



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ**

**Katedra biomedicínské informatiky**

Název bakalářské práce:

**Webová aplikace pro zobrazení a vyhodnocení  
dat z glukometru**

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Biomedicínská informatika

Autor bakalářské práce: Tomáš Hrůza

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Radim Krupička, Ph.D.

---

**Kladno, květen 2015**

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Webová aplikace pro zobrazení a vyhodnocení dat z glukometru“ vypracoval samostatně a použil 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).

V Kladně 22.5.2015

.....  
Tomáš Hrůza

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat panu Mgr. Radimovi Krupičkovi, Ph.D. za odborné vedení, za podporu a cenné rady při zpracování této práce. Také bych chtěl poděkovat panu Bc. Tomáši Janků za pomoc a rady při mých začátcích práce s technologií použitou pro tvorbu této aplikace.

## **Název bakalářské práce**

Webová aplikace pro zobrazení a vyhodnocení dat z glukometru

## **Abstrakt**

Tento bakalářská práce je zaměřena na vývoj webové aplikace. Účelem této aplikace je zobrazení a vyhodnocení dat z glukometru. Zobrazení data je realizováno v podobě grafů. Vyhodnocená data umožňuje aplikace exportovat do souboru aplikace Excel. První část práce pojednává o problematice onemocnění diabetes mellitus a definuje potřebné popisné parametry nemoci. V další části je pak rozvedena specifikace aplikace. Závěr práce popisuje samotný vývoj aplikace.

## **Klíčová slova:**

webová aplikace, diabetes mellitus, ASP.NET MVC, Highcharts

## **Bachelor's Thesis title**

Web based application for glucose-meter data processing and presentation

## **Abstract**

This bachelor thesis is focused on developing web application. Main purpose of this application is to show and evaluate data from glucometer. Viewing data is managed by creating charts. Evaluated data can be exported to MS Excel file. First part describes diabetes mellitus disease and defines parameters of disease. In the second part of thesis, there is described specification of application. Last part of thesis is describing development of the application.

## **Key words:**

web application, diabetes mellitus, ASP.NET MVC, Highcharts

# Obsah

1	Úvod.....	7
2	Analýza .....	8
2.1	Diabetes mellitus .....	8
2.1.1	Hyperglykemie.....	9
2.1.2	Hypoglykemie.....	10
2.2	Inzulinové pumpy.....	11
2.2.1	Medtronic .....	11
2.3	Parametry glykémie .....	12
3	Specifikace aplikace .....	14
3.1	Požadavky na software.....	14
3.2	Funkční specifikace.....	14
3.2.1	Diagram případů užití .....	15
3.2.2	Diagram stavů .....	16
3.2.3	Sekvenční diagram.....	17
3.3	Technická specifikace .....	18
3.4	Návrh databáze.....	20
4	Náhled aplikace.....	21
4.1	Úvodní stránka .....	21
4.2	Přihlášení.....	22
4.3	Seznam pacientů.....	23
4.4	Seznam souborů pacienta .....	24
4.5	Celkový graf.....	25
4.6	Výběrový graf .....	26
4.7	Export.....	27
5	Vlastní vývoj aplikace .....	28
5.1	Přihlášení.....	28
5.2	Upload.....	28
5.3	Zobrazení dat.....	28
5.4	Export.....	29
6	Diskuze .....	31
7	Závěr .....	32
	Seznam zdrojů.....	33
	Seznam obrázků.....	34

# 1 Úvod

Důvodem vzniku tohoto projektu, byl požadavek pana MUDr. Jana Brože z FN Motol, který je svou specializací diabetolog. Cílem mé práce je vytvořit webovou aplikaci, která bude schopna zpracovat data od pacientů s diabetem. Aplikace vychází z desktopové aplikace psané v prostředí Matlab Mgr. Radima Krupičky. Aplikace bude využívána jak lékaři, tak i samotným pacienty. V aplikaci bude možné upravovat a přidávat nové uživatele. Je možné do ní nahrát naměřená data pacienta, zpracovat je, vyhodnocovat, graficky prezentovat a nakonec i jejich export a to ve formátu XLSX.

Tato aplikace si klade za cíl zlepšit schopnost kompenzace inzulínu pacientů s diabetem. A pomoci tak pacientům více porozumět potřebám svého těla a vyhnout se tak překračování nežádoucích hodnot glykémie. Neboť toto překračování často poškozuje tělo pacienta a je tak velmi nežádoucí, což je více rozvedeno v kapitole 2.1 Diabetes mellitus. Dále aplikace usnadní lékařův pohled na naměřená data prostřednictvím grafu, kde lékař vidí lépe než v dlouhé tabulce, jak je pacient prospívá či neprospívá. Může snadno odhalit která část dne či týdne mu činila problém a podle toho reagovat.

## 2 Analýza

Cílem práce je zpracovat data z inzulínových pump pacientů s diabetem. Tudiž je důležité seznámit se s problematikou samotného diabetu. Posléze i s druhy a typy inzulínových pump. Důležité pro tvorbu webové aplikace je i zvolení adekvátních prostředků, tento výběr jsem popsal v kapitole 3.2. Technická specifikace.

### 2.1 Diabetes mellitus

Diabetes mellitus (dále jen “DM“) nebo také cukrovka či úplavice cukrová je onemocnění způsobené nedostatkem nebo malou účinností inzulínu. DM se dělí na dva hlavní typy.

Typ 1 závislí na inzulínu inzulín-dependent – IDDM, vzniká častěji v mládí na autoimunitním podkladu, má značný sklon k těžkým akutním komplikacím včetně kómatu s ketoacidózou a je nezbytné podání inzulínu, jehož je při tomto typu v těle naprostý nedostatek. Jeho začátek v dospělosti je méně častý. Vzniká v důsledku postupného zániku B-buněk způsobeného autoimunitními procesy navazující na dosud neznámé poškození B-buněk možná virové. Langerhansovy ostrůvky jsou infiltrovány lymfocyty insulitis, lze prokázat protilátky proti ostrůvkům např. GAD, ICA, ICSA, B-buňky jsou postupně ničeny, čímž klesá sekrece inzulínu.

Typ 2 nezávislí na inzulínu non-inzulín-dependent – NIDDM, vzniká spíše u starších, mnohdy obézních pacientů s výskytem cukrovky v rodině. Je spojen s inzulínovou rezistencí, mnohdy hyperinzulinemií.

Kromě rozdělení na dva základní typy 1, 2 se odlišuje gestační DM a hraniční poruchy glukózové homeostázy PGT, IFG. Dále existuje skupina specifických typů diabetu podmíněného geneticky, onemocněním exokrinního pankreatu, endokrinopatiemi, chemikáliemi či léky aj.

Při diabetu dochází k špatnému využití glukosy v organismu. Glukóza se dostává do buněk v nedostatečné míře, ty pak trpí nedostatkem energie, hromadí se v krvi hyperglykemie a dostává se do moči glykosurie. Močí se „ztrácí“ a strhává s sebou vodu a ionty, což vede k polyurii a změnám vnitřního prostředí. Ztráta vody se spolu s nadměrným množstvím glukosy v krvi hyperosmolalitou podílí na vzniku žízně. Nedostatek inzulínu způsobuje i poruchy metabolismu tuků a bílkovin. Zvýšené štěpení



tuků u 1. typu vede k výrazné produkci ketolátů až vzniku ketoacidózy. Kromě uvedených příznaků je diagnóza DM někdy stanovena v souvislosti s jinou nemocí např. časté infekce, plísňová onemocnění aj. K diagnóze obvykle stačí vyšetření cukru v krvi glykemie.

Závažným problémem jsou komplikace diabetu. Dělí se na akutní a chronické. Akutní komplikací je diabetické kóma, v němž může vyústit těžká hyperglykemie s ketoacidózou. Jinými druhy kómatu jsou hyperosmolární a laktacidotické kóma. K chronickým komplikacím patří poškození ledvin diabetická nefropatie, oční katarakta a zejména poškození sítnice diabetická retinopatie, urychlení aterosklerózy makroangiopatie, poškození drobných cév mikroangiopatie s nebezpečím gangrény okrajových částí dolních končetin diabetická noha, častější infekce např. močové a kožní, nervové poruchy diabetická neuropatie. Podstatou mnoha z nich jsou změny drobných cév mikroangiopatie.

