



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ**

**Katedra biomedicínské techniky**

**Návrh a realizace anesteziologického záznamu na základě analýzy  
požadavků uživatelů**

**Design and implementation of anesthesia record based on user  
requirements analysis**

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika  
Studijní obor: Biomedicínský technik

Vedoucí práce: MUDr. Jan Bruthans, Ph.D.

**Barbora Nezpěváková**

---

**Kladno 2020**

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Nezpěváková** Jméno: **Barbora** Osobní číslo: **478146**  
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**  
Garantující katedra: **Katedra biomedicínské techniky**  
Studijní program: **Biomedicínská a klinická technika**  
Studijní obor: **Biomedicínský technik**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Návrh a realizace anesteziologického záznamu na základě analýzy požadavků uživatelů**

Název bakalářské práce anglicky:

**Design and implementation of anesthesia record based on user requirements analysis**

Pokyny pro vypracování:

Navrhněte a realizujte SW aplikaci pro vytvoření anesteziologického záznamu, realizovaném na anesteziologickém přístroji. Provedte analýzu potřeb zdravotnických zařízení z hlediska náležitostí a praktické realizace anesteziologického záznamu. Ve vhodném SW prostředí realizujte rozhraní, reflektující zjištěné požadavky klinických pracovníků na tuto aplikaci. Analyzujte komunikační protokol anesteziologického zařízení, které snímá potřebná data a navrhněte řešení komunikačního spojení PC a anesteziologického přístroje. Realizovanou aplikaci otestujte pomocí simulovaných dat a pomocí zdravotnické techniky z klinické praxe.

Seznam doporučené literatury:

- [1] John G. Webster, Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation, ed. 6, Wiley, 2006, ISBN 978-0-471-26358-6
- [2] Pavel Dostál a kol., Základy umělé plicní ventilace, ed. 2. rozšířené vydání, Maxdorf, 2005, 304 s., ISBN 80-7345-059-3

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

**MUDr. Jan Bruthans, Ph.D.**

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

**Ing. Petr Kudrna, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **17.02.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: **19.09.2021**

  
prof. Ing. Peter Kneppo, DrSc.  
podpis vedoucí(ho) katedry

  
prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.  
podpis děkana(ky)

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Návrh a realizace anesteziologického záznamu na základě analýzy požadavků uživatelů“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Kladně dne 21. 5. 2020

.....

Barbora Nezpěvákova

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych poděkovala MUDr. Janu Bruthansovi, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce, cenné rady k dané problematice a odborný dohled. Děkuji také Ing. Petru Kudrnovi, Ph.D. za věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce.



## **ABSTRAKT**

### **Návrh a realizace anesteziologického záznamu na základě analýzy požadavků uživatelů:**

Nehledě na délku operace je anesteziolog povinen vést záznam o anestezii. Tento záznam je dokumentem o průběžném stavu pacienta a podání léků během operace. Přestože v zahraničí jsou tyto záznamy pořizovány automaticky, pomocí anesteziologických informačních systémů (AIMS), u nás v České republice jsou stále dokumentovány ručně. Cílem této práce je navrhnout a realizovat aplikaci, která umožní automaticky zaznamenávat sledované parametry ve snaze usnadnění práce anesteziologa.

Experiment byl proveden na monitoru vitálních funkcí firmy GE Datex-Ohmeda S/5, který byl připojen k počítači pomocí sériové linky a USB portu. Bylo vytvořeno uživatelské rozhraní na základě analýzy požadavků klinických pracovníků.

### **Klíčová slova**

anesteziologie, anesteziologický záznam, automatizace záznamu, informační systém

## **ABSTRACT**

### **Design and implementation of anesthesia record based on user requirements analysis:**

Regardless of the length of the operation, the anesthesiologist must keep a record of anesthesia. This record is a document about the patient's ongoing status and medication administration during surgery. Although these records are made abroad automatically using anesthesia information systems (AIMS), they are still manually documented in the Czech Republic. The aim of this work is to design and realize an application that will enable the recording of monitored parameters automatically in an effort to facilitate the work of anesthetist.

The experiment was performed on the GE Datex-Ohmeda S/5 vital signs monitor that was connected to a computer via a serial line and USB port. A user interface was created based on the analysis of clinical staff requirements.

### **Keywords**

anesthesiology, anesthesiology record, record automation, information system

# Obsah

<b>Seznam symbolů a zkratk</b> .....	<b>9</b>
<b>1 Úvod</b> .....	<b>10</b>
1.1 Anestezie a anesteziolog.....	10
1.2 Anesteziologický záznam.....	11
1.3 Automatizace anesteziologického záznamu .....	11
1.3.1 Systémy pro automatické vedení anesteziologického záznamu.....	11
1.3.2 Anesteziologický informační systém.....	11
<b>2 Přehled současného stavu</b> .....	<b>13</b>
2.1 Anesteziologický systém, záznam a export dat .....	15
<b>3 Cíle práce</b> .....	<b>18</b>
<b>4 Metody</b> .....	<b>19</b>
4.1 Analýza anesteziologického záznamu.....	19
4.2 Návrh řešení připojení PC a monitoru vitálních funkcí .....	20
4.3 Analýza komunikačního protokolu.....	21
4.4 Návrh GUI softwaru automatického záznamu.....	22
4.5 Testování aplikace.....	23
4.5.1 Testování aplikace na EKG simulátoru a dobrovolníkovi .....	23
4.5.2 Testování na HPS simulátoru .....	24
<b>5 Výsledky</b> .....	<b>26</b>
5.1 Řešení připojení PC a monitoru vitálních funkcí.....	26
5.2 Analýza komunikace přístroje a počítače.....	26
5.2.1 Start komunikace .....	26
5.2.2 Zjištěné parametry přenosu dat z monitoru S/5.....	27
5.2.3 Zpracování dostupných dat .....	29
5.3 Analýza anesteziologického záznamu.....	30
5.4 Tvorba automatického záznamu .....	31
5.4.1 Nastavení ventilace .....	33
5.4.2 Automatický záznam.....	34
5.5 Výsledky testování aplikace .....	36
5.5.1 Testování SW aplikace na EKG simulátoru a dobrovolníkovi .....	36

5.5.2	Testování na HPS simulátoru .....	39
<b>6</b>	<b>Diskuse .....</b>	<b>41</b>
6.1	Komplikace a možná řešení komunikace monitoru s PC .....	41
6.2	Vyhodnocení funkcionality systému .....	41
6.2.1	Připojení k monitoru a získání hodnot parametrů .....	41
6.2.2	Interpretace dat – GUI .....	42
6.2.3	Testování aplikace PRDD .....	42
6.3	Limitace práce, směřování práce do budoucna a klinické využití .....	43
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>45</b>
	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>46</b>
	<b>Příloha A: Návod na použití aplikace PRDD .....</b>	<b>50</b>
	<b>Příloha B: Obsah přiloženého DVD .....</b>	<b>51</b>

# Seznam symbolů a zkratk

## Seznam zkratk

Zkratka	Význam
AARKS	Systémy pro automatické vedení anesteziologického záznamu
AIMS	Anesteziologický informační systém
BP	Blood Pressure, Krevní tlak
ČVUT	České vysoké učení technické v Praze
EKG	Elektrokardiografie
EtCO <sub>2</sub>	End-Tidal Volume CO <sub>2</sub> , Parciální tlak CO <sub>2</sub> při výdechu
GE	General Electric
GUI/UI	Graphical User Interface, Uživatelské rozhraní
HPS	Human Patient Simulator, Simulátor lidského pacienta
HR	Heart Rate, Srdeční frekvence
I:E	Poměr inspiria ku expiriu
IAP	Intra-Abdominal Pressure, Intraabdominální tlak
IKEM	Institut klinické a experimentální medicíny
IBP	Invasive Blood Pressure, Invazivní měření krevního tlaku
JIP	Jednotka intenzivní péče
NIBP	Non-Invasive Blood Pressure, Neinvazivní měření krevního tlaku
NIS	Nemocniční informační systém
PC	Personal Computer, Osobní počítač
PEEP	Positive End-Expiratory Pressure, Pozitivní tlak na konci výdechu
PIP	Peak Inspiratory Pressure, Nejvyšší hodnota tlaku působícího na plíce během inhalace
PRDD	Program for Reading and Displaying Data, Program pro čtení a zobrazování dat, Název výstupní aplikace této bakalářské práce
RR	Respiratory Rate, Dechová frekvence
RS-232	Recommended Standard 232, Sériová linka
SpO <sub>2</sub>	Saturation of Peripheral Oxygen, Saturace krve kyslíkem
SW	Software
USA	United States of America, Spojené státy americké
USB	Universal Serial Bus, Univerzální sériová sběrnice
USD	United States Dollar, Americký dolar
VFN	Všeobecná fakultní nemocnice v Praze
Vt	Tidal Volume, Objem vdechnutý na jeden nádech

# 1 Úvod

V dnešní době technologického vzestupu se operace čím dál tím více stávají běžnou záležitostí našeho života. Počet zákroků rok od roku stoupá a jejich nedílnou součástí je i anestezie. Nehledě na délku operace je anesteziolog povinen vést potřebnou dokumentaci – záznam o anestezii. [1] Přestože v celé řadě ekonomicky bohatých zemí, zejména těch, kde sídlí firmy vyrábějící anesteziologické přístroje, jsou tyto záznamy pořizovány automaticky, pomocí anesteziologických informačních systémů, u nás v České republice a jiných zemích tomu tak není a záznamy jsou stále dokumentovány ručně. Důvodem je především cena a složitost provozu zařízení podporující software pro automatický záznam. Operace nemá vždy hladký průběh a nastane-li jakákoli neočekávaná situace, anesteziolog není schopen v průběhu ručně zapisovat aktuální pacientův stav. Dochází tak ke zbytečným časovým ztrátám, chybám a vzdalování se pacientovi. [2] Proto je cílem této bakalářské práce navrhnout a realizovat uživatelsky přívětivý systém, který umožní automatickou tvorbu anesteziologických záznamů.

## 1.1 Anestezie a anesteziolog

Obecná anestezie je v podstatě lékařsky indukované kóma. Anestetika způsobují reverzibilní ztrátu vědomí a analgezií. [3, 4] Léky jsou podávány intravenózně či inhalačně anesteziologem, zdravotní anesteziologickou sestrou nebo speciálně vyškoleným lékařem, avšak z hlediska záznamu druh anestetik nehraje roli, ten musí být veden vždy. Největší riziko představuje samotný chirurgický zákrok. Po anestezii se může dostavit pooperační zmatení, srdeční infarkt, pneumonie či cévní mozková příhoda. [3, 5] Vysoký krevní tlak, alkoholismus, kouření, cukrovka a nadváha zvyšují riziko pro pacienta podstupujícího celkovou anestézii. [4] K úmrtí v důsledku obecného anestetika dochází, ale jen velmi zřídka – zhruba 1 z každých 100 000 až 200 000. [3]

Role anesteziologa dnes přesahuje operační sál, poskytuje nepřetržitou lékařskou péči před, během a po operaci. To zahrnuje předoperační hodnocení, konzultace s chirurgickým týmem, vytvoření individuálního plánu pacienta pro anestezii, řízení dýchacích cest, podpora pooperačního života, kontrola bolesti a intraoperativní stabilizace všech vitálních funkcí. [4, 6] Celková anestezie není nic jiného než lékařem způsobené selhání vědomí, dechu a někdy i oběhu. Prací anesteziologa je udržet pacienta v tomto stavu a po skončení operace ho dostat z toho, co mu před tím vědomě způsobil, říká MUDr. Jan Bruthans, Ph.D. Někteří lidé si neuvědomují, že to právě na jejich bedrech leží odpovědnost za hladký průběh operace a hlavně za to, že se po operaci znovu probudí. Z toho důvodů jsou někdy nazýváni jako tichá síla za scénou. [6]

## **1.2 Anesteziologický záznam**

Pokud nastane během či po operaci jakákoli komplikace, je snahou rodin pacientů obvinít lékaře z pochybení, což může vést až k řešení sporu soudní cestou. [2, 6] Jako dokumentaci průběhu léčby pacienta je při celkové anestezii lékař povinen vést záznam o anestezii, který dokládá průběh operace v listinné podobě. Sledované parametry se odvíjí od rozsahu a složitosti operace. [6, 7] V žádném jiném oboru medicíny není zaznamenáváno tolik parametrů v tak častých periodách a očekáváno, že parametry zapisuje sám lékař. [2] I na oddělení JIP, kde leží pacienti v těžkých stavech, často ohrožujících život a potřebují péči 24 hodin, jsou tyto parametry sledovány zdravotní sestrou. [8]

## **1.3 Automatizace anesteziologického záznamu**

### **1.3.1 Systémy pro automatické vedení anesteziologického záznamu**

Jedny z prvních systémů, které vznikly pro usnadnění práce anesteziologů, měly hlavní a většinou jedinou úlohu: ukládání hodnot sledovaných parametrů do paměti, proto jsou označovány jako Automated Anesthesia Record-Keeping Systems (AARKS). [2]

### **1.3.2 Anesteziologický informační systém**

Informační systémy pro anestezii (AIMS) umožňují automatické a spolehlivé shromažďování, ukládání a prezentaci údajů o pacientech během perioperačního období. [9] Od AARKS se liší propojením s nemocničním informačním systémem, díky němuž má anesteziolog přístup do kompletní dokumentace pacienta, k prodělaným zákrokům či laboratorním výsledkům. [2]

Typickou instalací AIMS bude hardwarové či softwarové řešení, které je propojeno s patientskými monitory. Tyto systémy mají stále více schopnost číst a zapisovat data z hlavních nemocničních úložišť klinických dat. [9] Výhody a nevýhody jsou uvedeny v tabulce 1.1 a tabulce 1.2.

