jsou nevhodnější dvě boční madla a případné opření o zadní stěnu přístroje. Výsledky ergonomické analýzy jsou pro návrh klíčové a ovlivňují veškeré variantní návrhy. (60)

















Obr. 4.9 Ergonomický model madel – zkoušení vhodných úchopů

4.3 Vývoj návrhů

4.3.1 Přenosný stativ

Jak bylo zmíněno výše, designéři obecně řeší problémy strategií zaměřenou na hledání dobrého nebo alespoň uspokojivějšího řešení; nevhodná řešení jsou zavrhována. Tento postup můžeme dobře vidět na příkladu návrhu přenosného stativu. Po počátečním prozkoumání problému, které zahrnovalo rešerši trhu a konstrukčních možností podobných produktů, byla postupně navržena řada řešení. Jednalo se o lineární proces, kdy následující řešení reagovalo na nedostatky řešení předchozího. To někdy vedlo k vytváření konstrukčně složitějších variant, u kterých však některé nevýhody stále přetrvávaly. Po další rešerši byly navrženy nové koncepty, které podstoupily stejný proces. Nakonec se podařilo rozvinout variantu, na které jsou slabiny předchozích variant elegantně překonány geometrickými principy. Porovnání všech variant je zobrazeno na obr. 4.10. Tyto varianty byly hodnoceny v několika kategoriích: rozsah poloh, stabilita, připevnění přístroje, skladnost, jednoduchost konstrukce a snadnost manipulace.

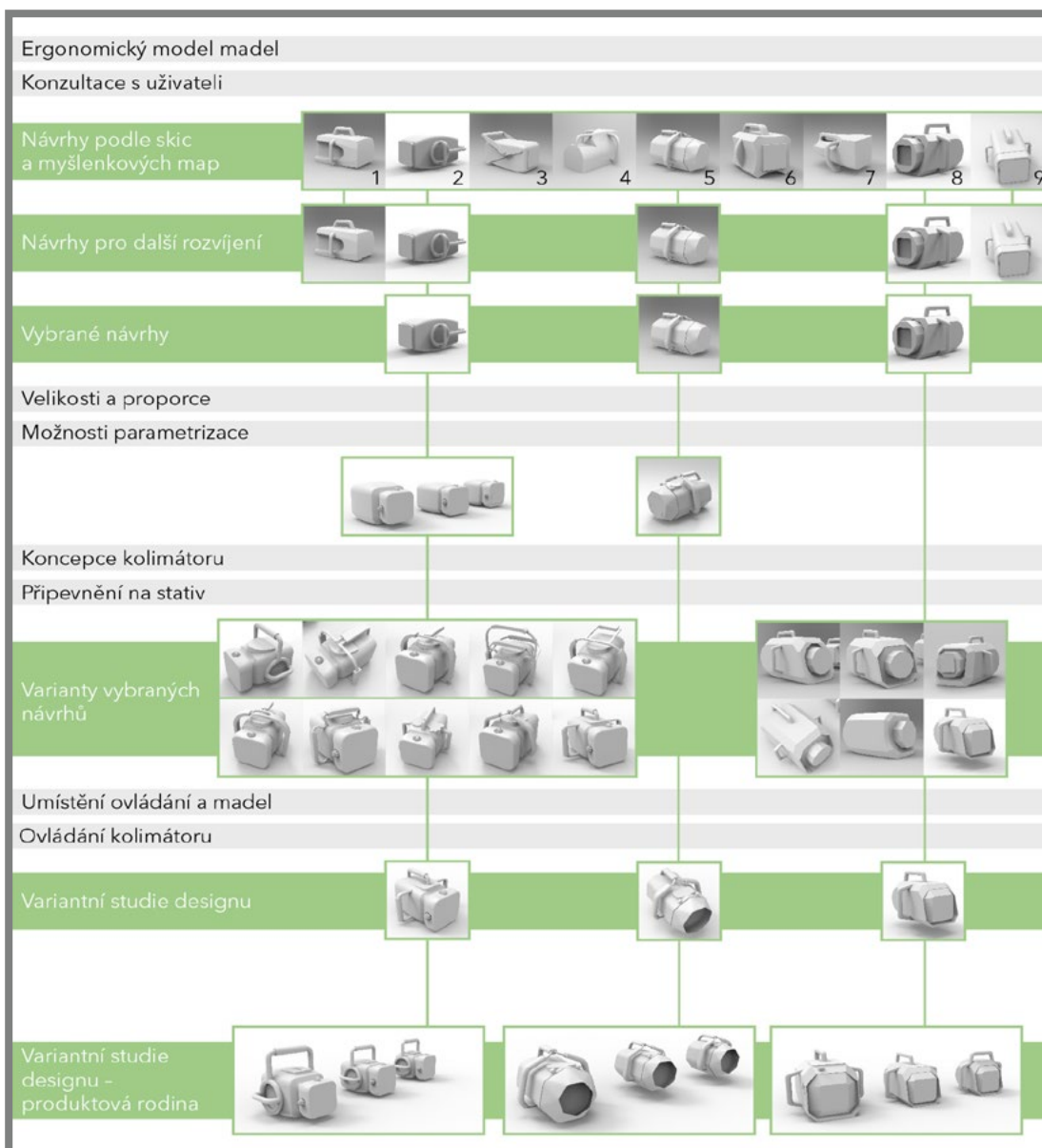
hlavní pohled	detail	rozsah poloh	stabilita	přípevnění přístroje	skladnost	jednoduchá konstrukce	snadná manipulace
		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>

Obr. 4.10 Porovnání stojanů

4.3.2 Rentgenový přístroj

Na základě poznatků popsaných v kapitole 4.2 Průzkum a skic, byly některé nápady rozpracovány pomocí softwaru *Rhinoceros 5* do hmotových studií ve třech dimenzích. To umožnilo protvarování objektu v celém objemu a posouzení jeho tvaru. Tyto návrhy (první zelený řádek na obr. 4.11) představují širokou škálu přístupů, čímž se staly dobrým vstupem pro navrhování.

Při důkladnějším pohledu na tyto tvarové studie bylo zřejmé, že návrhy 3, 4, 6 a 7 nesplňují základní technické a funkční požadavky (nekompaktní tvary, nevhodné rukojeti apod.), a byly tak vyloučeny. Jiné návrhy byly vyhodnoceny jako vhodné pro další rozvoj a zhodnocení. Později se ukázalo se, že návrhy 1 a 9 nepřinášejí téměř žádnou inovaci. Jejich tvarování je spíše formální. Pro zpracování detailních studií byly vybrány návrhy 2, 5 a 8, které představují různé přístupy k dané problematice. První ideje



Obr. 4.11 Vývoj variantních návrhů

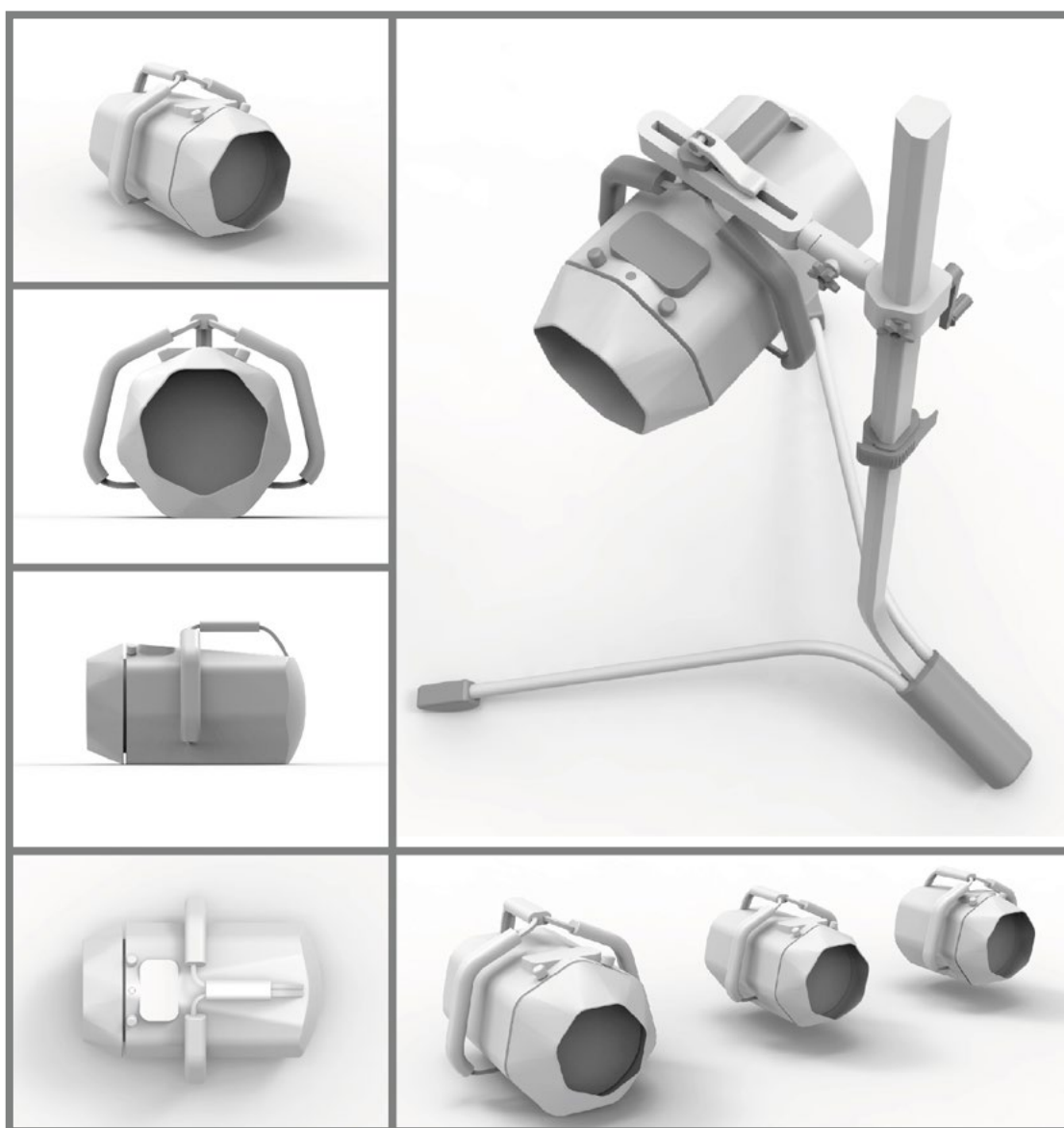
byly korigovány mnoha faktory (šedé řádky na obr. 4.11). Nejdříve se jednalo o upřesnění velikostí a proporcí tří velikostních variant a prozkoumání geometrické stavby vhodné pro parametrizaci. Dále byly zvažovány možné koncepce kolimačního zařízení a připevnění přístroje na stativ – to úzce souvisí s koncepcí madel. Na základě těchto poznatků byla navržena další možná řešení. V posledním kroku byla konfrontována koncepce madel a umístění ovládacích prvků. Výstupem byly tři variantní studie designu, které jsou detailně popsány v následující podkapitole.

4.4 Variantní studie designu

4.4.1 Varianta A

Tvarové řešení

Základním formálním prvkem varianty A je sedmiúhelník. Jeho vytažením je dán tvar těla. Madla kopírují geometrii sedmiúhelníku a obepínají celý přístroj. Seřiznutí v horní části vytváří prostor pro úchop za horní madlo a natočení ovládacího panelu směrem



Obr. 4.12 Varianta A

k obsluze. Hmoty kolimátoru je vytvořena plochou definovanou vzájemně natočenými sedmiúhelníky. Kolimátor je oddělen od těla přístroje, a tak je možné natáčet kolimační pole.

Ostré geometrické tvarování a konstrukční provedení madel působí tvrdě a technicistně. Přístroj může vyvolávat zastrašující dojem.

Ergonomické řešení

Madla nabízí množství úchopů pro snímkování ve všech pracovních polohách. Připevnění na stativ je realizováno rychloupínacím mechanismem do drážky na spojení tří madel. Ovládací panel je umístěn na ploše nakloněné k uživateli a vystupuje do prostoru. Problém nastává u menších velikostí přístroje, kdy madla ovládací panel z velké části překrývají. Ovládání kolimátoru je navrženo pomocí otočných ovladačů umístěných vedle ovládacího panelu.

Technické řešení

U jednotlivých velikostí přístroje se podle potřeby mění kóničnost kolimátoru a délka zkoseného sedmihranu. Umístění vnitřních komponent do rotačního tvaru není problém – volný prostor je využit pro chlazení, vedení kabelů apod. Kruhový průřez je však nevhodný pro kolimátor, kde koliduje s obdélníkovými klapkami. (49)

Potenciál pro další rozvíjení

Estetické působení je možné zjemnit změkčením tvaru pomocí zaoblení a tažení sedmiúhelníku po křivce. Ostře lomenou křivku propojení těla přístroje a kolimátoru je možné nahradit plynulou křivkou.

4.4.2 Varianta B

4.4.2

Tvarové řešení

V závislosti na konstrukci kolimačního zařízení a tvaru používaných RTG kazet, na které je paprsek promítán, byl přirozeně zvolen tvar s čtvercovým průřezem. Hlavní hmotu tedy tvoří kvádr se zkosenými hranami, zaoblený v zadní části. Ten je v přední části seříznut pod úhlem 15°. Právě šikmá linie při pohledu z boku je identifikačním rysem tohoto návrhu. Hmoty kolimátoru vystupuje z předního čela a pomocí ostré tvarové modelace je dosaženo spojení kolimátoru a těla přístroje do jednoho kompaktního celku. Madla jsou zasazena do sražení na bocích; horní madlo splývá se zaoblením v zadní části. U různých velikostí se mění poměr mezi přední plochou kolimátoru a průřezem těla přístroje. To se projevuje na obrysové linii při pohledu z boku. Pro nejmenší varianty se dále mění délka těla před zaoblením zadní části.

Ergonomické řešení

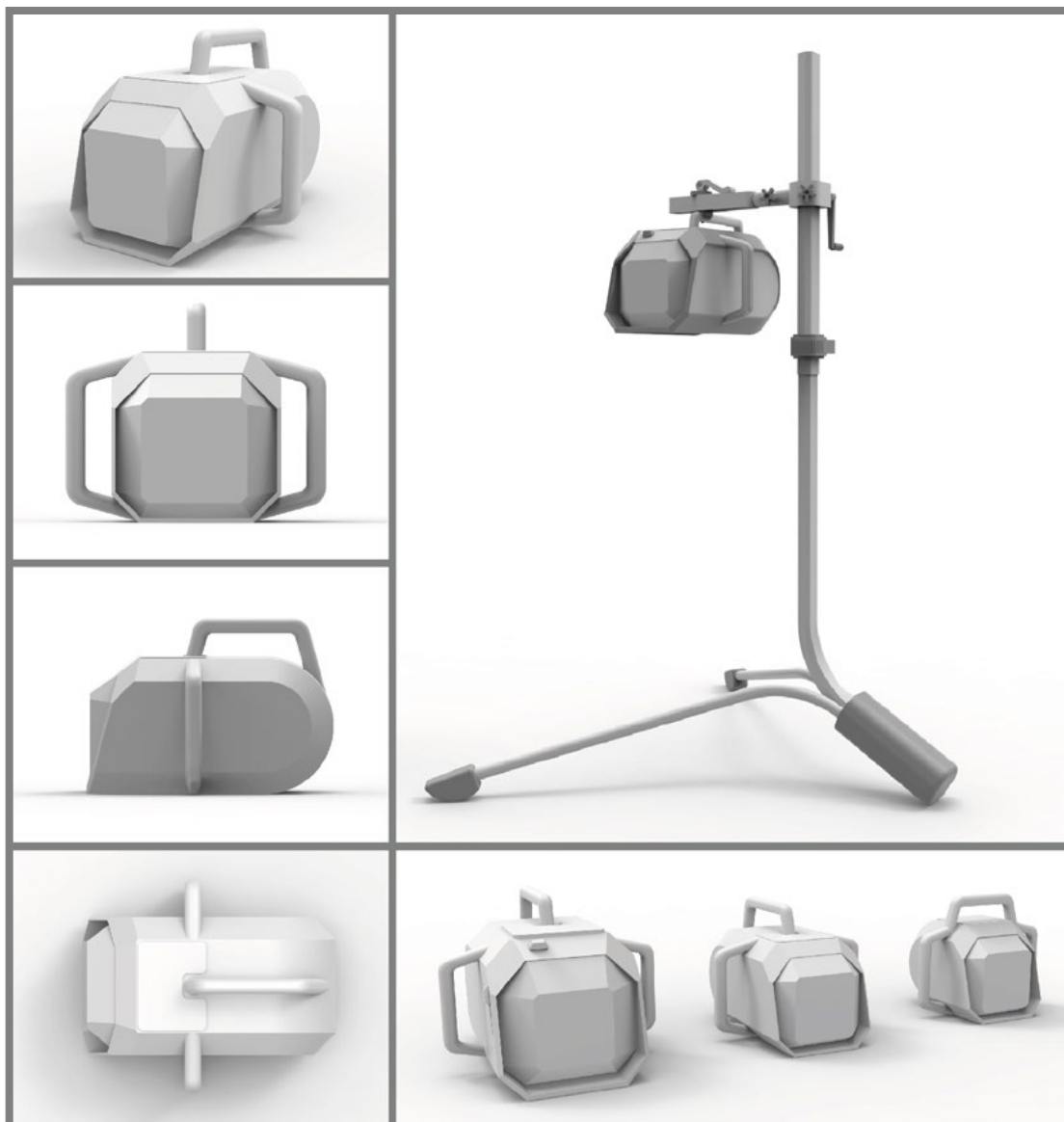
Zvolená koncepce madel vychází z ergonomické analýzy a umožňuje příjemný úchop ve všech pracovních polohách. Zaoblení zadní části je vhodné také pro opření o tělo uživatele. Připevnění ke stojanu je možné pomocí rychloupínáku a drážky v horním madle. Umístění ovládacího panelu je omezeno pozicí horního madla, problém nastává zejména u menších variant.

Technické řešení

Kvádrový tvar je vhodný z hlediska vnitřního uspořádání. Šikmé boční plochy kolimátoru vylučují jeho ovládání pomocí otočných ovladačů, nicméně je možné využít posuvné ovladače, které jsou navíc názornější. Pod vsazeným kolimátorem vzniká prostor náchylný k shromažďování nečistot.

Potenciál pro další rozvíjení

Problematickou šterbinu pod kolimátorem je možné řešit mřížkováním v těchto partiích, které by se však dramaticky projevilo na celkovém estetickém působení návrhu.



Obr. 4.13 Varianta B

4.4.3 Varianta C

Tvarové řešení

Konzervativní varianta C představuje současné řešení s určitými vylepšeními. Hlavní hmota je tvořena kvádrou kapsulí, která je organicky propojena s měkce tvarovanou hmotou kolimátoru. Nejvýznamnějším estetickým prvkem je masivní madlo, které za-

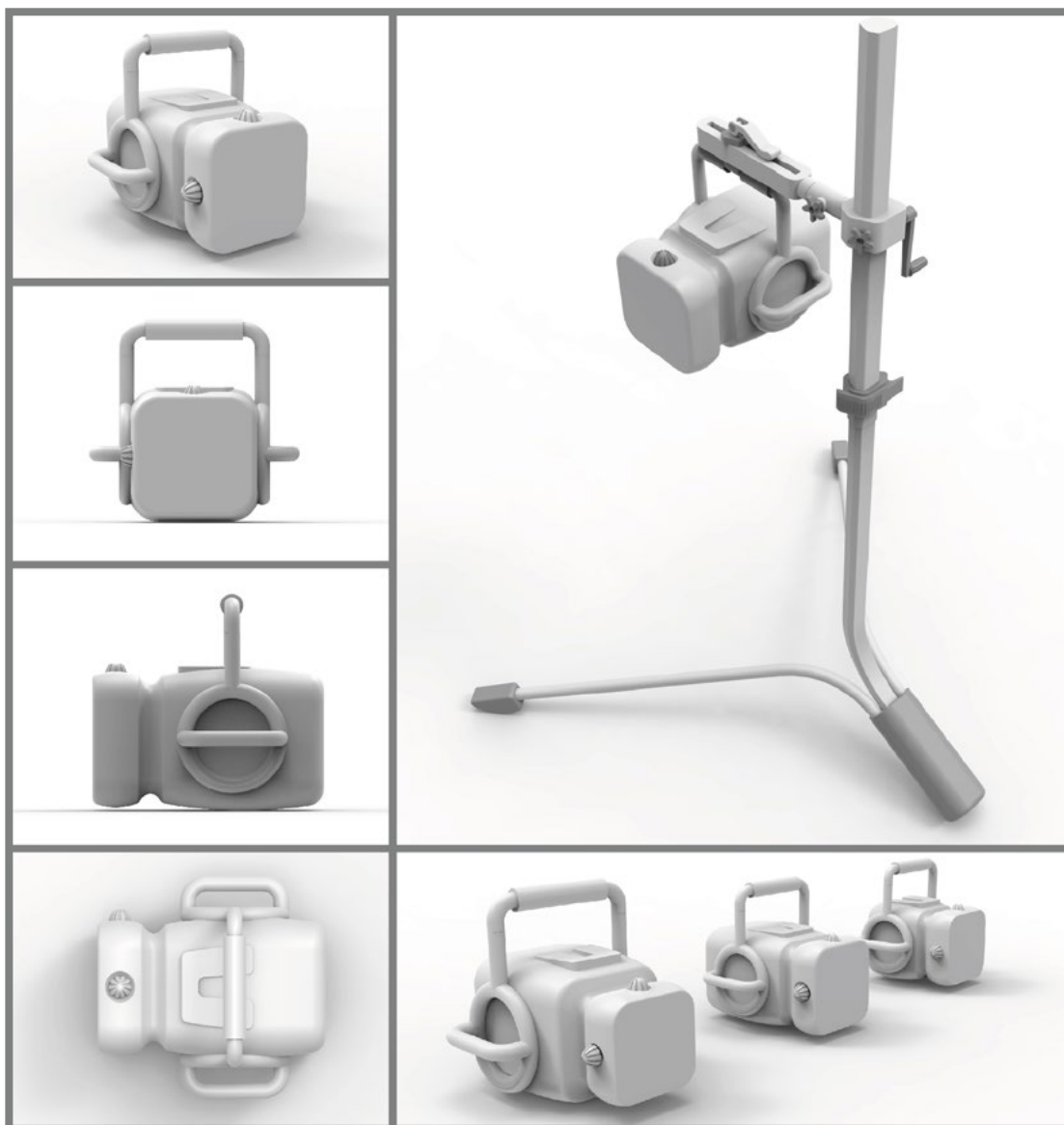
ujme mohutnou obruč s bočním madlem. Výraz dotváří velké otočné ovladače kolimátoru. Ovládací panel mírně vystupuje z horní plochy těla přístroje. Tvarování nejvíce odpovídá současným trendům v oblasti zdravotnické techniky.

Ergonomické řešení

Jedno otáčecí madlo je inovativně rozšířeno o boční madla, která je možné nastavit do požadované polohy, přičemž horní madlo může být potenciálním opěrným bodem. Připevnění na stojan může být realizováno pomocí mechanismu na horním madle. Prázdná horní plocha umožňuje umístění velkorysého ovládacího panelu.

Technické řešení

Svou typologií návrh odpovídá současným řešením, proto ohledně technického řešení nevznikají pochybnosti. Při různých velikostech přístroje se mění obrysová křivka, která definuje tvar těla a vzájemný poměr tělo : kolimátor. Zůstává zachován tvar madla i výrazné ovladače kolimátoru.



Obr. 4.14 Varianta C

Potenciál pro další rozvíjení

Přípevnění ke stojanu za madlo, které slouží k úchopu, je potřeba vyřešit způsobem, jenž nebude omezovat držení přístroje. Problémem k řešení dále zůstává konstrukce otáčecího madla a jeho tvarové napojení na tělo přístroje.

