

**ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE**

**FAKULTA  
STROJNÍ**



**BAKALÁŘSKÁ  
PRÁCE**

**2018**

**JAN  
SOUKAL**

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Soukal** Jméno: **Jan** Osobní číslo: **459981**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávací katedra/ústav: **Ústav přístrojové a řídicí techniky**  
Studijní program: **Teoretický základ strojího inženýrství**  
Studijní obor: **bez oboru**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Cvičební zdravotnická pomůcka**

Název bakalářské práce anglicky:

**Medical training aid**

Pokyny pro vypracování:

Cvičební pomůcka pro podporu účinků léků podávaných nemocným s roztroušenou sklerózou a Parkinsonovou chorobou. Pomůcka má ideálně být přenosná, formy srolovatelného silnějšího plátna. Na plátně jsou světla, která se náhodně rozsvěcí a pacient má za úkol je co nejrychleji dotekem zhasnout. Úkolem je vyřešit pomůcku konstrukčně i z hlediska řízení rozsvícení světla, případně měření reakční doby a vyhodnocování reakcí pacienta. Pomůcka musí splňovat normy pro zdravotnictví. Spolupráce s firmou EriLens a rehabilitačním centrem na Karlově náměstí.

Seznam doporučené literatury:

Kamarád: Základní kvalifikační učebnice, Práce, Praha 1974  
ČSN EN 60601-1, ed. 2 Zdravotnické elektrické přístroje - Část 1: Všeobecné požadavky na základní bezpečnost a nezbytnou funkčnost.

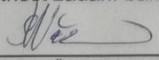
Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

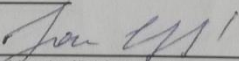
**Ing. Bc. Šárka Němcová, Ph.D., odbor přesné mechaniky FS**

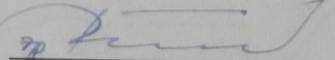
Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **18.04.2018** Termín odevzdání bakalářské práce: **15.06.2018**

Platnost zadání bakalářské práce:

  
Ing. Bc. Šárka Němcová, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

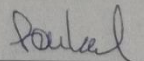
  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

  
prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

18.4.2018  
Datum převzetí zadání

  
Podpis studenta

## **Poděkování**

V první řadě chci poděkovat mé vedoucí práce paní Ing. Bc. Šárce Němcové, Ph.D. za vedení práce, vstřícnost, cenné rady, bohaté zkušenosti a příjemné prostředí pro práci na rehabilitační pomůcce. Také děkuji všem ostatním konzultantům.

Děkuji Davidovi Kovandovi za pomoc s 3D tiskem a firmě EriLens s. r. o. za umožnění sestavení prototypu.

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto práci napsal samostatně s použitím uvedené literatury.

V Praze, dne 15. 6. 2018

.....

Jméno a příjmení

## **Anotační list**

Jméno autora	<i>Jan Soukal</i>
Název práce	<i>Cvičební zdravotnická pomůcka</i>
Anglický název	<i>Medical training aid</i>
Vedoucí BC práce	<i>Ing. Bc. Šárka Němcová, Ph.D.</i>
Rok	<i>2018</i>
Studijní program	<i>Teoretický základ strojího inženýrství</i>
Ústav	<i>Ústav přístrojové a řídicí techniky</i>
Bibliografické údaje	<i>počet stran: 40 počet obrázků: 19 počet tabulek: 1 počet příloh: 4</i>
Klíčová slova	<i>roztroušená skleróza, zdravotnická pomůcka, senzomotorická rehabilitace, Arduino, světlovod, .NET aplikace</i>
Keywords	<i>multiple sclerosis, medical aid, sensomotoric rehabilitation, Arduino, light guide, .NET application</i>
Seznam zkratk	<i>RS – roztroušená skleróza CNS – centrální nervová soustava GDPR – general data protection regulation</i>
Anotace	<i>Tato práce řeší návrh rehabilitační pomůcky pro lidi s roztroušenou sklerózou a navrhuje počítačové prostředí pro rehabilitační pracovníky. Jedná se o svinovací koncept pomůcky. Jeho vnitřní program lze individuálně nastavit pomocí souboru s parametry na vložené SD kartě.</i>
Abstract	<i>This work deals with a rehabilitation device for people suffering from multiple sclerosis and designs a computer environment for rehabilitation specialists. It provides the solution in the form of a rolling concept of the device. Its internal programme can be set individually by means of a file with parameters on an inserted SD card.</i>

## Obsah

1	Úvod .....	8
2	Roztroušená skleróza .....	9
2.1	Historie .....	9
2.2	Epidemiologie .....	10
2.3	Patogeneze .....	10
2.4	Průběh nemoci .....	10
2.5	Léčba .....	11
3	Rehabilitační přístroj .....	12
3.1	Motivace .....	12
3.2	Cíl práce .....	13
3.3	Požadavky ze strany rehabilitačních pracovníků .....	13
3.4	Požadavky na přístroj .....	14
3.5	Konstrukce .....	15
3.5.1	Návrh konceptu přístroje .....	15
3.5.2	Materiál svinutelného koberce .....	17
3.5.3	Volba nosného profilu .....	17
3.5.4	Závěsný systém .....	18
3.5.5	Návrh tlačítka .....	19
3.5.5.1	Kapacitní senzor .....	19
3.5.5.2	Návrh světlovodu .....	20
3.5.5.2.1	Světlovod ve tvaru mezikruží .....	21
3.5.5.2.2	Světlovod se středním dílem .....	21
3.5.5.3	Materiál světlovodu .....	22
3.5.5.4	LED diody .....	23
3.5.5.5	Konstrukce tlačítka .....	24
3.5.6	Kryt pro řídicí jednotku .....	25
3.5.7	Ostatní konstrukční prvky .....	27
3.5.8	Volba elektroniky .....	27
3.5.9	Komunikace přístroje a PC .....	28
4	Návrh konceptu programu pro terapeuty .....	29
4.1	Programovací jazyk C# .....	29
4.2	Základní požadavky .....	29
4.3	Řešení .....	30
4.3.1	Chybové hlášky .....	31

4.3.2	Nový klient .....	32
4.3.3	Tvorba programu.....	33
4.4	Zhodnocení.....	34
5	Závěr.....	35
6	Zdroje.....	36
7	Seznam obrázků .....	38
8	Seznam tabulek.....	39
9	Přílohy .....	40

# 1 Úvod

Roztroušená skleróza je autoimunitní chronické onemocnění nervové soustavy, které se projevuje zejména u mladých lidí ve věku 20–40 let. [1] V současné době touto nemocí v České republice trpí přibližně 20 000 lidí. [2] S postupným zaváděním moderních technologií, a aplikováním nových poznatků v této oblasti se daří u pacientů dříve odhalit diagnózu a tím začít podnikat kroky v léčbě proti postupu nemoci. Současná medicína však stále hledá odpověď na otázku, co nemoc v lidském těle spouští.

Správně diagnostikovat roztroušenou sklerózu bývá problém, neboť příznaky často nebývají úplně jednoznačné a u každého pacienta se může začít projevovat jiným způsobem. Někomu se zhorší zrak na jedno oko, začíná brnět půlka těla, dostaví se problém s chůzí nebo dvojitě vidění. [3]

Roztroušená skleróza je stále nevléčitelné onemocnění a čím dřív se začne s léčbou, tím pozitivněji se dá ovlivnit její průběh. Do léčby by se měly zahrnout všechny možnosti, které jsou v současnosti k dispozici. Tedy brát člověka komplexně a vedle užívání léků se zaměřit také na psychickou a tělesnou stránku člověka. Nedílnou součástí léčby je tedy i např. fyzioterapie nebo psychoterapie, neboť s nemocí se pacient musí naučit žít. [1]

Právě na rozšíření fyzioterapeutických možností se chci v této práci zaměřit. Samotný nápad na vytvoření přístroje, na kterém by mohli pacienti cvičit, přišel přímo od rehabilitačních pracovníků. Pravidelným cvičením se posilují ochablé svaly, zlepšuje se prostorová orientace i rovnováha pacienta. Mimo zvýšení fyzické kondice se také zlepšuje psychický stav. Tím dojde k pozitivnímu ovlivnění prognózy. [4]



## 2 Roztroušená skleróza

### 2.1 Historie

Historické mapování roztroušené sklerózy je velice komplikované, neboť do středověku o ní v podstatě nemáme žádné doklady. Z přelomu 18. a 19. století již máme textů více, a to díky významným osobnostem, které RS trpěly a své stavy popsaly. Doktoři v této době znali pouze následky nemoci.

Narůstající povědomí společnosti o této nemoci dalo vzniknout různým laickým organizacím, které iniciovaly diskusi s odborníky, jak podpořit výzkum roztroušené sklerózy. Začala tak vznikat první centra pro nemocné, ale i centra, která se snažila získat pozornost společnosti a informovat o nemoci. Až roku 1967 vznikla zastřešující mezinárodní organizace, která dnes nese název Multiple Sclerosis International Federation [5].

V průběhu 19. století se znalosti o RS prohlubovaly. Francouzský neurolog Jean Martin Charcot dosavadní vědění shrnul a stanovil roztroušenou sklerózu jako nozologickou jednotku (nozologie = věda o třídění nemocí). Poprvé tak byla tato nemoc pojmenovaná jako *sclérose en plaques* – tedy roztroušená skleróza. Předpokládal, že axiomy zbavené myelinu v místě poškození přestávají přenášet nervový impuls a narušují tak pohyby podmíněné vůlí.

Otázka ohledně vzniku nemoci však stále zůstávala nevyjasněná. Podle vaskulární teorie byla RS považována za chronický zánětlivý proces charakteristický třemi rysy: alterací cév, ztrátou myelinu a zjizvení poškozené tkáně. Druhá teorie vnímala jako primární podmět k rozvoji RS vznik zánětu v glii.

Zavedení odebírání mozkomíšního moku otevřelo dveře k chemické analýze likvoru. Nalezení imunoglobulinů v porušených místech cévní soustavy odpovídající imunoglobulinům v likvoru dalo vzniknout novému pohledu na RS jako na zánětlivé autoimunitní onemocnění.