**Tabulka 1.1:** Výhody využití anesteziologických informačních systémů. [2, 9, 10]

<b>Výhody AIMS</b>
<b>Pro pacienty</b>
Vyšší soustředěnost anesteziologa na pacienta než na zaznamenávání hodnot z monitoru vitálních funkcí
Pomoc při rozhodování lékaře v reálném čase
Zvýšení přesnosti záznamů, které jsou pak lépe čitelné, čímž se rychleji vyzoruje reakce pacienta na podanou medikaci
Možnost nahlédnutí do minulých záznamů a dokumentace pacienta
Včasné zjištění možných komplikací při anestezii díky přístupu k laboratorním výsledkům a diagnóze
<b>Pro řízení oddělení</b>
Analýza nákladů pro různé typy operací
Splnění jednotných požadavků komise pro čitelné a komplexní záznamy o pacientech
<b>Pro praxi anestezie</b>
Poskytnutí detailních záznamů ve vysoké kvalitě, které je možné využít k experimentálním či vzdělávacím účelům
Možnost nahlédnutí do pacientovi dokumentace pomocí integrace s databázemi jiných nemocnic
Snazší posouzení výsledků pacienta jak dlouhodobých, tak krátkodobých
Objektivní a přesný záznam, který lze použít i jako právní ochrana anesteziologa

**Tabulka 1.2:** Nevýhody využití anesteziologických informačních systémů. [2, 9]

<b>Nevýhody AIMS</b>
<b>Pro pacienty</b>
Obava některých pacientů ze snížení pozornosti lékaře vzhledem k monitorovaným parametrům (nebyla však zjištěna žádná změna v pozornosti lékaře)
<b>Pro řízení oddělení</b>
Pořizovací náklady mezi 100 000 a 250 000 korun na jeden operační sál (4 000–10 000 USD)
Instalace a aktualizace ve výši 1 000 000 korun (45 000 USD)
<b>Pro praxi anestezie</b>
Přílišná přesnost naměřených dat a přítomnost artefaktů – strach z neprospěchu při soudních sporech (studie dokázaly opak – pro objektivitu mají automatické záznamy pozitivní vliv na právní ochranu anesteziologů)



## 2 Přehled současného stavu

Současně se vývoj těchto systémů posunul do fáze, kdy se z nich vyvinuly mnohem složitější integrované systémy, které umožňují nejen zápis a zpětný náhled do záznamů, ale také prokazatelně zvyšují kvalitu péče o pacienta – AIMS. [2, 9] Propojením do nemocničního integrovaného systému si anesteziolog může přímo na sále dohledat veškeré dokumentace o pacientovi (např. výsledky krevních a jiných laboratorních vyšetření), nebo naopak vložit informace o průběhu operace, či upozornit na komplikace při podávání anestezie. [2] Některé nemocnice tyto systémy využívají jako formu finanční analýzy jednotlivých oddělení dle použitých léčiv, plynů a materiálu. [9] Automatizované záznamy lze použít i k systematickému vyhodnocování intraoperačního využití krevních produktů. Čímž se zvýší bezpečnost pacientů, omezí se náklady a využití tak cenného a nedostatkového zdroje – krve. [11] Mnoho anesteziologů ještě v roce 2013 preferovalo ruční způsob zápisu, dle průzkumu z roku 2018, po 5 letech používání AIMS, se však procento příkloněných k pozitivnímu vlivu na bezpečnost pacientů zvýšilo až o 40 %. [10]

Přestože AIMS představuje velké množství výhod, jak pro kliniku a lékaře, tak pro pacienta, jejich rozšíření ve světě postupuje velmi pomalu z důvodu vysokých pořizovacích nákladů a složitosti instalace. Nemocnice do těchto systémů nemají zájem investovat, neboť společnosti software nabízí většinou v různých balíčcích s funkcemi, které zdravotnická zařízení tolik nevyužívají. [2] V zahraničí se pomalu dostávají do povědomí a to hlavně v Německu a v Americe, kde působí jedny z nejvýznamnějších firem v oboru zdravotnických a bezpečnostních technologií – konkrétně firma Cerner, General Electric a Dräger. [2] V USA dle průzkumu z roku 2008 zhruba ve 44 % oslovených anesteziologických pracovištích jsou AIMS skutečně používány nebo alespoň v dohledné době plánovány využívat na denní bázi. [12] V Evropě je procento podstatně nižší, ale osloveno bylo skoro dvojnásob pracovišť, kdy 15 % plánuje implementovat nebo již implementovalo nějakou formu AIMS (data vztahovány k roku 2010). [13] Oproti tomu u nás v České republice byly zjištěny jen tři kliniky, které tyto systémy využívají a to pouze v pilotní verzi, nejsou tedy využívány veškeré funkce. [2]

Například software Centricity Anesthesia firmy General Electric, který je provozován ve 4 operačních sálech v IKEMu, nabízí možnost shromažďování a analýzy naměřených dat, optimalizaci uživatelského prostředí, seznam podaných medikací i některé před a pooperační dokumenty pacienta, premedikace, možnost integrace s NIS a mnohé další funkce. [2, 14] V IKEMu se však využívá pouze pro zapisování hodnot z monitoru vitálních funkcí a anesteziologického přístroje, data jsou jednostranně exportována ve formě pdf do NIS. [2] IMDSoft se systémem Metavision je využíván ve Fakultní nemocnici Královské Vinohrady na 4 operačních sálech a JIP. Metavision má obdobné funkce jako Centricity Anesthesia, finanční analýzu jednotlivých operačních

sálů, časové harmonogramy operací dle předešlých zákroků a navíc umožňuje kontinuálně automaticky zaznamenávat podávaná léčiva pomocí lineárních dávkovačů. Zde se využívá připojení k perfusoru firmy Braun, oboustranného exportu dat s NIS, možnosti nahlédnutí do laboratorních výsledků, avšak funkce premedikace není vůbec využívána, stejně jako finanční a časová analýza. [2, 15] V Brně v FN U svaté Anny je od roku 2018 na třech operačních sálech využíván k automatickému zaznamenávání hodnot modul FONS Enterprise firmy Stapro Pardubice. Tento modul nemá funkci premedikace ani pooperační medikace, je proto využíván jen k úplnému záznamu anesteziologického protokolu spolu s podanými léčivy díky propojení s lineárním dávkovačem. [2] Výčet v praxi používaných systémů v České republice je v tabulce 2.1.

Tyto výše zmíněné produkty jsou jedinými AIMS používanými většími klinikami v České republice, což je ve srovnání se zahraničím velmi úzké spektrum. [2] Je proto potřeba rozšířit povědomí o těchto systémech, neboť technologické pokroky zasahují do většiny aspektů našeho každodenního života a zdravotnictví je jeden z hlavních oborů, kde je třeba usnadnit práci už tak přetíženým lékařům a zdravotním sestřám.

**Tabulka 2.1:** Výčet v praxi používaných systémů v ČR. Převzato z: [2]

Výrobce	IMDSofT	General Electric	Stapro Pardubice
Název AIMS	Metavision	Centricity Anesthesia	Anesteziologický protokol FONS Enterprise
Zdravotnický prostředek	ano (IIa)	ano (IIa)	ne
Dodavatel v ČR	Medsol	Medisap	Stapro Pardubice
Umístění	KAR FNKV Praha	KAR Kardiocentrum IKEM Praha	CKTCH Brno
Počet operačních sálů	4	4	3
Připojené anesteziologické přístroje	Dräger Primus	Dräger Zeus, Primus	Dräger Zeus
Připojené monitory vitálních funkcí	Spacelabs	GE 850	Phillips
Připojené dávkovače	Braun	ne	Fresenius
Dominantně užívaný NIS	UNIS Steiner	Zlatokop	FN USA + FONS Enterprise
Propojení s dominantním NIS	oboustranný export, nestrukturovaný	pouze export (PDF)	pouze import - strukturovaná data
Premedikace v AIMS	ne	ne	ne
Pooperační medikace v AIMS	pouze na JIP	ne	ne
Vykazování zdravotní péče	ne (UNIS Steiner)	ne (Zlatokop)	ne (FN USA)
Dostupné laboratorní výsledky	ano	ne (Zlatokop)	částečně (většina přes FN USA)
Klinická podpora	ne	ne	ne
Integrace s operačním programem	ne	ne	ne

## 2.1 Anesteziologický systém, záznam a export dat

Pro uvedení do anestezie, udržování umělého spánku a vyvedení z anestezie lékař používá systém pro anestezii (viz obrázek 2.1), který se skládá ze čtyř složek: dýchací okruh, anesteziologický přístroj, systém zachycovače odpadních plynů a anesteziologický ventilátor. [16]



Obrázek 2.1: Anesteziologický systém v nemocnici. Převzato z: [17]

Dýchací okruh je funkčním centrem systému, protože je fyzicky spojen s každou další součástí a zároveň s dýchacími cestami pacienta. Ventilátor a rezervoár jsou funkčně zaměnitelné jednotky. Během spontánních a ručně podporovaných režimů ventilace se elastický ambuvak používá jako zdroj vdechovaného plynu a zásobník pro vydechovaný plyn. Ventilátor se používá během mechanicky řízené ventilace k automatickému nafouknutí plic pomocí předepsaných parametrů. Během inhalace proudí plyn z anesteziologického ventilátoru nebo ambuvaku dýchacím okruhem do plic pacienta. Krev se okysličuje a vstřebává anestetika, z plic se do plynu uvolňuje oxid uhličitý. Během výdechu proudí plyn z plic dýchacím okruhem zpět do ventilátoru nebo rezervního vaku. Použitý plyn poté pochází čistícím okruhem ven z operačního sálu. [16, 18]

Protože systémy pro anestezii poskytují pacientům v bezvědomí základní životní funkce, poruchy zařízení mohou mít katastrofální následky. V roce 1974 zveřejnil Americký národní normalizační institut standard anesteziologického stroje, který stanovil minimální požadavky na výkon a bezpečnost pro anesteziologické plynové stroje. Tato norma byla mezníkem v tom, že se jednalo o první systematický přístup k standardizaci bezpečnostních požadavků na zdravotnický prostředek. Podobné standardy byly od té doby psány i pro jiná zdravotnická zařízení a standardy strojů pro anestezii byly pravidelně aktualizovány. [16]

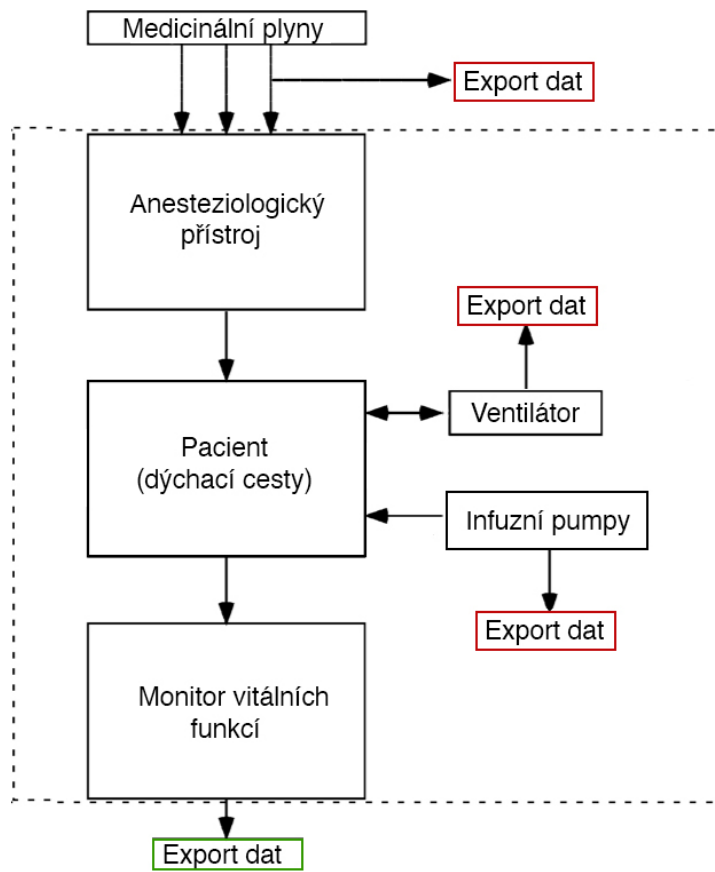
Po uvedení do anestezie lékař sleduje hodnoty vitálních funkcí v celém průběhu operace, zapisuje základní údaje o stavu pacienta před anestezí a po propuštění z jeho péče. [7] Těmito životními funkcemi jsou například srdeční frekvence a rytmus, dýchání, krevní tlak, tělesná teplota, rovnováha tekutin a elektrolytů. [6] Anesteziologický záznam je součástí pacientovi dokumentace. [7] Hlavní idea je sledování změn těchto parametrů. Příklad ručního vedení záznamu viz obrázek 2.2.