4.5 Hodnocení variant

Každý z variantních návrhů má své klady a zápory, ale žádný výrazně nevyniká. Alexander Christopher v knize *Notes On Synthetis and Form* poznamenává, že musí být jasné, proč bylo zvoleno dané řešení. Rozhodnutí nesmí být založeno jen na intuici. Byly proto hledány argumenty pro varianty A, B, C. Níže je uvedeno několik zásad pro výběr vhodné varianty. (55)

4.5.1 Zásady výběru variant

Ockhamova břitva

Tato teze prohlašuje, že jednoduchost je preferována před komplexitou. Nepotřebné prvky snižují efektivitu návrhu a nastává větší možnost selhání. Nadbytečná zátěž (fyzická, vizuální, nebo kognitivní) omezují výkon. Výsledkem je čistší design. (56)

Vyloučení negativních aspektů

Alexander Christopher se na tuto problematiku dívá z jiného úhlu pohledu. Poukazuje na to, že je téměř nemožné najít řešení, které přesně zapadá do kontextu, ale najít to, co se do kontextu nehodí (to, co je špatně), je snadné. Úkolem podle něj tedy není navrhnout produkt, který splňuje veškeré požadavky, ale vytvořit takový produkt, jenž neobsahuje žádné „chyby“. V případě výběru varianty se nabízí zamyšlení nad nepraktickými a chybnými aspekty řešení. (55)

Dobrý design

Edgar Kaufmann ml. v pojednání *What Is Modern Design?* definuje požadavky krásy a znaky moderního designu. Tyto myšlenky poukazují na základy dobré formy. Moderní design má splňovat praktické požadavky, vyjadřovat ducha současnosti, využívat nové materiály a techniky, má vyjadřovat účel věcí. Jednou z nejdůležitějších zásad je jednoduchost a jasná struktura. Základní předpoklady krásy podle něj jsou: integrita (soulad formy a funkce), čistota (přiznání funkčních částí) a harmonii (souhlasný vztah mezi jednotlivými komponenty). (63)

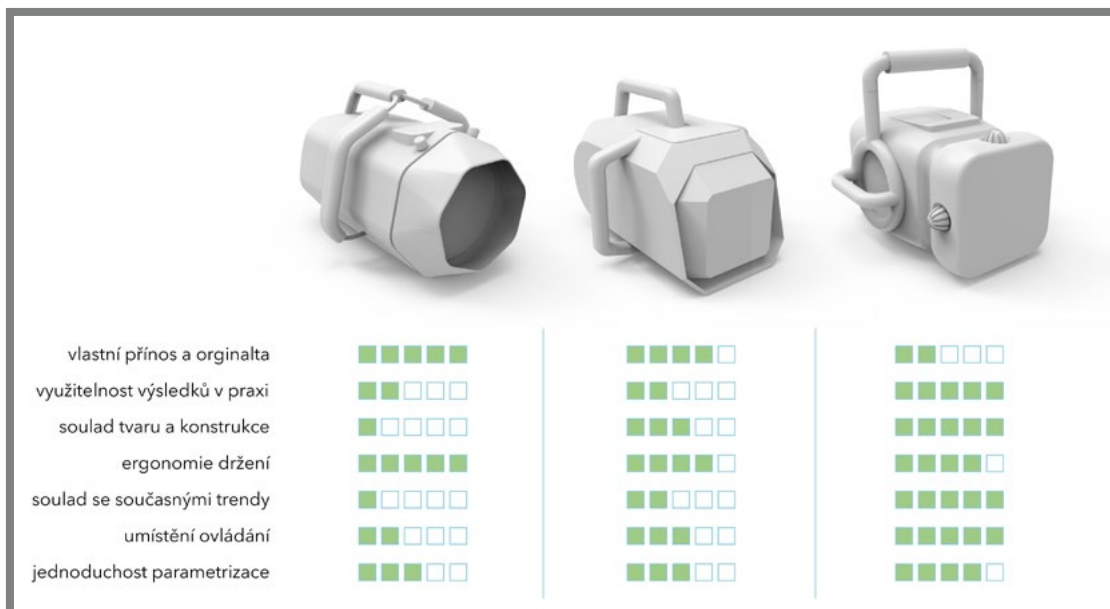
4.5.2 Hodnocení/porovnání jednotlivých aspektů variant

Na základě výše popsaných úvah, diskuzí s vedoucím práce a kolegy a konzultací na Fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií a Veterinární a farmaceutické univerzitě bylo zvažováno rozvíjení jedné z variant. Návrhy byly hodnoceny na základě několika parametrů, jak je zobrazeno na obr. 4.15.

- Kategorie úchopy vyjadřuje množství a pohodlnost vhodných úchopů.
- Žádný z návrhů přímo neřešil přípevnění ke stojanu, tento aspekt poukazuje na možnosti rozvíjení návrhů v tomto směru. Návrhy A a B potřebují přizpůsobení horního madla (nebo komponentu na horní ploše) pro přípevnění zamýšleného rychloupínáku. Varianta C čelí stejnému problému jako současné řešení – obnažení rukojeti pro připnutí mechanismu stojanu. Nejvhodnější variantou v tomto směru

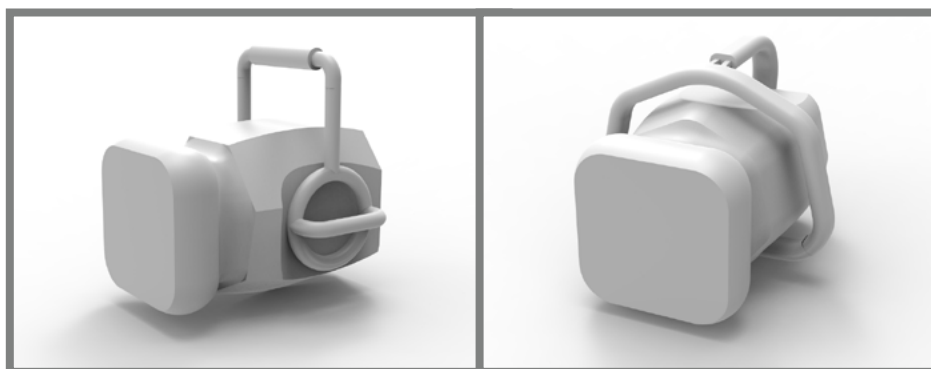
je návrh A, kde protažená konstrukce horního madla přirozeně vytváří prostor pro mechanismus připevnění.

- Umístění ovládacího panelu bylo hodnoceno podle volného prostoru na horní ploše a naklonění této roviny směrem k uživateli.
- Jednoduchost parametrizace je odhad složitosti parametrizačního skriptu pro jednotlivé části daného řešení.



Obr. 4.15 Hodnocení variantních návrhů

- Kompaktnost tvaru je aspektem, který zhodnocuje pravděpodobné umístění vnitřních komponentů (problém nastával zejména u dříve zavržených variant).
- Invence a estetika jsou subjektivní parametry, které vyjadřují inovaci současného řešení a estetické působení formy.



Obr. 4.16 Kombinované varianty A + C

V průběhu rozhodování byly také uváženy sloučené varianty, které kombinovaly návrhy A a C. Sloučení spočívalo v použití kolimátoru čtvercového průřezu a sedmiúhelníkového tvaru těla, které je formálně zajímavější (obr. 4.16). Tyto varianty však nepřinesly uspokojivé tvarové řešení.

4.5.3 Výběr varianty pro další rozvíjení

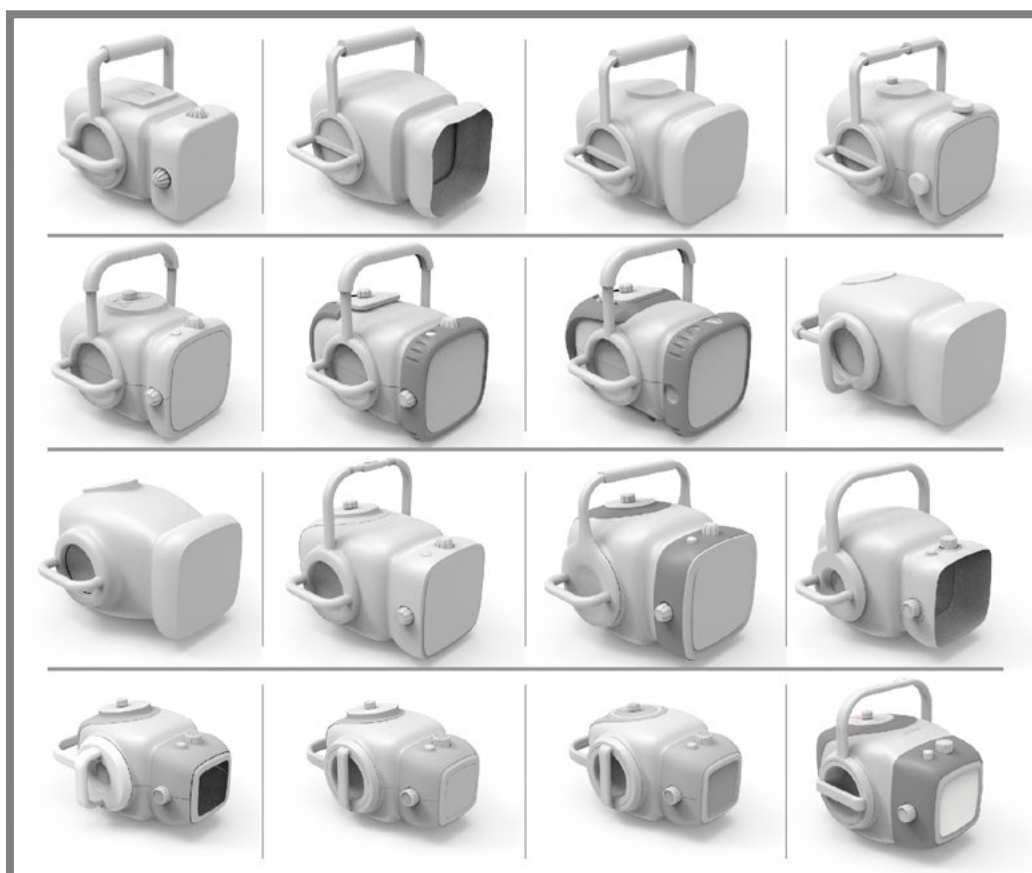
Výsledkem výše popsaných úvah byl tento závěr:

- Varianta A je originální a tvarově progresivní tím, že se jedná o rotační těleso. Problémem je, že na lékařské zařízení působí příliš tvrdě a technicistně. Konstruktivní řešení přístroje rotační koncepcí nevyklučuje. Přesto ale přináší více nevýhod než plusů.
- Varianta B je tvarovaná obdobně jako současné produkty a nepřináší nový pohled na věc. Řešení problematické spáry pod kolimátorem by dramaticky změnilo výraz produktu.
- Varianta C je konzervativní, ale přináší vylepšení konkrétních problémů. Masivní otočné madlo dává produktu nový výraz, ale v současné podobě působí poněkud naivně. Tato varianta přináší řešení, která je možné ihned uvést do praxe.

Na základě těchto argumentů byl pro další rozvíjení vybrán návrh C.

4.5.4 Další vývoj varianty C

Od variantního návrhu k finálnímu řešení se tvarování výrazně změnilo. Tento postup je zobrazen na obr. 4.17. Tyto alternace byly způsobeny parametry vnitřního uspořádání, požadavkem na ochranu proti poškození apod. Významně se na finálním vzhledu přístroje podílel parametrizační skript, který definuje vstupní křivky a vzájemné polohy jednotlivých částí.



Obr. 4.17 Vývoj finální varianty

5. TVAROVÉ ŘEŠENÍ

5

5.1 Parametrizační skript

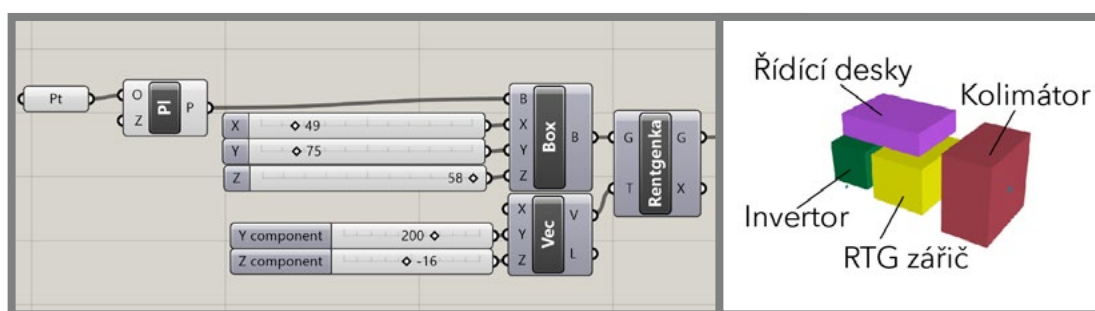
5.1

Tvar přístroje je vytvořen pomocí parametrizačního skriptu v pluginu *Grasshopper*. Tato metoda umožňuje v průběhu práce měnit celkovou geometrii i parametry dílčích částí. Změna konstant vede k přepočítání skriptu a změně výsledného designu.

5.1.1 Vstupní parametry

5.1.1

Vstupními parametry jsou tři sady vnitřních uspořádání pro tři zvolené velikosti přístrojů. Každá sada obsahuje kvádry, které představují hlavní komponenty – kolimátor, rentgenku, invertor a řídicí desky. Jejich rozměry jsou odhadnuty na základě konzultace s technikem distributora přenosných veterinárních přístrojů *AtomVet.cz*. Polohu jednotlivých komponent a jejich rozměry je možné měnit posuvnými ovladači. Tyto drobné změny vedou k modifikaci tvaru daného přístroje produktové rodiny. Příklad definice rentgenky je na obr. 5.1.

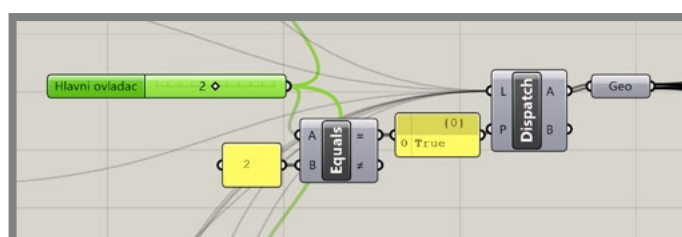


Obr. 5.1 Vstupní parametry

5.1.2 Přepínání mezi sadami vstupních komponent

5.1.2

Přepínání mezi třemi sadami vnitřních komponent zajišťuje funkce *Dispatch*. Na obr. 5.2. je hlavní ovladač nastaven na hodnotu „2“ a následující skript tak vychází z hodnot druhé (střední) sady vnitřních komponent. Hlavní ovladač umožňuje přepínání mezi třemi velikostními variantami.



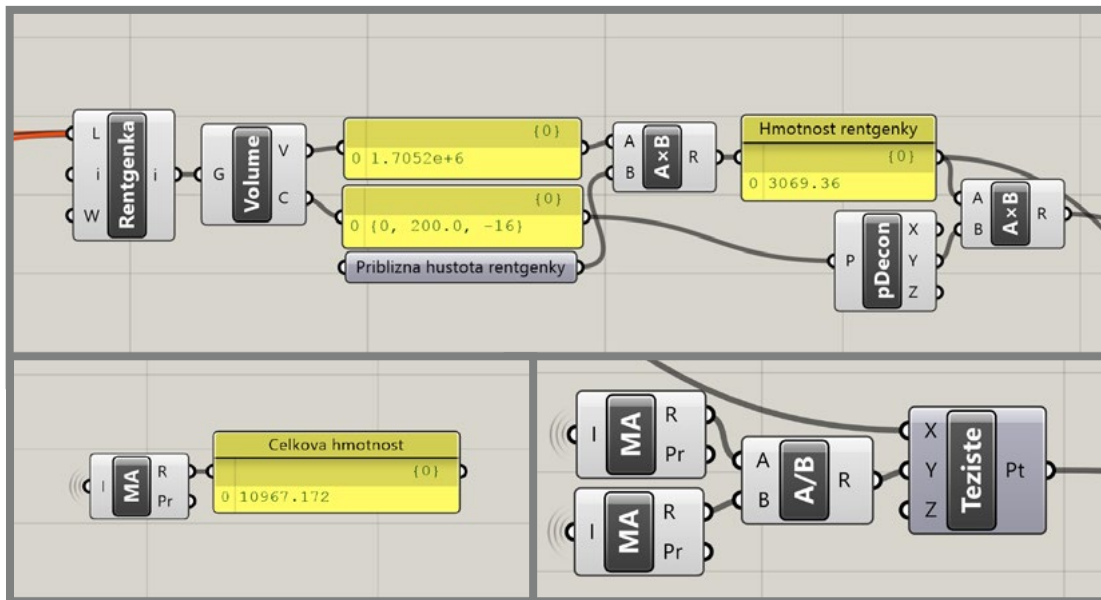
Obr. 5.2 Přepínání mezi sadami vstupních komponent

5.1.3 Výpočet hmotnosti a těžiště

5.1.3

Kvádry, které představují základní komponenty, jsou funkcí *Volume* analyzovány (obr. 5.3). Tak je zjištěn jejich objem (mm^3) a souřadnice těžiště. Na základě konzultací s technikem byla stanovena přibližná měrná hmotnost jednotlivých komponent (g/mm^3) a vypočítána jejich hmotnost. Jejich součtem je vypočítána celková hmotnost přístroje (g).

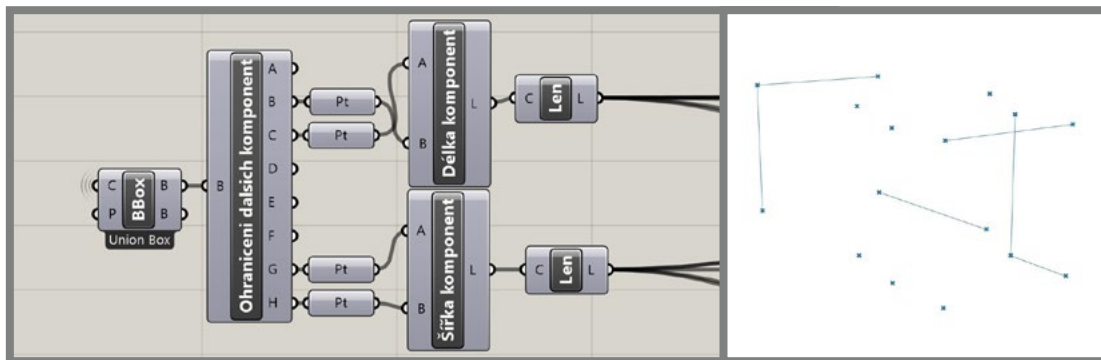
Dalším krokem je stanovení celkového těžiště na ose y . Pro každou komponentu je vypočítán součin souřadnice v ose y a její hmotnosti. Tyto hodnoty jsou sečteny a poděleny celkovou hmotností. Funkcí *Construct point* je získáno těžiště přístroje (viz obr. 5.3). To je dále využito jako základní bod polohy madla.



Obr. 5.3 Výpočet hmotnosti a těžiště

5.1.4 Mezní rozměry

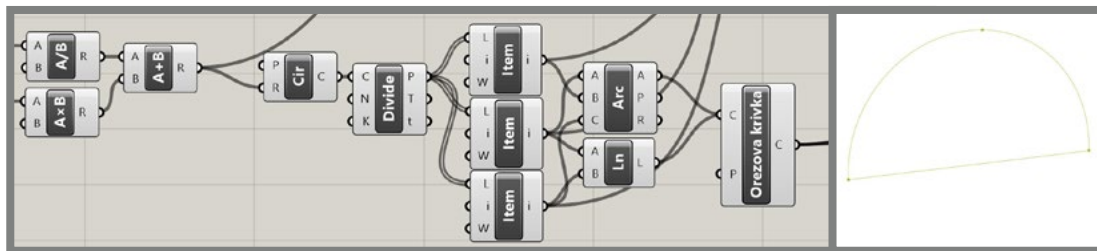
Funkcí *Bounding Box* jsou zjištěny mezní rozměry kolimátoru a vnitřních komponent v těle přístroje. Klíčové rozměry jsou v ose x (šířka) a v ose y (délka). Tyto hodnoty jsou vstupními hodnotami pro definici tvaru (obr. 5.4)



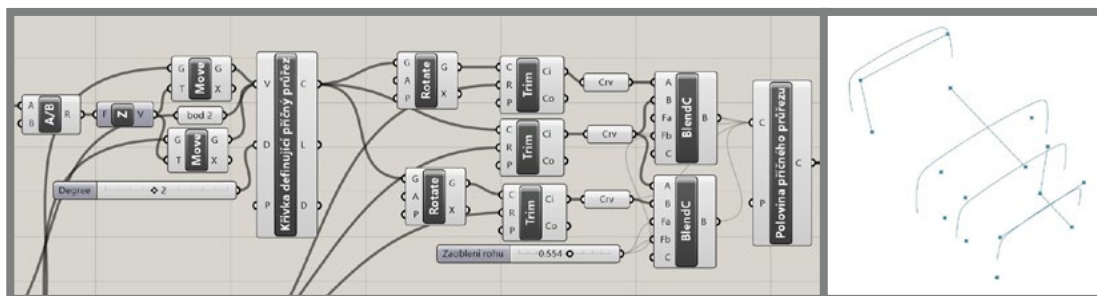
Obr. 5.4 Mezní rozměry vnitřních komponent

5.1.5 Příčný průřez přístroje

Průřez přístroje vychází z kružnice, která je odvozena z šířky kolimátoru. Poloměr této kružnice je určen výpočtem $\frac{\text{šířka kolimátoru}}{2} + \text{šířka kolimátoru} \cdot 0,1$. Funkcí *Divide* jsou na této kružnici určeny tři body, kterými je proložen oblouk. Ten je uzavřen a slouží jako ořezová křivka (obr. 5.5).



Obr. 5.5 Definice příčného průřezu – ořezová křivka



Obr. 5.6 Definice příčného průřezu

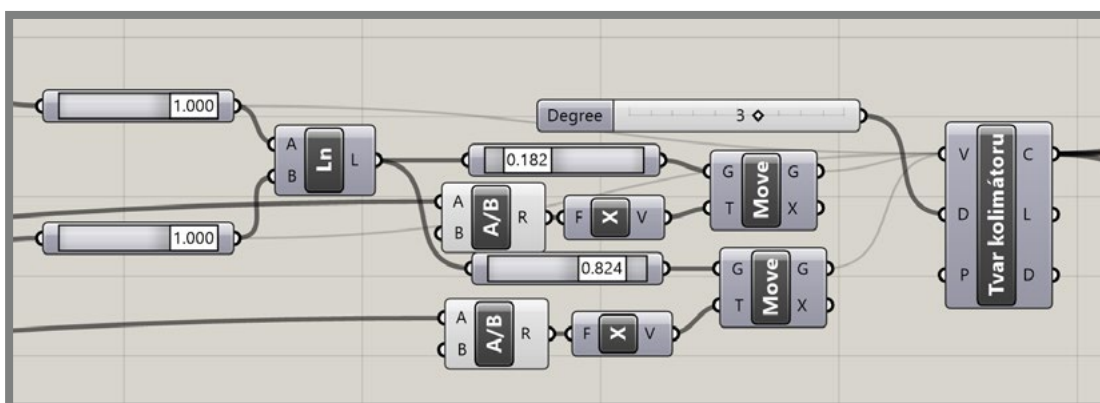
Řídící body *NURBS* křivky druhého stupně, která dává příčný průřez, vychází z ořezové kružnice. Vrcholový bod zůstává nezměněn, krajní body jsou posunuty v ose *z* podle vzorce *poloměr kružnice/1,4*. Tak je definováno zakřivení příčného průřezu. Rotací, ořezem (podle ořezové křivky) a zaoblením rohů je dána polovina příčného průřezu (obr. 5.6).

Analogicky jsou definovány příčné průřezy v průběhu celého přístroje. Na základě délky kolimátoru, resp. komponent jsou tyto průřezy posunuty v ose *y* podle stanovených vzorců. Tak jsou definovány čtyři křivky příčných průřezů: první křivka kolimátoru, druhá křivka kolimátoru, první křivka těla a druhá křivka těla.