Nový obrat v poznávání roztroušené sklerózy nastal v objevu magnetické rezonance. Možnosti diagnostiky, pochopení vývoje nemoci, ale i zhodnocení terapeutických pokusů se zase posunuly dále. V současné době se již jedná o nezastupitelný nástroj. Díky němu se nám obraz o RS postupně skládá. Vyléčit ji však ještě neumíme. [1]

## 2.2 Epidemiologie

V současné době počet nemocných RS narůstá. To je především způsobeno kvalitnějšími metodami odhalování nemoci, ale také zvýšenou ostražitostí kliniků a samotným nárůstem nemoci. Jistý vliv zřejmě má i měnící se prostředí, i když faktory působící na rozvoj onemocnění nejsou ještě úplně známé. Rostoucí prevalenci také ovlivňuje zvyšující se doba dožití nemocných. Zatímco v roce 1917 průměrná doba života od stanovení diagnózy činila 8–12 let, v současné době přesahuje trvání nemoci 25 let.

Ostatní epidemiologická data zůstávají přibližně stejná. Průměrný věk lidí s prvními příznaky nemoci činí 20–40 let a 3x častěji jsou postiženy ženy. [1]

Statistiky také ukazují, že s rostoucí zemskou šířkou narůstá případů onemocnění. Některé studie to zdůvodňují nižším obsahem vitamínu D v lidském těle, který získáváme ze slunečního svitu.

V České republice je hodnota prevalence i incidence vyšší, než se očekávalo, a to i přes veškeré přehodnocení a přeřazení nesprávně označených neurologických nemocí v minulosti (převážně zaměněných za Alzheimerovu demenci nebo Parkinsonovu chorobu). Hodnota prevalence tedy činí více než 170/100 000 obyvatel a incidence je přibližně 11,7/100 000 obyvatel za rok. [1][6]

## 2.3 Patogeneze

Roztroušená skleróza je chronické, tedy trvalé autoimunitní onemocnění centrální nervové soustavy. Faktorů k jejímu vypuknutí je několik. Vedle vlivu dědičnosti a nedostatku vitamínu D, k tomu také podle nejnovějších studií přispívá oslabení imunity organismu infekcí či viry. [4] V důsledku ničení myelinové pochvy, tukového obalu axionu, přestává axion správně vést elektrické vzruchy a dochází ke vzniku léze. Oslabením hematoencefalitické bariéry, v důsledku oslabení imunity organismu, se skrze ni do mozku dostávají T-lymfocyty, které mají receptory pro antigen CNS. Tím vznikají v mozku zánětlivá centra. [1]

## 2.4 Průběh nemoci

Průběh nemoci je charakterizován akutním zhoršením neurologických příznaků, označovaných jako ataky, nebo postupným progresivním zhoršováním neurologických funkcí. Často se ale jedná o kombinaci obou.

Hlavními průvodními projevy jsou únava, ztráta kožní citlivosti, bolest, poruchy ostrosti zraku, dvojité vidění, poruchy motoriky, problémy s vyprazdňováním, sexuální

dysfunkce. RS má také velký dopad na psychiku nemocných. Trpí častými depresemi nebo pocity úzkosti a strachu, které se střídají s pocity euforie.

Průběh nemoci můžeme rozdělit do 4 typů: [1]

1. Relaps-remitentní RS – je charakterizováno jasným neurologickým zhoršením, po kterém následuje úplné, nebo částečné uzdravení postižení.
2. Primárně progresivní RS – což je trvale narůstající míra postižení s občasnými obdobími neurologické stabilizace.
3. Sekundárně progresivní RS – po úvodním relaps-remitentním průběhu dochází k postupnému zhoršování stavu, a to i bez přítomnosti ataků.
4. Progresivní-relabující RS – je charakterizováno postupným zhoršováním zdravotního stavu pacienta s jasnými akutními relapsy.

## 2.5 Léčba

Čím dříve se určí diagnóza RS a nasadí se léčba, tím více se může zpomalit progresse choroby. Protože základním patologickým mechanismem roztroušené sklerózy je zánět, nasazují se léky s protizánětlivým účinkem. Další skupinou jsou léky, které pomáhají obnovovat porušené obaly axionů a chránit tak cestu, po které se šíří elektrické vzruchy. Vždy je potřeba individuální přístup.

Symptomatická terapie má za úkol zlepšovat kvalitu života a odstraňovat komplikace způsobené neléčenými příznaky. Zajišťuje také mezioborovou spolupráci s fyzioterapií, farmakoterapií nebo třeba psychoterapií.

Protože se jádro mé práce týká rehabilitační pomůcky, krátce se zmíním o fyzioterapii.

Fyzioterapie a celkově rehabilitační praxe v léčbě RS je velice důležitá. Pomáhá pacientům žít běžný život, a to zlepšením mobility, soběstačnosti nebo sociální či pracovní integrací do společnosti. Krom jiného také častá pravidelná pohybová aktivita přispívá k vyrovnanosti pacienta, který se musí smířit s nepříznivou diagnózou. Dobrá fyzická kondice udržuje nervosvalový přenos stále v činnosti a předchází i dalším komplikacím pohybového, oběhového, dýchacího nebo zažívacího ústrojí. [7]

Cvičení také pozitivně ovlivňuje imunitní systém organismu a spolu s vhodně nasazenými léky se tak doplňují. Ovlivnění však bývá krátkodobé, proto je potřeba cvičit často.

Mezi nejčastější symptomy RS, které se v centrech rehabilitují, patří spastická paréza (zkrácení měkkých tkání a částečná ztráta hybnosti), ataxie (zhoršení koordinace pohybu, zvýšení reakčního času), instabilita při chůzi; nebo urologické potíže. [1]

## 3 Rehabilitační přístroj

### 3.1 Motivace

Lidé s roztroušenou sklerózou potřebují, jak jsem již výše uvedl, komplexnější přístup a vedle užívání farmak je třeba udržovat mimo jiné i fyzickou kondici. Je nutné, aby pacient měl možnost cvičit nejen při návštěvách lékaře, ale také v pohodlí vlastního domova. Tím by se částečně mohla snížit vytiženost specializovaných rehabilitačních center a zvýšit počet cvičebních cyklů pacientů.

Inspirace k vytvoření přístroje přišla skrze zábavní atrakci „Lovec světél“. Její uplatnění je především na oslavách a firemních večírcích. Jedná se o svislou samonosnou konstrukci, na které jsou umístěna tlačítka. Ta se v různých módech rozsvěcejí a úkolem



Obrázek 1 – Komerční provedení „Lovec světél“ [8]

soutěžícího je co nejrychleji zhasnout rozsvícené tlačítko stisknutím. Soutěžící se předhánějí v počtu zhasnutých tlačítek za určitý čas.

Protože navrhovaná pomůcka míří do zdravotnických zařízení, je potřeba, aby splňovala přísné zdravotnické předpisy a normy. Je proto nutné zvážit a skloubit požadavky lékařů, předpisy a myslet i na koncové uživatele, aby jim složitost rehabilitační pomůcky nebránila v jejím častém používání. V současné době podobná zdravotnická pomůcka pro rehabilitaci senzomotorické ataxie podle dostupných informací neexistuje.

### **3.2 Cíl práce**

Cílem této práce je navrhnout vhodné řešení rehabilitační pomůcky pro lidi s roztroušenou sklerózou dle zadání a ideálně sestrojít prototyp pro otestování vhodnosti provedení.

Zejména se bude jednat o konstrukční řešení pomůcky, návrh osvětlení tlačítek, způsob zaznamenávání historie cvičení a návrh rozhraní pro lékaře.

Při řešení budu vycházet z předchozí spolupráce s firmou ERILENS s. r. o. na sestrojení pevné rehabilitační pomůcky. [9]

### **3.3 Požadavky ze strany rehabilitačních pracovníků**

Ve spolupráci s firmou ERILENS s. r. o., která se specializuje na výrobky pro zdravotnictví a ošetrovatelskou péči, byly stanoveny základní požadavky na pomůcku:

- Na přední straně přístroje je umístěno 12 tlačítek [9]
- Každé tlačítko svítí ve dvou barvách
- Lehká konstrukce a manipulace s ohledem na lidi s handicapem
- Možnost poskytnout terapeutovi data k nahlédnutí z domácího cvičení
- Více cvičebních módů
- Splnění základních zdravotnických předpisů

Firma ERILENS s. r. o. také zajistila částečné finanční pokrytí nákladů na sestrojení prototypu rehabilitační pomůcky.

### 3.4 Požadavky na přístroj

Přístroj by měl být navržen tak, aby byl vhodný jak pro umístění v rehabilitačním centru, tak i pro používání u pacientů doma. Tím se musí brát v potaz zdravotní stav pacientů a jejich omezení pohybu. Měli by si sami umět pomůcku zavěsit, zapnout a po cvičení i vypnout.

Tlačítka v rehabilitačním přístroji by měla umět svítit dvěma barvami – zeleně a červeně – a to v různých módech. V základním nastavení se jedná o tři hlavní módy.

V prvním módu se stisknutím svítícího tlačítka tlačítko zháší, a to je vyhodnoceno jako správná reakce. Při zmáčknutí špatného tlačítka přístroj čeká na signál ze správného tlačítka. Terapeut by měl mít možnost nastavit barvu, na kterou cvičící reaguje. Ve složitějším případě by měla svítit dvě tlačítka různými barvami a pacient by měl reagovat stisknutím tlačítka předem určené barvy.

Druhý mód rozsvítí jednu barvu, kterou pacient musí po celou dobu, kdy je rozsvíceno, jednou rukou držet a druhou rukou zhášet rozsvěčující se tlačítka odlišné barvy.

Třetí mód je určen pro používání v rehabilitačních centrech, neboť ověření správnosti je možné pouze za přítomnosti druhé osoby. Pacient musí reagovat pouze na jednu barvu, kterou správným stiskem zháší a počet rozsvícení druhé barvy počítat. Pro zkontrolování je tedy třeba personálu, který správný počet zná, nebo jej sám nastavuje.

Po každém cvičení by měl přístroj zaznamenat úspěšnost a záznam uložit na přenosné médium. Při návštěvě by terapeut posléze měl možnost vyhodnotit progresi či degeneraci pacienta a podle toho upravit a nastavit parametry pro jednotlivé módy.