**Obrázek 2.2: Ruční zápis anesteziologického záznamu. Fotografie: autor**

Obrázek 2.3, na další straně, popisuje blokové schéma propojení anesteziologického přístroje s pacientem, pacienta s monitorem vitálních funkcí, infuzní pumpou a ventilátorem. Šipky označují směr toku plynu a informací. Přístroje jsou vybaveny výstupními porty pro připojení další přístrojové techniky a možnost datového exportu. Zeleně jsou vyznačena data, která jsou snímána a využívána v této bakalářské práci. Červeně jsou označeny potenciální data pro export.

Je vidět, že možností pro snímání dat z těchto zdravotnických prostředků existuje vícero, pouze nejsou nemocnicemi využívány v takové míře, v jaké mají příležitost.



**Obrázek 2.3: Blokové schéma komponent systému anestezie a možnosti exportu dat. Převzato z [16] a upraveno.**

### 3 Cíle práce

Z výše uvedených informací vyplývá, že výrobci anesteziologických přístrojů mají ve svém portfoliu systémy pro záznam průběhu anestezie, avšak rozšířenost těchto systémů je závislá na finanční situaci zdravotnického zařízení a složitosti systému. Na uvedené nedostatky pak reaguje tato bakalářská práce, jejíž cílem je navrhnout a realizovat aplikaci, která umožní vést automatický záznam o anestezii, na základě potřeb zdravotnických zařízení z hlediska náležitostí a praktického využití klinických pracovníků.

K tomu je nutné provést dílčí cíle:

- navrhnout řešení připojení PC a monitoru vitálních funkcí, tak aby bylo možné získat měřené parametry,
- analýza komunikačního protokolu monitoru a zpracování dostupných dat z portu tohoto monitoru,
- vytvoření návrhu uživatelského rozhraní softwaru pro tvorbu automatických anesteziologických záznamů standardizovaných pro Všeobecnou fakultní nemocnici v Praze,
- testování navržené aplikace pomocí simulovaných dat a zdravotnické techniky z klinické praxe, konkrétně monitoru vitálních funkcí firmy General Electric Datex-Ohmeda S/5. [19]

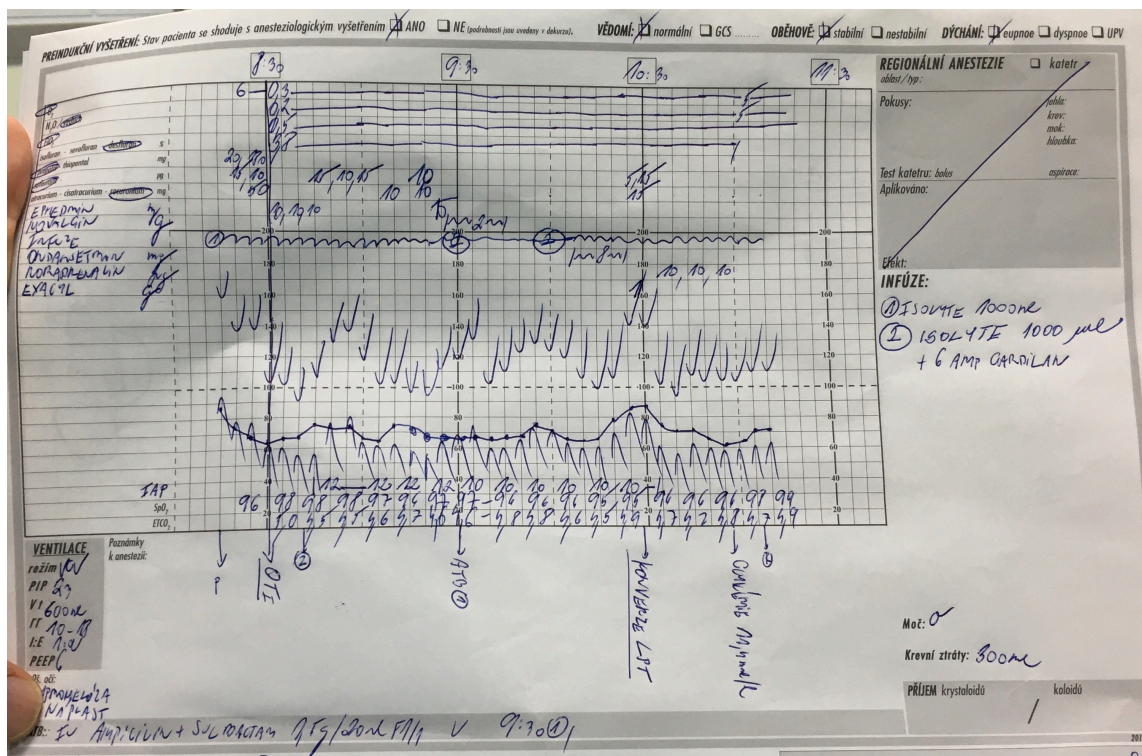


## 4 Metody

Níže uvedená část práce se věnuje detailním popisům postupů a metod pro návrh a realizaci aplikace, která bude schopna číst data z monitoru vitálních funkcí S/5 (Datex-Ohmeda, USA) a následně je zobrazit v uživatelském rozhraní, které bude přizpůsobeno potřebám klinických pracovníků. Vzhledem k tomu, že požadavkem je číst data a zobrazovat je, bylo potřeba vykonat tyto dílčí kroky k dosažení cíle:

### 4.1 Analýza anesteziologického záznamu

Prvním krokem byla analýza anesteziologického záznamu pořízeného přímo ve VFN na Klinice anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny. Každá nemocnice má vlastní požadavky na zápis parametrů, přestože veškeré záznamy se principiálně podobají první předloze z 19. století, proto bylo nutné vycházet ze záznamu konkrétní instituce, který obsahuje veškeré informace potřebné pro vývoj uživatelského rozhraní. [2, 20] Příklad záznamu viz obrázek 4.1.



Obrázek 4.1: Analyzovaný anesteziologický záznam. Fotografie: autor

## 4.2 Návrh řešení připojení PC a monitoru vitálních funkcí

Aby bylo možné z přístroje získat data, bylo nutné zajistit vodivé připojení k počítači. Monitor vitálních funkcí S/5 (Datex-Ohmeda, USA) má samčí sériový port a použitý PC má USB port. Připojení bylo provedeno pomocí sériového laplink kabelu (PremiumCord, ČR) zakončeného konektory Canon 9p Female – Canon 9p Female, který je též známý jako COM port (viz obrázek 4.2). Sériová linka se používá jako komunikační rozhraní počítače a elektroniky. Umožní propojení a vysílání přenášených dat postupně v sérii po jednom páru vodičů. Laplink poté vede do RS-232/USB převodníku (PremiumCord, ČR), který umožňuje připojení starších periférií k moderním notebookům (viz obrázek 4.3). [21] Níže naznačeno spojení viz obrázek 4.4.

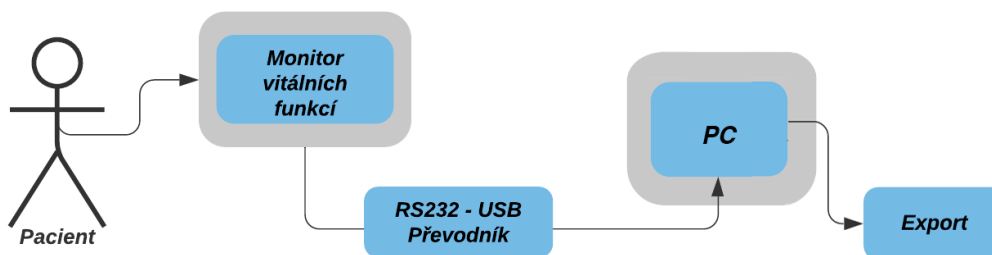


Obrázek 4.2: Použitý sériový laplink firmy PremiumCord. Fotografie: autor



Obrázek 4.3: Použitý USB převodník firmy PremiumCord. Fotografie: autor





**Obrázek 4.4:** Blokové schéma propojení monitoru vitálních funkcí s PC

### 4.3 Analýza komunikačního protokolu

Komunikační protokol k monitoru S/5 není veřejně dostupný, proto byl pro analýzu použit software VitalSignsCapture [22].

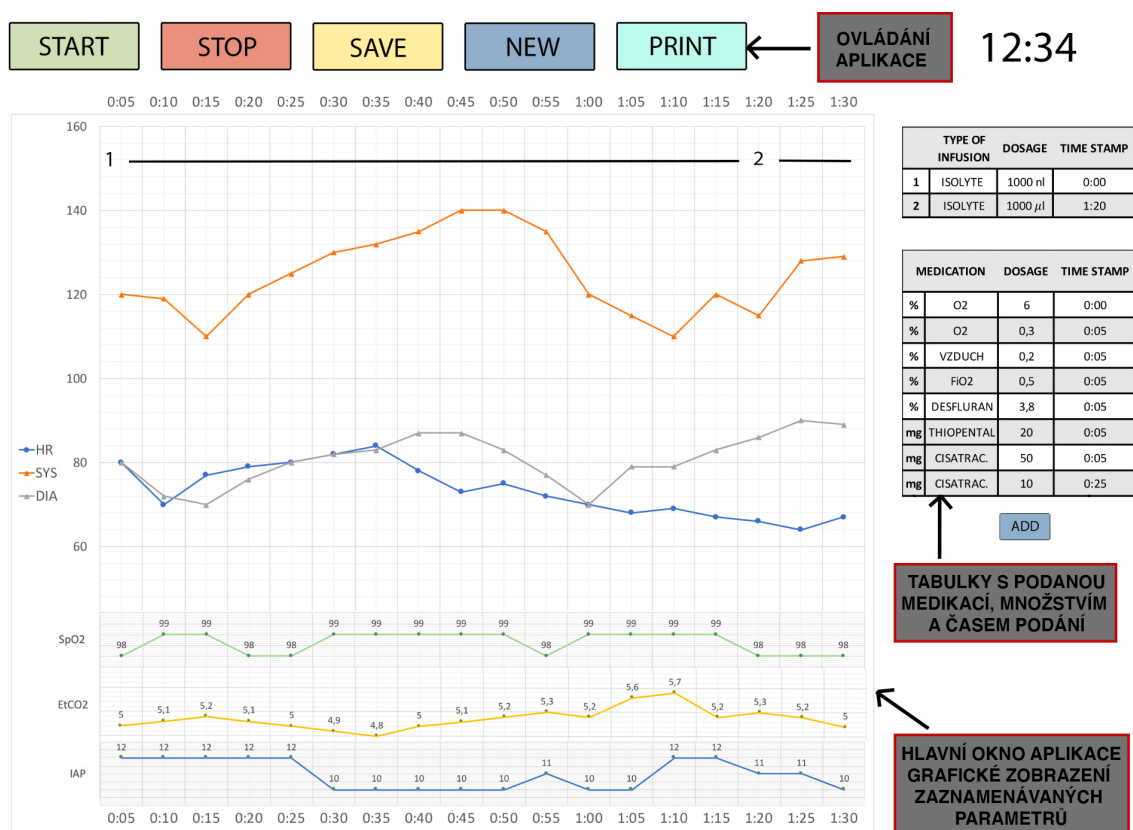
Většina přístrojů po připojení k počítači či softwaru pro získávání naměřených hodnot automaticky posílá portem hodnoty těchto parametrů, avšak u monitoru S/5 to neplatí, a je nutné pro zahájení komunikace mezi přístrojem a PC zaslat zprávu přesného znění. Jedná se o bezpečnostní prvek proti úniku patientských informací neautorizovaným uživatelům. Proto není možné měřené parametry z monitoru vitálních funkcí získat bez komunikačního protokolu nebo již existujícího softwaru, který byl vyvinut na základě tohoto dokumentu a následnou analýzou jejich komunikace. Komunikační protokol je v podstatě výčet pravidel, který udává syntaxi, vysvětluje jednotlivé zprávy a jejich synchronizaci během síťové komunikace, bez jeho použití není možné samostatně zjistit přesnou posloupnost bezpečnostních znaků, potřebných k nastartování spojení mezi PC a monitorem.

Z těchto důvodů bylo, i po konzultaci s techniky v nemocnici a odborníky, zvoleno řešení reverzním inženýrstvím a to dekodováním již existujícího softwaru na přenos dat mezi monitorem a PC – VitalSignsCapture v jazyce C#. Tento SW má otevřenou licenci pro studijní i komerční účely. Na základě komunikace mezi výše uvedeným softwarem a monitorem byly zjištěny základní parametry přenosu, startovací a ukončovací zpráva.