5.1.6 Podélný průřez přístroje

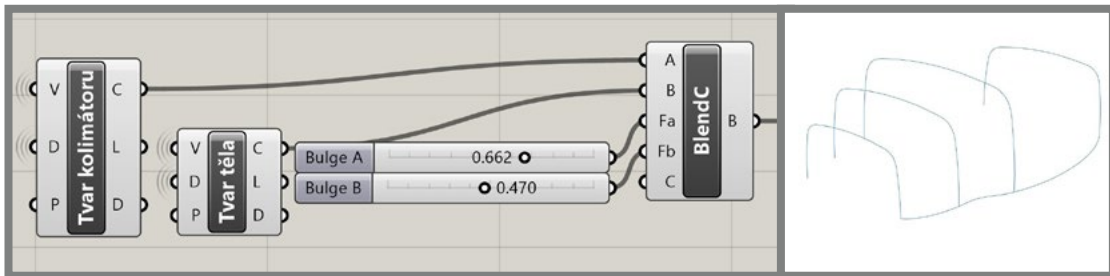
5.1.6

Koncové body křivek příčných průřezů kolimátoru jsou propojeny v úsečku. Na té jsou zvoleny dva body, které jsou posunuty v ose *x* o hodnotu *šířka kolimátoru/10*, resp. *šířka kolimátoru/40*. Tak je definováno vyboulení podélného průřezu. Tyto čtyři body vytváří *NURBS* křivku 3. stupně (obr. 5.7). Analogicky je definována křivka podélného průřezu těla.



Obr. 5.7 Definice vyboulení křivky podélného průřezu

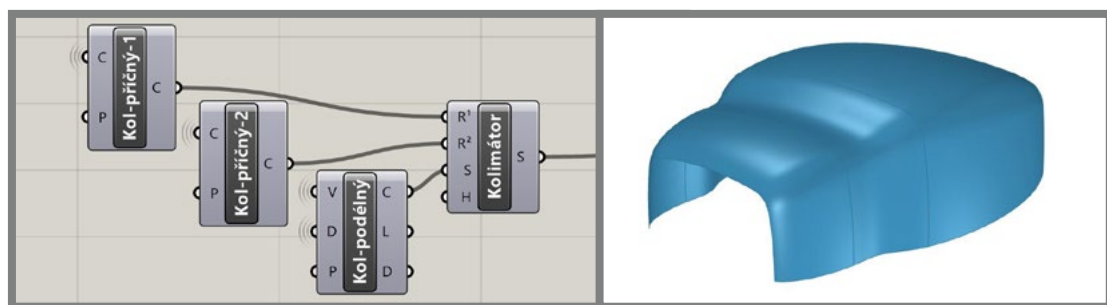
Přechod mezi tvarem těla a kolimátoru je definován funkcí *Blend Curve*. Vstupními parametry jsou křivky podélného průřezu těla a kolimátoru. Průběh křivky přechodu je možné modifikovat dvěma posuvnými ovladači (obr. 5.8).



Obr. 5.8 Přechod mezi křivkami podélného průřezu kolimátoru a těla

5.1.7 Vytvoření ploch

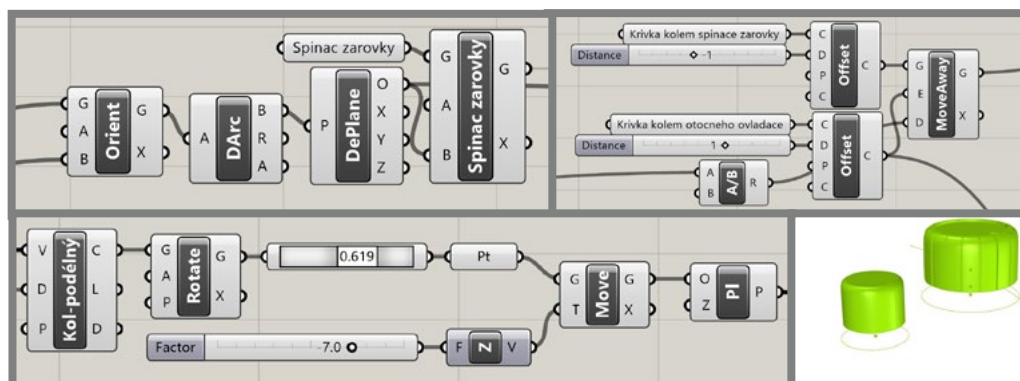
Funkcí *Sweep Two Rails* jsou vytvořeny základní plochy tvaru. Vstupními parametry jsou dva příčné průřezy a křivka podélného průřezu (viz obr. 5.8). Tímto způsobem jsou vytvořeny tři základní plochy (obr. 5.9).



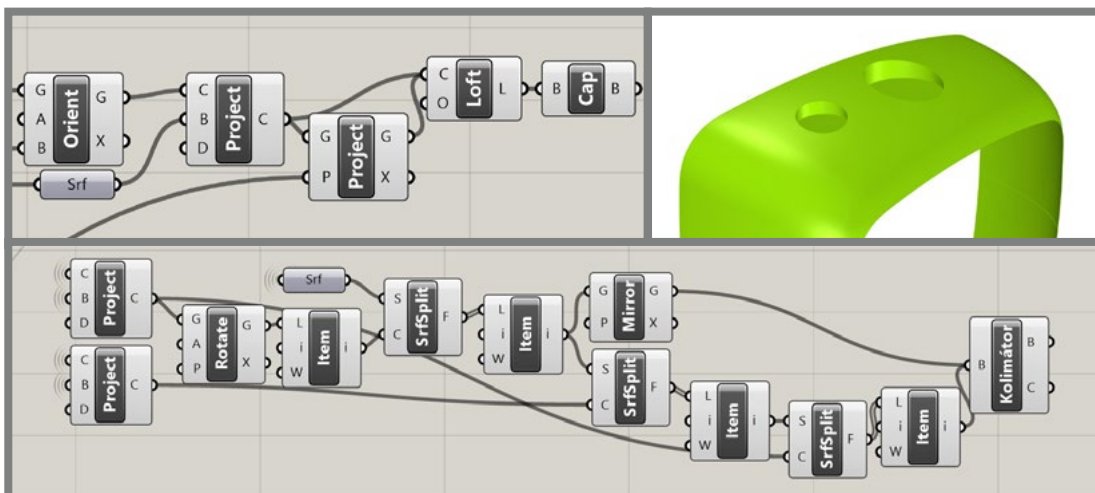
Obr. 5.9 Vytvoření základních ploch

5.1.8 Detaily kolimátoru

Na základní plochy jsou navázány další detaily. Tvar a velikost ovládacích prvků (ovladače kolimátoru a spínač žárovky) se v rámci produktové rodiny nemění, ale je potřeba definovat jejich polohu na krytu. Tyto ovládací prvky a kružnice, které je opisují, jsou vloženy do skriptu a orientovány do požadované polohy, která je dána bodem, resp. rovinou. Funkce *Move Away From* zajišťuje optimální vzdálenost horního otočného ovladače a spínače žárovky podle vzorce $\text{šířka kolimátoru}/7$ (obr. 5.10).



Obr. 5.10 Umístění ovládacích prvků na základní ploše kolimátoru



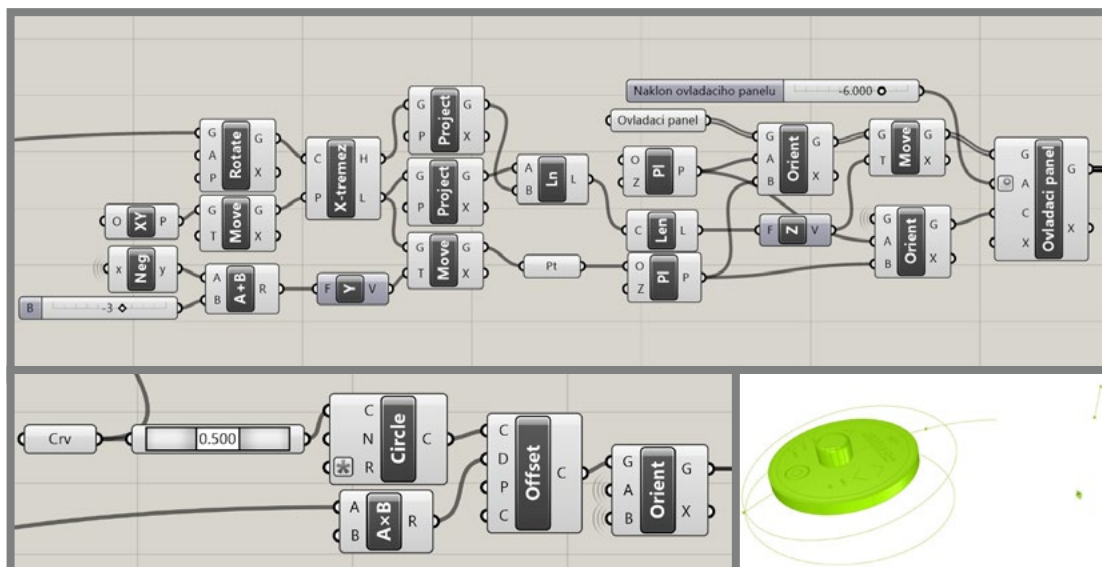
Obr. 5.11 Zahloubení pro ovládací prvky

Křivky kolem ovladačů jsou orientovány do stejného bodu jako ovladače a promítnuty na plochy kolimátoru a na rovinu pod touto plochou. Funkcí *Loft* a *Cap* je vytvořeno zahloubení pro ovladače. Křivky kolem ovladačů jsou dále využity pro ořez plochy kolimátoru (obr. 5.11).

5.1.9 Umístění ovládacího panelu

5.1.9

Na otočené křivce podélného průřezu těla je funkcí *Extremes* nalezen nejvyšší a nejnižší bod. Ovládací panel je orientován do minima posunutého v ose *y* podle vzorce $délka\ komponent * (-0,12) - 3$. Tím je zajištěno umístění ovládacího panelu ve vhodné vzdálenosti od kraje zadní části krytu. Ovládací panel je dále posunut ve směru osy *z* o vzdálenost úsečky, která spojuje promítnuté minimum a maximum. Tak je zajištěno, že horní hrana ovládacího panelu leží v nejvyšším bodě křivky podélného průřezu. Ovládací panel je poté natočen o úhel, který je možno nastavit posuvným ovladačem (obr. 5.12).

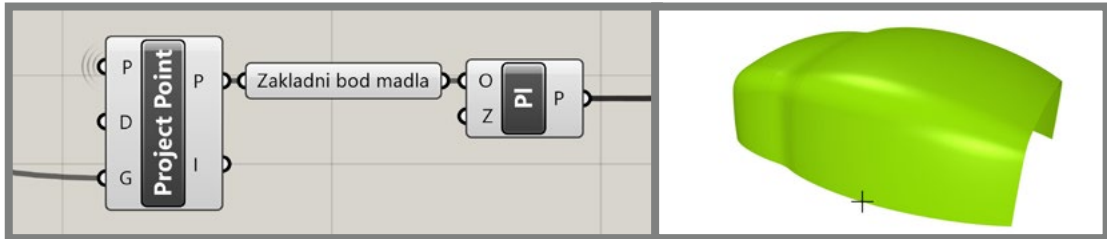


Obr. 5.12 Definice polohy ovládacího panelu na přístroji a jeho ořezová kružnice

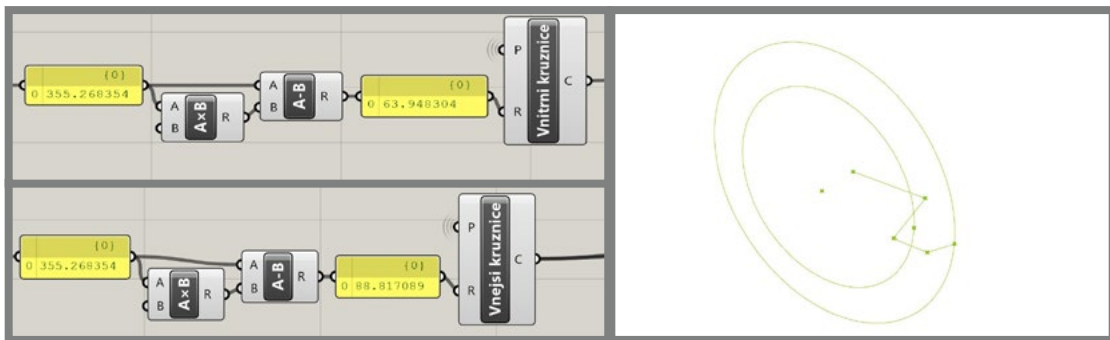
Pro vytvoření ořezu kolem ovládacího panelu je definována kružnice o stejném průměru, jako má ovládací panel. Funkcí *Offset* je odsazena o vzdálenost $délka\ komponent * 0,12$. Tato kružnice je orientována do stejného bodu jako ovládací panel a později slouží k oříznutí plochy krytu kolem ovládacího panelu pro vytvoření přechodu.

5.1.10 Madlo

Základním vstupem pro polohu madla je celkové těžiště. To je funkcí *Project Point* promítnuto na křivku podélného průřezu. V tomto bodě je definována rovina, na které je madlo vystavěno (obr. 5.13).

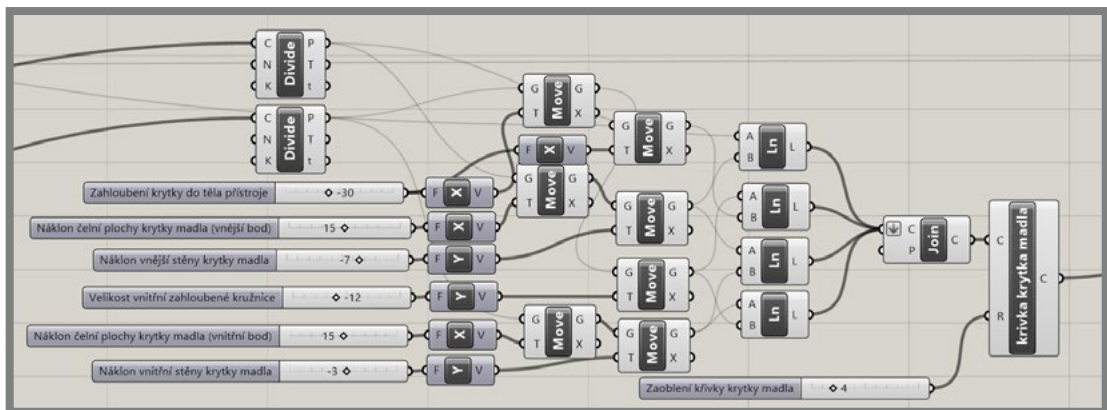


Obr. 5.13 Definice polohy madla na krytu přístroje



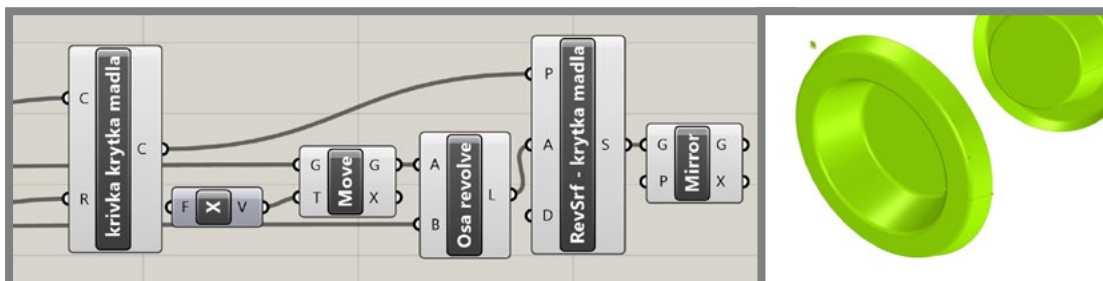
Obr. 5.14 Kružnice pro definici madla a křivka krytky madla

Vnitřní, resp. vnější průměr kruhového madla (obr. 5.14) je odvozen od polohy příčných průřezů těla přístroje (viz obr. 5.6) podle vzorců $posun\ v\ ose\ y - posun\ v\ ose\ y * 0,75$ resp. $posun\ v\ ose\ y - posun\ v\ ose\ y * 0,82$. Vnější průměr madla je odsazen o hodnotu $délka\ komponent * 0,04$ a promítnut na plochu těla přístroje. Tak je vytvořena křivka pro ořez kolem madla.



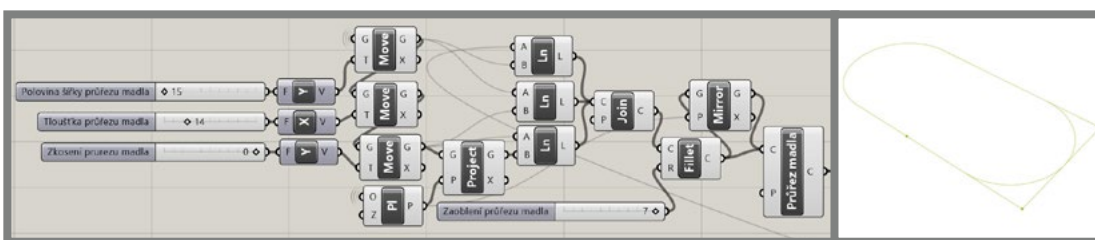
Obr. 5.15 Definice křivky krytky madla

Na těchto kružnicích jsou funkcí *Divide* nalezeny dva body. Jejich přesouváním v osách x a y je definována křivka krytky madla. Přesouvání je realizováno posuvnými ovladači (obr. 5.15). Výsledné body jsou proloženy úsečkami, které jsou funkcí *Join Curves* spojeny v jednu křivku. Tato křivka je dále zaoblena volitelným radiem. Funkcí *Revolution* je z této křivky vytvořena rotační plocha (obr. 5.16)



Obr. 5.16 Plochy krytky madla

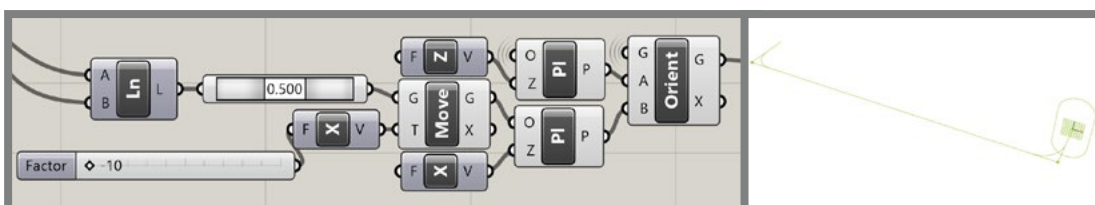
Průřez madla je vytvořen posunem promítnutého těžiště v osách x a y . Posuvnými ovladači je možné měnit šířku, tloušťku a zkosení průřezu madla. Tyto body jsou propojeny v křivku (tak je vytvořena polovina průřezu) a zaobleny radiem. Funkcí *Mirror* je tato křivka zrcadlena a je vytvořena křivka průřezu madla (obr. 5.17).



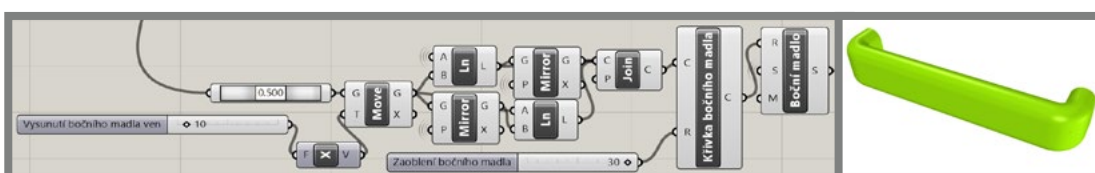
Obr. 5.17 Definice průřezu madla

Boční a horní madlo

Na úsečce, která definuje plochu krytky madla v pohledu z boku, je funkcí *Point On Curve* zvolen bod. Jeho posunem a zrcadlením jsou dány body, které jsou dále proloženy úsečkami. Ty jsou spojeny a křivka je zaoblena volitelným radiem. Do počátku této křivky je orientován průřez madla (obr. 5.18). Funkcí *Sweep One Rail* je vytvořena plocha bočního madla (obr. 5.19).



Obr. 5.18 Křivka bočního madla

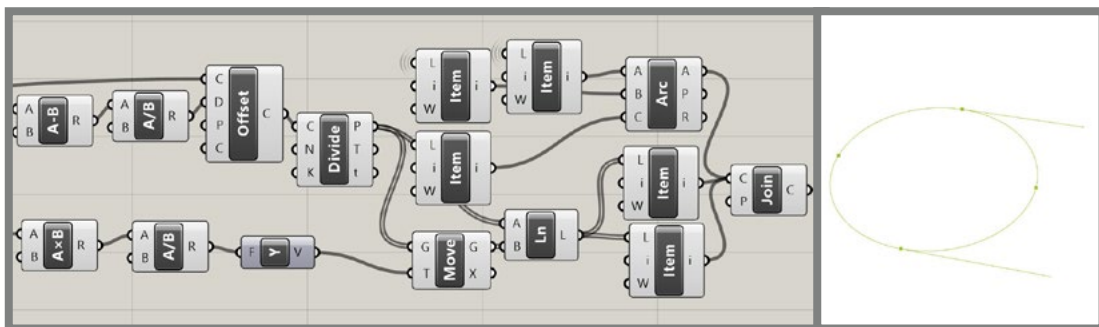


Obr. 5.19 Plocha bočního madla

Horní madlo je vytvořeno analogicky. Aby byla zajištěna optimální vzdálenost madla od zadního krytu tak, aby nedošlo ke skřípnutí ruky, je délka horního madla vypočítána podle vzorce: *Vzdálenost od zadního krytu ke středu madla + 32 – aritmetický průměr vnějšího a vnitřního madla.*

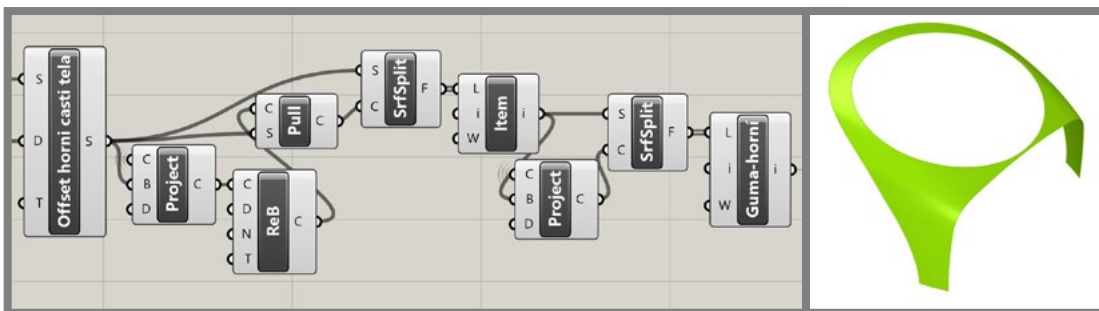
5.1.11 Pogumování krytu a kolimátoru

Ořezová křivka kolem ovládacího panelu je odsazena o hodnotu (*délka komponent – vnější průměr madla*)/6. Tato kružnice je funkcí *Divide* rozdělena na 4 segmenty a funkcí *List Item* jsou vybrány body, které jsou posunuty v ose y podle vzorce *délka komponent*1,3/2*. Těmito body jsou definovány dvě úsečky a oblouk, které po spojení tvoří křivku ve tvaru *U* (obr. 5.20).