Léčba DM zahrnuje dietu omezení cukrů s jejich přesným denním množstvím v potravě, pravidelný příjem potravy v určitých časových intervalech, perorálními antidiabetiky, inzulinem. Spolupráce nemocného je nutná, její nedodržování může mít vážné důsledky dekompenzace, předávkování inzulinu s hypoglykemií, rozvoj komplikací. Důležité je i udržování přiměřené tělesné hmotnosti. Správná kompenzace je i prevencí vzniku chronických komplikací. Význam má proto edukace pacientů. Pacient s DM je pravidelně sledován v diabetologické poradně, což umožňuje pružnou úpravu léčby. Sleduje se tělesná hmotnost, množství cukru v krvi a v moči, přítomnost eventuální proteinurie. K zhodnocení dlouhodobé kompenzace se provádí vyšetření glykosylovaného hemoglobinu [1].

### **2.1.1 Hyperglykemie**

Hyperglykemie (někdy psáno hyperglykémie) je definováno jako zvýšení krevního cukru nad normu. Za normální glykémii u zdravých osob na lačno je považováno rozmezí 3,5-5,5 mmol/l. U diabetiků se za optimální hladinu glykémie (ke které směřuje terapeutická intervence) nalačno považuje rozmezí 4-6 mmol/l, rozmezí 6-7 mmol/l je hodnoceno jako uspokojivé a nad 7 mmol/l je neuspokojivá hladina glykémie.

Nejčastějšími akutními projevy při hyperglykemii jsou žízeň, sucho v ústech a s tím spojené nadměrné močení. Někteří lidé také cítí velký hlad nebo vidí rozostření. Močí navíc tělo ztrácí spolu s vodou i minerální látky. Dlouhotrvající hyperglykemie přispívá

k narušení funkce tělesných struktur, které mají za příčinu vznik chronických pozdních komplikací diabetu. Sem se řadí diabetická retinopatie (poškození cév vyživujících sítnici oka), diabetická nefropatie (poškození cév obalujících glomeruly ledvin), diabetická neuropatie (poškození funkce autonomní nebo sensorických nervů), diabetická makroangiopatie (poškození velkých cév) a syndrom diabetické nohy.

V důsledku déletrvající hyperglykemie tělo cítí nedostatek zdroje energie ve svých buňkách a snaží se získat energii z dalšího nejvýhodnějšího zdroje, tj. z tuků. Rozkladem tuků vzniká energie a jako odpadní látka ketony, jejichž následkem je rozvoj diabetické ketoacidózy. Vnitřní prostředí těla se okyseluje a tím se rozvrací metabolismus ostatních metabolických drah. Neléčená diabetická ketoacidóza vede ke zhroucení metabolismu, které se může projevit hyperglykemickým kómatem, a tím i nutnou hospitalizací.

### **2.1.2 Hypoglykemie**

Hypoglykemie je hladina glukózy v krvi nižší než 2,2–2,6 mmol/l u dospělých i dětí. U novorozenců je tento limit 1,7 mmol/l a u nedonošených 1,1 mmol/l. Hlavním nebezpečím hypoglykemie je nedostatečné energetické zásobení mozku (zásoba intracelulární glukózy pro mozek vystačí pouze 10–15 minut).

Hypoglykemie se projevuje nejprve sníženou psychickou výkonností, slabostí, bolestí hlavy, studeným potem, pocitem hladu, poruchou jemné motoriky a později křečemi až bezvědomím. Nízká koncentrace glukózy v krvi je nebezpečná především pro mozek (jediný zdroj energie pro mozek je glukóza, které spotřebuje asi 100 g za den), a proto se tělo snaží nedostatek glukózy v krvi co nejrychleji napravit. Stimuluje sekreci antagonistů inzulínu: především hormony nadledvinek – adrenalin, kortizol a hormon pankreatu – glukagon. Tyto hormony stimulují rozklad zásobního cukru glykogenu (proces glykogenolýza) v játrech na glukózu a potlačují účinek inzulínu. Pocit hladu, který je způsobený vyloučením adrenalinu do krve, přinutí člověka sníst potravu obsahující sacharidy.

V průběhu trvání diabetu a častým opakováním hypoglykemie dochází k útlumu kontraregulační odpovědi organismu na hypoglykemii (pomaleji se vyplavuje glukagon a adrenalin), což má za následek tzv. syndrom porušeného vnímání hypoglykemie. Nerozpoznaná hypoglykemie ve spánku může vést ke kolapsu organismu v důsledku absolutního nedostatku glukózy v krvi, tzn. k hypoglykemickému kómatu. Při poruše vědomí není diabetik schopen přijímat potraviny obsahující sacharidy. Je nutné

zavolat zdravotnickou záchrannou službu. Je možné vložit kostku cukru do úst postiženého mezi tvář a zuby. Ve slinách rozpuštěná sacharóza se rozštěpí a vzniklá glukóza se rychle vstřebává do krve. Není vhodné kostku cukru vkládat pod jazyk, kvůli nebezpečí vdechnutí. Pokud má u sebe diabetik nouzovou laickou injekci, je možné injekčně aplikovat hormon glukagon, který zvrátí účinek inzulínu. Pokud dosavadní léčba není účinná, lékař nitrožilně aplikuje 40% roztok glukózy (Obrázek 1).



**Obrázek 1 GlucaGen HypoKit – poslední pomoc při hypoglykemickém komatu [10]**

Velmi častou chybnou úvahou nepoučeného laika je "píchnout diabetikovi inzulín". Inzulín však (na rozdíl od kostky cukru) může člověka zabít, proto jej podává pouze lékař, nebo diabetik sám sobě při plném vědomí.

## **2.2 Inzulínové pumpy**

Inzulínová pumpa zkratka IP (někdy psáno jako inzulínová pumpa) je přístroj pro aplikaci inzulínu určený převážně pro léčbu diabetu mellitu 1. typu. Léčba kontinuální podkožní infúzí inzulínu inzulínovou pumpou nejvíce napodobuje přirozenou sekreci inzulínu a proto je dosud nejlepší variantou diabetické léčby (Obrázek 2) [1].

Při výběru vhodné pumpy jsme brali v úvahu formát dat, který lze získat z inzulínové pumpy. V České republice jsou dostupné inzulínové pumpy výrobců Roche, Animas, Sooil a Medtronic. Z uvedených výrobců však používají pouze dva systémy umožňující kontinuální měření glykémie a to jsou Minimed/Medtronic a DexCom.

### **2.2.1 Medtronic**

Tohoto výrobce jsme zvolili pro vhodný výstupní formát dat, konkrétně formát CSV. Výstupní soubor obsahuje mimo jiné i základní informace o měřeném pacientu, identifikaci zařízení, které měření provádělo a konečně samotná naměřená data. V souboru jsou data logicky seřazena podle času pořízení záznamu, kdy každý záznam obsahuje následující informace: Index – pořadí měření, Date – datum měření, Time – čas

měření, Sensor Glucose (mmol/L) – hodnota glukózy a další, ale ty jsou pro potřeby této aplikace redundantní [2].



Obrázek 2 Aplikovaná inzulinová pumpa výrobce Medtronic [3]

## 2.3 Parametry glykémie

Pro objektivní hodnocení diabetu je možno použít mnoho parametrů. Pro naše účely jsou nejvhodnější parametry: SD, CV, MAGE, CONGA a MODD. Uvedené parametry mají pro aplikaci potřebnou vypovídající hodnotu [4]. Dalším parametrem určujícím kvalitu zvládání diabetu je parametr GRADE.

### SD

Klasickou jednotkou informující o stavu glykemických hodnot je Standardní odchylka (SD). Její optimální hodnota je menší nebo rovna jedné třetině průměrné glykémie [5].

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{k - 1}}$$

$x_i$  = jednotlivé hodnoty  
 $\bar{x}$  = průměr pozorovaných hodnot  
 $k$  = počet pozorovaných hodnot

(1)

## CV

Variační koeficient (CV) je rozptyl hodnot při měření téhož pacienta v čase. Hodnotu získáme jako podíl směrodatné odchylky a průměrné hodnoty ze všech měření.

$$CV = \frac{s}{\bar{x}}$$

$s$  = směrodatná odchylka  
 $\bar{x}$  = průměrná hodnota měření

(2)

## MAGE

Je průměrná amplituda glykemických exkurzí. Zde se za uspokojivou hodnotu považuje výsledek 3 až 6.

$$MAGE = \sum \frac{\lambda}{n} \text{ if } \lambda > v$$

$\lambda$  = každé zvýšení hladiny glukózy v krvi nebo snížení  
 $n$  = počet prováděných měření  
 $v$  = 1 SD z průměrné glukózy za 24 hodinové období

(3)

## CONGA

Je kontinuální celkově čistá glykemická akce, definovaná jako rozdíl SD mezi aktuálním pozorováním a pozorováním předchozím. Hodnota CONGA se dále využívá pro CGM, kontinuální sledování hladiny glukózy. Zpravidla se stanovuje tento parametr pro různá časová období, z tohoto důvodu se pro přehlednost za názvem parametru uvádí  $i$   $n$ , tedy počet hodin měření.

$$CONGA = \sqrt{\frac{\sum_{t=t_1}^{t_{k^*}} (D_t - \bar{D})^2}{k^* - 1}} \text{ where } D_t = GR_t - GR_{t-m} \text{ and } \bar{D} = \frac{\sum_{t=t_1}^{t_{k^*}} D_t}{k^*}$$

$k^*$  = počet pozorován, kde předchozí pozorování je provedeno  $n \times 60$  minut předem,  $m = n \times 60$   
 $D_t$  = rozdíl mezi zjištěnou glukózou v čase  $t$  a čase  $t$  minus  $n$  hodin

(4)

## MODD

Výstupem MOOD je průměrný denní rozdíl hodnot glykémie.

$$MODD = \frac{\sum_{t=t_1}^{t_{k^*}} |GR_1 - GR_{t-1440}|}{k^*}$$

(5)

## GRADE

Je hodnota definující vyhodnocené klinické riziko, kterému je pacient vystaven. Tento parametr byl na základě požadavků MUDr. Brože vyřazen.