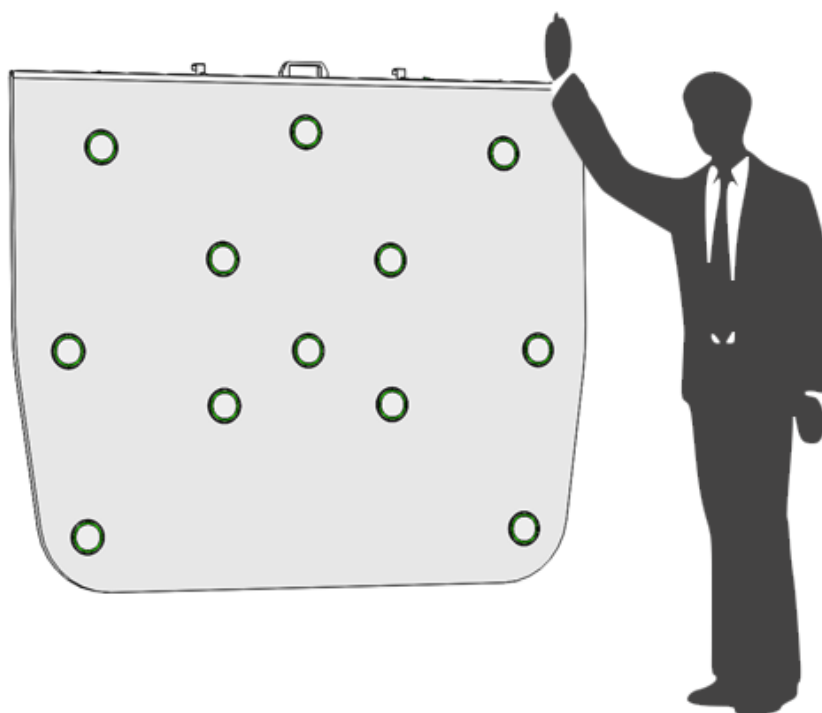
## 3.5 Konstrukce

### 3.5.1 Návrh konceptu přístroje

Při návrhu rehabilitačního přístroje jsem vycházel z diplomové práce [9], která již na toto téma byla napsána. Autor ho rozpracoval do podoby pevné třídílné pomůcky ve tvaru desek. Objevily se však nové požadavky na to, čím by měla tato rehabilitační pomůcka disponovat, a zároveň si některá řešení žádala přestavbu. Proto jsem začal řešit kompletní pohled na daný problém.

Na samý úvod jsem si stanovil kritéria, která jsou důležitá ke splnění základních podmínek. Jedná se hlavně o udržení nízké hmotnosti, snadnou montáž a jednoduchou manipulaci s pomůckou.

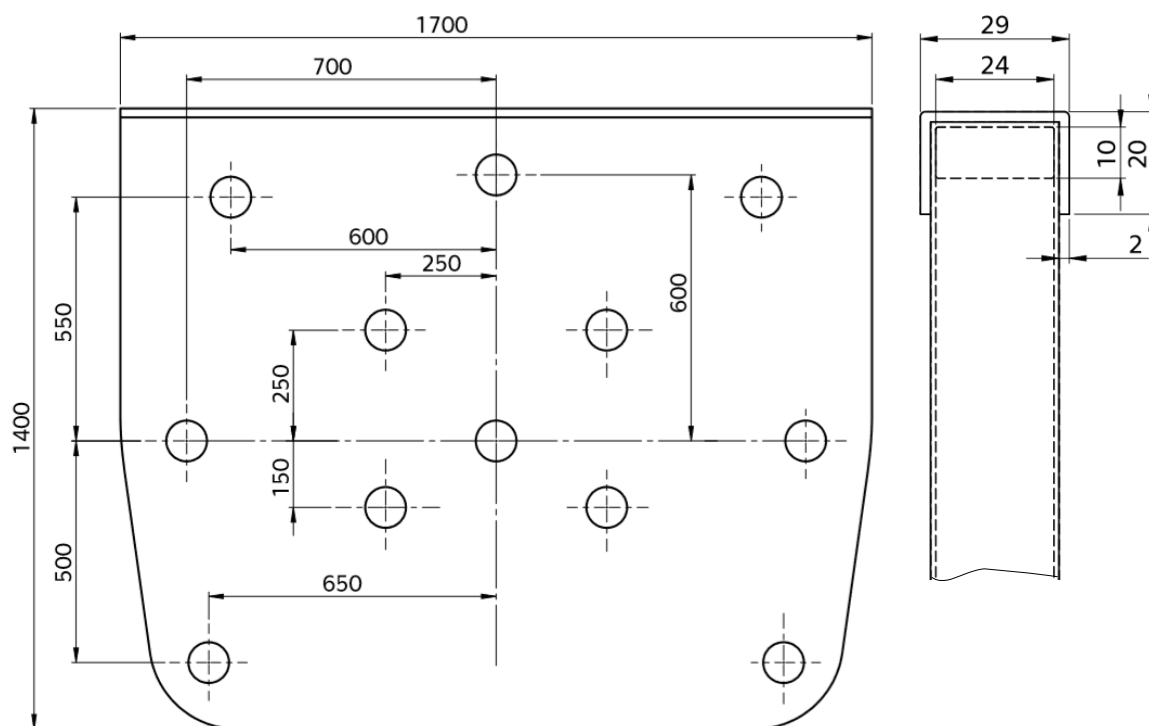
Prvním rozcestím byla volba celkové koncepce přístroje. Dosavadní řešení bylo velice těžké a manipulace s ním obtížná. Proto jsem místo přestavby zvolil jiný pohled na věc. Rozhodl jsem se pro svinovatelný koncept přístroje, který je znázorněn na obr. 2.



Obrázek 2 – Model rehabilitační pomůcky

Původně jsem zamýšlel masivní, designově složitou, vrchní část pomůcky, ve které by byly uloženy potřebné komponenty. Od této varianty jsem ale nakonec upustil, neboť v dostupných podmínkách nebylo možné tento návrh realizovat v prototyp.

Horní pevná část je tvořena jednoduchým U profilem, do kterého je přichycena svinovací část přístroje pomocí vsunutého hranolu. Z přední strany je umístěno 12 tlačítek. Při jejich rozmístění jsem akceptoval již proběhlé domluvy s rehabilitačními pracovníky. [8] Vzhledem ale k omezeným rozměrům materiálu, ze kterého je svinovací část sestrojena, jsem musel rozmístění tlačítek nepatrně upravit. (obr. 3)



Obrázek 3 – Rozmístění tlačítek, uložení hranolu do U profilu

V prostoru mezi přední a zadní stěnou je vedeno elektrické spojení z každého tlačítka do řídicí jednotky a zbytek prostoru je vyplněn molitanem. Lidé s roztroušenou sklerózou často mívají zhoršenou pohyblivost končetin a pro ně by náraz do tvrdého materiálu (například stěny za pomůckou) nebyl příjemný ani bezpečný.

Na horní liště je umístěna rukojeť pro snadnou manipulaci, háčky na zavěšení pomůcky, zapínací kolíbk a vstup pro komunikaci s počítačem.

Možnost svinout pomůcku usnadňuje její uskladnění a snižuje prostor k tomu potřebný. Zároveň použitý materiál slibuje snížení hmotnosti, ale za cenu menší mechanické odolnosti proti ostrým předmětům.



### **3.5.2 Materiál svinutelného koberce**

Zvolením správného materiálu lze zásadně ovlivnit výslednou hmotnost celé pomůcky. Proto jsem tomuto kroku věnoval patřičnou pozornost.

Veškeré části by měly být omyvatelné dezinfekcí, tedy ideálně nepromokavé. Materiál „koberce“ musí být snadno svinutelný, aby jeho uskladnění zabralo co nejméně místa. Nakonec byly vybrány dva materiály.

První zkušební vzorek byl z batohoviny. Ta splňovala snadné srolování i částečnou nepromokavost. Vroubkový povrch však znesnadňoval zbavování nečistot, které by se mohly dostat dovnitř přístroje. Další nevýhodou je změna barvy způsobená mastnou skvrnou. S přihlédnutím k pravděpodobnosti nečistých, nakrémovaných rukou pacientů a k přísným zdravotnickým předpisům, byla tato možnost zavržena.

Druhé, praktičtější řešení se ukázalo v podobě ubrusu z PVC s textilním podkladem. Materiál je snadno omyvatelný, lehce svinutelný a mechanicky odolný. Pro vytváření otvorů na umístění těl tlačítek tak nebude potřeba žádného speciálního nářadí. Postačí obyčejný nůž či nůžky. Zároveň je i snadno dostupný v požadované délce. [10]

### **3.5.3 Volba nosného profilu**

Horní pevná část pomůcky je základním nosným prvkem rehabilitační pomůcky. Původní návrh s prostornou horní lištou, ve které by byly ukryty potřebné součástky, jsem nahradil zmenšeným profilem. Řídící jednotku a zdroj napětí jsem ukryl do prostoru mezi přední a zadní stěnou pomůcky. Z dostupných možností jsem zvolil plastový U profil (29 × 20 × 2 mm) v bílé barvě, do kterého je vsunut plastový hranol o rozměrech 10 × 24 mm. (obr. 3) V něm je vyvrtáno šest otvorů pro umístění narážecích matic M6, které slouží ke spojení s krycím U profilem. V ideálním případě by měl být hranol stejně dlouhý jako U profil.

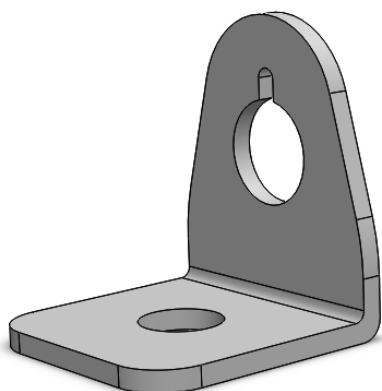
V prototypu jsou použity dva hranoly polovičních délek, protože nebyl nalezen polotovar o vhodných rozměrech a dodávající firma dělá přířezy jen z desek metrové šířky. [11]

Na horní straně lišty je přišroubovaná rukojeť pro snadné přenášení a manipulaci.