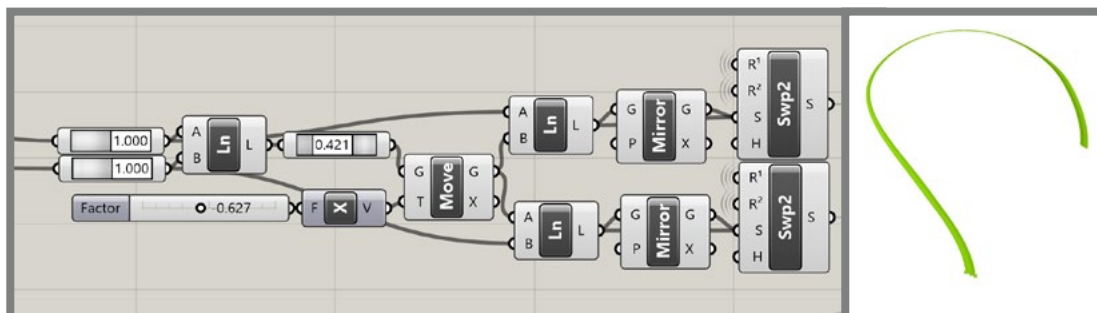
Obr. 5.20 Definice *U* křivky

Plocha pogumování vzniká odsazením z plochy krytu o zvolenou hodnotu pomocí funkce *Offset Surface* (posuvným ovladačem zvolena hodnota 2 mm). Na tuto plochu je promítnuta křivka ve tvaru *U*. Funkcí *Rebuild Curve* je snížen počet jejích kontrolních bodů, a je tak vyhlazena. Funkce *Pull Curve* novou křivku opět přitáhne na plochu, která je touto křivkou oříznuta. Podobně je tato plocha oříznuta křivkou kolem ovládacího panelu (obr. 5.21).



Obr. 5.21 Odsazení plochy krytu a její ořez

Mezi plochou gumy a plochou krytu vzniká spára. Ta je rozdělna na dvě plochy, které jsou vytvořeny funkcí *Sweep Two Rails* (obr. 5.22). Průřez je definován *NURBS* křivkou 1. řádu a je možné ho měnit polohou středového bodu. Analogicky je zpracována spodní část krytu a guma kolem kolimátoru, včetně spár.

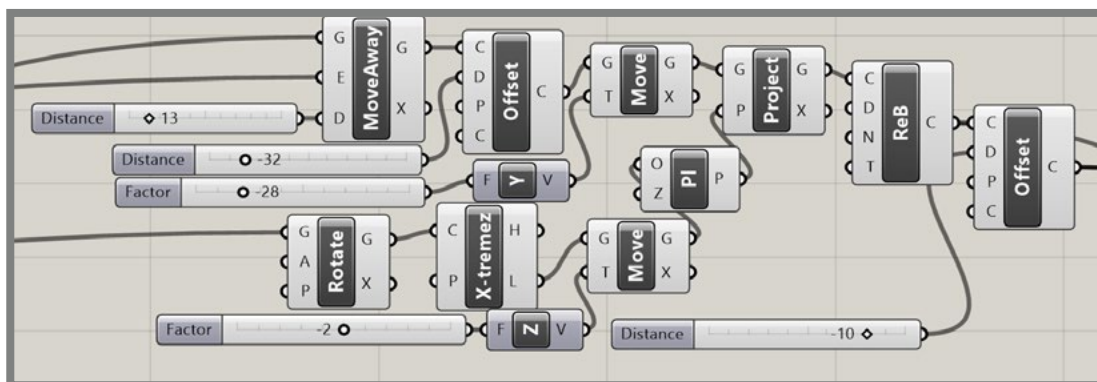


Obr. 5.22 Spára mezi plochou gumy a krytu

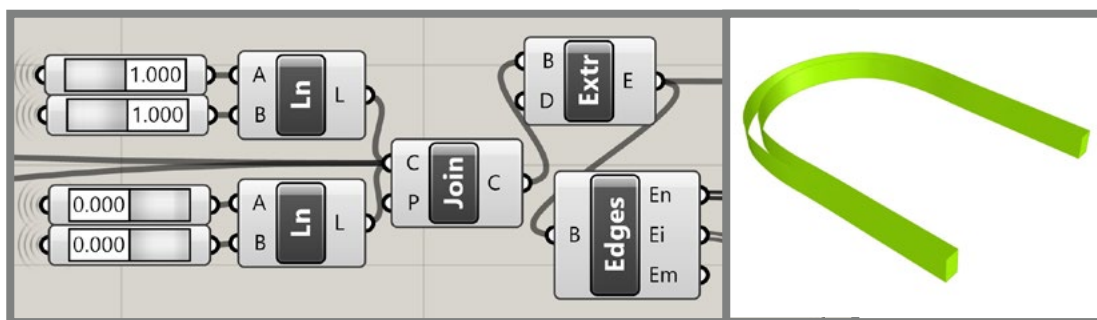
5.1.12 Nožky

5.1.12

Tvar nožek vychází z křivky ve tvaru *U*, která je funkcí *Move Away From* posunuta o konstantní hodnotu od křivky příčného průřezu těla. Dále je tato křivka odsazena a posunuta v ose *y*. Funkcí *Extremes* je zjištěn nejnižší bod podélného průřezu těla. Tento bod je posunut o -2 mm v ose *z* a v tomto bodě je vytvořena rovina, na kterou je promítnuta modifikovaná křivka nožek. Funkcí *Rebuild Curve* je snížen počet jejích kontrolních bodů a další odsazení definuje tloušťku profilu nožek (obr. 5.23). Propojením koncových bodů vzniká uzavřená křivka, ze které je funkcí *Extrude* vytvořena plocha nožek (obr. 5.24). Ta je dále oříznuta *NURBS* křivkou 3. stupně.



Obr. 5.23 Definice křivky tvaru nožek



Obr. 5.24 Vytažení křivky nožek

5.1.13 Dokončení v *Rhinoceros*

5.1.13

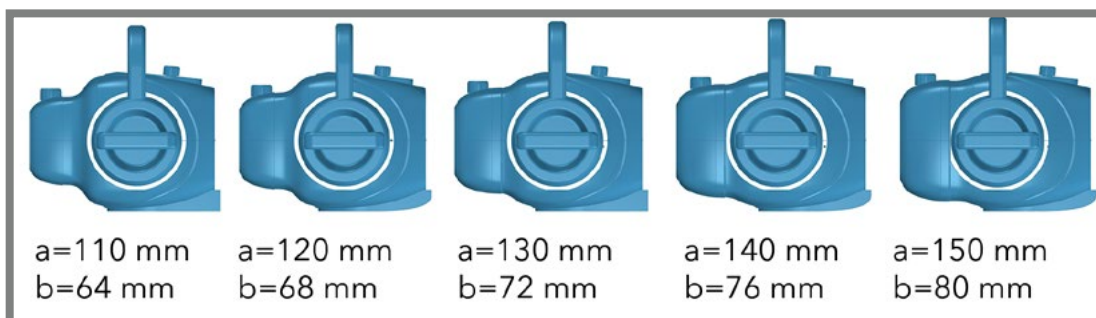
Propojení mezi „živou“ geometrií (kterou je možné v reálném čase modifikovat) a mezi „pevnou“ geometrií (kterou je možné dále zpracovávat) je zajištěno funkcí *Object Bake*. Ta umožňuje přiřadit dané objekty do konkrétních vrstev v *Rhinoceros*. Protože v pluginu *Grasshopper* není možné vytvořit složitější přechody (blends), jsou dodělané

přímo v *Rhinoceros* funkcí *Blend Surface*. Další detaily, jako zaoblení nožek a krytka na kabel v zadní části, jsou dodělány obdobně.

5.2 Přínos parametrizace při navrhování

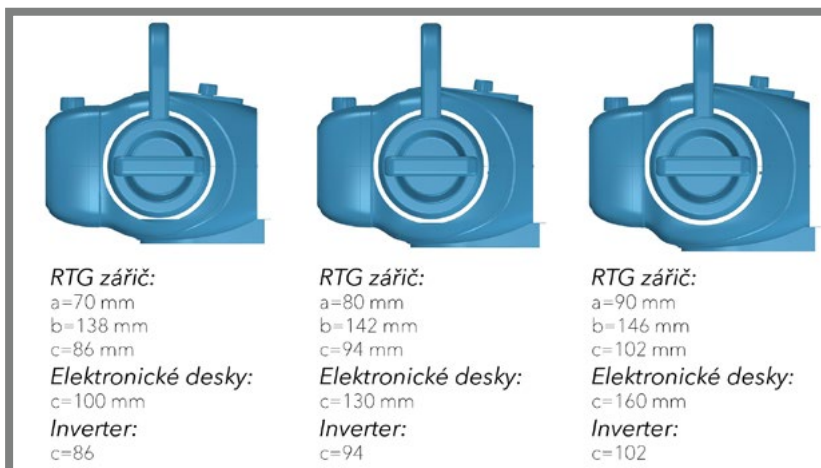
5.2.1 Vztah vstupních parametrů a tvarování

Parametrizační skript podle výše popsaných vzorců reaguje na vstupní parametry – rozměry a hmotnost jednotlivých komponent. Posuvnými ovladači je možné tyto hodnoty korigovat. Na obr. 5.25 je vidět změna výsledného tvaru v závislosti na změně rozměrů kolimátoru (viz obr. 5.1). Nárůstem rozměrů (a tím také hmotnosti) se mění nejen poměr těla vůči kolimátoru a plochy krytu, ale také poloha a rozměry madla. Podle výsledného tvaru se automaticky dopočítá poloha ovládacích prvků a dalších detailů.



Obr. 5.25 Změna tvaru v závislosti na změně velikosti kolimátoru

Na obr. 5.26 je vidět změna tvaru přístroje v závislosti na změně vybraných rozměrů RTG zářiče, elektronických desek a invertoru. Kromě změny tvaru krytu je ovlivněno těžiště a poloha madla.

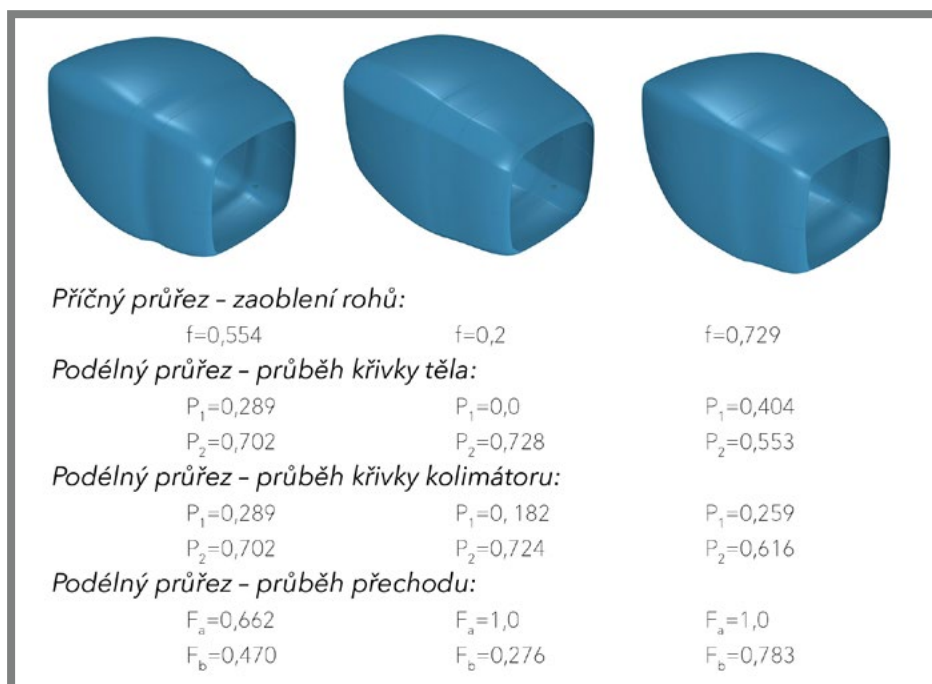


Obr. 5.26 Změna tvaru v závislosti na změně rozměrů vnitřních součástí

5.2.2 Změna výrazu nastavením skriptu

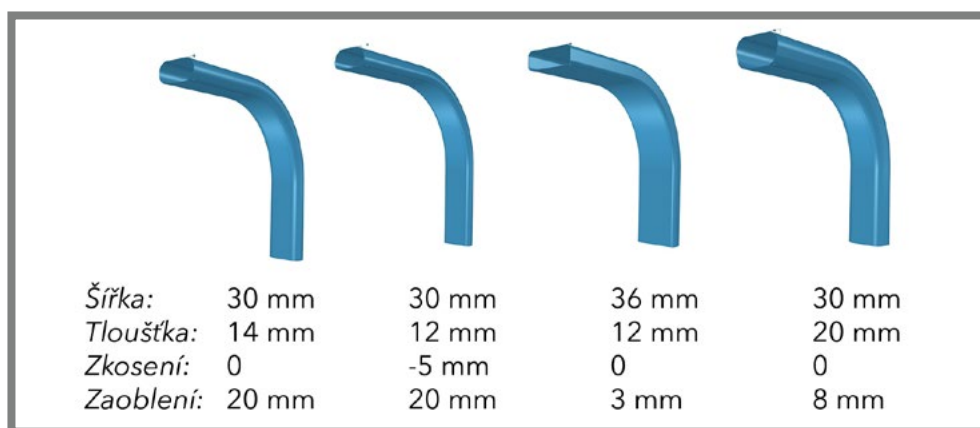
Parametrizační skript umožňuje nastavení vstupních křivek a změnu definičních parametrů hlavních ploch. Na obr. 5.27 je vidět změna průběhu hlavních ploch v závislosti na tvaru křivek, ze kterých jsou funkcí *Sweep Two Rails* vytvořeny. Pro ilustraci jsou ukázány změny některých parametrů (zaoblení rohů křivky příčného průřezu a prů-

běh tří křivek podélného průřezu). Parametry P_1 a P_2 vyjadřují polohu řídicích bodů NURBS křivky, F_a a F_b vyjadřují průběh přechodové křivky mezi tělem a kolimátorem.



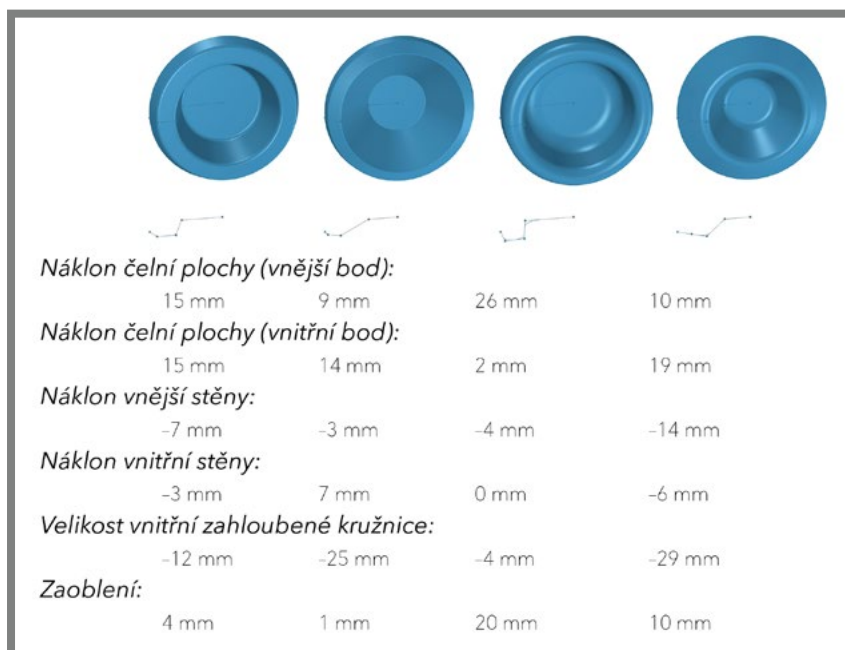
Obr. 5.27 Změna vybraných parametrů hlavních křivek, resp. ploch

Skript umožňuje také změnu definicí dílčích částí. Jedná se například o průřez madla, jak je vidět na obr 5.28. Posuvnými ovladači (viz obr. 5.17) je možné upravovat polohu bodů křivky průřezu. Je možné volit šířku, tloušťku, zkosení a zaoblení a podle potřeby zvolit optimální řešení.



Obr. 5.28 Změna průřezu madla

Změnu tvaru lze pozorovat také na krytce madla (obr 5.29). Uvedené hodnoty vyjadřují posuny bodů řídicí křivky (viz obr. 5.15). Je možné volit náklon čelní plochy, náklon vnější a vnitřní stěny, velikost vnitřní zahluobené kružnice a radius zaoblení.



Obr. 5.29 Změna tvaru krytky madla

5.2 Kompoziční řešení produktové rodiny

5.2.1 Společné znaky (obr. 5.30)

Tvarování přístroje je organické a kombinuje trendy designu zdravotnických a outdoorových zařízení. Podstatou návrhu je měkké tvarování základního objemu, které reaguje na výrazné kruhové prvky (ovládací panel, madlo). Velké pogumované plochy dodávají přístroji robustnost a poskytují ochranu před poškozením či otěrem.



Obr. 5.30 Tři přístroje produktové rodiny

Kolimátor je tvarově oddělený od těla přístroje. Mezi tělem a kolimátorem vzniká měkký přechod. Dominantním prvkem je masivní madlo. Výrazné disky bočního madla evokují otáčivý pohyb a v případě zavěšení přístroje na stativu poskytují vizuální jistotu. Na madlech o průřezu zaobleného obdélníku jsou umístěny spouště. Ty mají jednoduchý obdélníkový tvar, který vystupuje z boční hrany madel.

Pogumované plochy obepínají přístroj a přispívají ke kompaktnímu vzhledu. Guma v zadní části kopíruje kruhový ovládací panel. Z tvaru pogumování ve spodní části vychází tvar nožky ve tvaru písmene U. V zadní části se nachází krytka na kabel. Krytka je v horní části oříznuta křivkou, která navazuje na plynulé tvarování krytu.



Obr. 5.31 Porovnání velikostních variant *Mini*, *Handy* a *Power*

Při pohledu shora je nejvýznamnějším prvkem kruhový ovládací panel s centrálním otočným ovladačem. K ovládacímu panelu je poutána největší pozornost. Jeho horní hrana navazuje na křivku příčného průřezu v horní části. Ovládací panel v zadní části vybíhá z tvaru těla, a tak vzniká měkký přechod na plochu pogumování.

Protipólem ovládacího panelu jsou otočné ovladače kolimátoru a spínač žárovky. Protože je kolimátor čistě mechanické zařízení, byly voleny technicistní ovladače s vroubkováním.

5.2.2 Změny proporcí v rámci produktové řady (obr. 5.31)

Návrh velikostních variant přístroje nespočívá v pouhém zvětšování. Podle vnitřních komponent se mění vzájemné proporce jednotlivých částí. Nejvýraznější takovou změnou je poměr ovládacího panelu (který je na všech variantách stejný) a krytu přístroje. Stejně se mění vztah mezi krytem kolimátoru a jeho ovládacími prvky. Průměr kotouče madla je odvozen od délky přístroje, a tak se úměrně tomu zvětšuje. Průřez madla ovšem zůstává stejný. V důsledku toho u větších variant může madlo působit subtilněji než u varianty nejmenší.

Tři velikostní varianty jsou pojmenovány podle jejich nejdůležitějšího znaku. Nejmenší varianta nese název *Mini*, střední velikost byla pojmenována *Handy* a nejvýkonější přístroj produktové řady má název *Power*.

Mini

U bateriové varianty *Mini* je kolimátor poměrově menší než u ostatních variant. Ovládací prvky působí nejmohutněji. Ovládací panel zaujímá většinu plochy horního krytu. Velikost krytky na kabel je minimalizována. Jejím účelem je zakrýt konektory při používání přístroje. Při nabíjení se připojí síťový kabel a krytka se odklopí.

Handy

Tato varianta představuje kompromis mezi výkonem a velikostí. Nejvýraznější změnou jsou proporční vztahy ovládacích prvků vůči krytu. V provozu musí být přístroj připojen k elektrické síti. Krytka na kabel je proto koncipována tak, aby zakryla koncovku kabelu a ten byl ochráněn před ukroucením a dalším poškozením.

Power

U nejvýkonější varianty produktové řady *Power* je otočné madlo ještě výraznější než u ostatních variant. Otočné ovladače působí na krytu drobně. Poměr ovládacího panelu vůči přístroji vytváří na horní ploše volný prostor. Přechody mezi plochami (tělo – kolimátor, tělo – ovládací panel, tělo – kotouče madla) jsou nejplynulejší. Účelem krytky na kabel u této varianty je ochránit síťový kabel před ukroucením a jiným poškozením.

5.3 Kompoziční řešení příslušenství

5.3.1 Přenosný stativ (obr. 5.32)

Geometrické řešení stativu spočívá v propojení tří křivek, které při pohledu shora svírají úhly 120°. Nejkratší noha je masivní a tvoří zároveň uložení pro otáčení, resp. skládání dvou dalších noh. Je zároveň využita jako závaží pro zajištění větší stability.

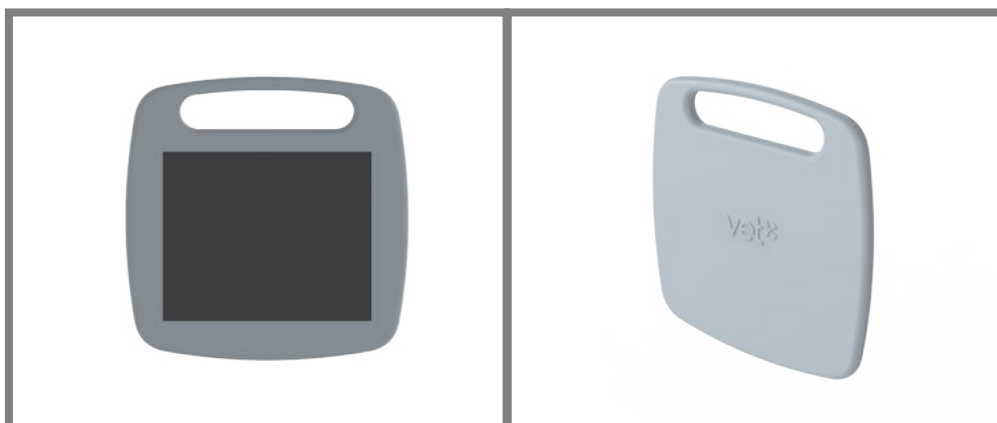
Příčnick, který nese vlastní RTG přístroj má průřez zaobleného obdélníku. Na něj je napojen přípravek, který slouží k uchycení přístroje. Tím je zajištěno umístění přístroje v těžišti stativu.



Obr. 5.32 Přenosný stativ

Tvarování masivní zavěšovací hlavy vychází z těchto požadavků: hlava musí umožňovat posun po příčnicku, rotaci kolem své osy a zajištění zavěšení přístroje. Tvar tedy spočívá v kombinaci vytažené křivky a koule. Kulový tvar v zadní části zajišťuje přirozenou rotaci kolem osy hlavy a prostor na pojistku. Ta má tvar ořezané koule. Ve spodní části je odsazení pro madlo, které se zavěšuje na dva kolíky.

Připevnění příčnicku na hlavní tyč je realizováno posuvnou hlavou s klikou. Její tvar umožňuje zajištění bočních noh ve složeném stavu.



Obr. 5.33 Flat panel

Další příslušenství

Pomocí křivky příčného průřezu přístroje byl vytvořen přenosný flat panel (obr. 5.33). V horní části je velké madlo, které kopíruje obrysovou křivku. Hrany jsou zaobleny a flat panel působí odlehčeně. V přední části je obdélníková promítací plocha.

Vzdálená spoušť následuje designérské řešení přístroje (obr. 5.34). Hlavním objemem je válec, který ve spodní části zakončuje kulová plocha. V horní části z tvaru vystupuje válcová spoušť. Celý tvar obepíná barevně oddělená plocha, která vznikla promítnutím křivky ve tvaru *U* na válcový tvar spouště. Na levé straně tato plocha vytváří výsuvnou krytku na baterii. Ve spodní části je umístěn spínač ON/OFF.