## 3 Specifikace aplikace

Aplikace by měla obsahovat několik funkcionalit, které se dají rozdělit do několika částí. První část by měla mít za úkol zajistit přístup pouze pověřeným uživatelům, pomocí zadání přihlašovacích údajů. Další částí aplikace umožní nahrát výstupní soubor s daty na server. Následujícím požadavkem, je možnost zobrazení načtených dat. Součástí této části bude nezbytné vybrat ze souboru užitečná data, a detekovat hypoglykémii a hypoglykémii, pro vykreslení. Poslední funkcionalitou je výstupní soubor dat ve formátu XLSX, soubor aplikace Microsoft Excel umožňující další zpracování. Výstupní soubor bude obsahovat parametry vypočítané ze vstupních dat.

### 3.1 Požadavky na software

Požadovaným výstupem aplikace je soubor XLSX, tedy soubor aplikace Microsoft Excel. Který bude samozřejmě obsahovat všechny vypočtené parametry rozsáhleji rozepsané v kapitole 2.3. Dále zde budou vypočteny další informace o stavu glukózy pacienta pro každý den.

### 3.2 Funkční specifikace

Aplikace by měla umožňovat přihlášení a tím zaručit přístup pouze pověřeným uživatelům s ohledem na aplikaci zpracovávající zdravotnická data. Přihlášený uživatel by měl mít přístup k funkcionalitám aplikace v závislosti jeho roli, respektive zdali se jedná o lékaře či pacienta.

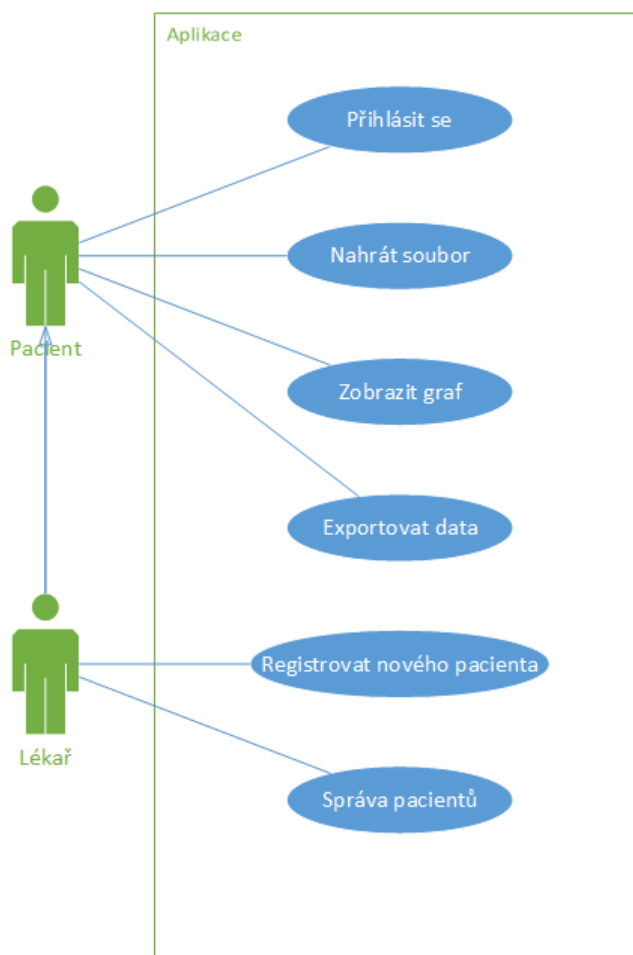
Požadavky na uživatele/lékaře byly umožnit spravovat a registrovat nové pacienty jakož i upravovat informace o pacientech stávajících. Dále bude lékaři umožněno nahrávat data z měření libovolnému pacientu. A v neposlední řadě bude mít přístup i kde všem datům a záznamům pacientů, aby mohl kontrolovat výstupy měření na grafu. Nakonec bude moci tyto data exportovat ve formátu XLSX.

Na rozdíl o uživatele/pacienta, který by měl mít přístup pouze ke svým souborům a informacím o své osobě. Pacientu bude umožněno rovněž nahrát naměřená data, vizuálně je kontrolovat na grafu i exportovat data. Z grafu by mělo být vidno překročení limitních hodnot, a data o těchto hodnotách by se měli objevit i v exportovaném souboru.

### 3.2.1 Diagram případů užití

Na use case diagramu můžeme vidět všechny funkcionality aplikace pro jednotlivé uživatele. Jak můžeme vidět, pacient se může do aplikace přihlásit. Další možností použití aplikace pro pacienta je nahrání souboru s daty o měření glykémie, dále může pacient zobrazit data z vybraného souboru v grafu. Poslední možností pacienta je exportování do výstupního souboru.

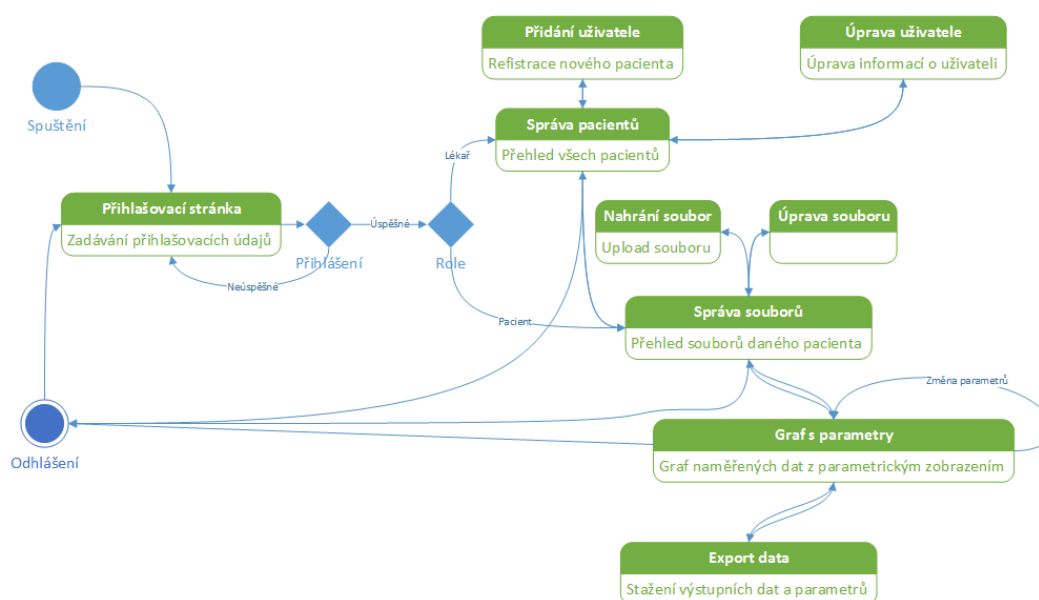
Doktor má všechny možnosti použití pacienta. Ale na rozdíl od pacienta je si může zvolit, jakému pacientu soubor přiřadí. Také si může zvolit, jaký soubor, jakého pacienta si nechá zobrazit. Doktorovi je umožněno registrovat nového pacienta (Obrázek 3).



Obrázek 3 Use case diagram

### 3.2.2 Diagram stavů

V případě tohoto State diagramu můžeme vidět průchod uživatele aplikací po jednotlivých krocích. Základním krokem každého uživatele je stránka s přihlášením, na které musí zadat potřebné přihlašovací údaje. Dále uživatel přistupuje v závislosti na své roli k dalším částem aplikace. Lékaři je k dispozici správa pacientů odkud může buďto přidat nového uživatele, upravit uživatele nebo se dostat na stránku souborů konkrétního uživatele, která je přístupná u pacientu. Odkud mohou již oba druhy uživatelů nahrát další soubor, upravit soubor nebo zobrazit data v grafu. Na stránce s grafem je možnost upravit parametry pro vykreslení. Dalším krokem může být export dat nebo konečné odhlášení z aplikace (Obrázek 4).