Naměřené hodnoty jednotlivých životních funkcí z monitoru jsou v předem definovaných časových periodách vypisovány do textového souboru formátu comma separate value ve sjednocené syntaxi. Pro zpracování dostupných dat z monitoru byl vytvořen nový software s názvem PRDD (Program for Reading and Displaying Data) v jazyce Python, který rozčlení naměřený soubor dle přesných parametrů výstupního dokumentu. Při každém novém zápisu hodnot do textového souboru zjištěnou číselnou hodnotu přiřadí k parametru a vykreslí do grafu v uživatelském rozhraní.

## 4.4 Návrh GUI softwaru automatického záznamu

Pro tvorbu uživatelského rozhraní byl vybrán jazyk Python a to z několika důvodů. První a zásadní důvod je přenositelnost mezi běžně používanými operačními systémy, což je důležité kvůli spustitelnosti vytvořené aplikace na veškerých zařízeních, které by v nemocnici záznam zajišťovaly. Dále nabízí rozsáhlé možnosti tvorby uživatelského rozhraní a je možné ho využívat zcela zdarma díky vývojovému prostředí PyCharm (JetBrains, ČR), dostupného na webových stránkách firmy. Ostatní jazyky jako C, C++ nejsou přenositelné, nevyhovující pro tvorbu následného uživatelského rozhraní a finančně náročné. Vizuální stránka GUI (viz obrázek 4.5) byla tvořena ve Photoshopu tak, aby se co nejvíce podobala předloze anesteziologického záznamu VFN na jehož rozložení jsou zaměstnanci nemocnice zvyklí. Jeden z hlavních požadavků bylo jednoduché a přehledné ovládání aplikace, proto je v levém horním rohu umístěno pět tlačítek s jasnou funkcí. Kvůli zohlednění stávajícího uspořádání anesteziologického záznamu je hlavním oknem aplikace graf, kde jsou zobrazeny hodnoty zásadních parametrů. V pravé části se nachází tabulka s podaným typem a množstvím infuzí, medikací a plynů.



Obrázek 4.5: Návrh grafického rozložení aplikace.

## **4.5 Testování aplikace**

Bylo provedeno dvojí testování aplikace PRDD, v prvním byl kladen důraz na funkcionalitu a přesnost výčtu hodnot parametrů z monitoru vitálních funkcí. V druhém testování byl simulován reálný pacient a sledována rychlost a správnost reakce výpisu hodnot při náhlé změně stavu pacienta.

### **4.5.1 Testování aplikace na EKG simulátoru a dobrovolníkovi**

První testování proběhlo na Fakultě biomedicínského inženýrství v Kladně na monitoru S/5 (Datex-Ohmeda, USA). Bylo třeba nasimulovat a změřit srdeční frekvenci, neinvazivní krevní tlak (systolický a diastolický), saturaci krve kyslíkem a tyto hodnoty následně přenést do SW aplikace.

K tomu byl použit EKG simulátor ProSim 8 (Fluke Biomedical, USA) a dobrovolník na kterého byl připojen pulzní oxymetr a manžeta pro neinvazivní měření krevního tlaku. Srdeční frekvence byla skokově měněna po 2 až 3 minutách a proměřena na celé škále EKG simulátoru. SpO<sub>2</sub> bylo zaznamenáváno automaticky (pulzním oxymetrem) na monitoru vitálních funkcí a neinvazivní krevní tlak byl na dobrovolníkovi měřen manuálně v časových prodlevách cca půl minuty.

K monitoru byl pomocí sériového laplinku a USB převodníku připojen osobní počítač se spuštěnou aplikací PRDD, která vypisovala vyčtené hodnoty z monitoru. Následně byly porovnány hodnoty nastavené na EKG simulátoru, odečtené z monitoru vitálních funkcí a vykreslené v uživatelském rozhraní aplikace.

Fotografie testovací soustavy (monitor vitálních funkcí, osobní počítač, pulzní oxymetr, EKG simulátor a neinvazivní měření krevního tlaku) viz obrázek 4.6.



Obrázek 4.6: Testovací soustava. Fotografie: autor

#### 4.5.2 Testování na HPS simulátoru

Druhé testování bylo provedeno na HPS patientském anesteziologickém simulátoru od firmy CAE Healthcare taktéž na Fakultě biomedicínského inženýrství. HPS simulátor se propojuje se skutečnými klinickými monitory a ventilátory a automaticky reaguje na podávání skutečných anestetických plynů, kyslíkovou terapii a léky.

Kdy byly simulovány různé stavy jako bradykardie (zpomalení srdeční frekvence pod fyziologickou mez), tachykardie (zrychlení srdeční frekvence nad fyziologickou mez), infarkt a tepenné krvácení. Pacient byl připojen na monitor vitálních funkcí Datex-Ohmeda S/5 pomocí patientského kabelu a SpO<sub>2</sub> senzoru. K monitoru byl připojen počítač přes sériový laplink kabel a USB převodník. V uživatelském rozhraní aplikace PRDD (pro automatický anesteziologický záznam) se poté zjišťovalo, zda zobrazená naměřená data korespondují se simulovanými hodnotami jednotlivých parametrů a reagují na změny stavů.

Fotografie testovací soustavy (HPS simulátor, osobní počítač, monitor vitálních funkcí) viz obrázek 4.7.



**Obrázek 4.7: Testovací soustava s HPS simulátorem. Fotografie: autor**





Na prvním a posledním místě kódu je vždy číslo 126, které se též nazývá datovým rámcem. Jedná se o smlouvenou konstantu v kódu, kterou používá výrobce monitoru, označovanou jako **framechar**. Obecně řečeno je to začátek a konec zprávy. V textu je vyznačen **zelenou** barvou.

Na druhém místě se dle pozorování nachází **délka zprávy**. Hodnota délky je počítána bez první a poslední 126, bez tohoto znaku označujícího délku a bez předposlední číslice. V textu je vyznačena **červenou** barvou. Výpočet vypadá dle rovnice (5.1):

$$\text{délka zprávy} = \text{počet znaků} - 2 - \text{checksum} \quad (5.1)$$

Předposlední číslice je kontrolním součtem, takzvaným **checksum**. Tento znak zajišťuje odhalení hardwarové chyby nekorektního přenosu dat. Na každém konci komunikace je spočtena zvlášť a pokud se čísla shodují, přenos proběhl na přístrojích v pořádku. Také lze kontrolovat, zda tok informací mezi těmito zařízeními nepozměnila třetí nepověřená osoba. [23] V textu je vyznačen **modrou** barvou.

#### Zpráva obecně vypadá takto:

{ **framechar**, **n**, **n-znaků**, **checksum**, **framechar** }

### 5.2.2 Zjištěné parametry přenosu dat z monitoru S/5

Přenosové parametry jsou důležité pro nastavení portu před začátkem komunikace, bez nastavení správných hodnot by nedošlo k připojení.

```
if (OSIsUnix())
DPort.PortName = "/dev/ttyUSB0"; //pokud se jedná o Linux, defaultní název portu
else DPort.PortName = "COM1"; //defaultní název pro Windows

DPort.BaudRate = 19200;
DPort.Parity = Parity.Even;
DPort.DataBits = 8;
DPort.StopBits = StopBits.One;

DPort.Handshake = Handshake.RequestToSend;
```

Obrázek 5.2: Úryvek kódu VitalSignsCapture se zjišťovanými parametry.

#### Hledání portu

Po spuštění programu VitalSignsCapture, dle analýzy a následného testování na monitoru, je otevřen Terminál ve kterém se automaticky zobrazí dostupné porty, dokud nezadáme číslo portu přes který se má program připojit k přístroji, nedojde ke spuštění komunikace (viz obrázek 5.3). Pro Linux /dev/ttyUSBX a pro Windows COMX, kde X určuje číslo vstupu. (viz obrázek 5.2).

### **BaudRate (19 200 bit/s)**

BaudRate znamená přenosovou rychlost, tedy kolik bitů se přenesou za 1 sekundu. Sériové porty používají dvouúrovňovou binární signalizaci, tudíž přenosová rychlost v bitech za sekundu je stejná jako přenosová rychlost v baudech. [24]

### **Parita (Even = sudá)**

Parita je metoda detekce chyb v přenosu. Je-li parita používána se sériovým portem, je přidán, ke každému datovému znaku jeden další datový bit tak, že počet jedničkových bitů v každém znaku, včetně paritního bitu, je vždy lichý nebo vždy sudý. Pokud je byte přijat se špatným počtem jedniček, je brán jako poškozený. Parita může být buď sudá nebo lichá. [24]

### **DataBits (8)**

Udává počet datových bitů v každém znaku (tzn. jeden znak je definován přesným počtem bitů). Dnes už se ve většině novějších přístrojích a aplikacích používá 8. [24]

### **StopBits (1)**

Pomocí Stop bitu, odeslaných na konci každého znaku, je schopen hardware přijímajícího signálu detekovat konec znaku. V dnešní době jsou zařízení dostatečně rychlá, aby stačil k resynchronizaci s datovým tokem právě jeden bit. U pomalejších přístrojů je možné použít až 2 stop bity. [24]

```
Select the Port to which Datex AS3 Monitor is to be connected, Available Ports:
COM3
COM port(COM1): COM3
You may now connect the serial cable to the Datex AS3 Monitor
Press any key to continue..

Enter Numeric data Transmission interval (seconds):5

Data export options:
1. Export as CSV files
2. Export as CSV files and JSON to URL

Choose data export option (1-2):1

Waveform data Transmission sets:
0. None
1. ECG1, INVP1, INVP2, PLETH
2. ECG1, INVP1, PLETH, CO2, RESP
3. ECG1, PLETH, CO2, RESP, AWP, VOL, FLOW
4. ECG1, ECG2
5. EEG1, EEG2, EEG3, EEG4
6. ECG1, ECG2, ECG3

Choose Waveform data Transmission set (0-6):2
```

Obrázek 5.3: Výběr při spuštění aplikace VitalSignsCapture.



### 5.2.3 Zpracování dostupných dat

Po připojení přístroje, je nutné nejprve zvolit, jaké hodnoty je třeba měřit. Pro tvorbu anesteziologického záznamu je vhodný režim 2 (viz obrázek 5.4). Také je možné vybrat periodu ve které se data budou vypisovat.

```
else
{
    Console.WriteLine();
    Console.WriteLine("Waveform data Transmission sets:");
    Console.WriteLine("0. None");
    Console.WriteLine("1. ECG1, INVP1, INVP2, PLETH");
    Console.WriteLine("2. ECG1, INVP1, PLETH, CO2, RESP");
    Console.WriteLine("3. ECG1, PLETH, CO2, RESP, AWP, VOL, FLOW");
    Console.WriteLine("4. ECG1, ECG2");
    Console.WriteLine("5. EEG1, EEG2, EEG3, EEG4");
    Console.WriteLine("6. ECG1, ECG2, ECG3");
    Console.WriteLine();
    Console.WriteLine("Choose Waveform data Transmission set (0-6):");

    sWaveformSet = Console.ReadLine();
}
```

Obrázek 5.4: Výběr režimu snímání parametrů.

Třída s názvem „Class 1“ zajišťuje komunikaci s přístrojem a vizualizaci výpisu dat, kdy přes funkci „Event handler“ (viz obrázek 5.5) ve třídě „Main“ vyčkává na příjem dat, poté se spustí (probudí) a naparsuje je (rozdělí je tak, aby byly srozumitelné). Poté si je uloží přes funkci „Read data“ a vypíše, pomocí třídy „Class 2“, ve formě textového souboru (.csv) do stejné složky ve kterém je uložen program, tento soubor neustále aktualizuje, jakmile dostane další data.

```
try
{
    _serialPort.Open();

    if (_serialPort.OSIsUnix())
    {
        dataEvent += new EventHandler ((object sender, EventArgs e) => ReadData (sender));
    }

    if(!_serialPort.OSIsUnix())
    {
        _serialPort.DataReceived += new SerialDataReceivedEventHandler(p_DataReceived);
    }
}
```

Obrázek 5.5: Úsek kódu pro snímání hodnot.