Obr. 5.34 Vzdálená spoušť

6. KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

6

6.1 Konstrukčně technologické řešení

6.1

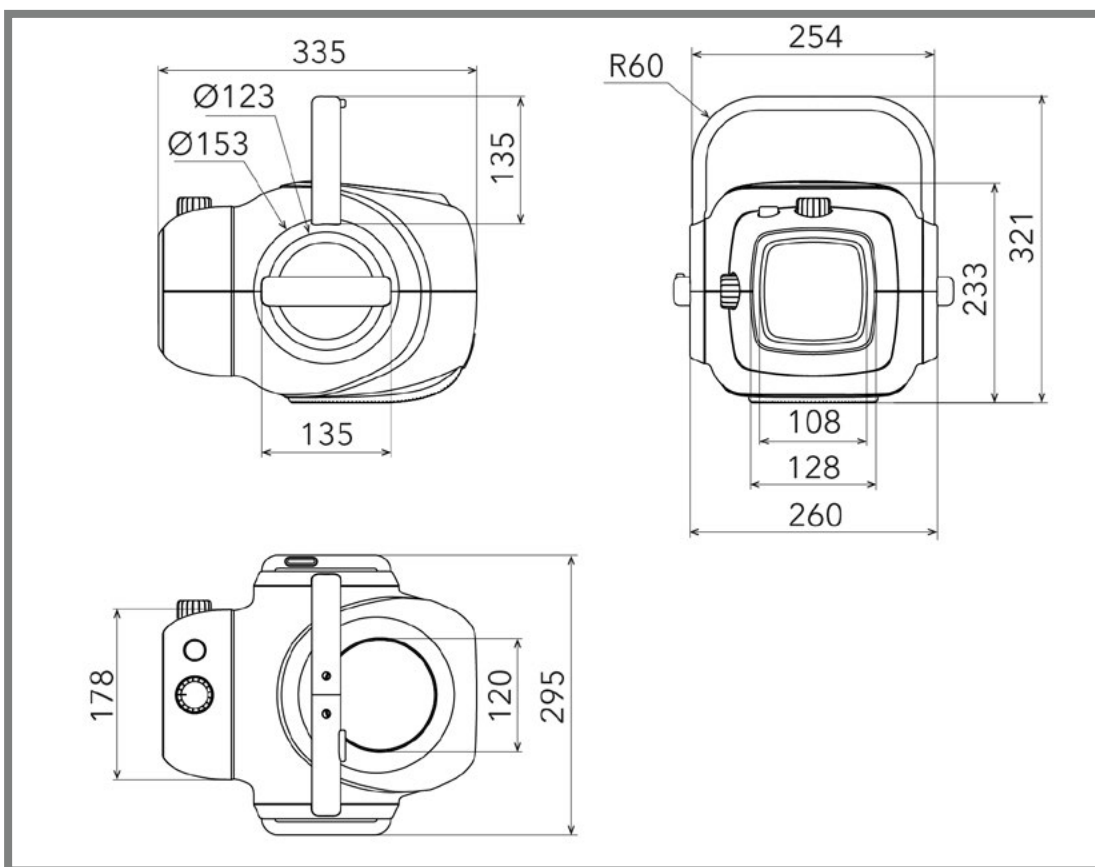
6.1.1 Přístroj

6.1.1

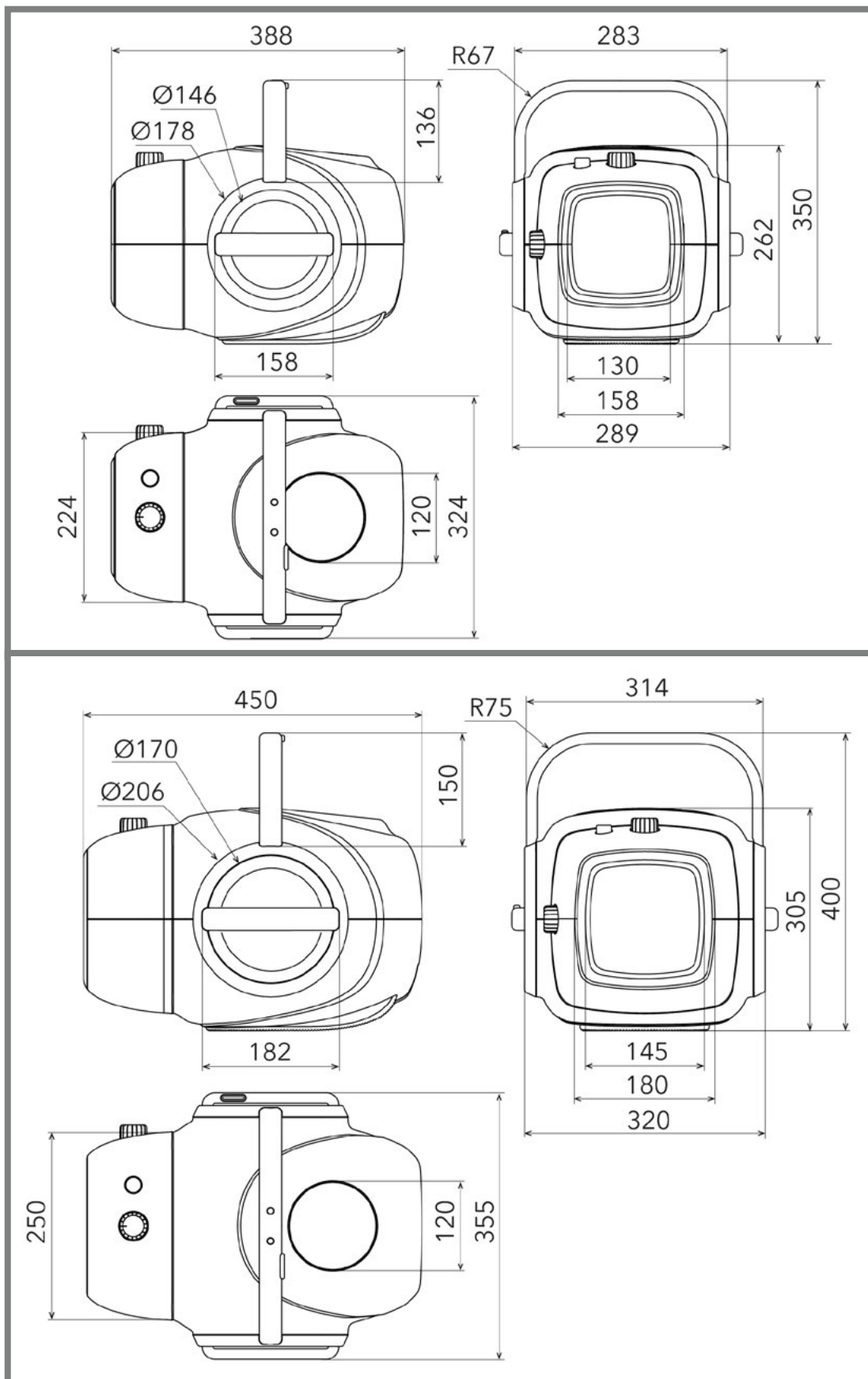
Hlavní rozměry tří velikostních variant jsou na obr. 6.1 a 6.2. Tyto hodnoty vychází z tabulek 2.2 a 2.3. Rozměry variant *Mini*, *Handy* a *Power* odpovídají současným produktům s podobnými parametry.

Ovládací prvky (otočné ovladače kolimátoru, spínač žárovky, spouště a display) jsou u všech variant stejné. Průřez madla je u všech velikostních variant také stejný. Díky tomu je možné madla vyrobit ze stejného polotovaru.

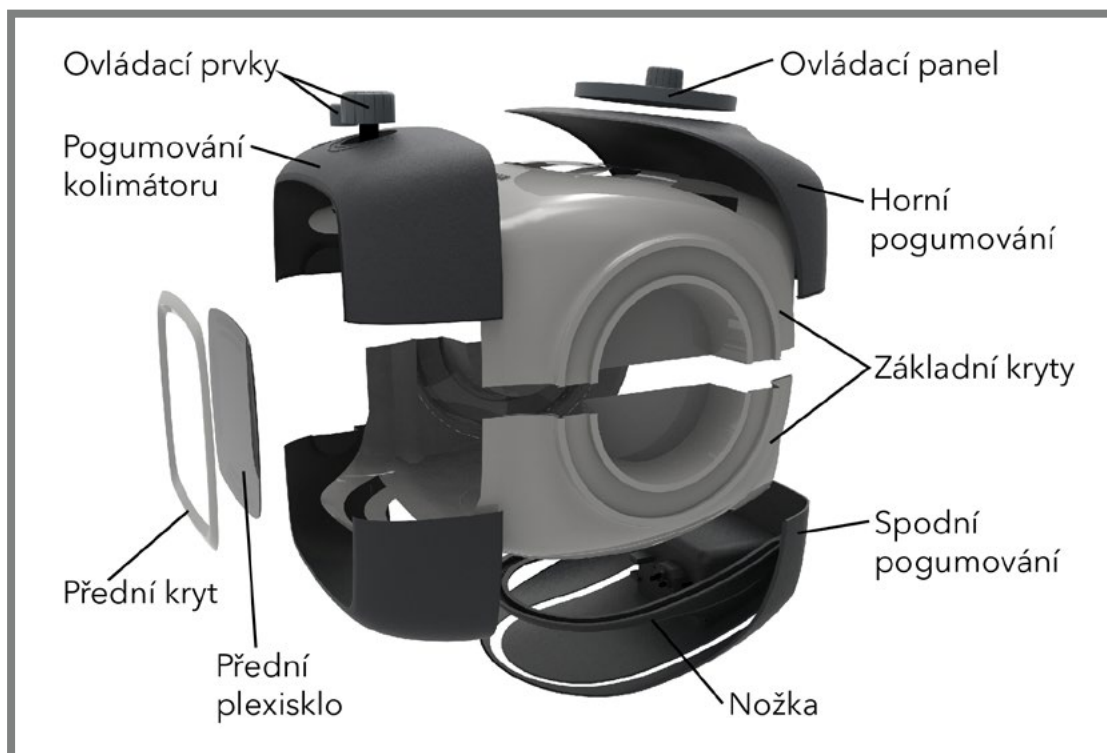
Kryt přístroje se skládá ze tří hlavních částí (obr. 6.3), které jsou do sebe zacvaknuty. Tyto části jsou z technologických důvodů rozděleny na několik dalších částí. Na základní kryt, který je vyroben z ABS (akrylonitril-butadien-styren), jsou nalepeny pogumované povrchy kolimátoru a zadní části. Pogumování může být vyrobeno z přírodního kaučuku nebo z polyizoprénu. Do pogumované části spodního krytu je navíc vložena nožka. Do předního krytu je vlepeno průsvitné plexisklo. V horním krytu je umístěn ovládací panel. Do kolimátoru v přední části jsou vloženy otočné ovladače a spínač žárovky. Na horní a dolní kryt je pomocí šroubů připevněno madlo (obr. 6.4). (64)



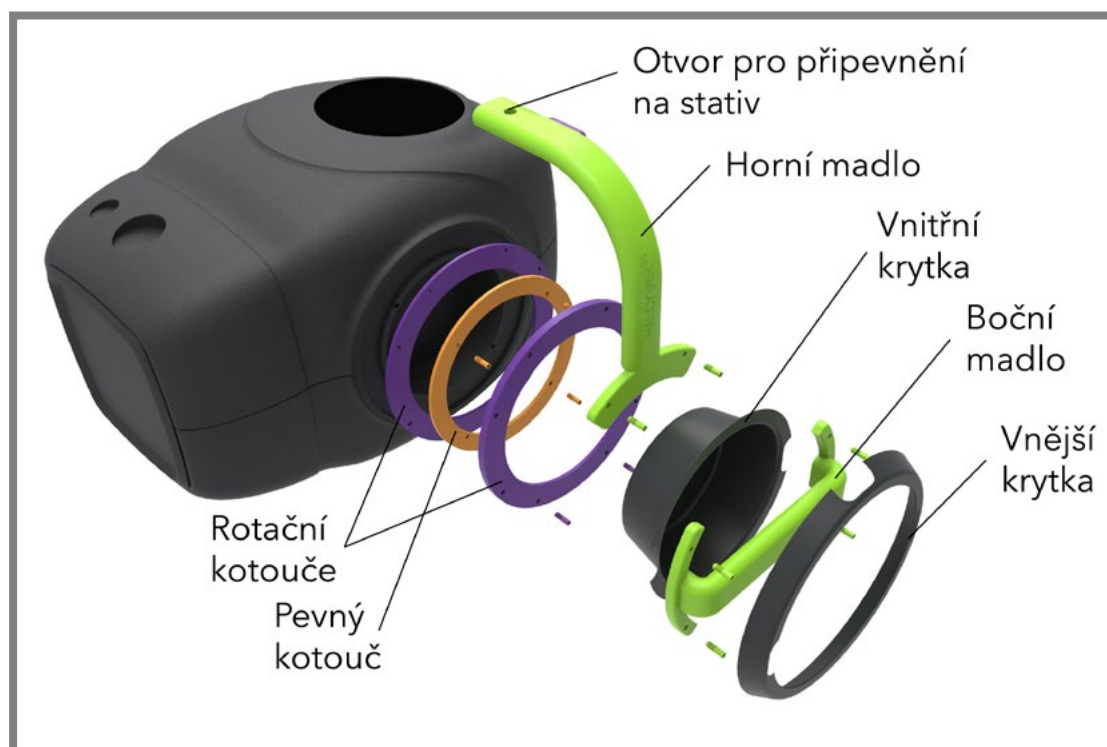
Obr. 6.1 Základní rozměry modelu *Mini* (M 1 : 8)



Obr. 6.2 Základní rozměry modelů Handy a Power (M 1 : 8)



Obr. 6.3 Dílčí části krytu



Obr. 6.4 Konstrukce madla

Montáž madla (viz obr. 6.4)

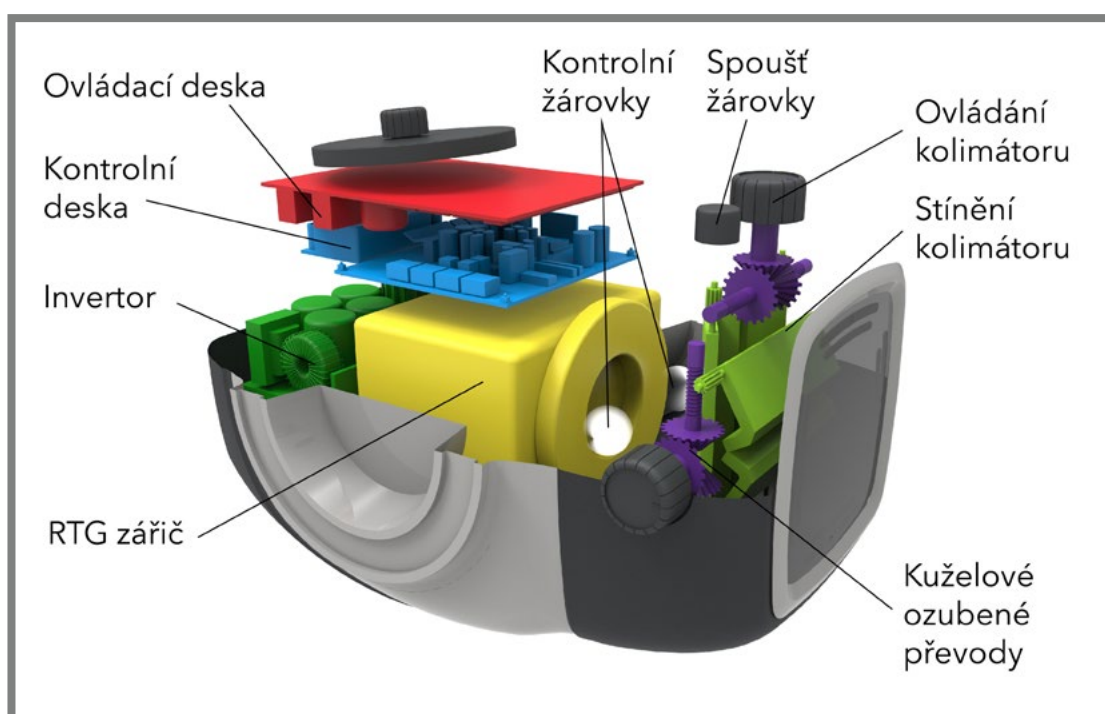
Do drážky v krytu je vložen první rotační kotouč. V této poloze se zajistí pevným kotoučem s kluzným ložiskem, který je šrouby připevněn ke krytu. Poté se připevní druhý rotační kotouč šrouby k prvnímu rotačnímu kotouči. Míra dotažení šroubů ur-

čuje vůli ve spojení. Ke spojenému rotačnímu kotouči se přišroubuje horní madlo. Poté je přicvaknuta vnitřní krytka. K rotačnímu kotouči je dále přišroubováno boční madlo a připevněna vnější krytka.

Madla jsou vyrobena z hliníkových trubek s povrchovou úpravou (silikon). Všechny modely produktové řady mají madla o stejném průřezu.

Vnitřní uspořádání (obr. 6.5)

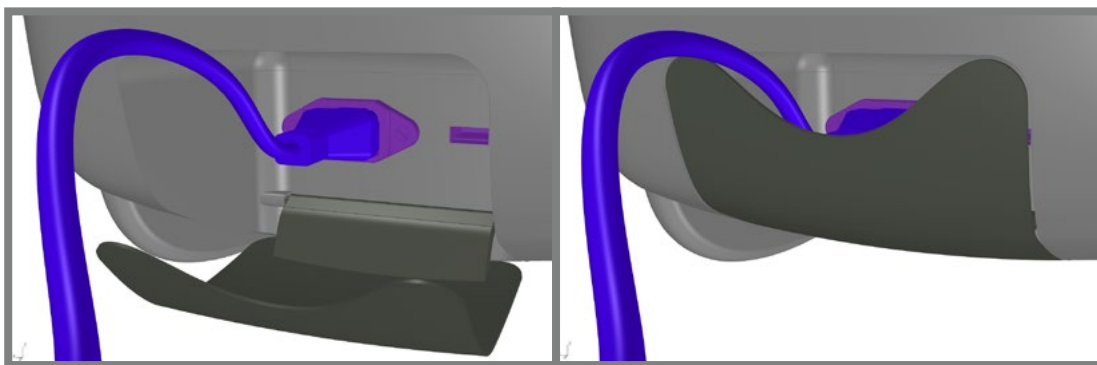
Srdcem přístroje je rentgenová lampa s pevnou anodou v olejové lázni. Za ní je umístěna elektronická deska s kondenzátory a transformátory (invertor). V horní části se nachází kontrolní deska, která obsahuje firmware a řídí vstupní proudy a další hodnoty. Ovládací deska je připojena na ovládací panel a umožňuje nastavení expozičního času a napětí.



Obr. 6.5 Schéma vnitřního uspořádání

Kolimátor se skládá s mechanických klapek vyrobených z materiálu, který pohlcuje RTG záření (např. hliník). Pomocí kuželových ozubených převodů je pohyb dvou protilehlých klapek zpřevodován na rotační pohyb otočného ovladače. Kolimační zařízení vymezuje oblast primárního paprsku, který je možné upravovat podle potřeby (šířka/výška obdélníku). Kontrola správné vzdálenosti od rentgenovaného objektu je realizována duálním laserovým zaměřovačem.

V zadní části přístroje je vstup elektrického zdroje (tzv. Euro kabel) a USB port, který slouží pro připojení vzdálené spouště. Krytka chrání tyto konektory před nečistotami a kabel před ukroucením (obr. 6.6).



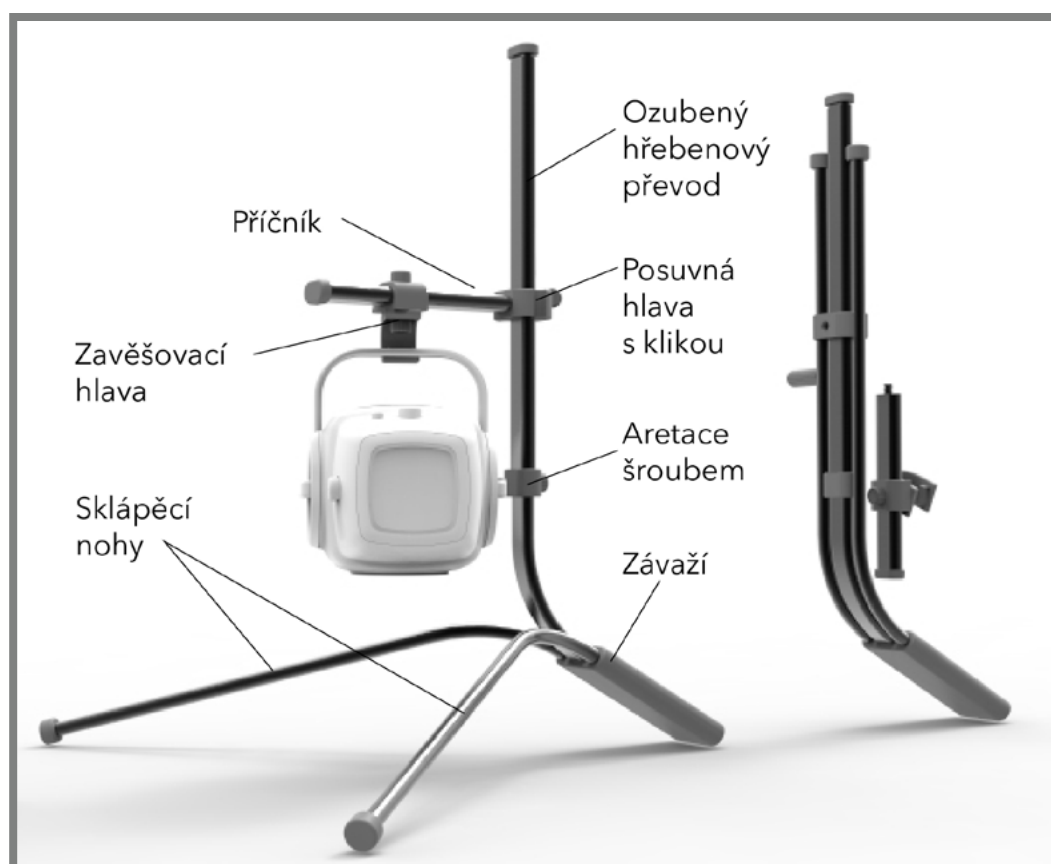
Obr. 6.6 Připojení kabelu a krytka

6.1.2 Stativ

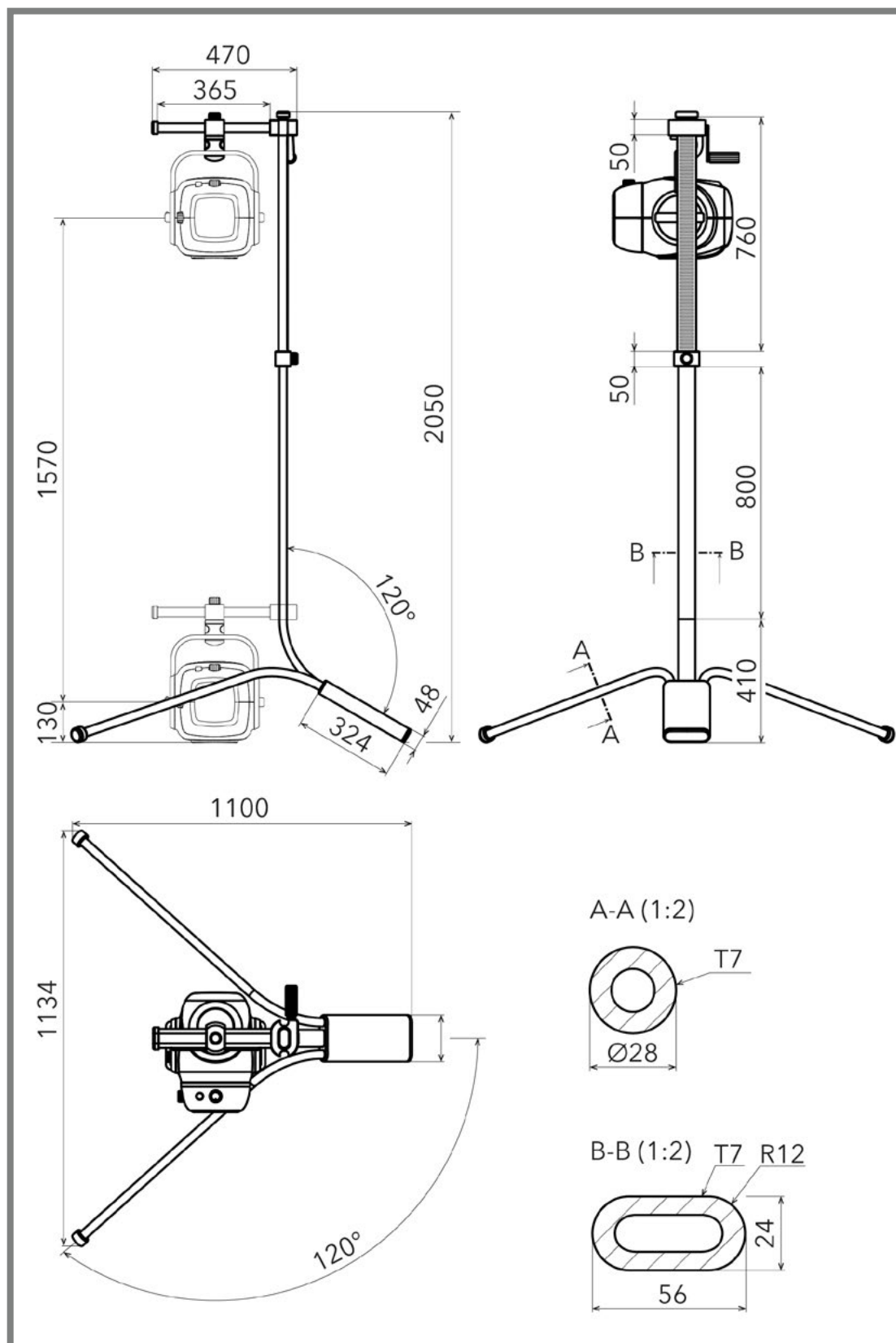
6.1.2

Na obr. 6.7 je popis funkčních částí stativu. Jeho maximální výška a další rozměry jsou uvedeny na obr. 6.8. Nosné části stativu jsou vyrobeny z duralových trubek, upínací hlavy jsou vyrobeny z termoplastu lisováním. Připevnění přístroje na stativ je realizováno polohovací hlavou. Je možné měnit její polohu v ose x a rotaci v ose z . Přístroj je zavěšen na dva kolíky o průměru 7 mm. V dané poloze je přístroj zajištěn otočnou pojistkou. Aretace poloh je realizována šroubovými mechanismy. Přesnou polohu v ose z je možné nastavit ozubeným hřebenovým převodem, který je ovládán klikou.