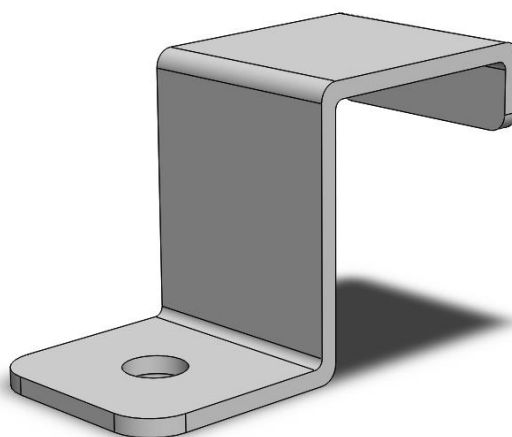
### 3.5.4 Závěsný systém

Protože koberec koncept pomůcky není samonosný, bylo potřeba vyřešit jednoduchý způsob, jak pomůcku zavěsit pro cvičení. Zásadním ovlivňujícím faktorem je velká šířka rehabilitační pomůcky (1,7 m). Málokterá domácnost či rehabilitační centrum disponuje téměř dvoumetrovým prostorem u stěny. Přišel jsem tedy s řešením, které se neomezuje na podmínku volné stěny.

Závěsný systém se skládá ze dvou vytvarovaných kusů plechu. Ty tvoří úchyty, kterými se snadno přístroj zavěsí například na dveře. (obr. 4) Mohou to být dveře mezi místnostmi nebo třeba dveře skříně. Konkrétní aplikace vždy záleží na možnostech pacienta. Výhoda je jasná. Pomůcku lze před cvičením pověsit třeba i do středu místnosti a po cvičení svinout a uklidit. Pro rehabilitační centra, kde bude pomůcka zavěšena permanentně, lze úchyty na dveře zaměnit za tvarované plechy s oky a pověsit za háčky na stěně. (obr. 5)



Obrázek 4 – Závěsné očko



Obrázek 5 – Závěsné háčky

Hmotností zavěšené rehabilitační pomůcky budou háčky namáhány na ohyb, a proto by bylo vhodné spojit ohnuté plechy nějakou příčkou a zvětšit jejich tuhost. Vzhledem ale k tomu, že by hmotnost měla být co nejmenší a rameno v řádech milimetrů, dovolil jsem si tím, že vertikální části plechů budou navazovat na zadní stranu profilu, předpokládat minimální natočení spodních částí háčků.

### 3.5.5 Návrh tlačítka

#### 3.5.5.1 Kapacitní senzor

Rehabilitační přístroj má 12 tlačítek, která musí být schopna detekovat stisknutí. Vyšel jsem z řešení popsaného ve zmiňované diplomové práci [9]. Zvolil jsem tedy kapacitní senzor přiblížení. Jeho velká výhoda spočívá v tom, že je schopen bezkontaktně detekovat prakticky libovolný předmět. Současně kombinuje levné a relativně spolehlivé řešení.

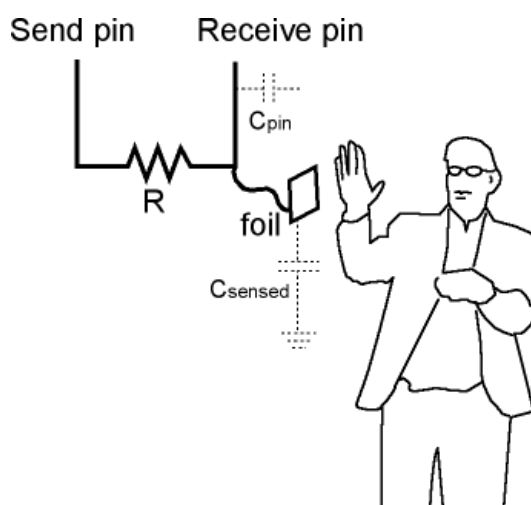
Princip tohoto senzoru se skrývá v samotném principu kondenzátoru, resp. jeho kapacitě. Kondenzátor je tvořen dvěma vodivými deskami oddělenými dielektrikem. Zvětšením vzdálenosti mezi deskami nebo změnou permeability prostředí můžeme ovlivňovat kapacitu kondenzátoru.

Senzor se skládá z jedné vodivé desky, která je připojena přes odpor hodnoty v řádech megaohmů na vstupní pin vývojové desky Arduino Mega (detailněji bude probrána v následující kapitole) a zároveň spojena s výstupním pinem. Druhou deskou v tomto provedení je přibližovaný objekt, v našem případě lidská ruka a tím obvod propojen se společnou zemí.

Vývojová deska vysílá impulsy do vstupního pin a měří čas, za který dojde na výstupní pin. Pokud před vodivou deskou není detekován žádný objekt, je časový rozdíl minimální. Pokud ale přiblížíme ruku, časový rozdíl se zněkolikanásobí a my tím stanovíme stav, kdy je tlačítko stisknuté. [12]

Na senzor v tlačítku byla použita vodivá hliníková fólie o tloušťce 0,02 mm, která byla nalepena ze zadní strany dotykové plochy tlačítka.

Princip kapacitního senzoru je znázorněn na obr. 6.



Obrázek 6 – Princip kapacitního senzoru [12]

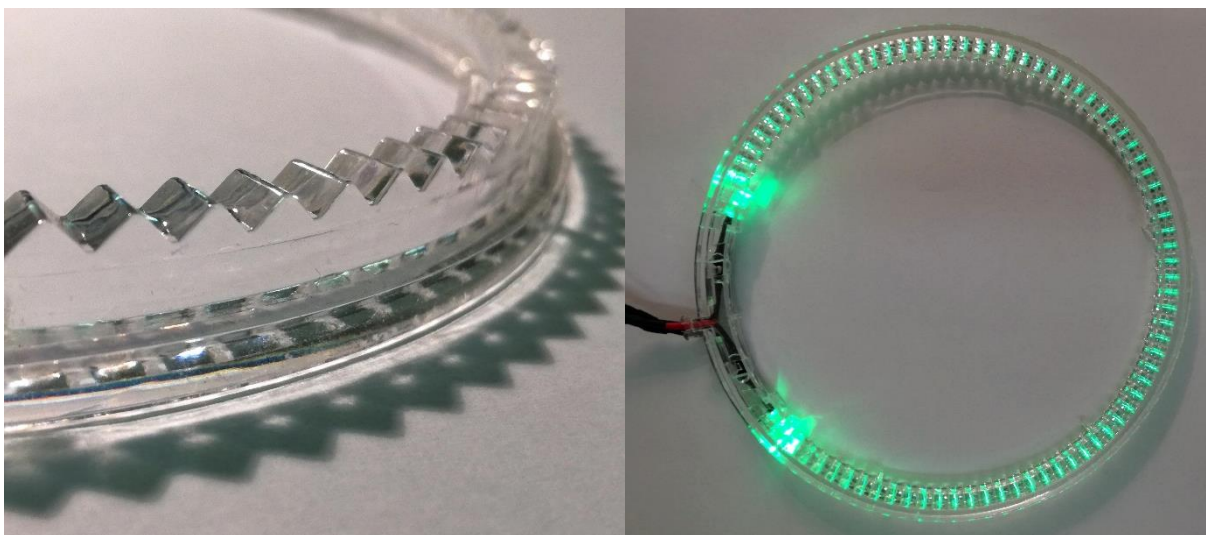
### 3.5.5.2 Návrh světlovodu

Současné řešení osvětlení tlačítka je tvořeno šesticí LED diod rozmístěných po jeho obvodu. Pro splnění požadavku přidání další barvy by bylo zapotřebí dalších šesti LED diod jiné barvy, tedy vytvoření dalších šest otvorů z přední strany tlačítka. Tím se uspořádání komplikuje a nabývá počet potřebných součástek. Proto jsem přišel s jiným řešením.

Dvanáct bodových světél z přední strany tlačítka jsem nahradil optickým členem – světlovodem. Světlovod je součástka vytvořená z materiálu, který dobře vede světlo, a která má za úkol rovnoměrně rozvádět světlo po obvodě a v co největší intenzitě ho odrážet směrem ke cvičícímu. Měl by tak přinášet uživatelům příjemnější pohled na svítící tlačítka a jejich snadnější vyhodnocování.

Další výhodou je menší počet použitých součástek. Navržený světlovod má dvě místa pro vložení LED diod tak, aby emitované světlo vcházelo do obvodu tečně. Budou tedy potřeba 4 diody do tlačítka – dvě červené a dvě zelené barvy.

Základním předpokladem je ale správné navržení geometrie. S ohledem na omezené možnosti výroby světlovodu, byl proveden základní předpoklad a následně geometrie převzata z funkčního komerčního provedení světlovodu. Jednalo se o optický člen z podsvícení rychlovarné konvice. (obr. 7)



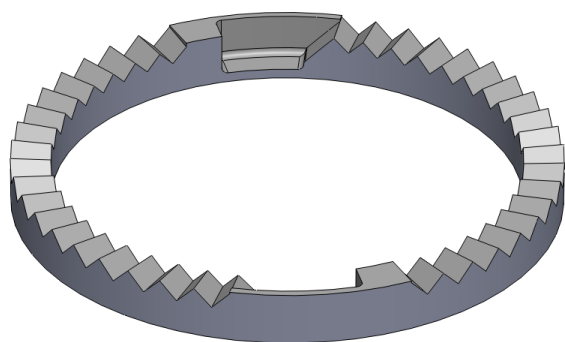
Obrázek 7 – Světlovod z rychlovarné konvice

V úvahu jsem vzal dvě možnosti provedení:

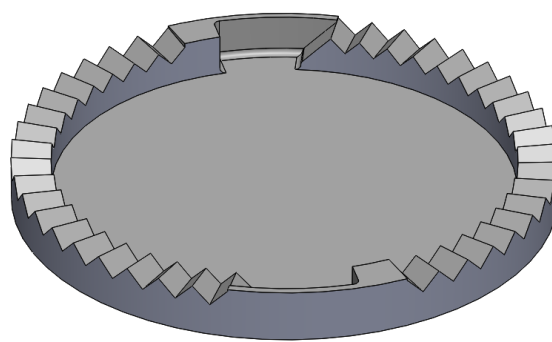
1. světlovod ve tvaru mezikruží (obr. 8)
2. světlovod jako součást celého středního dílu tlačítka. (obr. 9)

### 3.5.5.2.1 Světlovod ve tvaru mezikruží

Světlovod ve tvaru mezikruží (obr. 8) má z jedné strany zuby, o které se světlo láme a z druhé strany rovnou plochu, která bude z přední strany tlačítka. Toto řešení počítá s přilepením přímo na tělo tlačítka. Zároveň je ještě potřeba středový díl na vyplnění vnitřní oblasti mezikruží. Také jsou zde dvě kapsy pro vložení LED diod. Ty jsou konstruovány tak, aby světlo vcházelo do světlovodu tečně a osa diod byla přibližně ve výšce vrcholů zubů.