Na obrázku 5.6 je zobrazen příklad výstupu v textovém souboru. Každý nový řádek začíná datem nastaveným v monitoru a časem záznamu. Zleva doprava je pak pořadí jednotlivých parametrů: Čas, HR, Systolický tlak, Diastolický tlak, SpO<sub>2</sub> a ETCO<sub>2</sub>. Zbylé parametry pro tvorbu anesteziologického záznamu nemají význam, proto nejsou uvedeny. V případě, kdy je místo čísla zapsána pomlčka (-), hodnota nebyla naměřena.

```

01/01/1995
00:48:15,89,-,-,-,-,0,-,-,0, None,20,98,0,0,0,-,-,-,-,-,-,-,-,-,-,-2,-,
-,-,-2,-,-,0,-0,37,0,09,-0,2,0,0,0,0,0,0,0,0
01/01/1995
00:48:20,89,-,-,-,-,0,-,-,0, None,20,92,0,0,0,-,-,-,-,-,-,-,-,-,-,-2,-,
-,-,-2,-,-,0,-0,36,0,07,-0,18,0,0,0,0,0,0,0,0
01/01/1995
00:48:25,89,-,-,-,-,0,-,-,0, None,20,87,0,0,0,-,-,-,-,-,-,-,-,-,-,-2,-,
-,-,-2,-,-,0,-0,39,0,09,-0,21,0,0,0,0,0,0,0,0
01/01/1995
00:48:30,89,-,-,-,-,0,-,-,0, None,20,89,0,0,0,-,-,-,-,-,-,-,-,-,-,-2,-,
-,-,-2,-,-,0,-0,39,0,06,-0,21,0,0,0,0,0,0,0,0
01/01/1995
00:48:35,89,-,-,-,-,0,-,-,0, None,20,91,0,0,0,-,-,-,-,-,-,-,-,-,-,-2,-,
-,-,-2,-,-,0,-0,36,0,07,-0,18,0,0,0,0,0,0,0,0
01/01/1995
00:48:40,89,-,-,-,-,0,-,-,0, None,20,89,0,0,0,-,-,-,-,-,-,-,-,-,-,-2,-,
-,-,-2,-,-,0,-0,36,0,07,-0,18,0,0,0,0,0,0,0,0
01/01/1995
00:48:45,89,-,-,-,-,0,-,-,0, None,20,89,0,0,0,-,-,-,-,-,-,-,-,-,-,-2,-,
-,-,-2,-,-,0,-0,25,0,06,-0,09,0,0,0,0,0,0,0,0
01/01/1995
00:48:50,89,-,-,-,-,0,-,-,0, None,20,94,0,0,0,-,-,-,-,-,-,-,-,-,-,-2,-,
-,-,-2,-,-,0,-0,22,0,04,-0,1,0,0,0,0,0,0,0,0

```

Obrázek 5.6: Syntaxe vypisování hodnot v textovém souboru.

### 5.3 Analýza anesteziologického záznamu

Pro tvorbu uživatelského rozhraní bylo třeba zmapovat, jaké hodnoty lékař do záznamu zapisuje, výsledek analýzy záznamu je obsažen v této podkapitole.

Na počátku ventilace lékař zapíše základní nastavení ventilátoru (v tabulce v levém dolním rohu záznamu), které se stává z parametrů v tabulce 5.1.

Tabulka 5.1: Parametry pro zápis základního nastavení ventilátoru. [18, 25, 26]

Parametr	Jednotka	Popis
Ventilační režim	-	Režimy můžeme dělit dle stupně ventilační podpory na plnou a částečnou, na základě synchronizace s dechem pacienta, ale také na objemové, kdy je předem nastaven objem vdechovaného plynu, a tlakové, kde naopak limitujeme hodnotu tlaku v dýchacích cestách. Každý jednotlivý režim má svou zkratku, která je vepsána do této kolonky. Při anestezii je většinou využíváno objemového režimu.
PIP	cmH <sub>2</sub> O	Maximální hodnota tlaku působící na plíce během inhalace
V <sub>t</sub>	ml	Objem vdechnutého plynu na jeden nádech
RR	dechy/min	Dechová frekvence
I:E	-	Poměr inspiria ku expiriu
PEEP	cmH <sub>2</sub> O	Pozitivní tlak na konci výdechu

Ve zvolené periodě, závislé na délce operace (většinou 5 minut), anesteziolog graficky zaznamenává během celého zákroku následující parametry:

**Tabulka 5.2:** Parametry zaznamenávané v časových intervalech po celou dobu operace

Parametr	Jednotka	Popis
BP	mmHg	Krevní tlak (invazivní či neinvazivní), systolický a diastolický
HR	tepy/min	Srdeční frekvence
SpO <sub>2</sub>	%	Saturace krve kyslíkem
EtCO <sub>2</sub>	mmHg	Parciální tlak CO <sub>2</sub> při výdechu

V pravém sloupci lékař vyplní, jaké infúze byly podány spolu s podaným objemem, a pod číslem u názvu zapíše do grafu v čase dávky.

V levém horním sloupci vypíše obsah plynu ve vdechované směsi (v %) a to konkrétně pro:

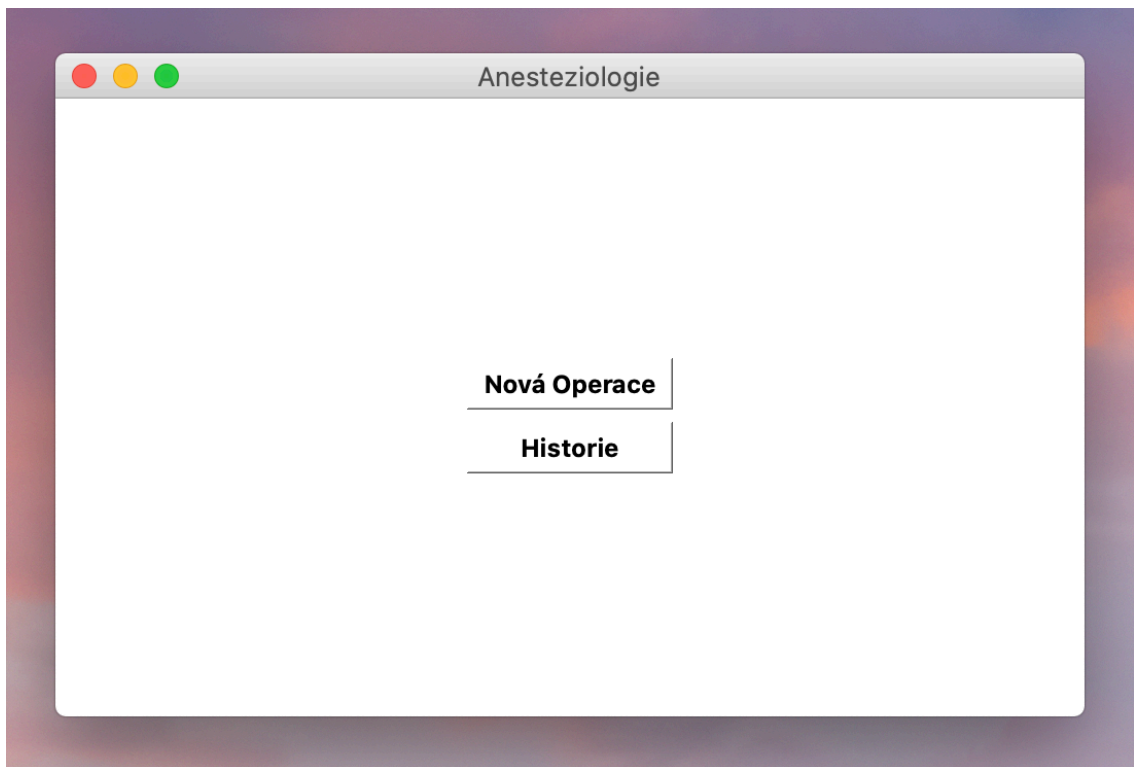
- O<sub>2</sub>,
- N<sub>2</sub>O/ vzduch (podán pouze jeden z uvedených),
- Isofluran/ serofluran/ desfluran (podán pouze jeden z uvedených),

a dále vyplní veškeré podané léky i s dávkou v miligramech nebo mikrogramech.

## 5.4 Tvorba automatického záznamu

Hodnoty parametrů, potřebné pro tvorbu anesteziologického záznamu, byly úspěšně naměřeny. V dalším kroku bylo nutné naprogramovat aplikaci, která vytvoří uživatelské prostředí pro lékaře provádějícího operaci. Tato aplikace byla tvořena v Pythonu (důvody jsou uvedeny v kapitole 4).

První okno, které se uživateli (anesteziologovi) zobrazí je výběr mezi „Novou operací“ a „Historií“ (nahlédnutí do již provedených záznamů) viz obrázek 5.7. Pro nový záznam měřených hodnot je třeba zvolit tlačítko „Nová operace“.



**Obrázek 5.7: Okno výběru mezi historií a novým záznamem.**

K nastavení názvů tlačítek a jejich funkcí slouží řádky kódu z obrázku (5.8), kdy názvy udává metoda `retranslateUi` a funkci tlačítka „Nová operace“ dává metoda s názvem `novaOperace_clicked`.

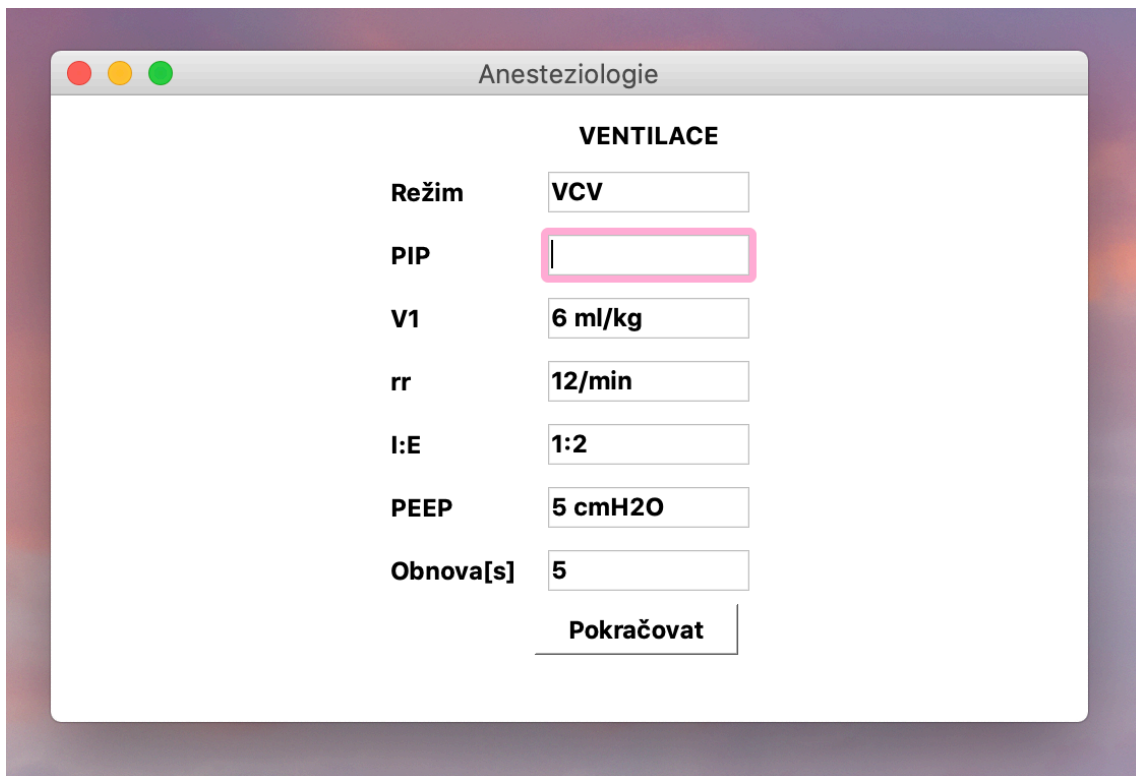
```
def retranslateUi(self, MainWindow):
    _translate = QtCore.QCoreApplication.translate
    MainWindow.setWindowTitle(_translate("MainWindow", "Anesteziologie"))
    self.novaOperace.setText(_translate("MainWindow", "Nová Operace"))
    self.Historie.setText(_translate("MainWindow", "Historie"))

def novaOperace_clicked(self):
    self.MainWindow = QtWidgets.QMainWindow()
    self.ui = Ui_Table()
    self.ui.setupUi(self.MainWindow)
    MainWindow.hide()
    self.MainWindow.show()
```

**Obrázek 5.8: Úsek kódu s funkcí spuštění nové operace.**

## 5.4.1 Nastavení ventilace

Na počátku operace lékař zaznamená nastavení plicní ventilace (potřebné parametry viz kapitola 5.1). Po kliknutí na tlačítko „Nová operace“ se zobrazí tabulka, kde anesteziolog vyplní počáteční parametry (viz obrázek 5.9).



VENTILACE	
Režim	<input type="text" value="VCV"/>
PIP	<input type="text"/>
V1	<input type="text" value="6 ml/kg"/>
rr	<input type="text" value="12/min"/>
I:E	<input type="text" value="1:2"/>
PEEP	<input type="text" value="5 cmH2O"/>
Obnova[s]	<input type="text" value="5"/>
<input type="button" value="Pokračovat"/>	

Obrázek 5.9: Nastavení počátečních parametrů.

Třída `Ui_Table` slouží k určení velikosti tabulky, barvy pozadí, velikosti a tloušťky textu, zarovnání na střed, formátu odpovědi a nastavení limitních hodnot jednotlivých parametrů (viz obrázek 5.10).

```
class Ui_Table(object):
    def setupUi(self, MainWindow):
        MainWindow.setObjectName("MainWindow")
        MainWindow.resize(510, 300)
        MainWindow.setAcceptDrops(False)
        MainWindow.setStyleSheet("background-color:white")
        self.centralwidget = QtWidgets.QWidget(MainWindow)
        self.centralwidget.setAutoFillBackground(False)
        self.centralwidget.setStyleSheet("color:black;font:12px;font-weight:bold")
        self.centralwidget.setObjectName("centralwidget")
        self.gridLayout = QtWidgets.QGridLayout(self.centralwidget)
```

Obrázek 5.10: Nastavení počátečních parametrů.