Stojan je možné složit a nastavit pomocí aretačních šroubů (obr. 6.7). Sklápěcí nohy po otočení dosednou do otvorů v posuvné hlavě. Příčnick se zavěšovací hlavou je



Obr. 6.7 Stativ v pracovní a složené poloze



Obr. 6.8 Základní rozměry stativu (M 1 : 20)

možné odšroubovat od posuvné hlavy. Složený stojan tak má kompaktní rozměry (cca 1 200 × 450 × 270 mm). Obr. 6.9 ukazuje umístění stativu a střední velikosti přístroje v zavazadlovém prostoru osobního automobilu BMW X5.

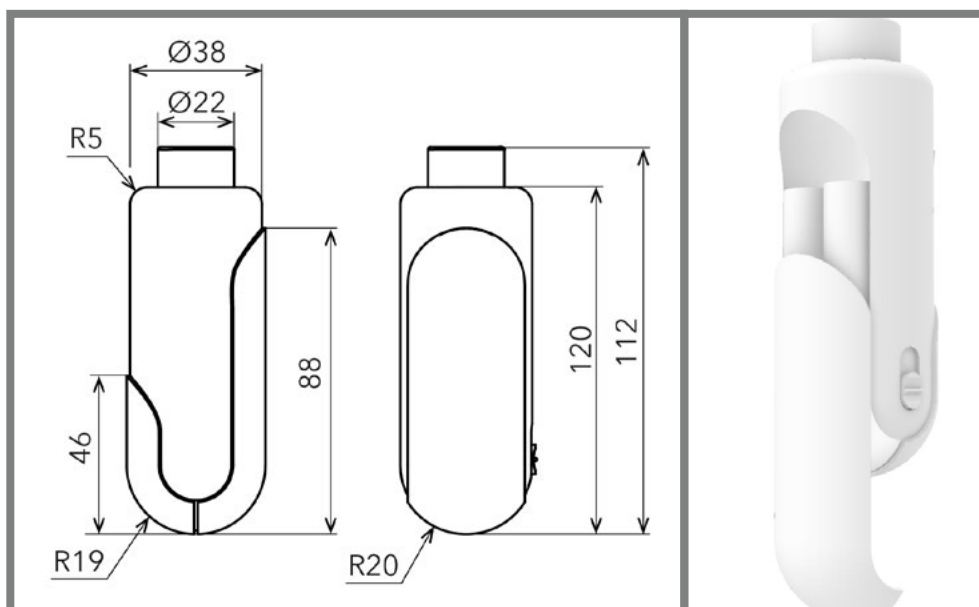


Obr. 6.9 Přeprava stativu a přístroje v osobním automobilu

6.1.3 Dálková spoušť (obr. 6.10)

6.1.3

Po odsunutí krytky je možné vyjmout dvě baterie AA, kterými je dálková spoušť napájena. Posuvný vypínač na boční straně má dvě polohy – ON/OFF. V horní části je spínač RTG záření.



Obr. 6.10 Základní rozměry dálkové spouště (M 1 : 2), otevírání krytu a umístění baterií

6.2 Ergonomické řešení

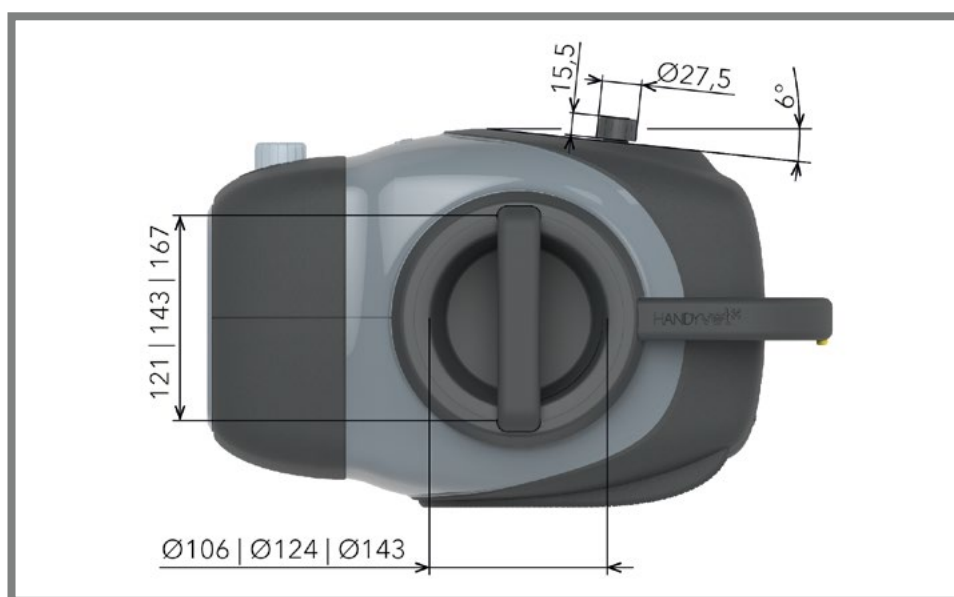
6.2.1 Příklad

Při práci s přenosným rentgenovým přístrojem (bez stativu) vzniká fyzická dynamická zátěž. Příčinou je velká hmotnost přístroje a požadavek na velkou přesnost manipulace. Z tohoto pohledu má klíčovou úlohu řešení madel. (65)

Rozměry, které jsou významné z hlediska ergonomie, jsou na obr. 6.11–6.13. Jedná se zejména o parametry madel (kótovány jsou rozměry všech tří variant na jedné kótě), umístění ovládacího panelu, rozměry dalších ovládacích prvků a částí přístroje, které přichází do přímého styku s rukou člověka.



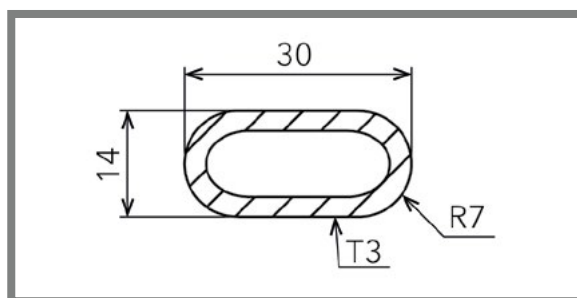
Obr. 6.11 Rozměry ovládacích prvků a zadního madla



Obr. 6.12 Rozměry otočného madla a poloha ovládacího panelu



Obr. 6.13 Rozměry bočního madla a otvoru na krytce na kabel



Obr. 6.14 Průřez madla

Madlo

Horní i boční madlo mají identický průřez zaobleného obdélníku (obr. 6.14). Zvolený tvar v ruce neprokluzuje a zajišťuje stabilní úchop.

Na zkušebních modelech bylo ověřeno, že boční madlo může být vsunuté do těla přístroje a hrana krytky ruce nezavazí. Na obr. 6.15 je demonstrována manipulace s koncepčními modely střední a nejmenší varianty přístroje. Madlo umožňuje natáčení do optimální pozice, a umožňuje tak uživateli zvolit si jeho nejvhodnější polohu pro snímkování. Přístroj je tak možné pohodlně držet v různých polohách při snímkování výše položených objektů (hlava, zuby, páteř apod.). Pro snímkování dolních částí těla (dolní končetiny, kopyta, apod.) je vhodné využít horní madlo, nebo kombinaci horního a bočního madla. Horní madlo rovněž slouží pro přenos přístroje.

Vzdálenost mezi zadním krytem a madlem je 32 mm. Podle ergonomických manuálů Henryho Dreyfusse je to hodnota, při které se do této mezery vejdou všechny prsty, ale vylučují průchod všech rukou – jedná se tedy o optimální velikost mezery, která neskřípne ruku (obr 6.16 vpravo dole). (66)

V horním madle jsou dva kruhové otvory, které slouží k připevnění přístroje na stojan. Otvory o průměru 7,5 mm ruku při držení neobtěžují. Pogumování v zadní části je vhodné pro opření o tělo uživatele.



Obr. 6.15 Manipulace s přístrojem *Vet Handy* a *Vet Mini*

Na zkušebním modelu bylo ověřeno, že nejpřirozenější a nejpohodlnější je umístění spouště na užší straně průřezu madla. Spoušť je ve tvaru zaobleného obdélníku o délce 33 mm. To je dostatečná hodnota pro pohodlnou aktivaci palcem (obr. 6.16 vlevo dole).

Ovládací prvky

Otočné ovladače kolimátoru mají průměr 36 mm a výšku 20 mm (viz obr. 6.11). Tyto hodnoty se pohybují v optimu. Dotykové plochy jsou drážkované – tím je umožněna přesnější manipulace a je zabráněno prokluzu ovladačů mezi prsty (obr. 6.16 nahoře). Spínač kontrolní žárovky je umístěn vedle otočných ovladačů. Uživatel tak koriguje a zároveň kontroluje nastavení primárního paprsku na ovladačích umístěných blízko sebe (na rozdíl od současných produktů). Spoušť rentgenového záření je umístěna na bočním i horním madle. Díky tomu je zajištěna pohodlná aktivace ve všech manipulačních polohách (viz obr. 6.15). (66)

Ovládací panel

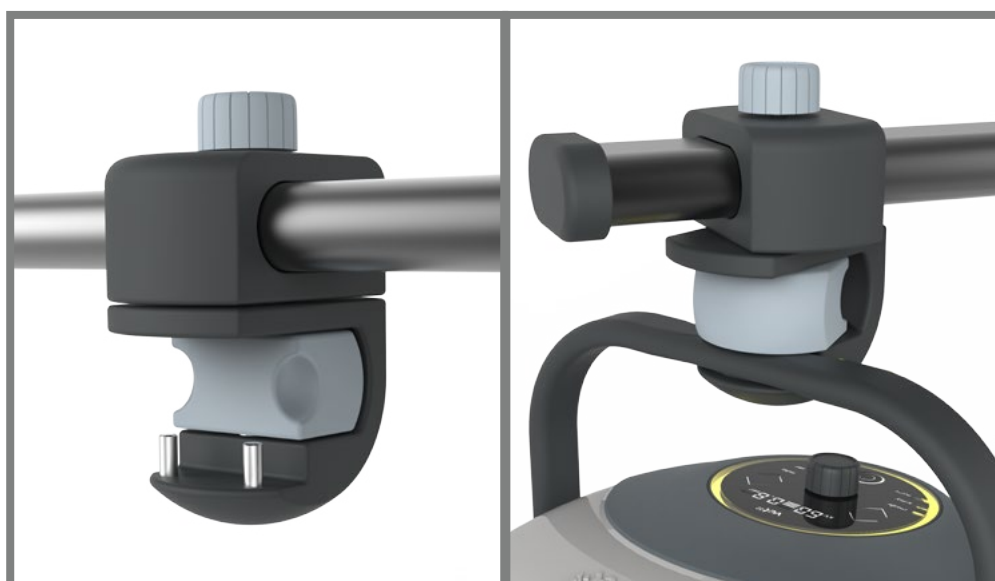
Ovládací panel je pod úhlem 6° naklopen k uživateli (viz obr. 6.12). Otočný ovladač má průměr 27,5 mm a výšku 15,5 mm. Řešení ovládacích prvků je v souladu se současnými řešeními. Dotykový ovládací panel se snadno čistí a splňuje tedy hygienické požadavky na lékařská zařízení. Výrazná barevná signalizace poskytuje dobře viditelnou informaci o stavu přístroje (viz kap. 7.2.3, *Ovládací panel*).

5.2.2 Stativ

Přístroj je na stojan zavěšen pomocí speciální zavěšovací hlavy, kterou je možné posouvat v ose x po příčnicku a rotovat kolem osy z (obr. 6.17). Rozměry prvků jimiž je realizováno nastavení stativu jsou uvedeny na obr. 6.18. Polohu příčnicku je možné nastavit ruční klikou. Zakončení aretačních šroubů má průměr 36 mm, dotykové plochy jsou vroubkovány a umožňují pevné dotažení.

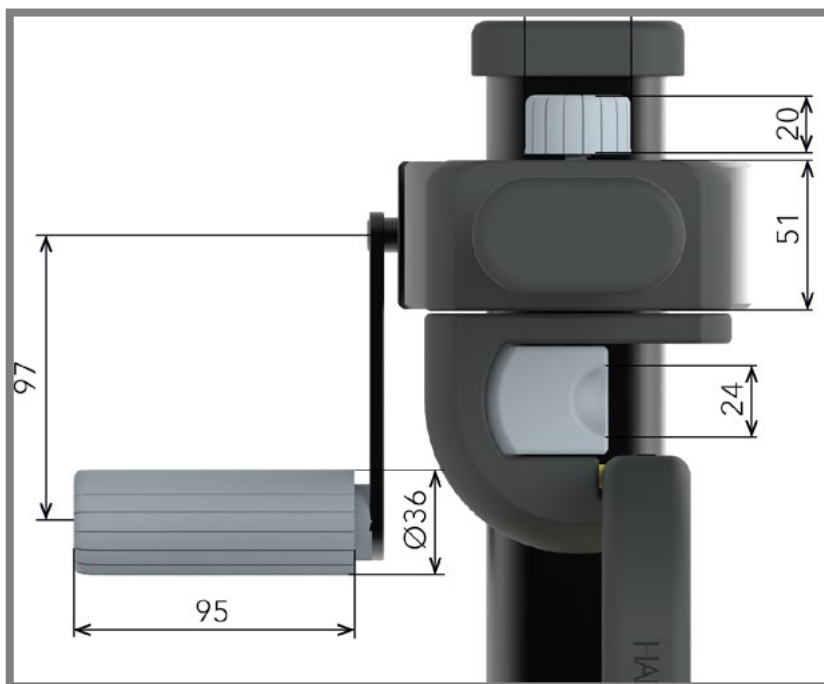


Obr. 6.16 Ovládací prvky a madlo přístroje *Vetx Handy*



Obr. 6.17 Zavěšení madla na stativ a jeho zajištění

Ve spodní části zavěšovací hlavy jsou dva ocelové kolíky o průměru 7 mm, na které se zavěsí horní madlo přístroje. Otočením pojistky dochází k zajištění přístroje ve stavené poloze (viz obr. 6.17).



Obr. 6.18 Zavěšovací hlava

7. BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

7

7.1

7.1 Barevné řešení

Volba barev významně ovlivňuje postoj člověka k produktu jak z hlediska marketingového, tak z hlediska použití přístroje v praxi. Barevné řešení je třeba volit s ohledem na prostředí, ve kterém se přístroj používá, jak často, kdo jej obsluhuje apod. Obecně je vhodné používat méně barev.

Na obr. 7.1–7.6 jsou barevné varianty rentgenového přístroje. Ve variantě I a II byly zvoleny odstíny tmavě šedé, které působí seriózním a profesionálním dojmem. Tmavé barvy mají rovněž uklidňující účinek – jsou tedy vhodné pro práci se zvířaty. Barevnost varianty III je volena v odstínech krémové a světle šedé – to působí přátelským a profesionálním dojmem. Varianta IV staví do ostrého kontrastu černošedé pogumování a krémově zbarvený kryt. U varianty V je netradiční stříbrošedé pogumování, zatímco kryt a madlo jsou v tmavších barvách. Varianta VI navazuje na tradiční barevné řešení ordinací. Pogumovaná část je tyrkysová v kombinaci s bílým krytem a šedým madlem. (56)

Barevný akcent u všech variant (sírová žlutá) je kladen na spouště RTG záření – žlutá konvenčně symbolizuje rentgenové záření. Tato zářivá barva vyjadřuje akci – působí živým a dynamickým dojmem, často je spojována s energií. Podle Lubora Chundely žlutá souvisí s aktivitou, dráždivostí a vyjadřuje „pozor“ – to je pro rentgenové záření vhodné. (65) (67)

Madlo je většinou voleno v barvě pogumovaných částí, ovládací prvky jsou v barvách krytování. Ovládací panel s výraznými kontrolkami přitahuje nejvíce pozornosti. Zelená barva je znakem pro stav „připraven“, žlutá barva symbolizuje rentgenové záření a červená je symbolem „chyba“. Display a dotyková tlačítka jsou podsvíceny bílou barvou (obr. 7.12).

Stojan je proveden obdobně v tmavých barvách, které jsou symbolem elegance a stability. Ve stejných barvách je řešeno také další příslušenství. (55) (68)



Obr. 7.1 Barevná varianta I



Obr. 7.2 Barevná varianta II



Obr. 7.3 Barevná varianta III



Obr. 7.4 Barevná varianta IV



Obr. 7.5 Barevná varianta V



Obr. 7.6 Barevná varianta VI

7.2 Grafické řešení

7.2

7.2.1 Název a logotyp (obr. 7.7)

7.2.1

K designu produktu neodmyslitelně patří návrh jeho vizuální identity. Jeho základem je název a logotyp. Název *Vet^x* dobře vyjadřuje podstatu přístroje (písmeno *X* označuje rentgenové záření v anglosaské literatuře) a cílovou skupinu zákazníků – veterinářů. Ztvárnění písmena *X* je inspirováno tradičním symbolem pro RTG záření, který tvoří tři kruhové výseče kolem kruhového terčíku.

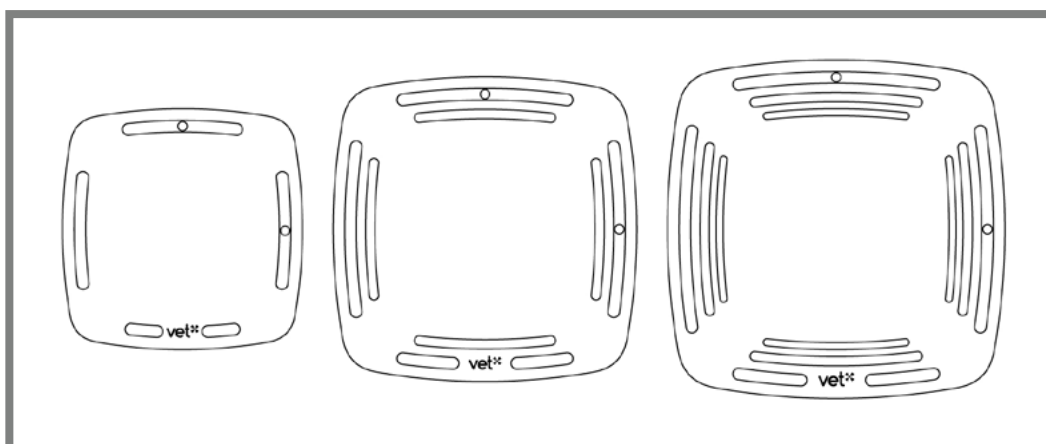


Obr. 7.7 Logotyp produktové rodiny

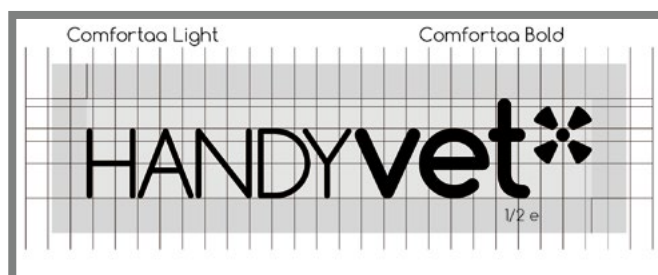


Obr. 7.8 Logotypy jednotlivých přístrojů produktové rodiny

Jednotlivé přístroje produktové rodiny jsou odlišeny názvy, které vyjadřují jejich nejdůležitější vlastnosti (obr. 7.8). Nejmenší model nese označení *Mini*, střední velikost, která představuje kompromis mezi velikostí a výkonem, a je tedy nejuniverzálnější, označení *Handy*. Označení *Power* nese přístroj největší, na který jsou kladeny nejvyšší požadavky z hlediska výkonu. Podobně jsou přístroje odlišeny v pohledu zepředu, kdy grafické členění předního plexiskla vyjadřuje výkon dané varianty (obr. 7.9).



Obr. 7.9 Grafika na předním plexiskle třech členů produktové rodiny



Obr. 7.10 Konstrukce logotypu a jeho ochranná zóna

Ochranná zóna logotypu a jeho konstrukce je naznačena na obr. 7.10. Pro název produktové rodiny *Vet^x* bylo zvoleno písmo *Comfortaa Bold*, označení jednotlivých typů je provedeno fontem *Comfortaa Light*. Pro specifické použití na přístroji je možné využít také lineární variantu (obr. 7.11). Lineární varianta je užita jako gravírování na boční straně horního madla. Logotyp se nachází na dálkové spoušti i flat panelu.

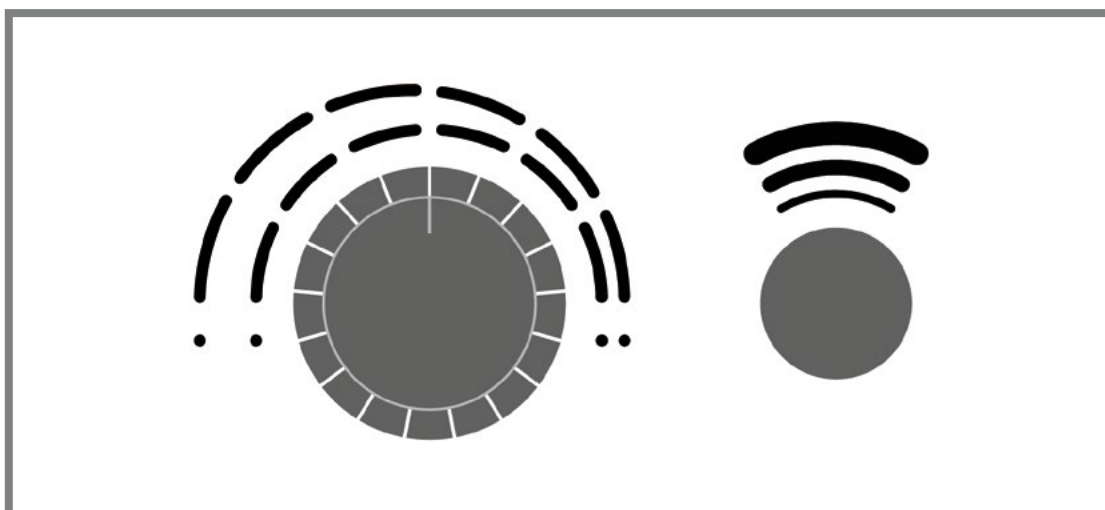


Obr. 7.11 Lineární varianta logotypu

7.2.2 Ovladačí prvky kolimátoru

7.2.2

Mechanický otočný ovladač mění natočení klapky a tím usměrňuje primární paprsek. To je znázorněno dvěma sbíhajícími se kružnicemi. Symbol spínače žárovky představuje směr jejího svícení a proud světla (obr. 7.12).