Obrázek 8 – Světlovod ve tvaru mezikruží



Obrázek 9 – Světlovod se středem

### 3.5.5.2.2 Světlovod se středním dílem

V tomto řešení (obr. 9) světlovod zahrnuje i středový díl. To znamená, že odlévaný kus je sice větší, odpadá však další lepený spoj na přední dotykové ploše. Stejně jako u varianty mezikruhového světlovodu jsou z jedné strany po obvodu rozmístěny zuby se dvěma kapsami pro LED diody a druhá strana je hladká. Ta v tlačítku přijde z přední strany. Vnitřní část je tenká a kapacitní senzor se umísťuje přímo na zadní stěnu. Abychom mohli v tlačítku uchytit i v této variantě potřebné elektrické vybavení, potřebujeme další díl, ne však tak složitý. Jedná se o sloupky s ploškou pro přilepení ze zadní strany světlovodu

Pro toto řešení jsem také vyzkoušel vytištěný světlovod z průsvitného materiálu. Tato varianta se ukázala jako velmi neuspokojivé řešení, neboť jím světlo velice obtížně prostupovalo. (obr. 10)

Porovnání variant:

	výhody	nevýhody
mezikruží	nízká spotřeba materiálu	lepení střední části
	snadné odformování	
	nízký rozptyl světla do okolí	
celé	vyplnění střední části	horší odformování
		větší spotřeba materiálu

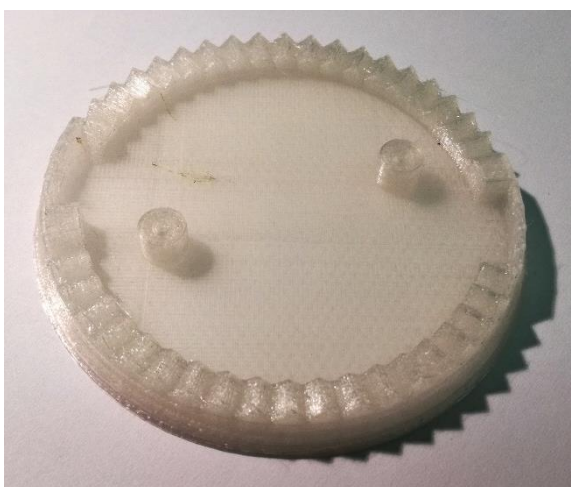
Tabulka 1 – Porovnání variant světlovodu

### 3.5.5.3 Materiál světlovodu

Volba materiálu musela být podřízena dostupným technologiím. Materiálem světlovodu byla zvolena transparentní epoxidová pryskyřice. Ta kombinuje dobré odlévací vlastnosti, průsvitnost, UV stabilitu i vhodné výsledné pevnostní a chemické vlastnosti.

Pro odlití světlovodu do prototypu jsem vytvořil čtyřdílnou formu, kterou jsem vytisknul technologií 3D tisku. (obr. 11) Při odlévání pryskyřice nebo jiného tekutého materiálu do pevné nesilikonové formy výrobce [13] uvádí, že je zapotřebí formu potřít separátorem, aby výsledný odlitek šel snáze oddělit od stěn formy a nedošlo ke slepení. I přes použití separátoru se hotový odlitek z formy dostával velice obtížně a došlo k poškození jak světlovodu, tak formy. Proto jsem zkusil použít jiný materiál.

Zvolil jsem silikonový polymer Lukopren N1000. Jedná se o transparentní materiál, u kterého po přidání katalyzátoru dojde k vulkanizaci a vytvrzení do silikonové pryže. Výsledné mechanické vlastnosti nejsou tak dobré jako u pryskyřice, ale velice dobře jde



Obrázek 10 – Vytisknutý světlovod



Obrázek 11 – Forma světlovodu

vyjmout z formy. Navíc je ve vedení světla lepší než pryskyřice. Pro zlepšení adheze k formě se před použitím musí forma potříť spojovacím prostředkem Lukoprenem Primerem A.

Po zhodnocení možnosti vytvoření světlovodu z pryskyřice nebo ze silikonu jsem vybral pro lepší odlévací schopnosti silikon Lukopren N1000.

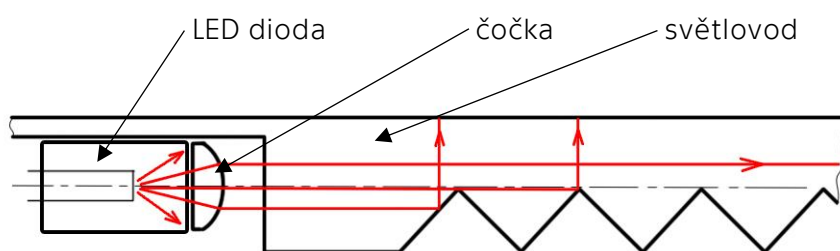
Pokud by se uvažovalo o sériové výrobě této rehabilitační pomůcky a požadovaným materiálem světlovodu by byla epoxidová pryskyřice, bylo by nutné vytvořit kovovou formu s vhodně navrženou geometrií pro snadné vyjmutí odlitku z formy. Řešením by mohlo být vytvoření kuželové plochy na vnitřní i vnější straně světlovodu.

#### 3.5.5.4 LED diody

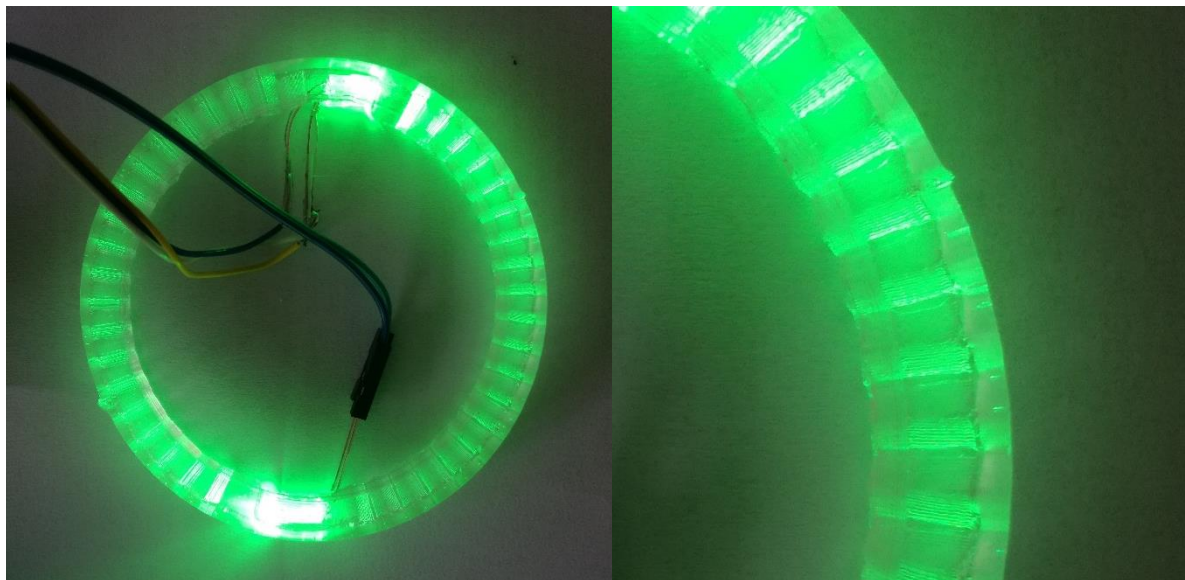
Protože se zásadním způsobem změnilo osvětlení tlačítek, musely se zvolit i jiné LED diody odpovídající novému řešení. Výběr nebyl tak pestrý, neboť se musely vejít do určeného místa ve světlovodu, zahrnovat dvě barvy a mít dostatečnou svítivost pro osvětlení světlovodu.

Technický list LED diod OS5RPM71A1B je uveden jako příloha [A]. Jedná se o obdélníkové vysoce svítivé diody o svítivosti 2000 mcd a velkém vyzařovacím úhlu (100°). Zároveň se jedná o jednobarevné diody zelené a červené barvy. Díky svým rozměrům se ale do prostoru ve světlovodu vměstnají diody obou barev.

Protože LED diody vykazují veliký úhel vyzařování, byla před ně ve světlovodu vložena drobná spojná čočka. Princip chodu paprsků a odrazu do prostoru před tlačítkem je znázorněn na obrázku 12.



