



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra biomedicínské informatiky

**Digitalizace managementu lůžkové části na
Pneumologické klinice FN Motol**

**Digitization of inpatient management at
the Pneumology Clinic of the Motol
University Hospital**

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Biomedicínská informatika

Autor bakalářské práce: MUDr. Fojtů Štěpán

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jirsa David

Kladno 2022



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Fojtů** Jméno: **Štěpán** Osobní číslo: **491783**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra biomedicínské informatiky**
Studijní program: **Biomedicínská a klinická technika**
Studijní obor: **Biomedicínská informatika**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Digitalizace managementu lůžkové části na Pneumologické klinice FN Motol

Název bakalářské práce anglicky:

Digitization of inpatient management at the Pneumology Clinic of the Motol University Hospital

Pokyny pro vypracování:

Provedte digitalizaci prostředí pracovního postupu managementu lůžkové části na Pneumologické klinice FN Motol. Nejprve analyzujte současný stav (papírovou formu) pracovního postupu pro management lůžek na klinice a na základě analýzy vytvořte návrh digitálního prostředí (UI a UX návrh). Na základě návrhu vytvořte detailní popis pro jednotlivé vstupy a postupy pro správné zabezpečení citlivých dat pacientů (např. jak bude docházet k synchronizaci mezi více zařízeními, zda bude na pracovišti přítomno jedno zařízení bez přístupu k internetu atd.). Na základě provedené analýzy a návrhu aplikace vytvořte aplikaci pro zvolenou platformu (web, android, iOS, Windows atd.). Vytvořenou aplikaci otestujte v rámci běžného provozu a zhodnoťte míru pokrytí papírové formy (např. zda aplikace může plně nahradit aktuální formu, případně jaké jsou její nedostatky atd.).

Seznam doporučené literatury:

- [1] Diana MacDonald, Practical UI Patterns for Design Systems. Fast-Track Interaction Design for a Seamless User Experience, ed. First, Apress, 2019, ISBN 9781484249383
- [2] Westley Knight, UX for Developers: How to Integrate User-Centered Design Principles Into Your Day-to-Day Development Work, ed. First, Apress, 2019, ISBN 978-1484242261

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. David Jirsa

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Mgr. Radim Krupička, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: **14.02.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: **18.09.2023**

doc. Ing. Zoltán Szabó Ph.D.
vedoucí katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
děkan

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Digitalizace managementu lůžkové části na Pneumologické klinice FN Motol“ vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženému 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 12. 5. 2022

.....

MUDr. Fojtů Štěpán

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval Ing. Davidu Jirsovi za vedení bakalářské práce, jeho cenné rady i čas, který mi v rámci konzultací věnoval. Současně mu patří můj vděk za zapůjčení tabletu Lenovo, na kterém bylo možné testovat provoz navržené aplikace.

Dále bych rád poděkoval přednostovi Pneumologické kliniky doc. MUDr. Liborovi Filovi, Ph.D. za možnost připravovat tento projekt na Pneumologické klinice FN Motol. Děkuji také kolektivu lékařů za podnětné rady, názory a pomoc s testováním, i za jejich zpětnou vazbu.

ABSTRAKT

Digitalizace managementu lůžkové části na Pneumologické klinice FN Motol

Cílem předkládané práce je digitalizovat formu, jakou si lékaři předávají pacienty ve službě na Pneumologické klinice FN Motol. Na základě analýzy současného stavu a specifikace žádoucího řešení jsou navržena dvě řešení. Jako vhodnější je vyhodnocena aplikace pro Android v jazyce Xamarin, která je následně vytvořena a otestována lékaři v jejich praxi. Díky zpětné vazbě je možné identifikovat klíčové nedostatky a připomínky, po jejichž zapracování by mohla být aplikace na klinice reálně využívána. Projekt tímto ověřil svůj přínos. Přispěl k digitalizaci předávání služeb lékařů a podnítil žádoucí budoucí technologické změny.

Klíčová slova

zdravotnictví, e-health, služba, digitalizace, Xamarin,

ABSTRACT

Digitization of inpatient management at the Pneumology Clinic of the Motol University Hospital

The aim of this thesis is to digitize the form, in which physicians share information about patient during night shift service exchange at the department of the Pneumology Clinic of the Motol University Hospital. Based on the analysis of the current state and the specification of the required solution, two variants are designed. The Android application in the Xamarin language is evaluated as more suitable, which is then created and tested by physicians in their practice. Thanks to the feedback, it is possible to identify key shortcomings and comments. After their implementation into the application, there is great chance that this application will be actually used at the clinic. The project thus verified its benefits. It has contributed to the digitalisation of medical services and stimulated welcome future technological changes.