Obr. 7.12 Ovladače kolimátoru – grafické prvky (M 1 : 1)

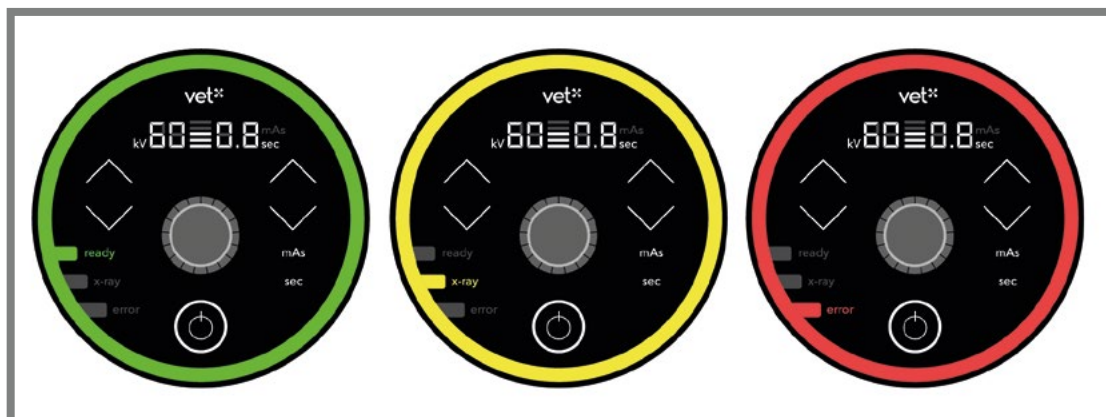
7.2.3 Ovládací panel

7.2.3

Ovládací panel je na obr. 7.13. Hlavní otočný ovladač je určen pro výběr pěti přednastavených hodnot. Tyto parametry je možné upřesnit šipkami – v levé části pro vstupní napětí (kV), v pravé části pro expoziční čas (sec). V levé části jsou kontrolky, které obepínají kruhový display (možnosti barevné signalizace jsou na obr. 7.14) Tlačítko ON/OFF je vyznačeno konvenčním symbolem. Texty jsou psány bezpatkovým písmem *AvenirPro Regular*, číslice na displeji jsou digitální.



Obr. 7.13 Ovládací panel (M 1 : 1)



Obr. 7.14 Barevné sdělovače na ovládacím panelu

8. DISKUZE

8

8.1

8.1 Význam řešení produktové rodiny

Přenosné veterinární rentgeny jsou prodávány v produktových řadách, proto se nabízí jejich souhrnné řešení v rámci produktové rodiny. Tento přístup umožňuje vytvořit produktovou řadu, která se vyznačuje podobnými estetickými prvky a umožňuje zefektivnit výrobu použitím typizovaných prvků na všech variantách produktu.

Použití jednotlivých přístrojů produktové rodiny je na obr. 8.1. Varianta *Mini* je vhodná pro terénní praxi (použití v terénu, ve stájích u zákazníků). Menší výkon je dostačující pro snímkování končetin a zubů u koní a přežvýkavců. Střední variantu *Handy* ocení veterináři se smíšenou praxí – univerzálnější přístroj je vhodný jak pro práci v terénu, tak pro využití v ordinaci jako náhrada stacionárního rentgenu. Varianta *Power* je vhodná pro nejnáročnější uživatele, zejména veterinární kliniky, zoologické zahrady a univerzity.

8.1.1 Psychologická funkce

8.1.1

Zvolené měkké tvarování přístroje vychází z křivek zvířat (viz obr. 4.5). Tvar připomíná hlavu nebo trup zvířete. To je vhodné, protože biomorfnní tvary zvyšují psychickou pohodu. Neutrální barevnost neprovokuje a je příhodná pro práci se zvířaty. Tmavě zbarvená pogumovaná část obaluje přístroj a zajišťuje jak psychologickou, tak funkční



Obr. 8.1 Použití přístrojů *Mini*, *Handy* a *Power*

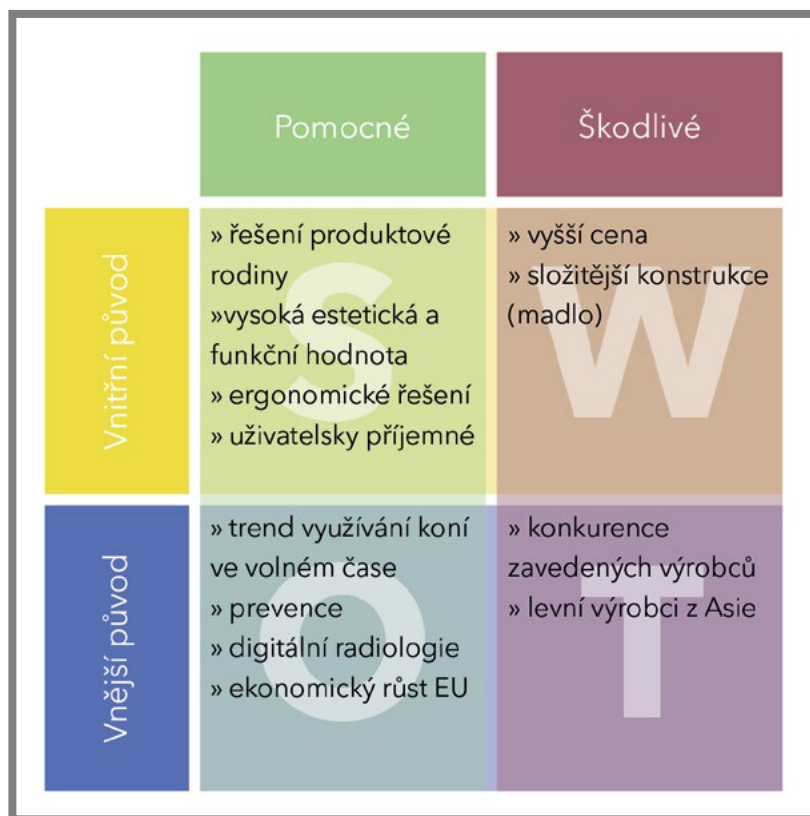
ochranu proti otěru a dalšímu poškození. Měkce tvarovaná zadní část vybízí k opření přístroje o tělo člověka. I přes robustní konstrukci stativ působí elegantně a lehce.

8.1.2 Ekonomická funkce

Návrh produktové rodiny umožňuje konzistentní prezentaci firmy a nabídku přístrojů, které mají vysokou estetickou i funkční hodnotu. Přístroje navíc nabízí zlepšení v oblasti ergonomie (otočné madlo) a ovládání (přehledný ovládací panel, vhodně seskupené ovladače). Toto řešení je v této kategorii unikátní, dá se proto předpokládat zájem zákazníků. Prodejní přitažlivost produktu také ovlivňuje jednotnost designu (přístroj – dálková spoušť – flat panel), jednoduchost tvarování a použité materiály, resp. příjemné povrchy.

Cena produktu závisí na použitých vnitřních komponentech. Návrh počítal s komponenty výrobce *Gierth*, který vyrábí dražší přístroje. Dobrá forma a vhodně zvolená barevnost nestojí nic navíc. Mírné zvýšení ceny oproti konvenčním přístrojům může způsobit dotykový ovládací panel a konstrukčně složitější otočné madlo. (69)

Přenosný stativ se dá jednoduše složit a je skladný. Řešení typu tripod je vhodné pro nerovné povrchy v terénu a ve stájích. Geometrická konstrukce umožňuje nastavení přístroje od nejnižších poloh do výšky potřebné pro snímkování hlavy. Protože podobné řešení stojanu pro přenosný veterinární rentgen dosud není na trhu, je pravděpodobné očekávat zájem uživatelů. Protože stativ vychází z parametrů současných stativů, jeho cena bude podobná největším profesionálním stativům.



Obr. 8.2 SWOT analýza produktové řady *Ver**

Nedílnou součástí návrhu produktu je jeho vizuální identita. Logotyp *Vet^x* a názvy jednotlivých přístrojů produktové rodiny vyjadřují podstatu produktu, cílovou skupinu a hlavní vlastnost přístroje (*Mini* – nejmenší, *Handy* – praktický, *Power* – nejvýkonější). Přitažlivá značka přispívá k tomu, že majitel je pyšný na produkt, který vlastní – v důsledku toho ho také rád používá a doporučuje ostatním. Kvalitní značka zvyšuje hodnotu produktu. (61) (70)

8.1.3 Sociální funkce

8.1.3

V posledních letech dochází k nárustu počtu koní pro volnočasové aktivity (hipoterapie, aktivity s využitím koní). Majitelé zvířat požadují nejlepší péči. Kvalitní a dobře vypadající veterinární technika zvyšuje důvěru zákazníků a zlepšuje kvalitu péče veterinárních lékařů. Prevence a ochrana zdraví zvířat má stále větší význam. Snížení pracovní zátěže a usnadnění průběhu vyšetření je pro uživatele žádoucí. (71) (72)



Obr. 8.3 Snímkování s přístrojem *Vet^x Handy*

8.2 Význam parametrizace při navrhování

8.2

Návrh produktové rodiny byl realizován parametrickým modelem, který umožňuje změnu rozměrů a proporcí jednotlivých částí přístroje v závislosti na poloze a rozměrech vnitřních komponent. Tyto hodnoty je možné měnit v předem stanovených mezích. Pokud hodnoty překročí určitou mez, pravidla ve skriptu přestávají platit. Metoda parametrizace zefektivňuje navrhovací proces. Mezi její hlavní přínosy patří:

- závislost vnějšího tvaru na vnitřních komponentách a
- přenos formálních atributů mezi členy produktové rodiny.

Pro použití této metody bylo zapotřebí navrhnout základní tvar přístroje pomocí několika jednoduchých křivek. Použití parametrizačního skriptu přímo ovlivnilo designérské řešení produktové rodiny.

9. ZÁVĚR

9

9.1 Charakteristika práce

9.1

Tato práce se zabývá návrhem produktové rodiny přenosného veterinárního rentgenu a souvisejícího příslušenství. V rešeršní části byly důkladně analyzovány současné produkty, možná technická řešení a způsoby používání přístroje v praxi. Technické parametry byly konzultovány na Ústavu biomedicínského inženýrství Fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií VUT v Brně a s techniky distributora veterinární techniky *AtomVet.cz*. V průběhu navrhování probíhaly pravidelné konzultace s uživateli na Klinice chorob koní VFU v Brně. Na základě zjištěných poznatků byly stanoveny požadavky na návrh přístroje.

Kapitola 4, *Variantní studie designu* popisuje postup designérské tvorby. Na konkrétních příkladech je ukázána praktická hodnota použitých metod. Je možné sledovat vývoj návrhů od myšlenkových map, abstraktních skic přes zkušební modely až po tři ideově odlišné variantní studie. Výběr návrhu pro další rozvíjení zahrnoval hledání silných a slabých stránek každé varianty a hodnocení jednotlivých aspektů. Finální varianta byla parametrizována v pluginu *Grasshopper* a prošla dalším vývojem.

Pomocí metody parametrizace je designérské řešení přeneseno na jednotlivé velikostní varianty. Podstatou parametrizačního skriptu je provázání vnitřních komponent a vnějšího krytování (viz obr. 5.25 a 5.26). Tento přístup navíc umožňuje změnu jednotlivých aspektů tvarového řešení (viz. obr. 5.27, 5.28 a 5.29). Tyto změny se projeví v rámci celé produktové rodiny.

Výstupem práce je parametrizační skript, který umožňuje generování neomezeného počtu velikostních variant přenosného veterinárního rentgenu. Vstupními parametry jsou tři sady vnitřních komponent.

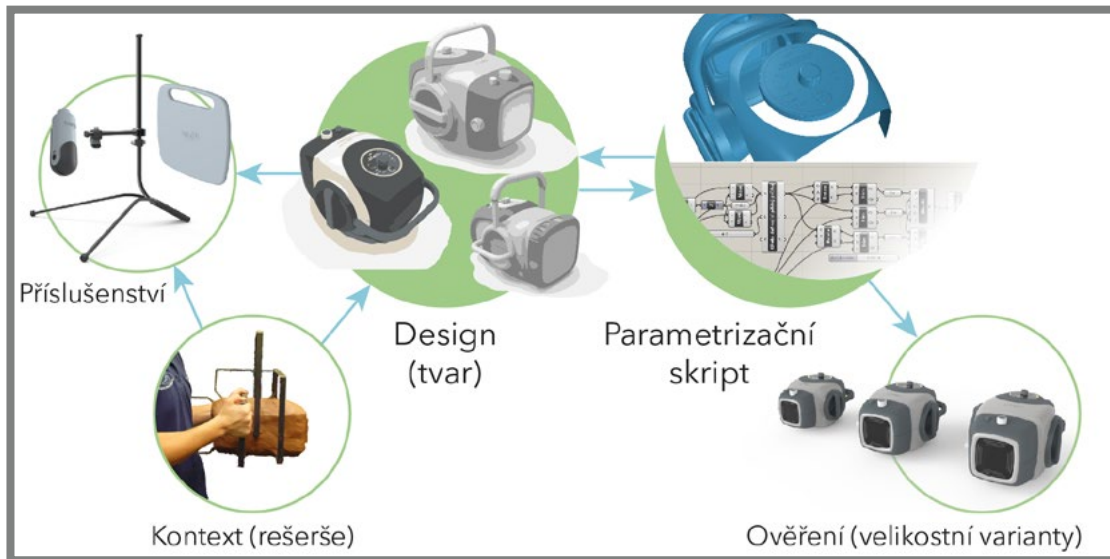
9.2 Splněné cíle (obr. 9.1)

9.2

Návrh produktové řady *Vet^r* splňuje cíle diplomové práce stanovené v zadání a v kapitole 3, *Analýza problému a cíl práce* (viz obr. 3.1):

- Po prozkoumání kontextu přenosného rentgenového přístroje byla odhalena slabá místa a navržena řešení dílčích problémů (viz tab. 3.1 a 3.2).
- Zjištěné poznatky byly uplatněny při návrhu tří variantní studií designu.
- Finální varianta byla vybrána s ohledem na jednotný styl produktové řady.
- Příslušenství (polohovací stativ, dálková spoušť a bezdrátový flat panel) bylo navrženo tak, aby navazovalo na design finální varianty.
- Návrh přístroje byl zpracován do parametrizačního skriptu.
- Výstupem z parametrizačního skriptu jsou tři velikostní varianty produktu.

Jednotlivé přístroje produktové rodiny *Mini*, *Handy* a *Power* nesou společné znaky definované parametrizačním skriptem. Odlišují se v detailech a v proporčním vztahu jednotlivých částí. Estetické řešení odpovídá způsobu použití a cílové skupině uživatelů. Netradiční řešení polohovatelného madla umožňuje manipulaci v různých pracovních polohách. Polohovatelný stativ je vhodný pro použití v terénu a je dobře skladný.



Obr. 9.1 Splněné cíle

9.3 Přínos práce

Práce se zabývá možnostmi využití parametrizace při návrhu produktů, které tvoří tzv. produktovou rodinu. Mezi zkoumané oblasti patří:

- vliv vnitřních komponent na povrchové plochy krytování,
- proporční vztahy mezi velikostními variantami,
- proporční vztahy mezi typizovanými prvky a krytovaním a
- matematické závislosti mezi vstupními parametry a vnějšími plochami.

Na příkladu návrhu produktové řady přenosného veterinárního přístroje byl ukázán postup, jenž je možný uplatnit u produktů, které splňují některý z těchto požadavků:

- produkty jsou vyráběny v produktových řadách nebo
- jsou známé vnitřní komponenty, ale předpokládá se, že v průběhu navrhování se budou v určitém rozsahu měnit jejich parametry.

Podmínkou je definovatelnost tvaru pomocí základních geometrických prvků (body a křivky). Tento způsob parametrizace je snadno použitelným nástrojem zejména při navrhování produktových řad jednodušších produktů, bytových doplňků, nádobí apod. Skript je funkční v daném rozsahu. Pokud odchylka překročí určitou mez, pravidlo nastavené ve skriptu se stává neplatným.

9.4 Možnosti rozvíjení tématu

Racionalizace designérského procesu a vyšší počet iterativních vývojových kroků zvyšují pravděpodobnost nalezení vhodné formy průmyslového produktu. Metoda hledání formy produktu (form finding) uplatněná v této diplomové práci, může být východiskem pro další výzkum s cílem dosáhnout obecně použitelného nástroje pro generování designu závislého na různých vstupních parametrech, jako je například zatížení nebo povolené úhly úkosů při zohledňování výrobní technologie.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- (1) SILVERSTONE, Andrew M. The New Light: Roentgen's Unusual Demonstrations and the Development of Diagnostic Radiology in North America. *Veterinary heritage: Bulletin of the American Veterinary History Society* (online). West Lafayette, IN, 2000, (23(2) (cit. 2016-04-05). ISSN 1096-5904. Dostupné z: http://www.vabeachvet.com/uploads/9/6/3/7/9637479/rad_his.pdf
- (2) The portable Leonardo DR mini system for mobile radiography, wired or wireless. *YouTube* (online). 2013 (cit. 2016-04-09). Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=p82JPD5vEvo&nohtml5=False>
- (3) Fujifilm Wireless FDR Flex For Equine. *YouTube* (online). 2014 (cit. 2016-04-09). Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=3LLW3dxxSvo&nohtml5=False>
- (4) Portable X-ray units. In: *Gierth: X-ray International* (online). Riesa: Gierth X-Ray international GmbH, 2016 (cit. 2016-03-21). Dostupné z: <http://www.gierth-x-ray.de/pages/en/products/portable-x-ray-generators.php?lang=EN>
- (5) MINXRAY. *TR90 Tough Ray*. Northbrook (Illinois), 2015. Dostupné také z: <http://www.minxray.com/wp-content/uploads/2015/06/tr90-ss.pdf?a16176>
- (6) SEIDL, Zdeněk, Andrea BURGETOVÁ, Eva HOFFMANNOVÁ, Martin MAŠEK, Manuela VANĚČKOVÁ a Tomáš VITÁK. *Radiologie pro studium i praxi*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.
- (7) ASSMUS, ALEXI. Early History of X Rays. *SLAC: National Accelerator Laboratory* (online). 1995 (cit. 2016-04-05). Dostupné z: <http://www.slac.stanford.edu/pubs/beamline/25/2/25-2-assmus.pdf>
- (8) MCKNIGHT, Alexia L. Digital Radiography in Equine Practice. *Clinical Techniques in Equine Practice*. 2004, 3(4), 352-360. DOI: 10.1053/j.ctep.2005.02.013. ISSN 15347516. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1534751605000235>
- (9) UDOYE, Christopher I. a Hamid JAFARZADEHB. Xeroradiography: Stagnated after a Promising Beginning? A Historical Review. *European Journal of Dentistry* (online). 2010, (4(1) (cit. 2016-04-05). Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2798798/>
- (10) NELSON, Nathan C., Lisa J. ZEKAS a David J. REESE. Digital Radiography for the Equine Practitioner. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*. 2012, 28(3), 483-495. DOI: 10.1016/j.cveq.2012.08.003. ISSN 07490739. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0749073912000648>
- (11) Field X-Rays. *Engineering and Technology History Wiki* (online). 2015 (cit. 2016-04-05). Dostupné z: http://ethw.org/Field_X-Rays
- (12) History. *Mikasa: X-ray* (online). 2016 (cit. 2016-04-05). Dostupné z: http://www.mikasax-ray.com/en/about/history.php#History_1

- (13) Chirana rentegenovýma očima. *Praha 12* (online). Praha: ÚMČ Praha 12, 2010 (cit. 2016-10-07). Dostupné z: <http://www.praha12.cz/chirana-rentegenovyma-ocima/d-3084/pl=1929>
- (14) CHIRANA V KONKURSU. *Euro* (online). Praha: Mladá fronta, 2016 (cit. 2016-10-07). Dostupné z: <http://www.euro.cz/archiv/chirana-v-konkursu-817854>
- (15) WALL, Timothy. Portable X-Ray Source Invented at MU Could Put Medical Diagnosis and Terrorism Prevention in the Palm of the Hand. In: *News Bureau: University of Missouri* (online). Columbia (Missouri): MU News Bureau, 2013 (cit. 2017-01-08). Dostupné z: <http://munews.missouri.edu/news-releases/2013/0108-portable-x-ray-source-invented-at-mu-could-put-medical-diagnosis-and-terrorism-prevention-in-the-palm-of-the-hand/>
- (16) MU researchers develop super compact x-ray source. *Health Imaging* (online). Providence: TriMed Media, 2013 (cit. 2017-01-08). Dostupné z: <http://www.healthimaging.com/topics/diagnostic-imaging/mu-researchers-develop-super-compact-x-ray-source>
- (17) WIESE-FALES, Jan. Portable X-ray device has exciting potential. In: *College of Engineering* (online). Columbia (Missouri): The Office of Undergraduate Studies, 2013 (cit. 2017-01-08). Dostupné z: <http://engineering.missouri.edu/2013/06/portable-x-ray-device-has-exciting-potential/>
- (18) Přenosné RTG přístroje ECORAY. *Fomei: Divize RTG* (online). Praha: Fomei, 2015 (cit. 2016-10-06). Dostupné z: <http://radiodiagnostika.fomei.com/veterinari-reseni/veterinari-mobilni-rtg-pristroje.html>
- (19) Rentgenové přístroje pro veterinární medicínu. *VMK* (online). Praha: VMK, 2016 (cit. 2016-10-06). Dostupné z: http://www.vmk-rtg.cz/f_vet.htm
- (20) Vysokofrekvenční RTG. *AtomVet* (online). Liberec: AtomVet, 2016 (cit. 2016-10-06). Dostupné z: <http://www.atomvet.cz/cs/2-Rentgenologie/12-Vysokofrekvenční-RTG.html>
- (21) *Siui* (online). Guangdong: Siui, c2016 (cit. 2016-10-06). Dostupné z: <http://www.siuicom/>
- (22) Inzerce. *Komora veterinárních lékařů České republiky* (online). Brno: Komora veterinárních lékařů České republiky, 2016 (cit. 2016-10-06). Dostupné z: <http://www.vetkom.cz/advertisement/index/sectionId/18>
- (23) Nepřímý digitální RTG a RTG přístroj Gierth. *All4vets* (online). Piešťany: All4vets, c2011 (cit. 2016-10-07). Dostupné z: <http://www.all4vets.eu/products/neprimy-digitalni-rtg-a-rtg-pristroj-gierth/>
- (24) E-mailová konzultace s Mgr. Milanem Starcem, obchodním zástupcem firmy AtomVet.cz, s.r.o.
- (25) TruXRAY® Switch. *Portable X-ray Generators* (online). Carlsbad, CA: Gold Circle Video & Digital Services, 2014 (cit. 2017-05-10). Dostupné z: <http://tru-xrayswitch.com/index.html>