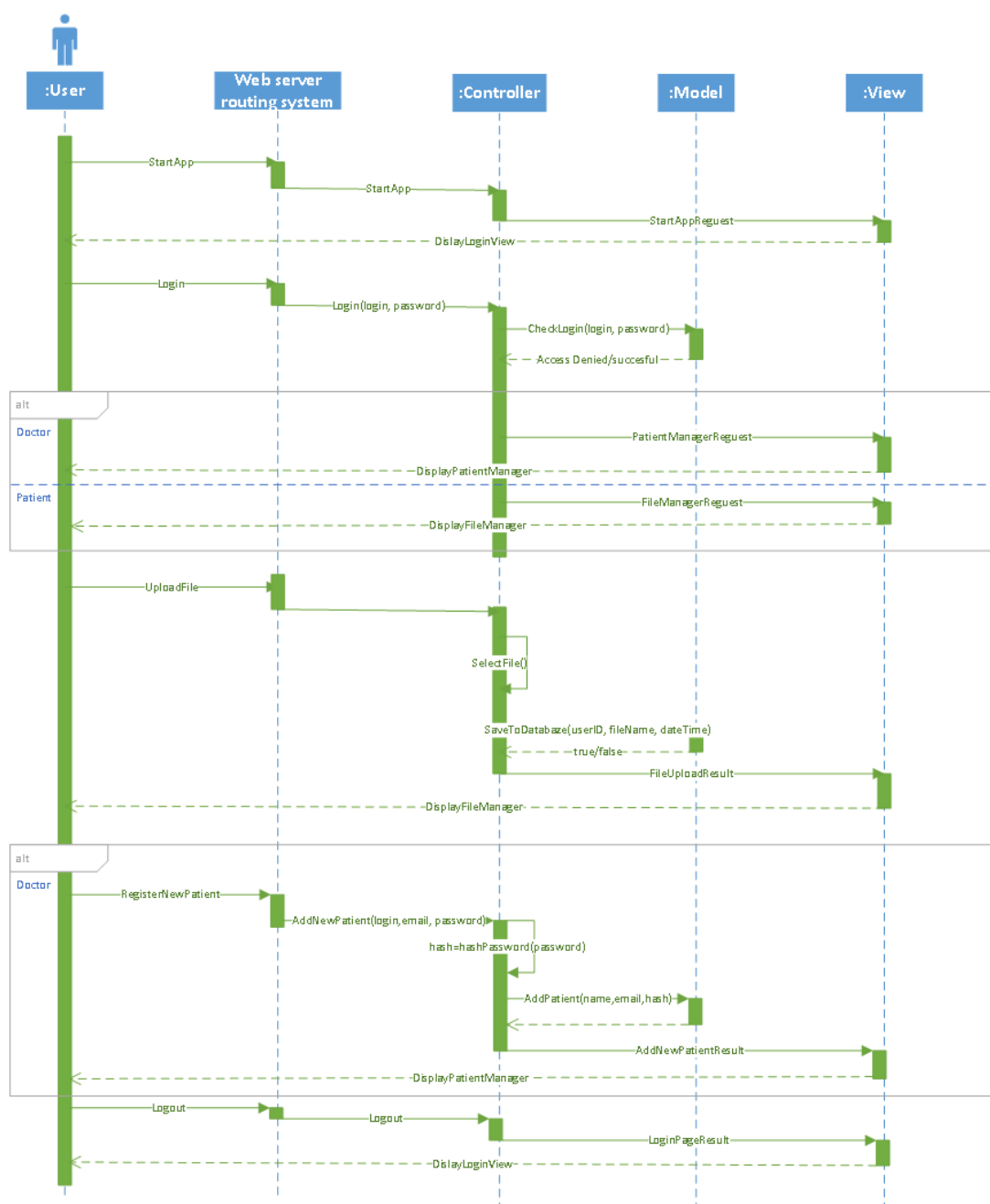


Obrázek 4 State diagram



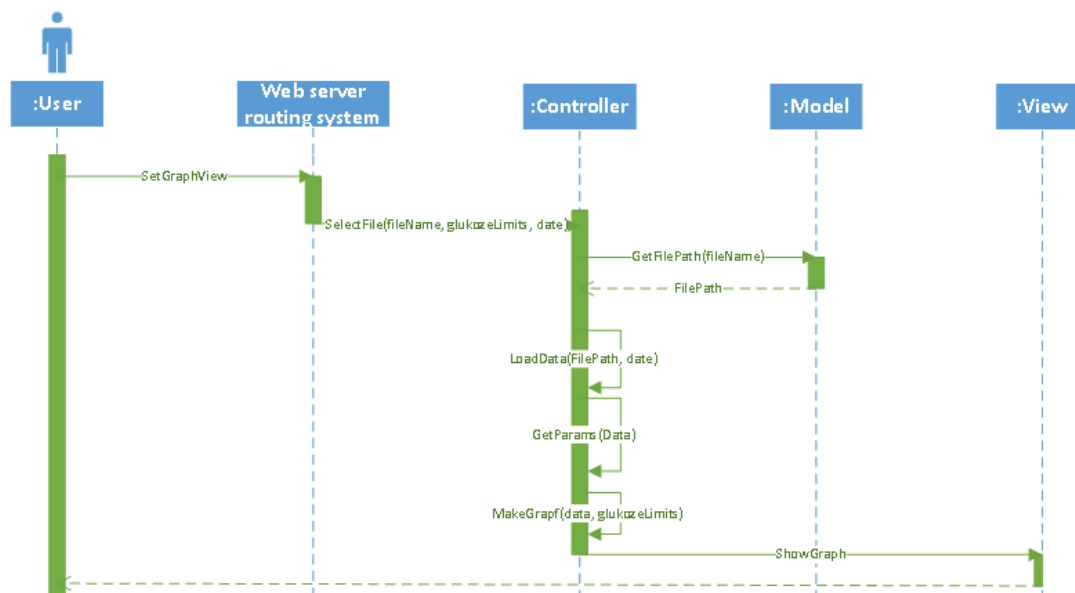
### 3.2.3 Sekvenční diagram

Sekvenční diagram zachycuje posloupnost zasílání zpráv mezi objekty. Na diagramu je názorně ukázáno zasílání zpráv pro několik případů použití (Obrázek 5). Je z například uveden postup při přihlášení, se ze strany uživatele zadají přihlašovací údaje. *Controller* následně ověří, prostřednictvím *Modelu*, který zprostředkuje komunikaci z databází, jestli jsou přihlašovací údaje správné. A na základě této informace a informace o roli uživatele předá informace potřebné pro zobrazení stránky do *View*, které odesílá sestavenou stránku uživateli.



Obrázek 5 Sekvenční diagram základní možnosti aplikace

Na tomto dalším sekvenčním diagramu je ukázka komunikace komponent architektury MVC pro případ vykreslení grafu (Obrázek 6).



Obrázek 6 Sekvenční graf postup při zobrazení grafu

### 3.3 Technická specifikace

Pro vytvoření jsme se rozhodli použít technologii ASP. NET, která slučuje značkovací jazyk HTML5, kaskádové styly CSS3 a skriptovací jazyk JavaScript. Hlavním programovací jazyk aplikace byl vybrán objektově orientovaný C Sharp. Součástí aplikace je i vykreslení dat do grafu. Na tuto část aplikace byla vybrána jako nejvhodnější javascriptová knihovna Highcharts [6].

Výstupním formátem je xlsx, tedy soubor aplikace MS Excel. Z ohledem na možnosti snadného dalšího zpracování.

- ASP. NET

Je technologie od společnosti Microsoft umožňující tvorbu webových aplikací v jazyce C#. Hlavní výhodou je kompilovaný kód, tudíž je běh aplikace rychlejší. ASP. NET nabízí tři základní způsoby, jak vyvíjet webové aplikace, ASP. NET Web Forms, ASP. NET MVC a ASP. NET Razor. V této práci kombinujeme ASP. NET MVC s ASP. NET Razor.

- C Sharp

C Sharp nebo zkráceně C# je objektově orientovaný programovací jazyk. Je založen na C++ a Java. C# lze využít k tvorbě formulářových aplikací ve Windows,

softwaru pro mobilní zařízení, databázových programů a v neposlední řadě také k tvorbě webových stránek a aplikací. V současné době je k dispozici verze C# 5.0.