Keywords

healthcare, e-health, night shift, digitization, Xamarin

Obsah

Seznam zkratk	5
1 Úvod	6
1.1 Struktura práce	7
2 Současná situace	8
2.1 Obecný systém předávání služeb	8
2.2 Přebírání služeb na Pneumologické klinice – standardní oddělení	9
2.3 Přebírání služeb na Pneumologické klinice – Covid jednotka.....	10
3 Analýza současného systému	12
3.1 Výhody papírové formy	12
3.2 Nevýhody papírové formy	12
3.3 Výhody MS Word formy oproti papírové formě	13
3.4 Nevýhody MS Word formy oproti papírové formě	14
3.5 Shrnutí	14
4 Cíle práce	16
5 Návrh digitalizace	17
6 Prototypy	19
6.1 Použitá softwarová architektura	19
6.1.1 Webové aplikace	19
6.1.2 Vícevrstvá architektura.....	20
6.1.3 Třívrstevná architektura.....	20
6.1.4 MVC architektura	20
6.1.5 MVVM architektura	21
6.2 Programovací jazyky	22
6.2.1 JavaScript	22
6.2.2 Programovací jazyk C#	23
6.3 Principy UI/ UX	24
6.4 Tvorba prototypu Alfa.....	25
6.4.1 Backend	25
6.4.2 Frontend.....	26
6.4.3 UI/UX	27

6.4.4	Hodnocení prototypu Alfa	29
6.5	Prototyp Beta	30
6.5.1	Softwarové řešení	30
6.5.2	UI/UX	31
6.5.3	Hodnocení prototypu	32
6.6	Srovnání prototypů	33
6.6.1	Výhody daného řešení	33
6.6.2	Překážky před nasazením do provozu	34
6.6.3	Cena	34
6.6.4	Názor lékařů – uživatelů	35
6.7	Zvolený prototyp	35
7	Příprava k použití v provozu	37
7.1	Dedikované zařízení	37
7.2	Nastavení zařízení	37
7.3	Řešení přidávání úkolů do služeb	39
7.4	Další funkce tabletu	40
8	Použití aplikace v ostrém provozu	42
8.1	Způsob testování	42
8.2	Hodnocení autora	43
8.3	Hodnocení ostatními lékaři	43
8.4	Závěrečné hodnocení	44
9	Diskuse	45
10	Závěr	48
	Seznam použitých zdrojů	49
	Seznam obrázků	51
	Obsah na přiloženém CD	52

Seznam zkratek

Zkratka	Význam
ČVUT	České vysoké učení technické v Praze
EMA	European Medicines Agency – Evropská agentura pro léčivé přípravky
FN	Fakultní nemocnice
HFNO	High flow nasal oxygenoterapy (oxygenoterapie vysokoprůtokovým kyslíkem)
JIP	Jednotka intenzivní péče
MS	Microsoft
MVC	Model-View-Controller
MVVM	Model-View-ViewModel
OL	Ošetřující lékař
PC	Personal computer (osobní počítač)
SML	Službu mající lékař
SÚKL	Státní ústav pro kontrolu léčiv
UI	User interface (uživatelské rozhraní)
UX	User experience (uživatelská zkušenost)

1 Úvod

Zdravotnictví odjakživa stálo na informacích. Informacích o chorobách, informacích o léčbě a především na informacích o pacientech. V každé učebnici interního lékařství se tučnými literami píše: *Anamnéza jest polovina diagnózy a položit ve správný čas správnou otázku je znakem dobrého lékaře.*

S příchodem moderních léků, komplikovanější léčby a delšího dožití však začalo být nutné informace nejen správně získávat, ale i správně předávat. Pacientů totiž vždy bude více než lékařů a není v lidských silách zapamatovat si kvanta informací o každém pacientovi. Jeden lékař musí tedy umět předat informace svým kolegům, lékařům do služby či specialistům. Klíčové je zachovat kontinuitu zdravotní péče.

Přestože je české zdravotnictví v mnohých ohledech na světové úrovni, v otázce digitalizace za jinými státy velice zaostává. Důvodů je více a mnohé půjdou vyřešit pouze systémovými změnami. Iniciativa pro změnu nicméně musí vycházet nejen shora, tedy od státu, pojišťoven a managementu nemocnic, ale i od uživatelů samotných, kterými jsou lékaři, sestry i pacienti.

Autor této práce sám působí jako lékař na Pneumologické klinice Fakultní nemocnice Motol (dále jen FN Motol). Motivací pro návrh digitalizovaného řešení evidence pacientů mu tedy z pozice potenciálního uživatele byly jeho vlastní pracovní zkušenosti. Rozhodl se v rámci své bakalářské práce zabývat možností, jak vylepšit část svého pracovního prostředí a zlepšit pro sebe i své kolegy některé aspekty výkonu lékařského povolání.

Primárním cílem práce je digitalizovat formu, jakou si lékaři předávají pacienty ve službě na Pneumologické klinice FN Motol. Digitalizace je v tomto ohledu vnímaná jako důležitý krok pro modernější, snadnější a flexibilnější způsob práce s daty při předávání služeb. Jako vhodnou cestu k dosažení tohoto cíle zvolil autor návrh aplikace, která by lékařům tuto novou formu evidence pacientů představila v praxi, podnítila tak jejich motivaci digitalizované řešení začít využívat a současně by ověřila, zda je tato cesta opravdu potřebná a vítaná.