Úsek kódu z obrázku 5.11 udává pořadí slotů v tabulce nastavení ventilace dle názvu zadávaných parametrů, které se při stisknutí tabulátoru posunou o jedno níž.

```
MainWindow.setTabOrder(self.Rezim, self.PIP)
MainWindow.setTabOrder(self.PIP, self.V1)
MainWindow.setTabOrder(self.V1, self.rr)
MainWindow.setTabOrder(self.rr, self.IE)
MainWindow.setTabOrder(self.IE, self.PEEP)
MainWindow.setTabOrder(self.PEEP, self.renew)
MainWindow.setTabOrder(self.renew, self.Next)
self.Next.clicked.connect(lambda: self.Next_clicked(MainWindow))
```

Obrázek 5.11: Pořadí slotů v tabulce .

Po zadání vstupních hodnot, uživatel zmáčkne tlačítko „Pokračovat“ a program zkontroluje, zda jsou vyplněna všechna pole, pokud ne vypíše chybovou hlášku (viz obrázek 5.12).

```
def Next_clicked(self,MainWindow):
    if self.Rezim.text() !="" and self.PIP.text() !="" and self.V1.text() !=""
        self.vent = [self.Rezim.text(),self.PIP.text(),self.V1.text(),self.rr.
        self.MainWindow = QtWidgets.QMainWindow()
        self.ui = Ui_MainWindow()
        self.ui.setupUi(self.MainWindow,self.renew.text(),self.vent)
        MainWindow.hide()
        self.MainWindow.show()

    else:
        self.error.setText("Prosím, vyplňte všechna pole")
```

Obrázek 5.12: Kontrola a chybná hláška .

## 5.4.2 Automatický záznam

Pokud jsou pole vyplněna, program přejde na hlavní okno aplikace, kde po zmáčknutí tlačítka „Start“ aplikace načte vytvořený textový soubor ve formátu csv a rozdělí ho dle syntaxe (viz funkce „Parser“ v obrázku 5.13). Tím přiřadí hodnotu jednotlivým parametrům. Pokud parametr nebude naměřen, defaultně se nastaví hodnota na číslo 0. Protože textový soubor se neustále mění s přibývajícimi hodnotami, aplikace PRDD si ho otevře pokaždé znovu (v předem zvolených periodách) a přečte je, tedy připíše novou hodnotu. Každá nová hodnota bude graficky (v případě srdeční frekvence, systolického a diastolického tlaku, saturace krve kyslíkem a parciálního tlaku CO<sub>2</sub> při výdechu) zaznamenána. Tím vytváří hlavní graf v anesteziologickém záznamu.

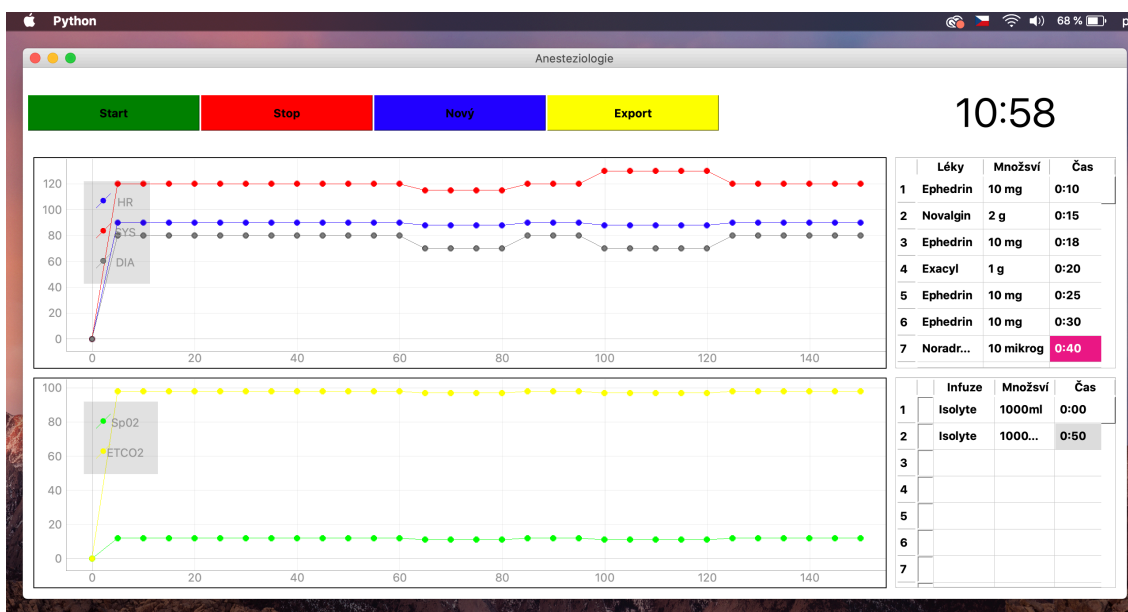
```

def parser(self):
    self.csv1 = open("AS3DataExport.csv", "r").readlines()
    self.data = self.csv1[-1:]
    self.column = self.data[0].split(",")
    if self.column[0] != "Time":
        self.HR = self.column[1]
        if re.search('-', self.HR) is not None: self.HR = 0
        self.SYS = self.column[2]
        if re.search('-', self.SYS) is not None: self.SYS = 0
        self.DIA = self.column[3]
        if re.search('-', self.DIA) is not None: self.DIA = 0
        self.ETCO2 = self.column[5]
        if re.search('-', self.ETCO2) is not None: self.ETCO2 = 0
        self.SpO2 = self.column[6]
        if re.search('-', self.SpO2) is not None: self.SpO2 = 0
    else:
        self.Stop_clicked()
        self.HR = 0
        self.SYS = 0
        self.DIA = 0
        self.ETCO2 = 0
        self.SpO2 = 0

```

Obrázek 5.13: Metoda rozdělení přiřazení hodnot.

V pravé části hlavního okna jsou dvě tabulky, jedna na podávání léků, kdy lékař vybere název medikace, množství v miligramech nebo mikrogramech a automaticky se připíše čas podání do posledního sloupce tabulky. Druhá tabulka slouží k záznamu infúze, taktéž zadá její název, množství a čas podání. Tabulka byla zvolena pro přehlednost. Hlavní okno aplikace viz obrázek 5.14.



Obrázek 5.14: Hlavní okno aplikace, automatizace záznamu.

Při stisknutí tlačítka „Stop“ se pozastaví nahrávání. Po skončení operace je možné vyexportovat naměřené hodnoty do textového souboru pomocí tlačítka „Export“. Každý graf je po kliknutí možné exportovat ve formě jpg. Lékař tedy může hodnoty poslat do tisku hned po skončení operace.

## 5.5 Výsledky testování aplikace

### 5.5.1 Testování SW aplikace na EKG simulátoru a dobrovolníkovi

Výsledky porovnávání mezi hodnotami srdečních frekvencí nastavenými na EKG simulátoru, zobrazených na monitoru vitálních funkcí a vykreslených v uživatelském rozhraní viz tabulka 5.3 a 5.4.

**Tabulka 5.3:** Hodnoty na EKG simulátoru, monitoru vitálních funkcí a v uživatelském rozhraní aplikace

HR (tepy/min) – EKG simulátor		
Simulovaná data	Hodnoty na monitoru	Uživatelské rozhraní
30	30	30
45	45	45
60	60	60
75	74	74
90	89	89
120	119	119
150	150	150
180	180	180

**Tabulka 5.4:** Absolutní a relativní chyba mezi simulovanými daty a vykreslenými hodnotami v UI aplikace

Absolutní chyba (tepy/min)	Relativní chyba (%)
0	0
0	0
0	0
1	1,33
1	1,11
1	0,83
0	0
0	0



Absolutní chyba byla vypočtena dle vzorce (5.2):

$$\Delta = |A - a| \quad (5.2)$$

kde  $\Delta$  je absolutní chyba v tepech za minutu,  $A$  je simulovaná hodnota v tepech za minutu a  $a$  je hodnota zobrazená v uživatelském rozhraní taktéž v tepech za minutu.

Relativní chyba je vypočtena dle vzorce (5.3):

$$\delta = \frac{\Delta}{|A|} \cdot 100 \quad (5.3)$$

kde  $\delta$  je relativní chyba v %.

Výsledky porovnávání mezi hodnotami systolického tlaku naměřenými od dobrovolníka na monitoru vitálních funkcí a vykreslenými v uživatelském rozhraní viz tabulka 5.5.

**Tabulka 5.5:** Porovnání ukázky hodnot systolického tlaku na monitoru vitálních funkcí a v uživatelském rozhraní aplikace

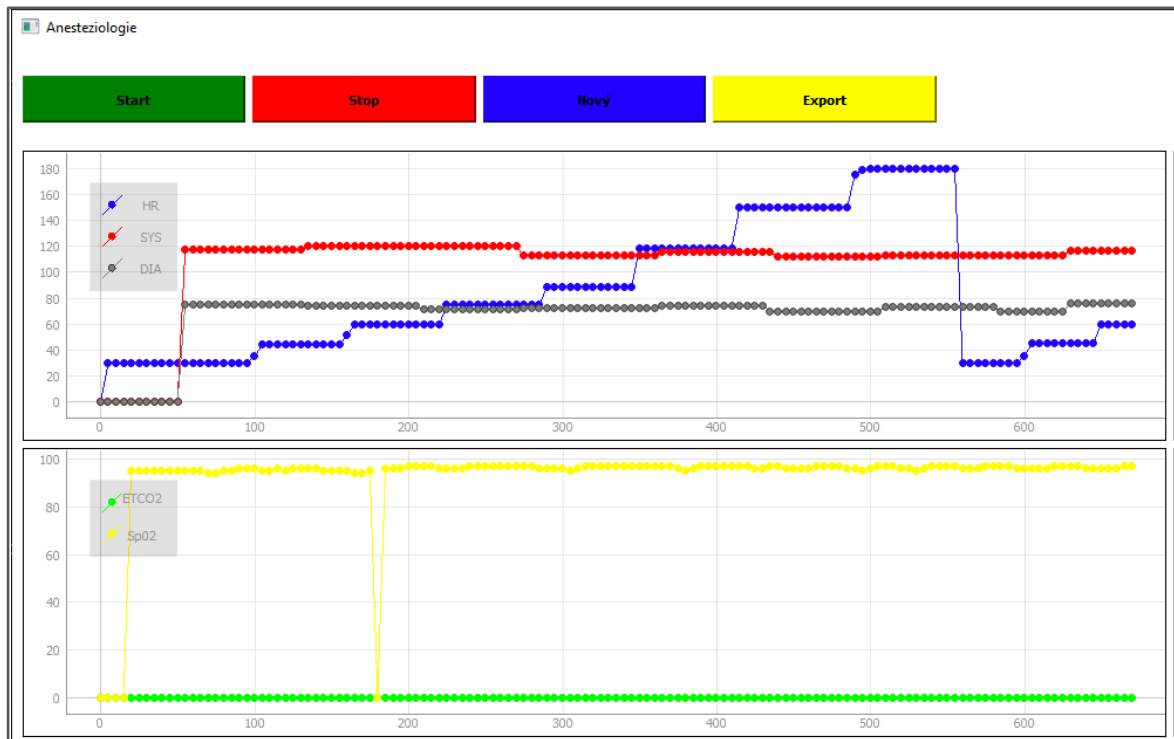
<b>Ukázky systolického tlaku (mmHg) – Data naměřená na dobrovolníkovi</b>			
<b>Hodnoty na monitoru</b>	<b>Uživatelské rozhraní</b>	<b>Absolutní chyba (mmHg)</b>	<b>Relativní chyba (%)</b>
118	118	0	0
120	120	0	0
120	120	0	0
113	113	0	0
116	116	0	0
112	112	0	0
113	113	0	0
113	113	0	0
117	117	0	0
114	114	0	0

Výsledky porovnávání mezi hodnotami diastolického tlaku naměřenými od dobrovolníka na monitoru vitálních funkcí a vykreslenými v uživatelském rozhraní viz tabulka 5.6.

**Tabulka 5.6:** Porovnání ukázky hodnot diastolického tlaku na monitoru vitálních funkcí a v uživatelském rozhraní aplikace

Ukázky diastolického tlaku (mmHg) – Data naměřená na dobrovolnících			
Hodnoty na monitoru	Uživatelské rozhraní	Absolutní chyba (mmHg)	Relativní chyba (%)
75	75	0	0
74	74	0	0
71	71	0	0
72	72	0	0
75	75	0	0
70	70	0	0
73	73	0	0
70	70	0	0
76	76	0	0
70	70	0	0

Vykreslené naměřené hodnoty v uživatelském rozhraní viz obrázek 5.15.