- **LINQ**

Je integrovaný dotazovací jazyk byl přidán do C# 3.0, tedy již v roce 2007. Syntaxe je dosti podobná dotazovacímu jazyku SQL. Umožňuje vyhledávání, tvorbu, třídění a dotazování nad jakýmkoliv daty novým způsobem. LINQ přinesl nový způsob pro práci s SQL databázemi, XML soubory [7].

- **Highcharts**

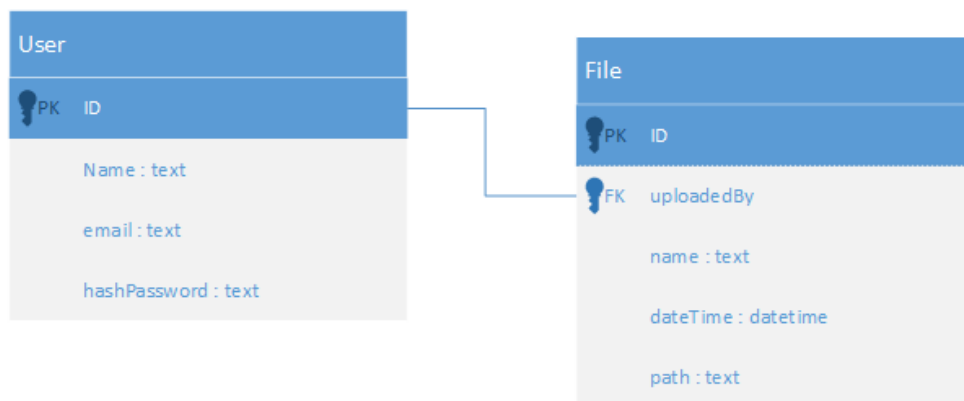
Další technologií je knihovna třetí strany Highcharts umožňuje velmi efektivně vytvářet grafy. Je napsána pouze v JavaScriptu, proto nabízí snadný způsob jak obohatit webovou stránku nebo aplikaci intuitivním grafem. Highchart disponuje celou řadou grafů různých typů. Jako jsou například sloupcový, spojnicový, pruhový, výsečový, bodové a další. Další nespornou výhodou je možnost stažení grafu do PC či jiného zařízení nebo jeho vytištění. Stáhnout graf je možno ve formátech PDF, PNG, JPEG nebo ve vektorové podobě formátu SVG.

- **GemBox.SpredSheet**

Je technologií, kterou jsme využili je knihovna od firmy GemBox Software. Pomocí této knihovny lze pracovat se soubory XLSL, XLS, ODS, CSV, HTML, PDF, XPS právě z prostředí .NET aplikace. Díky těmto možnostem se jedná o vítaný nástroj pro práci se soubory.

### 3.4 Návrh databáze

Databáze bude sloužit k ukládání dat o uživateli a o jejich souborech. Bude využívána k ověření přihlašovacích údajů uživatelů. Dále zaznamenává, kdy byl soubor nahrán, a jaký uživatel tento soubor nahrál na server. Navíc se ukládá i cesta k souboru což usnadní aplikaci přístup k souborům (Obrázek 7).



Obrázek 7 Návrh databáze

## 4 Náhled aplikace

V této kapitole se podrobněji seznámíme se vzhledem stránek aplikace. V následných podkapitolách jsou podrobně popsány stěžejní stránky aplikace. U každé z nich je uveden její význam a popsán její obsah a funkcionality.

### 4.1 Úvodní stránka

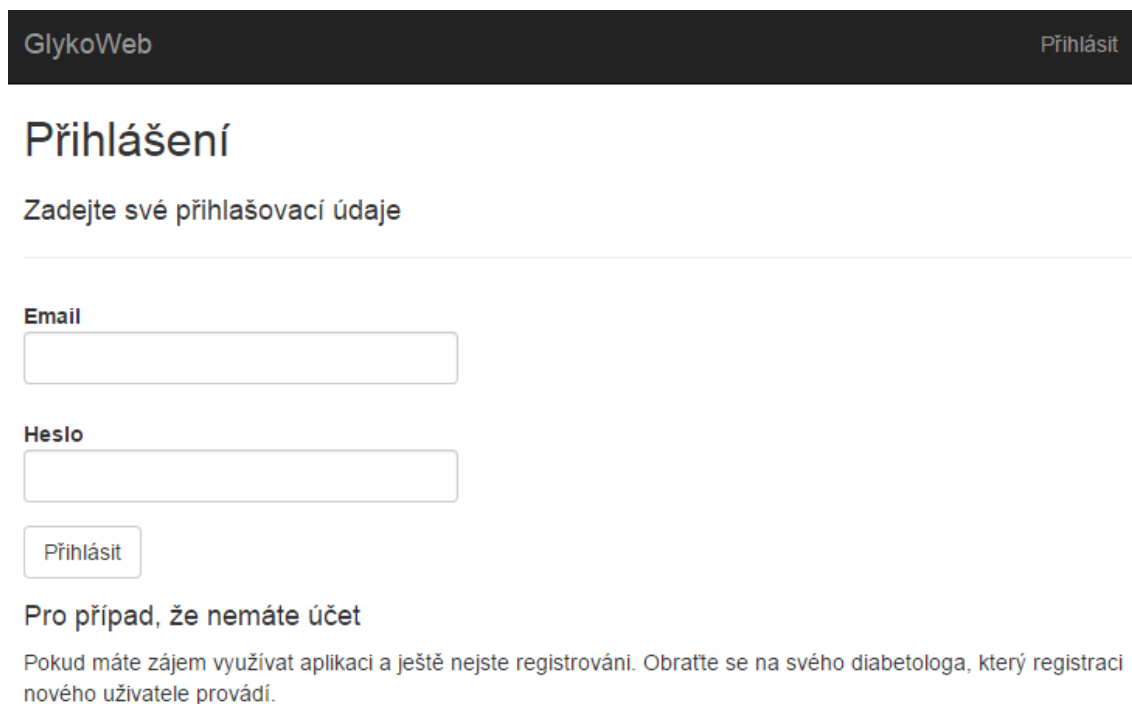
Úvodní stránka je první stránka aplikace, se kterou se uživatel setká. Na úvodní stránku jsem umístil popis samotné aplikace. Stěžejním prvkem této stránky je odkaz na stránku na přihlášení (Obrázek 8).



Obrázek 8 Ukázka úvodní stránka aplikace

## 4.2 Přihlášení

Prvotním účelem této aplikace je vyhodnocení dat z inzulínové pumpy. Proto jsem vytvořil autentifikaci, pro zamezení přístupu nepověřených osob a tím ochranu dat pacientů. Pro přihlášení je nutné správné vyplnění přihlašovacích údajů a stisknutí tlačítka pro přihlášení (Obrázek 9).

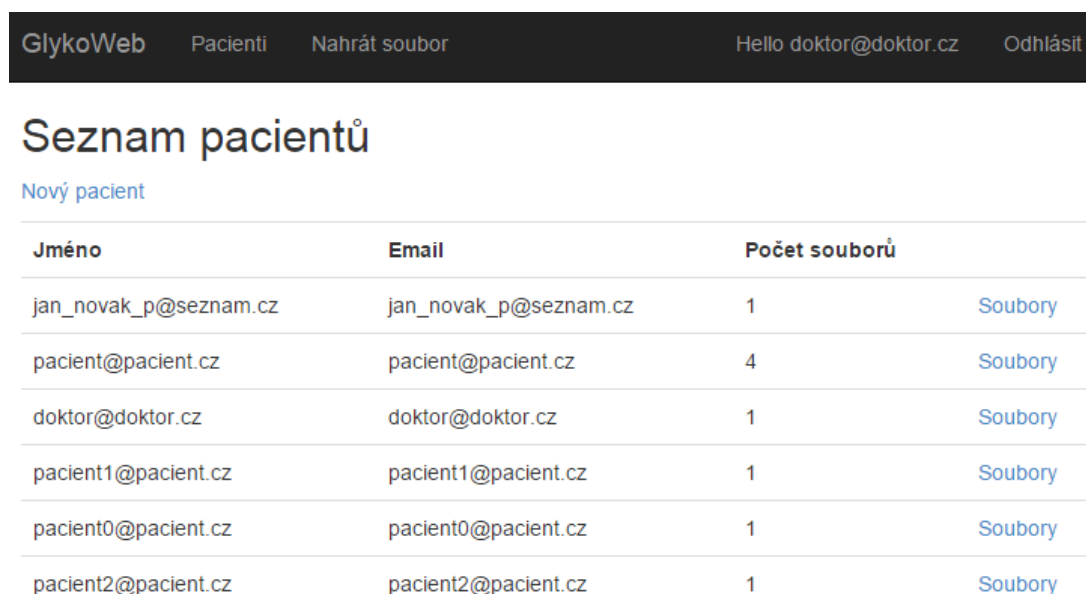


The screenshot shows the login page of the GlykoWeb application. At the top, there is a dark header bar with the text "GlykoWeb" on the left and "Přihlásit" on the right. Below the header, the title "Přihlášení" is displayed in a large, bold font. Underneath the title, the instruction "Zadejte své přihlašovací údaje" is shown. The form consists of two input fields: "Email" and "Heslo". Below these fields is a button labeled "Přihlásit". At the bottom of the form, there is a link "Pro případ, že nemáte účet" followed by a paragraph of text: "Pokud máte zájem využívat aplikaci a ještě nejste registrováni. Obratě se na svého diabetologa, který registraci nového uživatele provádí."