- (26) TruXRAY® Switches. *Gold Circle Video & Digital Services* (online). Carlsbad, CA: Gold Circle Video & Digital Services, 2014 (cit. 2017-05-10). Dostupné z: https://mkt.com/gold-circle-video-and-digital-services-llc?square_lead=button
- (27) Product Range - Portable X-ray Generators. *Gierth: X-Ray International* (online). 2016 (cit. 2016-03-21). Dostupné z: <http://www.gierth-x-ray.de/pages/en/products/portable-x-ray-generators.php?lang=EN>
- (28) HF8020. In: *MinXray* (online). Northbrook (Illinois): MinXray, 2015 (cit. 2016-09-20). Dostupné z: <http://www.minxray.com/product/hf8020-2/#!>
- (29) BATTERY POWERED X-RAY GENERATOR VET-20BT. *BCF Technology* (online). ©2014 (cit. 2016-03-21). Dostupné z: <http://www.uk-ireland.bcftechnology.com/products/x-ray-generator-vet-20bt-battery-powered#>
- (30) X100S Tripod Stand. *MinXray* (online). Northbrook (Illinois): MinXray, 2015 (cit. 2016-10-20). Dostupné z: <http://www.minxray.com/product/x100s-tripod-stand/>
- (31) Recreational Work Stand. *Feedback Sports* (online). Golden (Colorado): Feedback Sports, c2012-2016 (cit. 2016-11-08). Dostupné z: <https://www.feedbacksports.com/shop/recreational-work-stand/>
- (32) Mindray DC-N2 Vet. *AtomVet* (online). Liberec: AtomVet, 2016 (cit. 2016-10-20). Dostupné z: <http://www.atomvet.cz/cs/detail/204-Mindray-DC-N2-Vet.html>
- (33) Nomad Pro 2 Veterinary. *KaVo* (online). Praha: KaVo, 2016 (cit. 2016-10-24). Dostupné z: <http://www.kavo.cz/cs/produkty/?mt=4&prid=269&t=39>
- (34) *Základy marketingu*. Vyd. 2. Praha: Oeconomica, 2003. ISBN 80-245-0587-8.
- (35) Na základě dotazu na Komoru veterinárních lékařů České republiky. Zodpovězen e-mailem Radkou Vítkovou. Údaje ke dni 19. 10. 2016.
- (36) Na základě e-mailové konzultace s Ing. Janem Vinklářem, vedoucím oddělení evidencí a hodnocení ozáření Státního úřadu pro jadernou bezpečnost. Údaje ke dni 15. 11. 2016
- (37) Vysokofrekvenční RTG. *AtomVet* (online). Liberec: AtomVet, 2016 (cit. 2016-10-06). Dostupné z: <http://www.atomvet.cz/cs/2-Rentgenologie/12-Vysokofrekvencni-RTG.html>
- (38) GIERTH X-RAY INTERNATIONAL GMBH. *GIERTH TR 90/20 Battery*. Riesa, 2011. Dostupné také z: <http://www.atomvet.cz/admin/fckeditor/userfiles/file/GIERTH%20TR%2090-20%20Battery.pdf>
- (39) GIERTH RHF 200 ML. *Gierth* (online). Riesa: Gierth X-Ray international GmbH, 2016 (cit. 2016-10-18). Dostupné z: <http://www.gierth-x-ray.de/pages/posts/gierth-rhf-200-ml-26.php>
- (40) ATOMVET. *GIERTH RHF 200 DLP*. Liberec. Dostupné také z: [http://www.atomvet.cz/admin/fckeditor/userfiles/file/produktove_foto/rentgenologie/prenosne/gierthRHF%20200%20\(1\).pdf](http://www.atomvet.cz/admin/fckeditor/userfiles/file/produktove_foto/rentgenologie/prenosne/gierthRHF%20200%20(1).pdf)

- (41) Gierth HF 400 ML. *Gierth X-Ray international* (online). Riesa: Gierth X-Ray international GmbH, 2016 (cit. 2016-10-19). Dostupné z: <http://www.gierth-x-ray.de/pages/posts/gierth-hf-400-ml-29.php>
- (42) Gierth HF 400A. *AtomVet* (online). Liberec: AtomVet, 2016 (cit. 2016-10-19). Dostupné z: <http://www.atomvet.cz/cs/detail/20-Gierth-HF-400A.html>
- (43) X-ray Imaging Systems. *RadTechOnDuty* (online). Mountain View (California): RadTechOnDuty, c2015 (cit. 2016-10-18). Dostupné z: <http://www.radtechonduty.com/2015/02/x-ray-imaging-systems.html>
- (44) E-mailová konzultace s Jakubem Jasanským, servisním technikem firmy AtomVet.cz, s.r.o.
- (45) ALBRECHT, Miloš. *Konstrukce a údržba rtg zařízení: učební text pro střední zdravotnické školy, studijní obor radiologických laborantů*. 1. vyd. Praha: Avicenum, 1975. Učebnice pro zdravotnické školy.
- (46) Internal Components of X-ray Tube (Anode). *RadTechOnDuty* (online). Mountain View (California): RadTechOnDuty, c2015 (cit. 2016-10-18). Dostupné z: <http://www.radtechonduty.com/2015/02/anode-of-x-ray-tube.html>
- (47) Toshiba D-124 X-ray Tube. *ECPlaza* (online). Seoul: ECPlaza Network, 2011 (cit. 2016-10-19). Dostupné z: <http://kantecare.en.ecplaza.net/toshiba-d-124-x-ray--339003-2822853.html>
- (48) ULLMANN, Vojtěch. *Jaderné a radiační metody. Astro Nukl Fyzika* (online). Ostrava (cit. 2016-10-11). Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/JadRadMetody.htm>
- (49) Na základě konzultace s doc Ing. Pavlem Chmelařem, Csc., a Ing. Martinem Mézlem z Ústavu biomedicínského inženýrství, Fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií, VUT Brno.
- (50) Na základě konzultací na Klinice chorob koní Veterinární a farmaceutické univerzity v Brně se sálovým technikem Jiřím Léharem.
- (51) POSKOM. *Portable X-Ray*. Goyang. Dostupné také z: http://lomaenmedical.co.za/wp-content/uploads/2016/08/4d-Poksom-Portable_vet.pdf
- (52) Rozsah znalostí požadovaných pro získání zvláštní odborné způsobilosti pro nakládání se zdroji ionizujícího záření na veterinárním pracovišti. In: *Státní úřad pro jadernou bezpečnost* (online). Praha: SÚJB (cit. 2016-08-03). Dostupné z: <http://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/zkousky-zvlastni-odborne-zpusobilosti/rozsah-znalosti-pozadovanych-pro-ziskani-zvlastni-odborne-zpusobilosti-pro-nakladani-se-zdroji-ionizujiciho-zareni-na-veterinarnim-pracovisti/>
- (53) Stativy obecně. *Giottos* (online). Praha: Giottos Industrial, c2009 (cit. 2016-10-20). Dostupné z: <http://www.giottos.cz/default.asp?inc=inc/stativy-obecne.htm>
- (54) NORMAN, Donald A. *The design of everyday things*. Retail ed. Old Saybrook, Ct.: Tantor Media, 2011. ISBN 978-145-2654-126.

- (55) ALEXANDER, Christopher. *Notes on the synthesis of form*. 9. print. Cambridge, Mass: Harvard Univ. Press, 1977. ISBN 978-067-4627-505.
- (56) WILLIAM LIDWELL, Kritina Holden a (foreword by Kimberly ELAM). *Universal principles of design: 125 ways to enhance usability, influence perception, increase appeal, make better design decisions, and teach through design*. (2nd ed.). Beverly, Mass: Rockport Publishers, 2010. ISBN 978-159-2535-873.
- (57) CROSS, Nigel. *Engineering design methods: strategies for product design*. 3rd ed. New York: Wiley, c2000. ISBN 978-0-471-87250-4.
- (58) PAPANEK, Victor. *Design for the Real World: Human Ecology and Social Change*. 2. London: Thames and Hudson, 1985. ISBN 978-0-500-27358-6.
- (59) Na základě konzultace na Klinice chorob koní Veterinární a farmaceutické univerzity v Brně s MVDr. Filipem Kološem a účasti na cvičení z předmětu Zobrazovací diagnostika.
- (60) MARTIN, Bella. a Bruce M. HANINGTON. *Universal methods of design: 100 ways to research complex problems, develop innovative ideas, and design effective solutions*. Digital ed. Beverly, MA: Rockport Publishers, 2012. ISBN 978-161-0581-998.
- (61) AIREY, David. *Logo: nápad, návrh, realizace*. Brno: Computer Press, 2010. ISBN 978-80-251-3151-0.
- (62) VAN BOEIJEN, Annemiek a Jaap DAALHUIZEN, ed. *Delft Design Guide*. Delft: Faculteit Industrieel Ontwerpen, 2010. ISBN 978-90-5155-066-5.
- (63) PACHMANOVÁ, Martina, ed. *Design: aktualita, nebo věčnost?: antologie textů k teorii a dějinám designu*. V Praze: Vysoká škola umělecko-průmyslová, 2005. ISBN 80-86863-05-0.
- (64) PODOLANOVÁ, Michaela a Jarmila TRPČEVSKÁ. *Plasty v dizajne*. Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2014. ISBN 978-80-553-1705-2.
- (65) CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. 3. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05173-3.
- (66) TILLEY, Alvin R. *The measure of man and woman: human factors in design*. Rev. ed. New York: Wiley, c2002. ISBN 978-047-1099-550.
- (67) MACNAB, Maggie. *Design by nature: using universal forms and principles in design*. Berkeley, CA: New Riders, c2012. ISBN 03-217-4776-3.
- (68) AMBROSE, Gavin. a Paul HARRIS. *Design thinking for visual communication*. Second edition. Lausanne: AVA Publishing, 2010. ISBN 978-2-940411-17-7.
- (69) DREYFUSS, Henry. *Designing for People*. 4. New York: Allworth Press, 2012. ISBN 978-1-58115-312-5.
- (70) NORMAN, Donald A. *Emotional design: why we love (or hate) everyday things*. New York: Basic Books, 2004. ISBN 04-650-5135-9.

- (71) DVOŘÁKOVÁ, Alena. Chov koní z pohledu Ústřední evidence. *Náš chov*. 2015, 75(1), 50-52. ISSN 0027-8068.
- (72) Aktivity s využitím koní. *Česká hiporehabilitační společnost* (online). Brno: Česká hiporehabilitační společnost, 2016 (cit. 2016-10-18). Dostupné z: <http://hiporehabilitace-cr.com/aktivity-s-vyuzitim-koni/>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ABS	- akrylonitrilbutadienstyren
LCD	- Liquid Crystal Display
Li-ion	- lithium-iontový akumulátor
NURBS	- Non-uniform Rational Basis Spline
RTG	- rentgenový
USB	- Universal Serial Bus
VFU	- Veterinární a farmaceutická univerzita Brno

SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 2.1	RTG snímek novorozeného králíka, 1896 (7)	17
Obr. 2.2	<i>TruXRAY® Switch</i> na přístrojích různých výrobců (25)	18
Obr. 2.3	Rentgen značky <i>Gierth</i> , model <i>TR 90/20 Battery</i> (27)	19
Obr. 2.4	RTG přístroj <i>HF 80/20</i> pro rentgenování koní (28)	19
Obr. 2.5	<i>Poskcom Vet-20BT</i> (29)	19
Obr. 2.6	Stativ na přenosný rentgen <i>MinXray</i> (30)	20
Obr. 2.7	Montážní stojan na kola <i>Feedback Sports ECO</i> (31)	20
Obr. 2.8	Veterinární sonograf (32)	21
Obr. 2.9	Itraorální rentgen značky <i>Nomad</i> (33)	22
Obr. 2.10	Diferenciace cílové skupiny	22
Obr. 2.11	Modelová řada výrobce <i>Gierth</i> (4)	23
Obr. 2.12	RTG zářič (44)	24
Obr. 2.13	Invertor (44)	25
Obr. 2.14	Kontrolní a řídicí deska (44)	25
Obr. 2.15	Popis přenosného RTG přístroje <i>Gierth RHF 200 ML</i> (39)	26
Obr. 2.16	Manipulace s veterinárním RTG přístrojem	27
Obr. 2.17	Přenosný RTG přístroj na mobilním stojanu a detaily konstrukce	28
Obr. 2.18	Práce s přístrojem připevněným na mobilním stojanu	29
Obr. 3.1	Hlavní a vedlejší cíle práce	32
Obr. 4.1	Schéma procesu navrhování	35
Obr. 4.2	Základní rozměry tří velikostí RTG přístroje (M 1 : 20)	36
Obr. 4.3	Subproblémy řešení přenosného rentgenového přístroje	37
Obr. 4.4	Strom rozhodování	37
Obr. 4.5	Myšlenková mapa – inspirační zdroje	38
Obr. 4.6	Abstraktní skici	39
Obr. 4.7	Skici	39
Obr. 4.8	Analogie získané metodou synektika	40
Obr. 4.9	Zkušební ergonomický model madel	41
Obr. 4.10	Porovnání stojanů	42
Obr. 4.11	Vývoj variantních návrhů	43
Obr. 4.12	Varianta A	44
Obr. 4.13	Varianta B	46
Obr. 4.14	Varianta C	47
Obr. 4.15	Hodnocení variantních návrhů	49
Obr. 4.16	Kombinované varianty A + C	49
Obr. 4.17	Vývoj finální varianty	50
Obr. 5.1	Vstupní parametry	51
Obr. 5.2	Přepínání mezi sadami vstupních komponent	51
Obr. 5.3	Výpočet hmotnosti a těžiště	52
Obr. 5.4	Mezní rozměry vnitřních komponent	52
Obr. 5.5	Definice příčného průřezu – ořezová křivka	53
Obr. 5.6	Definice příčného průřezu	53

Obr. 5.7	Definice vyboulení křivky podélného průřezu	53
Obr. 5.8	Přechod mezi křivkami podélného průřezu kolimátoru a těla	54
Obr. 5.9	Vytvoření základních ploch	54
Obr. 5.10	Umístění ovládacích prvků na základní ploše kolimátoru	54
Obr. 5.11	Zahloubení pro ovládací prvky	55
Obr. 5.12	Definice polohy ovládacího panelu na přístroji a jeho ořezová kružnice	55
Obr. 5.13	Definice polohy madla na krytu přístroje	56
Obr. 5.14	Kružnice pro definici madla a křivka krytky madla	56
Obr. 5.15	Definice křivky krytky madla	56
Obr. 5.16	Plochy krytky madla	57
Obr. 5.17	Definice průřezu madla	57
Obr. 5.18	Křivka bočního madla	57
Obr. 5.19	Plocha bočního madla	57
Obr. 5.20	Definice U křivky	58
Obr. 5.21	Odsazení plochy krytu a její ořez	58
Obr. 5.22	Spára mezi plochu gumy a krytu	59
Obr. 5.23	Definice křivky tvaru nožek	59
Obr. 5.24	Vytažení křivky nožek	59
Obr. 5.25	Změna tvaru v závislosti na změně velikosti kolimátoru	60
Obr. 5.26	Změna tvaru v závislosti na změně rozměrů vnitřních součástí	60
Obr. 5.27	Změna vybraných parametrů hlavních křivek, resp. ploch	61
Obr. 5.28	Změna průřezu madla	61
Obr. 5.29	Změna tvaru krytky madla	62
Obr. 5.30	Tři přístroje produktové rodiny	62
Obr. 5.31	Porovnání velikostních variant <i>Mini</i> , <i>Handy</i> a <i>Power</i>	63
Obr. 5.32	Přenosný stativ	65
Obr. 5.33	Flat panel	65
Obr. 5.34	Vzdálená spoušť	66
Obr. 6.1	Základní rozměry modelu <i>Mini</i> (M 1 : 8)	67
Obr. 6.2	Základní rozměry modelů <i>Handy</i> a <i>Power</i> (M 1 : 8)	68
Obr. 6.3	Dílní části krytu	69
Obr. 6.4	Konstrukce madla	69
Obr. 6.5	Schéma vnitřního uspořádání	70
Obr. 6.6	Připojení kabelu a krytka	71
Obr. 6.7	Stativ v pracovní a složené poloze	71
Obr. 6.8	Základní rozměry stativu (M 1 : 20)	72
Obr. 6.9	Přeprava stativu a přístroje v osobním automobilu	73
Obr. 6.10	Základní rozměry dálkové spouště (M 1 : 2), otevírání krytu a umístění baterií	73
Obr. 6.11	Rozměry ovládacích prvků a zadního madla	74
Obr. 6.12	Rozměry otočného madla a poloha ovládacího panelu	74
Obr. 6.13	Rozměry bočního madla a otvoru na krytce na kabel	75
Obr. 6.14	Průřez madla	75
Obr. 6.15	Manipulace s přístrojem <i>Vet^x Handy</i> a <i>Vet^x Mini</i>	76
Obr. 6.16	Ovládací prvky a madlo přístroje <i>Vet^x Handy</i>	77
Obr. 6.17	Zavěšení madla na stativ a jeho zajištění	77

Obr. 6.18	Zavěšovací hlava	78
Obr. 7.1	Barevná varianta I	79
Obr. 7.2	Barevná varianta II	80
Obr. 7.3	Barevná varianta III	80
Obr. 7.4	Barevná varianta IV	80
Obr. 7.5	Barevná varianta V	81
Obr. 7.6	Barevná varianta VI	81
Obr. 7.7	Logotyp produktové rodiny	81
Obr. 7.8	Logotypy jednotlivých přístrojů produktové rodiny	82
Obr. 7.9	Grafika na předním plexiskle třech členů produktové rodiny	82
Obr. 7.10	Konstrukce logotypu a jeho ochranná zóna	82
Obr. 7.11	Lineární varianta logotypu	83
Obr. 7.12	Ovladače kolimátoru – grafické prvky (M 1 : 1)	83
Obr. 7.13	Ovládací panel (M 1 : 1)	84
Obr. 7.14	Barevné sdělovače na ovládacím panelu	84
Obr. 8.1	Použití přístrojů <i>Mini, Handy a Power</i>	85
Obr. 8.2	SWOT analýza produktové řady <i>Vet^x</i>	86
Obr. 8.3	Snímkování s přístrojem <i>Vet^x Handy</i>	87
Obr. 9.1	Splněné cíle	90

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1	Srovnání vybraných parametrů přenosných RTG přístrojů (4) (37)	24
Tab. 2.2	Hmotnosti vnitřních komponent (44)	26
Tab. 2.3	Rozměry hlavních součástí (44)	26
Tab. 3.1	Kontext a problémy k řešení	31
Tab. 3.2	Požadavky na produkt a možná řešení	32

SEZNAM PŘÍLOH

Zmenšený sumarizační poster (A4)

Zmenšený technický poster (A4)

Zmenšený ergonomický poster (A4)

Zmenšený designérský poster (A4)

Fotografie rozpracovaného modelu varianty *Handy* (A4)

Fotografie koncepčního modelu varianty *Mini* (A4)

Samostatné přílohy:

Sumarizační poster (A1)

Designérský poster (A1)

Technický poster (A1)


Ergonomický poster (A1)

Schéma parametrizačního skriptu (A1)


Koncepční model varianty *Mini* 1 : 1


Model varianty *Handy* 1 : 1

ZMENŠENÉ POSTERY




Design přenosného veterinárního rentgenového přístroje






PŘÍSTROJ NA STATIVU
Zavěšovací hlava umožňuje přesné polohování přístroje a zajištění závěsu přístroje.




DÁLKOVÁ SPOUŠŤ
Barevně oddělená krytka obepíná tvar spouště stejně jako kryt přístroje.



FLAT PANEL
Bezdrátový flat panel vychází ze základních křívek přístroje.

DESIGN PŘENOSNÉHO VETERINÁRNÍHO RENTGENOVÉHO PŘÍSTROJE

Tato práce se zabývá návrhem produktové rodiny pomocí generativních algoritmů v závislosti na rozměrech a poloze vnitřních komponent. Ovládací panel, otočné ovladače kolimátora, spínače a průřez madla jsou napříč produktovou řadou stejné. Vnější plochy krytu a madel jsou vytvořeny pomocí křivek a průřez reagují na vstupní parametry. Výstupem z parametrického skriptu jsou tři velikostní varianty přístroje.





HANDYvet* Kompromis mezi výkonem a velikostí. V provozu je přístroj připojen k elektrické síti, krytka na kabel proto chrání kabel před poškozením.


MINIVet* Nejmenší varianta je ideální pro terénní praxi. Přístroj je napájen baterií. Krytka na kabel zakrývá konektory při používání přístroje.


POWERvet* Nejvýkonnější a největší varianta je určena pro nejročasnější uživatele: univerzity, veterinární kliniky a zoologické zahrady.

SUMARIZAČNÍ POSTER









DESIGN PŘENOSNÉHO VETERINÁRNÍHO RENTGENOVÉHO PŘÍSTROJE / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Ondřej Kalenský / Vedoucí práce: Ing. David Škaroupka, Ph.D. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2016/17



Design přenosného veterinárního rentgenového přístroje



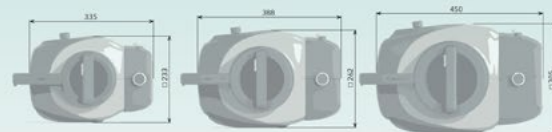
ZAVĚŠOVACÍ HLAVA STATIVU

Přístroj je zavěšen za madlo na dvou kolečkách. Jeho pokohu lze zajistit otočnou pojistkou.



PŘEVOZ V AUTOMOBILU

Složby stojan a přístroj se pohodlně vejde do zavazadlového prostoru osobního vozu.



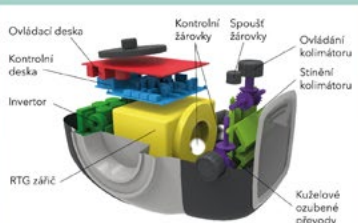
HLAVNÍ ROZMĚRY (1 : 5)

Hlavní rozměry tří velikostních variant přístroje: Mini, Handy a Power. Tyto hodnoty odpovídají příslušné kategorii současných přístrojů na trhu.



ROZKLAD KRYTU

Na základní kryt jsou nalepeny pogumované povrchy kolimátoru a zadní část. Do pogumované části spodního krytu je vložena nožka. Do předního krytu je vlepáno průsvitné plexivisko. V horním krytu je umístěn ovládací panel. Do kolimátoru v přední části jsou vloženy otočné ovladače a spinač žárovky.



VNITŘNÍ USPOŘÁDÁNÍ

Srdcem přístroje je rentgenová lampička s pevnou anodou v olejové lázni. Za ní je umístěna elektronická deska s kondenzátory a transformátory (invertor). V horní části se nachází kontrolní deska, která obsahuje firmware a řídí vstupní proudy a další hodnoty. Rentgenový paprsek usměrní mechanické klapky kolimátoru.



KONSTRUKCE MADLA

Rotační kotočce se otáčejí na pevném kotočci. Na vnější rotační kotočec je připevněno horní madlo, vnitřní krytka, boční madlo a vnější krytka. Madla jsou vyrobená z hliníkových trubek se silikonovou povrchovou úpravou.

TECHNICKÝ POSTER



DESIGN PŘENOSNÉHO VETERINÁRNÍHO RENTGENOVÉHO PŘÍSTROJE / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Ondřej Kalenský / Vedoucí práce: Ing. David Škaroupka, Ph.D. / VUT v Brně / FSI / UK / OPD / 2016/17

vet 

Design přenosného
veterinárního rentgenového
přístroje



POHLED SHORA

Rozměry ovládacích prvků (otočné ovladače a spoušť žárovy) a horního madla.



POHLED ZBOKU

Rozměry krytky bočního madla, náklon ovládacího panelu a otočný ovladač.



POHLED ZE ZADU

Rozměry spouště, bočních madel a krytky na kabel.



DÁLKOVÁ SPOUŠŤ

Velikost spouště, rozměry spínače a vypínače ON/OFF.



ERGONOMICKÝ POSTER



DESIGN PŘENOSNÉHO VETERINÁRNÍHO RENTGENOVÉHO PŘÍSTROJE / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Ondřej Kalenský / Vedoucí práce: Ing. David Škaroupka, Ph.D. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2016/17

vet*

Design přenosného
veterinárního rentgenového
přístroje



DESIGNÉRSKÝ POSTER

T VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA
TECHNICKÉ STROJNÍHO
V BRNĚ INŽENÝRSTVÍ

K ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

X odbor
průmyslového
designu



DESIGN PŘENOSNÉHO VETERINÁRNÍHO RENTGENOVÉHO PŘÍSTROJE / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Ondřej Kalenský / Vedoucí práce: Ing. David Škaroupka, Ph.D. / VUT v Brně / FSI / UK / OPD / 2016/17

FOTOGRAFIE MODELU