**Obrázek 5.15:** Vykreslené hodnoty v UI aplikace.

## 5.5.2 Testování na HPS simulátoru

Veškeré naměřené (vykreslené) hodnoty v uživatelském rozhraní aplikace přímo korespondovaly přednastaveným parametrům na celotělovém patientském simulátoru. Aplikace reagovala na řízené změny fyziologických stavů rychle a bezprostředně po spuštění.

Příkladem je navolený stav na simulátoru – tachykardie, kdy na obrázku 5.16 lze vidět změny srdeční frekvence (modrá křivka) z normálního stavu do vyšších hodnot a zpět do normálního stavu v UI na osobním počítači. Fotografie je záměrně pořízena i s částečným logem HPS, aby bylo znatelné, že výsledky jsou skutečně zachyceny přímo během testování na fakultě na úkor přehlednosti výsledků jako kontrast k předchozímu měření s EKG simulátorem, kde byla zjišťována přednost měření.



Obrázek 5.16: Vykreslené hodnoty v UI aplikace přímo během testování.

Fotografie: autor



Ukázka průběhu testování viz obrázek 5.17 a 5.18.



**Obrázek 5.17: Pacientský simulátor (HPS), EKG elektrody a monitor S/5.  
Fotografie: autor**



**Obrázek 5.18: Pacientský simulátor (HPS), osobní počítač s puštěnou SW aplikací a monitor S/5. Fotografie: autor**

## 6 Diskuse

Hlavním výstupem práce je systémové řešení pro zajištění anesteziologického záznamu ve VFN v Praze.

### 6.1 Komplikace a možná řešení komunikace monitoru s PC

Původním řešením bylo provedení analýzy komunikačního protokolu monitoru S/5 a návržení aplikace, která bude schopna na základě těchto informací sama nastartovat komunikaci mezi zdravotnickým prostředkem a osobním počítačem. Zjistilo se, že firma General Electric zpřístupnila konektor na snímání dat, avšak ne potřebnou dokumentaci k monitoru či softwaru Data Collect, který je přímo specializovaný právě na získávání dat z monitoru.

Nebylo tedy možné postupovat ani dalším nabízejícím se způsobem, a to využitím již existujícího softwaru Data Collect přímo od firmy GE. Fakulta biomedicínského inženýrství má sice licenci na tento software, která obsahuje možnost náhledu do grafického programování SW v LabView, avšak stále je nutné znát komunikační protokol. V offline režimu aplikace Data Collect funguje pouze jako ukázka funkcionality SW, kde jsou předem vytvořená data s rozdílnými hodnotami pacientů, kde je možné zvolit sadu dat, která se spustí a vykreslí v programu. Protože se nejedná se o online snímání dat z monitoru, nelze vyčíst žádné další informace.

Alternativním řešením je rozpoznávání hodnot parametrů z obrazu, což lze řešit pomocí aplikace MatLab a neuronových sítí. Pomocí kamery by poté byl snímán displej a zapisovány zjištěné parametry. Výhoda by byla v legislativě, protože kamerový systém není medicínský prostředek, ale podpůrný, a tedy se na něj nevztahují tak vysoké požadavky. Nevýhodou by byla závislost systému na poloze kamery, tudíž by musela být zajištěna přímá viditelnost, která se v praxi docílí jen zřídka, proto je pro klinické využití nejvhodnější řešení pomocí sériové linky a osobního počítače.

### 6.2 Vyhodnocení funkcionality systému

#### 6.2.1 Připojení k monitoru a získání hodnot parametrů

Přes veškeré komplikace a neochotu korporátních firem spolupracovat na konkurenčním softwaru se podařilo najít způsob, jak navázat komunikaci mezi monitorem vitálních funkcí S/5 (Datex-Ohmeda, USA) a počítače, pomocí volně dostupné aplikace VitalSignsCapture v jazyce C#, analýzy kódu a výčtu potřebných parametrů (Přenosová rychlost, Parita, Stop Bits a Data Bits). K monitoru se připojil sériový laplink vedoucí skrz USB převodník do počítače, kde se pomocí tentýž aplikace vytvořil textový dokument, který v přednastavené časové periodě vypisuje hodnoty měřených parametrů

z monitoru. Čímž byly splněny dílčí cíle práce jako připojení PC a monitoru vitálních funkcí, tak aby bylo možné získat měřené parametry, analýza komunikačního protokolu monitoru a zpracování dostupných dat z portu tohoto monitoru.

Potřebné dokumenty k monitoru byly firmou dodány až v průběhu měsíce dubna, dekodované parametry byly následně porovnány s teoretickými hodnotami uvedenými v získaných materiálech.

### **6.2.2 Interpretace dat – GUI**

Textový soubor, do kterého jsou zapisovány číselné hodnoty měřených parametrů má přesně stanovenou syntaxi, která lze vyčíst ze zdrojového kódu aplikace. V Pythonu byl vytvořen SW s názvem PRDD, který je schopen tento textový soubor otevřít, rozdělit dle syntaxe a vyčíst jednotlivé hodnoty ve stejné periodě jako jsou snímány. Jedná se o přehlednou jednoduchou aplikaci, kterou dokáže ovládat intuitivně každý (v příloze manuál na spuštění a použití aplikace). Před zahájením automatického záznamu musí anesteziolog vypsát potřebné parametry nastavení ventilace. Po spuštění záznamu se základní životní funkce (jako srdeční frekvence, systolický a diastolický tlak, saturace krve kyslíkem a parciální tlak CO<sub>2</sub> při výdechu) vykreslují do grafu. V ručně tvořeném automatickém záznamu jsou do grafu vypisovány ještě další parametry (jako infúze, podaná medikace a plyny), které jsou elektronickém záznamu zapisovány do tabulky, kvůli přehlednosti a složitosti programování. Hodnota IAP nebude zaznamenána, neboť je zjišťována katetrem a na monitoru vitálních funkcí tak není zobrazována, lze zapsat po domluvě s chirurgem.

Hlavní cíl práce byl splněn, neboť byla navržena a vytvořena aplikace, která umožní vést automatický záznam o anestezii, na základě potřeb zdravotnických zařízení z hlediska náležitostí a praktického využití klinických pracovníků (aplikace PRDD).

### **6.2.3 Testování aplikace PRDD**

Při testování ve VFN se ani po několika pokusech, za přítomnosti biomedicínského inženýra daného oddělení, na různých anesteziologických přístrojích nepodařilo navázat spojení mezi monitorem a počítačem nejspíše z důvodu bezpečnostního zabezpečení, proto testování proběhlo na fakultě v Kladně.

Hodnoty zobrazené na monitoru vitálních funkcí odpovídají hodnotám vykresleným v uživatelském rozhraní. Aplikace PRDD má nulovou chybovost oproti monitoru a kopíruje hodnoty z přístroje. Monitor sám o sobě měří s relativní chybou maximálně 1,33 % při hodnotě 75 tepů za minutu, nejnížší přesnost má tedy v rozmezí normálních fyziologických hodnot zdravého člověka, tudíž absolutní chyba 1 tep za minutu nemá sebemenší význam. Tato chyba mohla být způsobena použitím jiného než doporučeného

simulátoru výrobcem. [27] Navržená aplikace byla testována pomocí simulovaných dat a zdravotnické techniky z klinické praxe.

### **6.3 Limitace práce, směřování práce do budoucna a klinické využití**

V budoucnu by bylo žádoucí místo kabelového připojení vytvořit bezdrátovou komunikaci, ale zároveň zajistit bezpečnost před únikem osobních informací. Tomuto musí být kladen důraz obzvláště v dnešní době kybernetických útoků. Realizovat by to bylo možné před nemocniční informační systém, kdy se jedná o informační technologie nemocnice, a tedy za případný únik patientských informací nenese odpovědnost výrobce zdravotnické techniky.

Dále je plánováno rozšíření aplikace PRDD tak, aby byla schopna zaznamenávat údaje z plicního ventilátoru, anesteziolog by poté nemusel ručně vypisovat žádné údaje před zahájením záznamu. Kvůli prvotním komplikacím a rozsahu práce toto rozšíření nebylo zařazeno, ale bude nutné pro pozdější klinické využití.

Grafické uživatelské rozhraní se neshoduje s původním návrhem aplikace ve Photoshopu, v budoucnu je třeba se více přiblížit přesnému rozložení. Dále by bylo užitečné snímat data nejen z ventilátoru (plyny), ale také z infuzní techniky (B-Braun pumpy) jako například software Metavision firmy IMDSOFT a systém FONS Enterprise firmy Stapro Pardubice. Kdyby se podařilo propojení, lékař by se skutečně mohl plně věnovat pouze a jen pacientovi. Přínos by aplikace měla také ve výzkumu, kdy by se s mírnou úpravou a vhodným nastavením dala použít pro všechny monitory Datex-Ohmeda. Tudiž by bylo možné, díky snazšímu shromažďování dat o zajímavých pacientech, aplikaci využít i ke sběru informací v současné situaci pandemie COVID-19, kdy by, po implementaci na lůžková oddělení JIP, bylo možné snímat data i po sekundových intervalech, a tak získat data pro budoucí výzkum. Dnešní záznamy jsou bohužel téměř nereprodukovatelné a pro výzkum nepoužitelné, kvůli chybovosti zápisu ručním způsobem.

Při snímání dat z pacienta může dojít k takzvaným artefaktům, rušivým signálům, které jsou způsobeny například pohybem končetinami pacienta, přilehnutím kabelu či prací s elektrickými součástkami vně pacienta. Naměřené hodnoty signálu se proto mohou zdát zbytečně alarmující a lékař do ručního záznamu tyto výchyly neuvádí. V případě automatického zaznamenávání tato úprava možná není, tudíž mohou být artefakty použity pro znevýhodnění lékaře v soudním sporu, přestože se jedná o jednorázové chyby měření. [3] Bude třeba implementovat tlačítko „Artefakt“, aby lékař upozornil na chybné měření a možnost ruční úpravy vyčtených dat. Samozřejmostí je uložení původního neupraveného záznamu.

Dále bude třeba přidat funkci, kdy se aplikace po stisknutí tlačítka „Stop“ zeptá, zda lékař chce skutečně ukončit či pozastavit záznam. Kvůli bezpečnosti by se GUI zbarvil

do alarmující barvy či blikal. Funkce „Export“ musí být rozšířena o možnost záznamu ve formátu pdf. Protože v nemocnici je pacient rovnou ze sálu převezen na lůžkové oddělení JIP, je nutné, aby sestra spolu s pacientem získala již vytištěný papír s automatickým záznamem, neboť musí co nejdříve vědět, co se s pacientem dělo v průběhu operace.

Co se týče bezpečnostních opatření a hygieny, po vytvoření bezdrátové komunikace přístrojů by bylo vhodné uvažovat nad praktickým využitím a legislativou. Počítač s klávesnicí by se dal nahradit bezdrátovým dotykovým displejem či tabletem o standardní velikosti 10 až 13 palců, který by byl umístěn na tyči vedle monitoru vitálních funkcí. Zvýšilo by se tak hygienické opatření, neboť je to mnohem lépe udržitelné a dezinfikovatelné.



## 7 Závěr

Byl nalezen způsob, jak navázat komunikaci mezi monitorem vitálních funkcí S/5 (Datex-Ohmeda, USA) a osobním počítačem. K monitoru byl připojen sériový laplink vedoucí skrz USB převodník do počítače, kde byl vytvořen textový dokument, který ve volitelné časové periodě vypisuje hodnoty měřených parametrů z monitoru (pomocí volně dostupného SW VitalSignsCapture). Čímž bylo umožněno zpřístupnit dostupná data z portu tohoto monitoru k dalšímu zpracování.

Byla navržena a realizována aplikace PRDD v jazyce Python, která tyto naměřená data v textovém souboru rozdělila a dle syntaxe přiřadila hodnoty k jednotlivým parametrům. Součástí vzniklého softwaru je i uživatelské rozhraní, které bylo vytvořeno dle analýzy anesteziologického záznamu a přizpůsobeno potřebám zdravotnických zařízení z hlediska náležitostí a praktického využití klinických pracovníků. Po zadání počátečních parametrů ventilace a zvolení příslušné periody pro snímání hodnot jsou získané hodnoty zobrazeny v grafické či tabulkové podobě. Uživatel (anesteziolog) může program ovládat pomocí tlačítek Start, Stop, Nová operace a Export. K této aplikaci byl vytvořen návod (viz příloha A). Záznam lze po ukončení operace jednoduše vyexportovat do excelové tabulky a následně vytisknout.

Navržená aplikace byla testována pomocí simulovaných dat a zdravotnické techniky z klinické praxe. Hodnoty zobrazené na monitoru vitálních funkcí odpovídají hodnotám vykresleným v uživatelském rozhraní. Aplikace PRDD pro automatizaci anesteziologického záznamu má nulovou chybovost oproti hodnotám zobrazeným na monitoru vitálních funkcí. Monitor sám o sobě měří s relativní chybou maximálně 1,33 % při hodnotě srdeční frekvence 75 tepů za minutu.