Obrázek 9 Ukázka přihlašovací stránky

## 4.3 Seznam pacientů

Tato stránka je přístupná pouze lékařům. Lékař na této stránce vidí seznam pacientů. Na stránce můžeme vidět seznam pacientů, kde každý řádek odpovídá jednomu pacientovi. Na začátku řádku je uvedeno pacientovo jméno a na konci řádku je odkaz na stránku se soubory pacienty (Obrázek 10).



Jméno	Email	Počet souborů	
jan_novak_p@seznam.cz	jan_novak_p@seznam.cz	1	<a href="#">Soubory</a>
pacient@pacient.cz	pacient@pacient.cz	4	<a href="#">Soubory</a>
doktor@doktor.cz	doktor@doktor.cz	1	<a href="#">Soubory</a>
pacient1@pacient.cz	pacient1@pacient.cz	1	<a href="#">Soubory</a>
pacient0@pacient.cz	pacient0@pacient.cz	1	<a href="#">Soubory</a>
pacient2@pacient.cz	pacient2@pacient.cz	1	<a href="#">Soubory</a>

Obrázek 10 Ukázka stránky se seznamem uživatelů z pohledu lékaře

## 4.4 Seznam souborů pacienta

Na stránce je uveden seznam souborů daného pacienta. Soubory jsou podobně jako v předchozím případě uvedeny v jednotlivých řádcích. Každý řádek obsahuje název souboru, odkaz na graf. V případě lékaře řádek obsahuje i tlačítko pro odebrání souboru. Zároveň je na stránce uveden odkaz pro nahrání nového souboru (Obrázek 11).

GlykoWebPacientiNahrát soubor

Hello doktor@doktor.czOdhlásit

### Soubory pacienta

Pacient: pacient@pacient.cz  
Email: pacient@pacient.cz

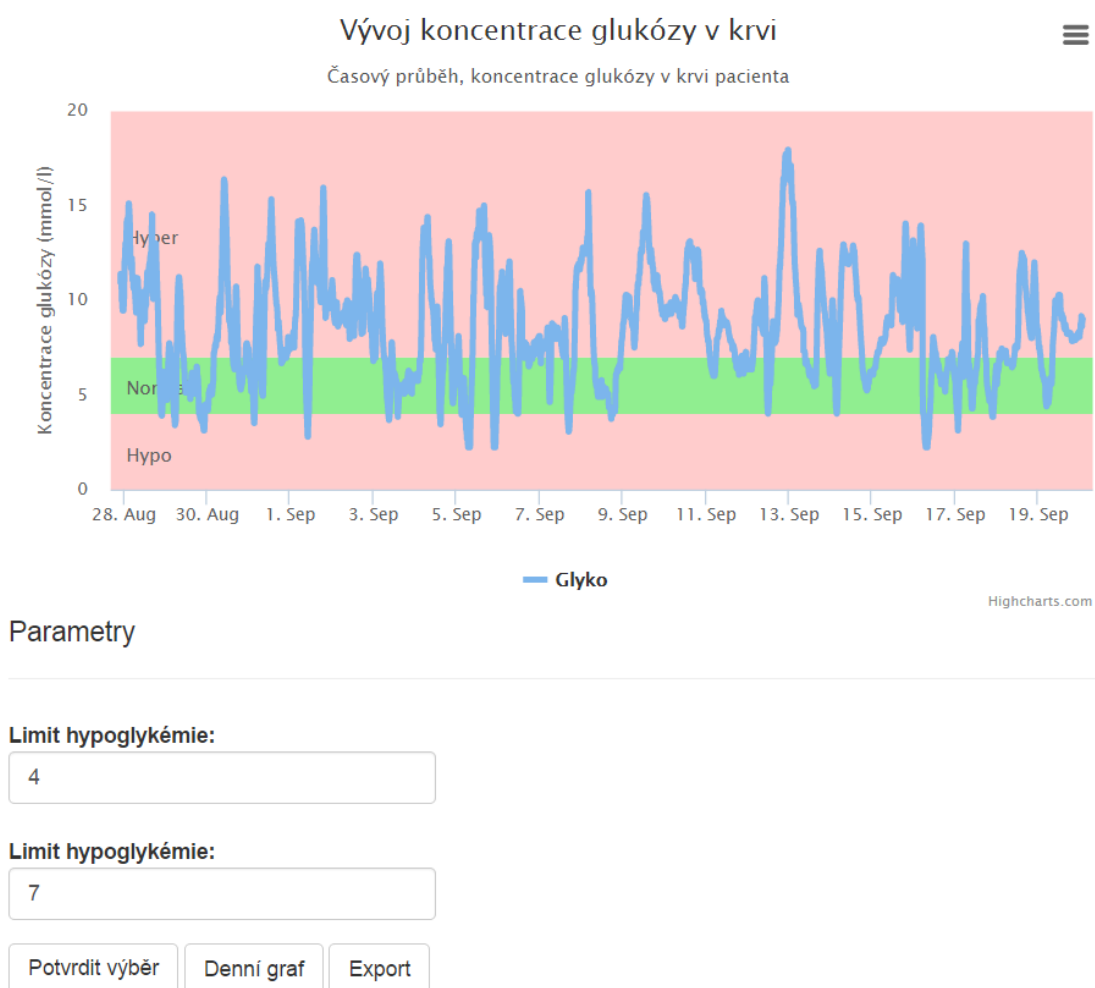
Název souboru			
ap_20140303_20140306.csv	Celý záznam	Denní graf	Odstranit
RV_20091204_20091210.csv	Celý záznam	Denní graf	Odstranit
Moje data 1	Celý záznam	Denní graf	Odstranit
NOvy	Celý záznam	Denní graf	Odstranit