Obrázek 12 – Princip chodu paprsků světlovodem přes spojnou čočku



Obrázek 13 – Realizace návrhu světlovodu

#### 3.5.5.5 Konstrukce tlačítka

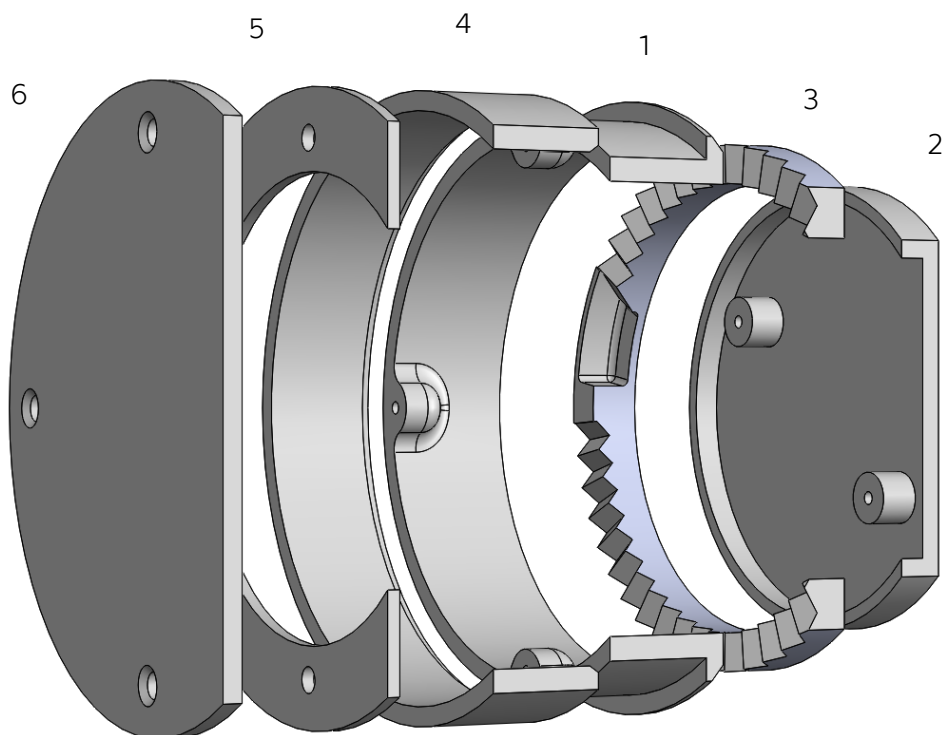
Abychom mohli detekovat dotyk ruky, musel jsem v tlačítku zachovat dostatečnou dotykovou plochu a zároveň respektovat minimální požadavek velikosti ze strany rehabilitačních pracovníků. Proto jsem zvolil průměr předního středového krytu 70 mm. (obr. 14–2) Dále jsou na něm z vnitřní strany sloupky s dírami pro přimontování desky plošných spojů tlačítka.

Samotné tlačítko je složeno z několika částí, které byly pro prototyp vytištěny technologií 3D tisku. Na obrázku 14 je řez tlačítkem.

Tělo tlačítka obsahuje výčnělky s dírami pro přišroubování zadního krycího víčka. Dále je v něm vybrání pro přivedení drátů.

Na přední i zadní části pogumované textilie jsou vyříznuty otvory. V přední části, na rozdíl od zadní, je ještě paprskovitě naříznut obvod otvoru a jeho části zasunuty a přilepeny mezi tělem a prstencem tlačítka. Podložka je zezadu přilepena k zadnímu dílu textilie. Víčkem je pak celé tělo staženo a zafixováno mezi přední a zadní stranou pomůcky.





Obrázek 14 – Složení tlačítka

1 – tělo tlačítka

4 – prsteneč

2 – přední kryt

5 – podložka

3 – světlovod

6 – víčko

Díky snadnému odkrytí zadního víčka je montáž, obsluha či servis jednotlivých tlačítek při případné poruše jednoduchá.

Pokud by se rehabilitační pomůcka vyráběla ve větší sérii, bylo by dobré změnit technologii výroby tlačítka. 3D tisk totiž není pro sériovou výrobu vhodný. Možným řešením by bylo vytvořit tlačítko z plastových trubek a desek.

### 3.5.6 Kryt pro řídicí jednotku

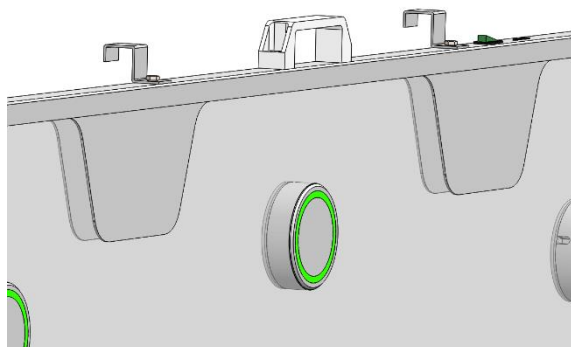
Srdcem celé rehabilitační pomůcky je programovatelný mikropočítač Arduino Mega. Jedná se o jednu z větších desek, které tato open-source platforma nabízí. Vedle programovatelného mikroprocesoru jsou na desce vstupně-výstupní piny, analogové piny, napájecí konektor nebo USB port pro sériovou komunikaci s PC.

Vedle různých provedení desek nabízí Arduino i jednoduchý programovací jazyk podobný jazyku C. Nejpoužívanější editorem je Arduino IDE, který je dostupný třeba na oficiálních stránkách [14].

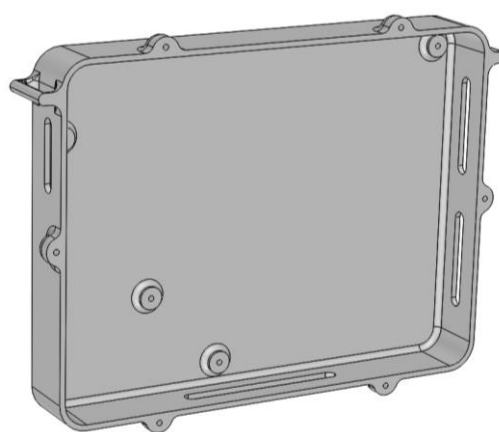
Arduino musí být správně uloženo a chráněno před možnými mechanickými poškozeními. Ty mohou především nastat v důsledku nevhodného zacházení s pomůckou. Tedy je třeba uložit řídicí programovací čip spolu s hlavní deskou plošných spojů do nějakého pouzdra. Zamýšleny byly dvě možnosti.

První počítá s přidáním dvou vhodně seříznutých desek do hlavního U profilu tak, aby se do prostoru mezi vyříznutými místy vešly všechny potřebné součástky. Toto řešení ukázalo poměrně značné množství nevýhod. Prostor mezi deskami je pro zachování minimální tloušťky kobercového konceptu dosti omezený, není možný snadný dodatečný servis či výměna součástí, nebo se v horní části znemožní svinutí pomůcky. Tato varianta však skrývá určitý designový potenciál. (obr. 15)

Druhá varianta, která se ukázala jako praktičtější možnost, umísťuje čip s deskou plošných spojů do pouzdra podobného tlačítkům. Z přední strany pomůcky není znatelné a ze zadní strany je servisní víčko. Tento kryt je umístěn v horní části pomůcky v místě mezi tlačítky. Aby se v co největší míře zachovala ohebnost koberce, je volně připojen k hornímu profilu pomocí suchého zipu. Ten také umožňuje přesné napolohování vůči zadnímu víčku. Kryt je vytištěn technologií 3D tisku z materiálu PETG. (obr. 16)



Obrázek 15 – Ochranné desky



Obrázek 16 – Pouzdro

### **3.5.7 Ostatní konstrukční prvky**

Svinutý stav pomůcky pojišťují tři textilové pásky šířky 30 mm s našitými suchými zipy. Jsou umístěny na zadní straně, aby při pověšení a rozbalení rehabilitační pomůcky nevisely přes přední stranu. Jejich délka by měla obmotat celý svinutý koberec. Jeden konec pásku je opatřen dírou a vložen mezi U profil a hranol v místě šroubového spoje. Šroub procházející dírou a tření mezi páskem a profily zajišťují pevné uložení pásku.

Druhý konec je opatřen suchým zipem a po obtočení kolem svinutého koberce by měl končit v dolní části. Tím se zajistí snadné rozvinutí i pro lidi s poruchou motoriky.

Do spodní části pomůcky je všita hliníková trubka 18 × 1 mm, aby se pomůcka při zavěšení sama narovнала do svislé polohy. Zároveň se zvýší tuhost spodního okraje a při svinování koberce se tak snadněji začne namotávat v celé své šířce.

Prostor mezi přední a zadní stranou je vyplněn molitanem o tloušťce 2 cm. Jeho funkce spočívá v příjemnějším dotyku místa mezi tlačítky a zároveň tlumí případné nárazy částí těla pacientů do pevných objektů za pomůckou.

### **3.5.8 Volba elektroniky**

Elektrická část tohoto přístroje byla řešena jinými studenty v rámci oborového projektu, proto se jí zde nebudu zabývat podrobně.

V každém tlačítku se nachází deska plošných spojů vycházející z návrhu uvedeném v diplomové práci [9]. Byla však provedena redukce velikosti a uspořádání jednotlivých členů obvodu. Změněno bylo také osvětlení tlačítek, které je popsáno v kapitole 3.5.5.4 *LED diody*.

K obvodu je připojen i kapacitní senzor tlačítka. Jeho citlivost je možné nastavovat v každém tlačítku zvlášť pomocí trimru. Do každého tlačítka je přiveden sedmižilový drát zajišťující jak zdroj napětí, tak i ovládací signály. Všechny dráty jsou pak svedeny k hlavní desce plošných spojů umístěné u Arduina.

Napájení zajišťuje dvojice 3,7 V nabíjecích baterií zapojených sériově s kapacitou 3100 mAh. Ty umožňují i napájet pomůcku ze sítě pro trvalé používání v rehabilitačních centrech.

### **3.5.9 Komunikace přístroje a PC**

Protože průběh onemocnění roztroušené sklerózy je u každého člověka individuální, je nezbytné, aby byl rehabilitační přístroj přizpůsobitelný různým zdravotním stavům pacientů. Pro ukládání výsledků cvičení a přenos individuálního nastavení přístroje byla zvolena SD karta. Komunikaci s ní totiž Arduino nativně podporuje a ani její moduly nejsou drahé.

Na SD kartu nahraje terapeut soubor vytvořený programem popsáním v následujících kapitolách. Ten obsahuje parametry jako počet rozsvícených tlačítek v jednom cyklu, zda se mají rozsvěcet dvě barvy nebo například na jakou barvu má pacient reagovat. Při spuštění rehabilitační pomůcky se přístroj nejprve snaží navázat spojení s SD kartou. Pokud vložená není, přístroj čeká na její vložení blikáním středového tlačítka. Po vložení se parametry nahrají do paměti pomůcky. Po ukončení cvičebního cyklu se úspěšnost (eventuálně čas reakce) zapíše do souboru a uloží na SD kartu. Při další návštěvě tak má ošetřující lékař možnost vyhodnotit výsledky klienta a přizpůsobit další léčbu.

## **4 Návrh konceptu programu pro terapeutu**

### **4.1 Programovací jazyk C#**

Abych dosáhl předem stanovených požadavků na rehabilitační pomůcku, bylo potřeba vytvořit prostředí pro terapeutu, které by zajišťovalo individuální přístup ke každému klientovi a bylo příjemné i pro obsluhu. Pro vytvoření prostředí byl použit program Microsoft Visual C# 2008 Express Edition, který používá jazyk C#. Program je volně dostupný například na adrese [15].