Bylo vytvořeno řešení, jak usnadnit práci anesteziologům, kteří jsou povinni vést dokumentaci o stavu pacienta během celé operace (tzn. záznam o anestezii). Protože u nás v České republice jsou tyto záznamy vedeny ručně, byla naprogramována aplikace, která dokáže automaticky snímat potřebné parametry z monitoru vitálních funkcí, a tím tvořit anesteziologický záznam, bylo umožněno lékařům věnovat vyšší pozornost pacientovi než papírové dokumentaci.

Do budoucna bude mít aplikace PRDD význam nejen v klinické praxi na operačním sále, na jednotce intenzivní péče, na lůžkových odděleních, ale také přispěje k experimentálním účelům, díky usnadnění shromažďování dat o pacientech (což by se hodilo například v současné situaci COVID-19, kdy by bylo možné snímat data i po sekundových intervalech, a tak získat data pro budoucí výzkum viru).

## Seznam použité literatury

- [1] M. ADAMUS, K. CVACHOVEC, V. ČERNÝ, I. HEROLD, M. HORÁČEK, D. MACH, V. ROGOZOV, P. ŠEVČÍK, P. ŠTOURAC, J. ŠTURMA a T. VYMAZAL, Zásady bezpečné anesteziologické péče. *Anesteziologie a intenzivní medicína* [online]. 2018 (2), s. 107-110 [cit. 2019-10-22]. DOI: 10.1007/s10877-010-9256-y. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/anesteziologie-intenzivni-medicina/2018-2-22/zasady-bezpecne-anesteziologicke-pece-63735>
- [2] J. BRUTHANS, Anesteziologické informační systémy v České republice – stále hudba budoucnosti? *Anesteziologie a intenzivní medicína* [online]. 2019 (30), s. 3-8 [cit. 2019-10-22]. DOI: 10.1007/s10916-020-1545-5 Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/anesteziologie-intenzivni-medicina/2019-1-22/anesteziologicke-informacni-systemy-v-ceske-republice-stale-hudba-budoucnosti-112681>
- [3] T. NEWMAN a D. WEATHERSPOON, What to know about general anesthesia. *Medical News Today* [online]. 2018, 05.01., 7 [cit. 2020-01-01]. Dostupné z: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/265592.php>
- [4] B. SINNER, K. BECKE a K. ENGELHARD, General anaesthetics and the developing brain: an overview. *Anaesthesia* [online]. 2014, , 1009-1022 [cit. 2020-04-11]. DOI: 10.1111/anae.12637. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/anae.12637>
- [5] J. DUBA, R. GÁL a T. SVOBODA, Celková anestezie s bdělou fází u neurochirurgických výkonů. *Anesteziologie a intenzivní medicína* [online]. 19(5), 248-251 [cit. 2020-04-11]. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/anesteziologie-intenzivni-medicina/2008-5/celkova-anestezie-s-bdelou-fazi-u-neurochirurgickych-vykonu-877>
- [6] R. VERMA, B. MOHAN, JP. ATTRI, V. CHATRATH, A. BALA a M. SING, Anesthesiologist: The silent force behind the scene. *Anesth Essays Res.* [online]. 2015; 9: 293-7 [cit. 2020-01-01]. DOI: 10.4103/0259-1162.159775. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4683484/>

- [7] M. ZEMAN, Z. KRŠKA a kolektiv, Chirurgická propedeutika - Třetí, doplněné a přepracované vydání: I. chirurgické kliniky 1. LF UK a VFN. *Google Books* [online]. 3. Praha: Grada Publishing, 2011, s. 512. [cit. 2020-01-01]. ISBN 8024774429. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=YhBbAgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=cs#v=onepage&q&f=false>
- [8] Konzultace s odborníkem (anesteziologem MUDr. Janem Bruthansem). [cit. 2020-01-01].
- [9] M. EHRENFELD, J. a M. A. REHMAN, Anesthesia information management systems: a review of functionality and installation considerations. *National Institutes of Health* [online]. 2011 Feb 25, (-), 6 [cit. 2019-10-22]. DOI: 10.1007/s10877-010-9256-y. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3387486/>
- [10] C. L. PYSYK, R. JEE a I. ZUNDER, (2018), Change in staff anesthesiologists' opinions of an Anesthesia Information Management System (AIMS). *Journal of Clinical Monitoring and Computing*. [cit. 2020-04-11]. DOI: 10.1007/s10877-018-0178-4 ] Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29956063>
- [11] S. M. FRANK, W. J. SAVAGE, J. A. ROTHSCHILD, R. J. RIVERS a P. M. NESS, Variability in Blood and Blood Component Utilization as Assessed by an Anesthesia Information Management System. *Anesthesiology* [online]. 2012, July 2012, (7), 99-106 [cit. 2020-03-28]. DOI: <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e318255e550>. Dostupné z: <https://anesthesiology.pubs.asahq.org/Article.aspx?articleid=1933832>
- [12] C. EGGER HALBEIS, R. EPSTEIN, A. MACARIO, R. PEARL a Z. GRUNWALD, Adoption of anesthesia information management systems by academic departments in the United States. *Anesthesia and Analgesia* [online]. 2008, 01 Oct 2008, 107(4):1323-1329 [cit. 2020-03-28]. DOI: 10.1213/ane.0b013e31818322d2. Dostupné z: <https://europepmc.org/article/med/18806048>
- [13] J. BALUST, C. EGGER HALBEIS a A. MACARIO, Prevalence of anaesthesia information management systems in university-affiliated hospitals in Europe. *Eur J Anaesthesiol* [online]. 2010, 2010 Feb, 202-8 [cit. 2020-03-28]. DOI: 10.1097/EJA.0b013e3283313fc2. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19918183>
- [14] Centricity High Acuity Overview Brochure. *Medical EXPO* [online]. [cit. 2019-10-23]. Dostupné z: [https://pdf.medicalexpo.com/pdf/ge-healthcare/centricity-high-acuity-overview-brochure/70717-159221-\\_4.html](https://pdf.medicalexpo.com/pdf/ge-healthcare/centricity-high-acuity-overview-brochure/70717-159221-_4.html)

- [15] Efficient anaesthesia information management. *IMD Soft* [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: <https://www.imd-soft.com/products/anaesthesia>
- [16] R. LOEB a J. FELDMAN. Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation: Anesthesia Machines. 2. USA: John Wiley, *Google Books* [online]. 2006. [cit. 2020-05-11]. ISBN 978-0-471-26358-6. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=YKoHGueXrocC&lpg=PA354&ots=vLO135oMI2&dq=Encyclopedia%20of%20Medical%20Devices%20and%20Instrumentation%20Anesthesia%20Machines.&hl=cs&pg=PA347#v=onepage&q=Encyclopedia%20of%20Medical%20Devices%20and%20Instrumentation:%20Anesthesia%20Machines.&f=false>
- [17] Anaesthesia Machines and Solutions for your Operating Theatre. *Dräger* [online]. [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: [https://www.draeger.com/en\\_aunz/Hospital/Anaesthesia](https://www.draeger.com/en_aunz/Hospital/Anaesthesia)
- [18] G. ROSE a J. T. MCLARNEY. Anesthesia Equipment Simplified. United States: McGraw-Hill Education, *Access Anesthesiology* [online]. 2014. [cit. 2020-05-11]. ISBN 9780071805186. Dostupné z: <https://accessanesthesiology.mhmedical.com/book.aspx?bookID=871>
- [19] Návrh a realizace anesteziologického záznamu na základě analýzy požadavků uživatelů. *Fakulta Biomedicínského Inženýrství ČVUT v Praze* [online]. [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://projects.fbmi.cvut.cz/projects/detailSupervisor/8087>
- [20] L. V. SUNDARARAMAN a S. P. DESAI, The Anesthesia Records of Harvey Cushing and Ernest Codman. *Anesthesia and Analgesia* [online]. 2018, 126 (1), 322-329 [cit. 2020-04-11]. DOI: 10.1213/ANE.0000000000002576. Dostupné z: [sci-hub.tw/10.1213/ANE.0000000000002576](http://sci-hub.tw/10.1213/ANE.0000000000002576)
- [21] PremiumCord USB 2.0 -> RS 232, *Alza CZ* [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/premiumcord-usb-2-0-rs-232-kratky-d249566.htm>
- [22] VitalSignsCapture. *Source Forge* [online]. [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://sourceforge.net/projects/vscapture/files/>
- [23] Z. M. BENEDEK a S. FURMAN. Simplifying Pacemaker Follow-up by the Implementation of the NASPE Standards on Computer Interface. *Pacing and Clinical Electrophysiology* [online], 9(6), 1986, 1271–1276, [cit. 2020-05-11]. DOI:10.1111/j.1540-8159.1986.tb06707.x Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=parity+bit+checksum>

- [24] I. CINEL, S. JEAN a R. P. DELLINGER. Principles of Diagnosis and Management in the Adult: General Principles of Mechanical Ventilation. *Critical Care Medicine* [online]. 3. Elsevier B.V., 2008, s. 153–175 [cit. 2020-05-11]. DOI: 10.1016/b978-032304841-5.50011-x. ISBN 978-0-323-04841-5. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978032304841550011X>
- [25] Umělá plicní ventilace, ventilátory, ventilační režimy. *Akutne.cz* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <https://www.akutne.cz/res/publikace/1konf-3-pavel-hude.pdf>
- [26] Redakce HW serveru. Detaily o RS 232 a přenosu informací vůbec: Souhrn několika základních informací o RS 232 a přenosu dat obecně. *HW Server* [online]. 12. Listopad 1999 [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <https://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/detaily-o-rs-232-a-prenosu-informaci-vubec.html>
- [27] GE Datex-Ohmeda S/5 Technical Reference Manual. *ManualsLib* [online]. 75 - 77 [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://www.manualslib.com/manual/1628221/Ge-Datex-Ohmeda-S-5.html?term=accuracy&selected=2&page=76#manual>

# Příloha A: Návod na použití aplikace PRDD

## Spuštění aplikace PRDD

Pro spuštění aplikace stačí kliknout na PRDD.exe. Tato možnost funguje pouze pro operační systém Windows.

## Spuštění programu pro jiné operační systémy

Program VitalSignsCapture a textový soubor musí být ve stejné složce, kde bude uložen projekt v Pythonu (zdrojový kód aplikace), jinak PRDD nebude schopna načíst potřebná data. To lze jednoduše vyřešit tím, že balíček bude obsahovat tyto dvě aplikace defaultně v jedné složce, textový soubor se poté také automaticky vytvoří zde. Pro spuštění aplikace v Pythonu je třeba vývojové prostředí PyCharm, který lze zdarma stáhnout na stránkách JetBrains a kompilér Python 3.8, který je také volně dostupný na webu. Po otevření projektu v aplikaci PyCharm je nutné přidat interpreter a nainstalovat knihovnu „PyQt5“ a „pyqtgraph“. To je možné po kliknutí pravým tlačítkem na název projektu, kliknout na „otevřít terminál“, napsat dolů „pip install pyqt5“ a zmáčknout klávesu Enter. Poté lze program spustit tlačítkem „Run“.

## Použití aplikace

Nejprve je nutné připojit počítač k monitoru vitálních funkcí, spustit aplikaci VitalSignsCapture a nastavit příslušný port a režim snímání. Poté je třeba spustit PRDD pro automatické vyčítání naměřených dat.

Po spuštění PRDD pro tvorbu nového záznamu stiskněte tlačítko „Nová operace“. Vyplňte počáteční parametry nastavení ventilátoru. Tlačítkem „Pokračovat“ se dostanete do hlavního okna aplikace, kde po stisknutí „Start“ začne vyčítání hodnot a jejich vykreslování do grafu. Pro ukončení nahrávání slouží tlačítko „Stop“. Exportování záznamu je možné buď ve formě obrázku po kliknutí na graf pravým tlačítkem a vybrání možnosti exportu nebo také tlačítkem „Export“. Ve stejné složce, kde je umístěn program se vytvoří stejnojmenná složka, kde bude uložen v textovém souboru celý záznam a hodnoty jednotlivých parametrů. Pro nový záznam stiskněte „Nová operace“. Tlačítko „Historie“ slouží pro nahlédnutí do již provedených záznamů.

## Příloha B: Obsah přiloženého DVD

- Zadání\_bakalářské\_práce.pdf
- 17PBBBBP\_478146\_Barbora\_Nezpevakova.pdf
- Abstrakt.pdf
- Abstract.pdf
- Klíčová\_slova.pdf
- Keywords.pdf
- **17PBBBBP\_478146\_Barbora\_Nezpevakova.zip**
  - **Složka: Aplikace\_PRDD**
    - Aplikace\_PRDD.exe (spustitelná verze aplikace na operačním systému Windows)
    - Složka: Export (prázdná, pro ukládání naměřených dat)
    - AS3DataExport.csv (zkušební naměřená data)
  - **Složka: Zdrojový\_Kód**
    - base.py
    - mainBase.py
    - history.py
    - table.py
    - Složka: Export (prázdná, pro ukládání naměřených dat)
    - AS3DataExport.csv (zkušební naměřená data)