Obrázek 11 Ukázka stránky seznam souborů vybraného pacienta



## 4.5 Celkový graf

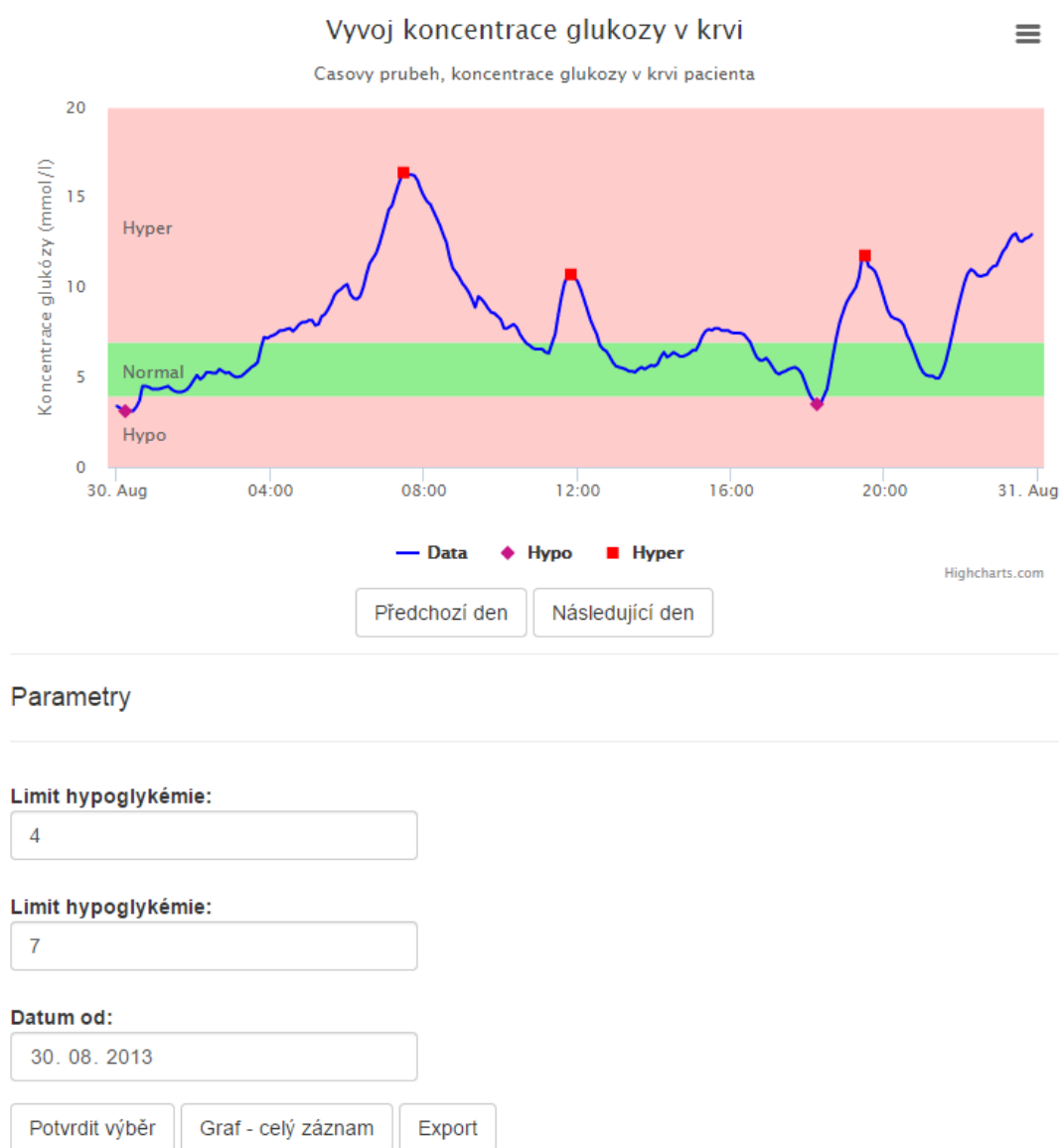
Po vybrání souboru je uživatel přesměrován na stránku, kde jsou v grafu zobrazeny všechny záznamy ze souboru. Toto zobrazení složí zejména pro komplexnější pohled na naměřená data. Zároveň dává uživatel možnost upravit parametry zobrazení grafu (limit hyperglykemie a hypoglykemie). Zároveň jsou na spodní straně stránky tlačítka. Jedno umožňující přesměrování na denní graf s vyznačením lokálních maxim a minim. A druhé, které umožňuje export vypočtených hodnot do souboru XLSX (Obrázek 12).



Obrázek 12 Ukázka stránky s vykresleným grafem všech dat

## 4.6 Výběrový graf

Pro detailnější zobrazení slouží uživateli graf, ve kterém lze potřebné parametry zobrazení nastavit dle potřeby pomocí formuláře. Nastavitelné parametry jsou: limity hypoglykémie a hyperglykémie a výběr časové oblasti, konkrétně lze pro zobrazení vybrat konkrétní den. Mimo formulář si zde můžeme povšimnout dvou dalších tlačítek. První tlačítko odkazuje na graf s celkovým záznamem. A druhé tlačítko umožňuje, podobně jako na stránce celkového grafu, exportování vypočtených dat do souboru ve formátu XLSX. Dále jsem pod graf umístil tlačítka pro pohyb o jeden den tam i zpět, bez potřeby dalšího výběru data v níže položeném formuláři (Obrázek )13.



**Obrázek 13** Ukázka stránky s grafem konkrétního dne záznamu, kde jsou detekovány limity hypoglykémii a hypoglykémii

## 4.7 Export

Poslední součástí aplikace je exportovaný soubor ve formátu XLXS aplikace Microsoft Excel. Impuls k exportu souboru lze spustit na stránkách s grafy, z důvodu potřebných parametrů pro výpočet (limitní hodnota hypoglykémie a hyperglykémie).

Soubor, jak již bylo řečeno, obsahuje data, zde nastíním strukturu dat v souboru. Data a parametry se určují vždy ke konkrétnímu dni. Z toho vyplývá nejpřehlednější zobrazení, kdy každý vypočtený den s parametry zabírá právě jeden řádek. Důležitý, jak je vidět na obrázku (Obrázek 14)., je i první řádek, který udává informaci o hodnotách v daném sloupci.

	A	B	C	D	E
1	Datum	Hypo n	Hyper n	SD	CV
2	28.08.2013	0	1	1,65368	1,66616
3	29.08.2013	3	1	2,8464	2,85135
4	30.08.2013	2	2	3,03756	3,04284
5	31.08.2013	1	3	2,72136	2,7261
6	01.09.2013	2	1	2,19379	2,19761
7	02.09.2013	3	2	3,1055	3,11091
8	03.09.2013	1	2	3,49459	3,50264

Obrázek 14. Ukázka exportovaného tabulky

## 5 Vlastní vývoj aplikace

Aplikace je strukturována pomocí architektury MVC (model-view-controller). Což zajišťuje přehlednost a srozumitelnost. Další nespornou výhodou této architektury ocením při úpravě kódu, kdy zásah do jedné z částí Model, View či Controller minimálně nebo dokonce vůbec neovlivní zbývající dvě.

### 5.1 Přihlášení

K autentizaci je nutno znát přihlašovací jméno a heslo. Ověření autentizace se provádí porovnáním informací s lokální databází uživatelů. Po úspěšné autentizaci je uživateli umožněna další práce s aplikací. V přístup k dalším stránkám aplikace závisí na roli uživatele.

### 5.2 Upload

Upload jsem realizoval ve dvou krocích. Zaprvé pomocí prvku `@FileUpload.GetHtml()`, kterým se otevře uživateli možnost zvolit požadovaný soubor a pomocí metody POST dojde k odeslání souboru na server. Pomocí `Request.Files[0]` jsem získal data z metody POST a následně uložil na server do složky `App_Data/PatientData`. Název souboru ukládaného na server jsem vytvořil pomocí spojení informace i času nahrání a původního názvu souboru, to má za úkol zajistit jednoznačné jméno souboru v rámci vyhrazené složky na serveru.

Neméně důležitým krokem také bylo uložit informace o nahraném. Zároveň jsem uložil data o nahrání souboru do databáze (identifikátor uživatele, datum a čas, originální název souboru, uloženo jako).

### 5.3 Zobrazení dat

Stěžejní částí aplikace je samotné zobrazení načtených dat pacienta. Pro toto zobrazení dat je nezbytné načíst a vyselektovat hodnoty z daného souboru. Vybraná data jsem nahrál do vytvořené struktury, která uchovává vše potřebné o každém nahraném záznamu.

Pro názorné zobrazení dat jsem zvolil typ grafu, který viditelně rozděluje hodnoty na 3 kategorie. Jedná se o hyperglykémii, optimální stav a hypoglykémii. Rozdělení je možno upravit pomocí kontrolního prvku a tak zmenšit nebo zvětšit hranice optimálního

stavu. Data v grafu uvádím v jednotkách mmol/l, což je nejčastější uváděná jednotka v souvislosti s koncentrací glukózy v krvi.

V případě zobrazení dat po dnech jsem zvolil obdobný postup. U tohoto zobrazení je nutné detekovat extrém z každého úseku denního záznamu, kdy hodnota hladiny pacientovy glukózy nebyla mezi stanovenými hranicemi. Ty to hranice, i datum, ze kterého se budou data zobrazovat, jde zvolit pomocí jednoduchého formuláře umístěného právě na stránce s denním záznamem dat. Pokud uživatel navštíví tuto stránku poprvé, zobrazí se mu data prvního dne záznamu.

## 5.4 Export

Tuto část aplikace umožňuje stažení soubor analyzovaných daty. Data je možno exportovat do formátu XLSX. Formát XLSX byl zvolen z důvodu snadného postupu při dalších operacích s daty. Z pohledu uživatele stačí při export pouze zvolit příslušný soubor.

Export jsem koncipoval do dvou fází. V první jsem vytvořil souboru ve formátu xlsx a to za pomoci knihovny GemBox.SpreadSheet.