### **4.2 Základní požadavky**

Po konzultaci s firmou ERILENS s. r. o. a lékaři z praxe byly stanoveny základní požadavky na obsluhující program:

1. správa jednotlivých klientů, informací o nich nebo ukládání historie cvičení,
2. individuální nastavení cvičebních cyklů v rehabilitační pomůcce ať už v rehabilitačním centru, nebo u klienta doma,
3. možnost zvolit jeden ze dvou (či do budoucna více) módů.

Kromě těchto potřeb je nezbytné, aby se v něm skloubila jednoduchost prostředí s intuitivním ovládáním. Také jsem se snažil zaměřit na praktičnost a určitými přednastavenými volbami ulehčit obsluhu práci.

### 4.3 Řešení

Úvodní stránka programu (obr. 17) je členěna do tří sloupců. Levý sloupec poskytuje informace o zvolném klientovi – jméno, rodné číslo, místo narození, zdravotní pojišťovna a případné poznámky. V dolní polovině tohoto sloupce je prostor pro zobrazení historie cvičení, zejména její úspěšnosti. Tyto informace se načítají vždy z SD karty, kterou si pacient bude s sebou na vyšetření nosit a na kterou bude dostávat i aktuální cvičební program. Forma zápisu je tvořena hlavičkou z data a času nahrání výsledků. Pod ní se vypisují výsledky z jednotlivých cvičení – každý na samostatný řádek. První číslice udává počet správných reakcí, případně průměrnou dobu, po které cvičící pacient zareagoval, a do závorek počet nesprávně zmáčknutých tlačítek.

The screenshot displays a web application interface with three main vertical sections:

- Left Column (INFORMACE O KLIENTOVI):** Contains input fields for 'Jméno', 'Rodné číslo', 'Místo narození', and 'Zdravotní pojišťovna' (a dropdown menu). Below these is a 'Poznámky' field. At the bottom of this column is a 'Výsledky:' label.
- Middle Column (VYHLEDÁVÁNÍ):** Features a search input field at the top. Below it is a section for 'Nahrané výsledky:' with an 'Uložit' button. At the bottom, there is a 'Poslední nastavení programu:' section with input fields for 'Počet opakování', 'Odezva', 'Dvoubarevně', and 'Aktivní barva'. To the right of these fields is a grid of 12 checkboxes numbered 1 through 12.
- Right Column:** A vertical sidebar with buttons: 'Nový klient', 'Smazat klienta', 'Upravit klienta', 'Vygenerovat program', and 'Nahrát výsledky'. At the bottom, it shows 'verze 1.1' and a red 'Konec' button.

Obrázek 17 – Úvodní obrazovka programu

Střední sloupec je rozdělen na horní a dolní část. Horní slouží k vyhledávání konkrétního klienta. Ihned po vepsání prvního písmene do určeného řádku se začne pod ním tvořit seznam odpovídajících výsledků hledání. Po označení žádaného klienta se k němu načtou veškerá dostupná data. Spodní část má dva hlavní úkoly. Za prvé se zde ukládají nahrané výsledky do profilu klienta zmáčknutím tlačítka *Uložit*. Za druhé je zde panel zobrazující poslední nastavení cvičebního programu. Ten obsahuje jak parametry udávající počet opakování či zda se jedná o jednobarevný nebo dvoubarevný mód, tak schematicky zobrazená tlačítka, která jsou při cvičení aktivní.

Ve třetím, pravém sloupci je menu programu. Obsahuje všechny potřebné funkce, které toto navržené prostředí nabízí. Jedná se o zavedení nového klienta – *Nový klient*, odstranění záznamu – *Smazat klienta*, při potřebě doplnění či změny údajů klienta – *Upravit klienta*, pro vytvoření cvičebního programu – *Vygenerovat program* a pro nahrání výsledků cvičení z pacientovy SD karty – *Nahrát výsledky*.

Při kliknutí na volbu *Nový klient* nebo *Vygenerovat program* se otevřou nová okna, která budou popsána dále.

V dolní části je tlačítko na ukončení programu, nad kterou je drobné označení verze programu.

Zvláštní pozornost byla věnována volbě barevného uspořádání programu. Podle zdroje [16] se ukazuje, že barvy grafického prostředí ovlivňují jak psychiku, tak fyziologii člověka. Proto jsem se snažil zvolit takovou barevnou kombinaci, která bude ladit a bude příjemná. Barvy jsem doladil pomocí on-line palety Adobe Color [17].

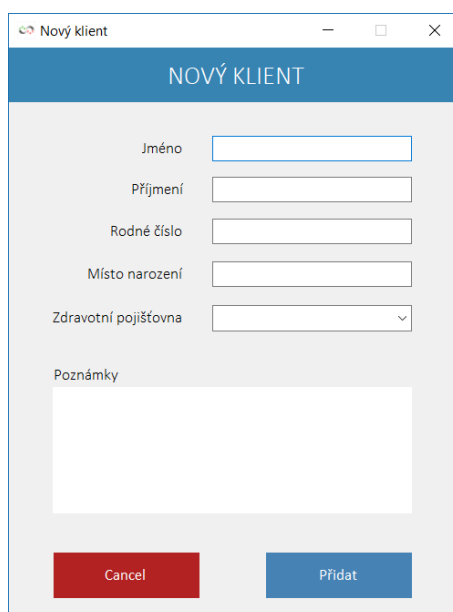
#### **4.3.1 Chybové hlášky**

Pro správný chod aplikace bylo zapotřebí se vyvarovat nechtěných neřešitelných příkazů. Například pokud bychom chtěli *Smazat klienta*, aniž bychom uvedli kterého, program vyhlásí chybu a spadne. Tyto kombinace jsem ošetřil funkcemi *if()*, které pokud jsou splněny, spustí dialogové okno s popisem, proč danou činnost nelze provést. Za příkaz *else* poté následuje požadovaná operace ve složených závorkách.

```
if (LB.SelectedItem == null)
{
    MessageBox.Show("Není zvolen klient!", "Upozornění",
        MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Warning);
}
else
{ ... }
```

### 4.3.2 Nový klient

Při vkládání nového klienta se objeví nové okno (obr. 18). To je tvořeno *Textboxy* s popisky a dvěma tlačítky v dolním okraji okna. Jedno tlačítko ukládá nového klienta a druhé zavírá celou úlohu pro vytvoření nového klienta. Pro správné uložení nového záznamu je potřeba, aby bylo vyplněno pole se jménem, s příjmením a rodným číslem. V opačném případě je uživatel upozorněn na konkrétní chybějící údaje.



Obrázek 18 – Nový klient

Rodné číslo je navíc kontrolováno proti překlepu. Od roku 1954 se za šestičíslicí představující rok, měsíc a den narození udávají ještě čtyři další číslice. Poslední číslice je kontrolní a představuje celočíselný zbytek po vydělení prvních devíti číslic jedenácti. Celé rodné číslo je tedy bezzbytku dělitelné 11.

Existuje ale výjimka potvrzující toto pravidlo. Pokud je číslo složené z prvních devíti číslic bezzbytku dělitelné 11, pak je desáté kontrolní číslo rovno 0 a celé číslo dělitelné 11 není. Lidé narození před rokem 1954 mají rodné číslo pouze devítimístné a dělitelnost 11 neplatí. Jinou kontrolou ošetřeno není. [18]

Program tedy po stisknutí tlačítka *Uložit* zkontroluje počet číslic vepsaného rodného čísla a pokud má 9 nebo 10 míst, nevypíše chybnou hlášku a pokračuje v kontrolování dál. U desetimístných čísel porovnává celočíselný zbytek po vydělení devítimístného čísla 11 s poslední kontrolní číslicí. Pokud je zbytek roven nule, kontroluje celočíselnou dělitelnost rodného čísla 10.

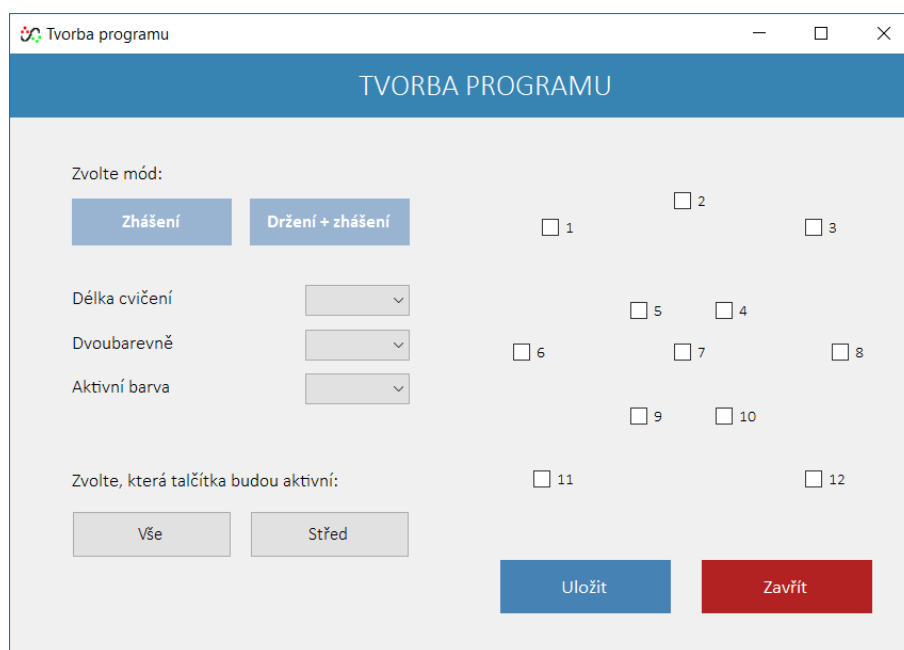


U devítimístného rodného čísla program kontroluje pouze první číselnou dvojici, jestli je v rozmezí 00–53 a pokud je toto splněno, pro jistotu ještě jednou vyzve obsluhu ke zkontrolování správnosti rodného čísla.