Druhá část zajišťuje stažení exportovaného souboru. To jsem realizoval pomocí samotného controlleru, který má návratový typ FileResult.

```
var workbook = new ExcelFile();

// Add new worksheet to Excel file.
var worksheet = workbook.Worksheets.Add("Novy list");

// Set the value of the cell "A1".
worksheet.Cells["A1"].Value = "Hello world!";
worksheet.Cells["B1"].Value = "zpracovany soubor";

//Save file
workbook.Save(System.Web.Hosting.HostingEnvironment.MapPath(@"~/DATA/Soubor.xlsx"));
```

Obrázek 15: Ukázka vytvoření xlsx souboru pomocí knihovny GemBox.SpreadSheet

A tak na rozdíl od ActionResult jež zobrazí uživateli webovou stránku. FileResult poskytne uživateli možnost stažení onoho souboru na své PC nebo jiné zařízení.

```
return File(@"~\Data\Export\" + fileName, System.Net.Mime.MediaTypeNames.Application.Octet, fileName);
```

**Obrázek 16: Ukázka kódu pro stažení souboru**

## 6 Diskuze

Bakalářská práce pro mě byla velkým přínosem. V průběhu práce jsem se detailně seznámil s onemocněním diabetes mellitus a s tím souvisejícími metodami kontinuálního měření glukózy v krvi. Také jsem rozšířil své znalosti ASP.NET a architektury MVC vůbec, s jejíž pomocí jsem aplikaci vytvářel. Což ze svého pohledu informatika velice oceňuji.

Cílem aplikace je naučit diabetiky správně zvládat hyperglykémii a vyvarovat se hypoglykémii. To umožní přehledný graf, kdy pacient i doktor vidí, kdy měl problémy s kompenzací. A při událostech se těchto problémů vyvarovat, nebo se poradit s lékařem jak lépe kompenzovat hladinu cukru v krvi.

Dalším rozšířením aplikace může být zaznamenání dalších informací do grafu, jako například kdy a co dotyčný jedl a kolik si kdy aplikoval inzulinu. S tímto směrem sběru dat se již zabývá společné pracoviště FBMI a 1.LF Albertov v projektu Diani.

Aplikace by do tak do budoucna mohla komunikovat i s aplikací uživatele v mobilním zařízení, kde by si uživatel mohl zadávat informace o svých denních činnostech. Tyto data by pak aplikace umožnila zobrazit, takže by lékař neměl pouze data o hodnotě glykémie. Lékař by viděl, že pacient nezvládá kompenzaci pro určitých jídel, kdy si třeba neuvědomuje množství cukru v pokrmu, nebo při nějaké aktivitě jak psychické tak fyzické. Tento další informace by lékaři poskytli další užitečné informace jak pracovat s pacientem a jak mu s kompenzací hladiny cukru v krvi co nejvíce pomoci.

## 7 Závěr

V úvodní části mé práce jsem popsal problematiku onemocnění diabetes mellitus, lidově nazývané cukrovka. A seznámil se problematikou léčby diabetiků, způsoby měření glukózy v krvi a závažností její kompenzace. V této kapitole jsem také rozebral a popsal jednotlivé parametry, které charakterizují záznam pacienta.

V další kapitole jsem si specifikoval vývojové prostředí a nástroje, které jsem při vývoji aplikace použil. Dále jsem zde pomocí diagramů, vytyčil postup budování aplikace. A navrhl i tabulky databáze.

Dále jsem již implementoval aplikaci, což jsem popsal v kapitole 5 Vlastní vývoj aplikace. Kterou jsem rozdělil do několika logických bloků.

Hlavním cílem této práce bylo vytvořit webovou aplikaci, která bude schopna zpracovat a vyhodnotit data z kontinuálního měření glukózy. Tento požadavek jsem splnil vytvořením několika funkcí. Mezi tyto funkce patří nahrání souboru pacienta na server, načtení dat ze souboru, vykreslení grafu.

Dalším cílem bylo vypočítat popisné parametry dle požadavků lékařů z Fakultní nemocnice Motol a výsledky exportovat do tabulek v aplikaci Excel. K dosažení tohoto cíle jsem vytvořil další funkce počítající jednotlivé parametry, funkci na vytvoření souboru aplikace Microsoft Excel a nezbytnou funkci umožňující stažení souboru uživatelem. Vytvořením a použitím těch to funkcí jsem splnil i tento stanovený cíl. A tím jsem splnil veškeré požadavky na aplikaci.



## Seznam zdrojů

- [1] Inzulínová pumpa. *Medatron* [online]. [cit. 2015-05-22]. Dostupné z: <http://www.medatron.cz/zajimavosti/obecne/>
- [2] *CareLink PRO: THERAPY MANAGEMENT SOFTWARE FOR DIABETES* [online]. [cit. 2015-05-22]. Dostupné z: [http://www.medtronicdiabetes.com/sites/default/files/library/download-library/user-guides/carelink-v1\\_2/en\\_carelink\\_pro\\_user\\_guide.pdf](http://www.medtronicdiabetes.com/sites/default/files/library/download-library/user-guides/carelink-v1_2/en_carelink_pro_user_guide.pdf)
- [3] *Insulin\_pump\_with\_sensor*. *Medtronic* [online]. [cit. 2015-05-22]. Dostupné z: [https://www.medtronic-diabetes.cz/sites/czech-republic/medtronic-diabetes.cz/files/styles/245px\\_list\\_image/public/insulin\\_pump\\_with\\_sensor\\_on\\_belly\\_mmol.png](https://www.medtronic-diabetes.cz/sites/czech-republic/medtronic-diabetes.cz/files/styles/245px_list_image/public/insulin_pump_with_sensor_on_belly_mmol.png)
- [4] SIEGELAAR, Sarah Elaine. *What goes up must come down: glucose variability and glucose control in diabetes and critical illness*. [S.l: s.n.], 2011. ISBN 978-909-0261-331. Dissertation. University of Amsterdam
- [5] Variabilita glykémie, *Roche Diagnostics*, [online], 2010 [cit. 2014-08-23], Dostupné z: [http://roche-diagnostics.cz/Info\\_lekari/Documents/diabetes\\_mellitus/variabilita\\_glykemie\\_Va\\_vruskova\\_2010.pdf](http://roche-diagnostics.cz/Info_lekari/Documents/diabetes_mellitus/variabilita_glykemie_Va_vruskova_2010.pdf)
- [6] Microsoft, *ASP.NET Get Started*, [online], © 2014 [cit. 2014-08-24], Dostupné z: <http://www.asp.net/get-started>
- [7] HOŘEJŠÍ, Miroslav. *Insulin\_pump\_with\_sensor*: Objektově orientovaný programovací jazyk. *Fakulta informatiky Masarykovy univerzity* [online]. [cit. 2015-05-22]. Dostupné z: <http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2006/xhorejsi.htm>
- [8] VOKURKA, Martin a Jan HUGO. *Velký lékařský slovník*: Martin Vokurka, Jan Hugo a kolektiv. 9., aktualiz. vyd. Praha: Maxdorf, 2009, 1147, [12] s. ISBN 9788073452025
- [9] PRŮŠA, Richard. *Laboratorní parametry kompenzace diabetu. 2.lékařská fakulta Univerzity Karlovy*. [online]. 6.5.2010 [cit. 2014-08-23]. Dostupné z: <https://www.lf2.cuni.cz/info2lf/ustavy/ulchb/predn/diabetes.ppt>
- [10] „GlucaGen - Glukagon - Wikipedie,“ 9 3 2007. [Online]. Available: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a9/GlucaGen.jpg/400px-GlucaGen.jpg>. [Přístup získán 19 4 2015]
- [11] GALLOWAY, Jon S. *Professional asp.net mvc 3.0*. 1st ed. Indianapolis, IN: Wiley Publishing, Inc., 2011, p. cm. ISBN 1118076583
- [12] GALLOWAY, Jon. *Professional asp.net mvc 5*. 1st edition. pages cm. ISBN 1118794753

## Seznam obrázků

Obrázek 1 GlucaGen HypoKit – poslední pomoc při hypoglykemickém komatu [10] .	11
Obrázek 2 Aplikovaná inzulinová pumpa výrobce Medtronic [3] .....	12
Obrázek 3 Use case diagram.....	15
Obrázek 4 State diagram.....	16
Obrázek 5 Sekvenční diagram základní možnosti aplikace.....	17
Obrázek 6 Sekvenční graf postup při zobrazení grafu.....	18
Obrázek 7 Návrh databáze .....	20
Obrázek 8 Ukázka úvodní stránka aplikace.....	21
Obrázek 9 Ukázka přihlašovací stránky .....	22
Obrázek 10 Ukázka stránky se seznamem uživatelů z pohledu lékaře.....	23
Obrázek 11 Ukázka stránky seznam souborů vybraného pacienta.....	24
Obrázek 12 Ukázka stránky s vykresleným grafem všech dat .....	25
Obrázek 13 Ukázka stránky s grafem konkrétního dne záznamu, kde jsou detekovány limity hypoglykemií a hypoglykemií.....	26
Obrázek 14. Ukázka exportovaného tabulky .....	27
Obrázek 16: Ukázka vytvoření xlsx souboru pomocí knihovny GemBox.SpreadSheet	29
Obrázek 17: Ukázka kódu pro stažení souboru .....	30