### 4.3.3 Tvorba programu

Jak již bylo uvedeno v úvodu této kapitoly, program by měl umět individuálně nastavit průběh cvičení. K tomu slouží tlačítko *Vygenerovat program* v hlavním menu prostředí. Po stisknutí se objeví nové okno s volitelným nastavením ve dvou sloupcích (obr. 19). V levé části terapeut volí jeden ze dvou módů cvičení.

Mód *Zhášení* rozsvěcuje tlačítka, která se stisknutím zhasnou a cvičící jich má zhasnout za daný čas co nejvíce.



Obrázek 19 – Návrh programu

Druhý mód *Držení + zhášení* představuje cvičení, kdy se jedno tlačítko drží a druhou rukou se zháší tlačítka odlišné barvy.

Doba cvičebního cyklu se nastaví *Délkou cvičení* a barva, kterou pacient zháší, nebo přidržuje, se nastavuje volbou *Aktivní barva*.

V pravém sloupci jsou symbolicky znázorněná tlačítka rehabilitační pomůcky. Zaškrtnutím se volí, zda bude či nebude během cvičení aktivní. Pro usnadnění a zrychlení volby jsou v levém sloupci v dolní části dvě tlačítka, která označí všechna tlačítka, nebo v druhém případě pouze pět středových tlačítek.

Terapeut musí vyplnit všechna políčka, tedy celý levý sloupec, a zaškrtnout alespoň jedno aktivní tlačítko. V opačném případě se objeví upozorňovací hláška a program nebude uložen.

Výstupem Tvorby programu je soubor *data.txt*, který se uloží na připojenou SD kartu. Z vložené karty si přístroj načte nastavené parametry a spustí patřičný mód.

Při spuštění *Tvorby programu* u klienta, kterému již dříve byl program vygenerován, se nastavitelné hodnoty automaticky navolí dle posledního nastavení programu. Rehabilitační pracovník tak má hned k dispozici přehled, za jakých podmínek klient cvičil, a dle výsledků cvičení může provést patřičnou změnu nastavení.

#### **4.4 Zhodnocení**

Napsaný program je plně funkční a navržený tak, aby jeho obsluha byla snadná a intuitivní. Zahrnuje správu uživatelů, úpravu informací, možnost individuálního nastavení cvičení či zobrazení historie cvičení. Pomocí zadaných kritérií by se mělo eliminovat nechtěné překliknutí či přepsání. Jeho možnost instalace je omezená jen na operační systém Microsoft Windows, který je však rozšířen na téměř 90 % všech desktopových zařízení. [19]

Program má ale také své slabiny. Tou nejzásadnější je nesplňování Obecného nařízení na ochranu osobních údajů neboli GDPR, které platí od 25. května 2018. Osobní údaje totiž ve formátu *.txt*, do kterého jsou ukládána, nejsou chráněny proti případnému zneužití.

Druhou věcí, která by byla hodna zlepšení, je zobrazování historie cvičení klientů. Ideální by bylo zobrazení cvičení do grafů, ze kterých by bylo na první pohled jasné zlepšení či zhoršení zdravotního stavu pacientů.

## 5 Závěr

Cílem této práce bylo přepracování rehabilitační pomůcky. V porovnání s jejím současným řešením a na základě vznesených požadavků byly přidány nové funkce.

V úvodních kapitolách jsem se zabýval problematikou roztroušené sklerózy, abych nastínil prostředí, do kterého je pomůcka situována, a čím jsou pacienti handicapováni.

Samotný návrh konstrukce vyhovuje požadavkům. Velký důraz byl kladen na to, aby si pomůcku mohli pacienti obsluhovat doma sami. U každého člověka se však nemoc projevuje v jiné intenzitě, a tak až zavedení pomůcky do lékařské praxe ukáže, zda je tento koncept vyhovující.

Velké úsilí jsem také věnoval novému osvětlení tlačítek. Navržený světlovod vede světlo dostatečně. Jeho vyzařování by se jistě dalo vylepšit vhodnou úpravou povrchu.

Vhledem k tomu, že elektrické vybavení přístroje bylo řešeno jinými studenty, bylo navržení programu do přístroje závislé od jejich práce. Nebylo jej proto možné z časových důvodů více propracovat.

Výsledkem mé práce je také návrh adekvátního prostředí pro terapeutu. Obsahuje základní funkce a jeho spojení s rehabilitační pomůckou je plně funkční.

Díky této práci jsem se naučil spoustu nových věcí. Seznámil jsem se s technologií 3D tisku a zjistil, jaké jsou její možnosti a omezení. Objevil jsem potenciál programovatelných čipů Arduino, zkusil jsem vytvořit desktopovou aplikaci a procvičil se v konstrukci. Zároveň také doufám, že úsilí věnované této pomůcce bude v budoucnu prospěšné lidem potýkajícím se s roztroušenou sklerózou.

## 6 Zdroje

- [1] KUBALA HAVRDOVÁ, Eva. *Roztroušená skleróza*. Ilustroval Klára ZÁPOTOCKÁ, ilustroval Veronika BRATRYCHOVÁ. Praha: Mladá fronta, 2013. Aeskulap. ISBN 978-80-204-3154-7.
- [2] *Roztroušená skleróza v ČR: Aktivní život* [online]. [cit. 2018-06-11]. Dostupné z: <http://www.aktivnizivot.cz/zajimave-tipy/roztrousena-skleroza-v-cr/>
- [3] *Informace o roztroušené skleróze: Aktivní život* [online]. [cit. 2018-06-11]. Dostupné z: <http://www.aktivnizivot.cz/informace-o-rs/co-je-rs/>
- [4] KUBOVÁ, Karolína. *Využití senzomotorické stimulace u pacientů s roztroušenou sklerózou*. Kladno, 2017. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva. Vedoucí práce Mgr. Monika Kimličková.
- [5] *Multiple Sclerosis International Federation* [online]. [cit. 2018-06-11]. Dostupné z: <https://www.msif.org/>
- [6] *Přehledové články: Roztroušená skleróza u pacientů v adolescentním věku* [online]. Lékařská fakulta UK v Hradci Králové [cit. 2018-06-11]. Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2013/03/08.pdf>
- [7] *Diplomová práce o RS: Roztroušená skleróza* [online]. [cit. 2018-06-11]. Dostupné z: <http://www.ereska.cz/diplomka/>
- [8] *Full Service: Lovec světla* [online]. [cit. 2018-06-11]. Dostupné z: <https://www.full-service.cz/images1/lovec6.jpg>
- [9] VONDRA, Jakub. *Rehabilitační přístroj*. 2016. Diplomová práce. ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav přístrojové a řídicí techniky. Vedoucí práce Ing. Bc. Šárka Němcová, Ph.D.
- [10] *Chci Látky.cz* [online]. [cit. 2018-06-11]. Dostupné z: [https://www.chcilatky.cz/ubrus-pvc-s-textilnim-podkladem-uni-bila-s-140cm-metraz.html?gclid=EAlaIQobChMIgZrk0bTI2glVwW4bCh1t6gudEAQYAyABEgL2KPD\\_\\_BwE#1](https://www.chcilatky.cz/ubrus-pvc-s-textilnim-podkladem-uni-bila-s-140cm-metraz.html?gclid=EAlaIQobChMIgZrk0bTI2glVwW4bCh1t6gudEAQYAyABEgL2KPD__BwE#1)
- [11] *AK Plast s. r. o.* [online]. [cit. 2018-06-11]. Dostupné z: <http://www.akplast.cz/>
- [12] *Arduino: Capacitive Sensing Library* [online]. [cit. 2018-06-11]. Dostupné z: <https://playground.arduino.cc/Main/CapacitiveSensor?from=Main.CapSense>

- [13] *Technický list: Epoxid G300* [online]. [cit. 2018-06-11]. Dostupné z: <http://www.levnetmely.cz/soubory/tds/transparentni-lici/epox-g300.pdf>
- [14] *Arduino: Download the Arduino IDE* [online]. [cit. 2018-06-11]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>
- [15] *Microsoft: Visual Studio* [online]. [cit. 2018-06-11]. Dostupné z: <https://go.microsoft.com/?linkid=7729278>
- [16] KLAŠKA, Michal. *Vliv barvy uživatelského rozhraní na výkon uživatele*. Brno, 2008. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta sociálních studií, Katedra psychologie. Vedoucí práce Mgr. Miroslav Šipula.
- [17] *Adobe Color CC: Barevný kruh* [online]. [cit. 2018-06-11]. Dostupné z: <https://color.adobe.com/cs/create/color-wheel/>
- [18] *Zákony pro lidi.cz: Zákon o evidenci obyvatel a rodných číslech a o změně některých zákonů* [online]. [cit. 2018-06-11]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-133#Sum>
- [19] *Net Marketshare: Market Share Statistics for Internet Technologies* [online]. [cit. 2018-06-11]. Dostupné z: <https://netmarketshare.com/operating-system-market-share.aspx>

## 7 Seznam obrázků

Obrázek 1 – Komerční provedení „Lovec světla“ [8].....	12
Obrázek 2 – Model rehabilitační pomůcky .....	15
Obrázek 3 – Rozmístění tlačítek, uložení hranolu do U profilu .....	16
Obrázek 4 – Závěsné očko .....	18
Obrázek 5 – Závěsné háčky .....	18
Obrázek 6 – Princip kapacitního senzoru [12] .....	19
Obrázek 7 – Světlovod z rychlovarné konvice .....	20
Obrázek 8 – Světlovod ve tvaru mezikruží.....	21
Obrázek 9 – Světlovod se středem.....	21
Obrázek 10 – Vytlaštěný světlovod.....	22
Obrázek 11 – Forma světlovodu .....	22
Obrázek 12 – Princip chodu paprsků světlovodem přes spojnou čočku.....	23
Obrázek 13 – Realizace návrhu světlovodu .....	24
Obrázek 14 – Složení tlačítka .....	25
Obrázek 15 – Ochranné desky .....	26
Obrázek 16 – Pouzdro.....	26
Obrázek 17 – Úvodní obrazovka programu.....	30
Obrázek 18 – Nový klient .....	32
Obrázek 19 – Návrh programu .....	33

## 8 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Porovnání variant světlovodu .....	22
--	----

## 9 Přílohy

- [A] Technický list diod
- [B] Program do Arduina
- [C] PC prostředí pro terapeutu (CD)
- [D] Sestava tlačítka