Dílčí cíle práce potom představují:

- analýzu současného řešení předávání služeb na Pneumologické klinice FN Motol,
- návrh digitalizovaného řešení dle stanovených kritérií,
- na základě návrhu vytvoření dvou řešení: webové aplikace a multiplatformní aplikace Xamarin, aby bylo možné je vzájemně porovnat a vybrat vhodnější finální řešení,
- a to otestovat při běžném chodu kliniky a získat zpětnou vazbu od uživatelů.

1.1 Struktura práce

V druhé kapitole je popsána současná situace zkoumané problematiky. Na tato východiska poté navazuje třetí kapitola s podrobnější analýzou výhod a nevýhod aktuálně využívaného systému předávání služeb. V rámci čtvrté kapitoly jsou detailně popsány cíle práce.

V páté kapitole je uveden návrh digitalizovaného řešení. Šestá kapitola prezentuje konkrétní dvě řešení, včetně popsání a zdůvodnění použité softwarové architektury, zvolených programovacích jazyků i UX a UI. V závěru šesté kapitoly je také uvedeno srovnání obou představených řešení a na základě uvedených aspektů je vybráno řešení finální. Jeho příprava k použití v provozu je popsána v rámci sedmé kapitoly a samotnému testování a hodnocení v ostrém provozu se věnuje kapitola osmá. Součástí práce je také diskuze získaných poznatků, která reflektuje uvedený návrh digitalizovaného řešení v reálných podmínkách v praxi a současně představuje další plánovaný vývoj aplikace. Závěr práce shrnuje nejdůležitější poznatky, stejně tak jako hodnotí naplnění cílů práce a její přínos.

2 Současná situace

Tato kapitola se zabývá obecným systémem předávání služeb a popisuje podmínky, za jakých funguje předávání informací o pacientech. Na konci je uveden konkrétní popis současné situace na dvou odděleních Pneumologické kliniky FN Motol, tedy na standardním oddělení a na Covid jednotce.

2.1 Obecný systém předávání služeb

Na standardním lůžkovém oddělení pracují lékaři na běžný denní provoz. To znamená, že se jim směny nemění, jako je tomu například u zdravotních sester. Lékaři tedy obvykle pracují od 7:00 do 15:30 (s případnými úpravami dle potřeb daného oddělení). Mimo tuto pracovní dobu funguje na odděleních tzv. službu mající lékař (dále zkráceně SML), který v době 15:30–7:00 vykonává nad oddělením dozor, zajišťuje večerní vizity, ale také řeší náhle vzniklé problémy, zařizuje příjmy pacientů nebo dodělává práci, která se nestihla udělat během denního provozu.

V ideálním případě je takovým lékařem pracovník daného oddělení, který si službu přebírá od svých kolegů a dále pracuje na svém známém pracovišti. V praxi je ovšem situace velmi často z personálních důvodů jiná. Službu mající lékař může být z jiného oddělení, mívá na starosti i více oddělení najednou, nebo se dokonce jedná o externistu, který v dané nemocnici pouze slouží. V takových případech pacienti na daném oddělení vůbec nezná a předávání služby se stává o to náročnějším.

Přebírání služby

Proces přebírání služby probíhá na každém pracovišti individuálně, obecně má však velmi podobný postup. Jednotliví lékaři denního provozu sdělí SML základní informace o pacientech: jak postupovat, pokud se pacient zhorší, případně jaké úkoly je potřeba během služby udělat (například zkontrolovat výsledky laboratoře či vytáhnout stehy).


Konkrétní náležitosti se potom odvíjí od charakteru oddělení, počtu pacientů i míry akutnosti poskytované péče – na jednotkách resuscitačních či jednotkách intenzivní a intermediární péče musí být předání informací podrobnější než na standardním oddělení se stabilními pacienty.

Na některých pracovištích si lékaři během předávání směny vypomáhají ručně vedenými papírovými seznamy či vytisknutými a vyplněnými listy, jinde se dokonce informace o pacientech předávají pouze ústně.

2.2 Přebírání služeb na Pneumologické klinice – standardní oddělení

Plicní klinika FN Motol v tuto chvíli zahrnuje dvě standardní oddělení, oddělení Covid oxygenoterapie a jednotku intenzivní péče. Tato práce se zabývá situací na standardních odděleních a oddělení Covid oxygenoterapie. Jak bylo popsáno výše, na jednotce intenzivní péče funguje – s ohledem na počty pacientů a závažnější průběh onemocnění – předávání služeb jinak.

Na standardním oddělení tedy před koncem pracovní doby připraví lékaři denního provozu tzv. seznam. Jde o prázdný předtištěný list A4 obsahující pole pro jednotlivé pokoje a jednotlivé postele, jak ukazuje obr. 2.1. Do políček lékaři vypisují jména pacientů a několik stručných informací. Nejčastěji se jedná o základní diagnózu, případně další důležité diagnózy. Pokud je u pacienta potřeba vykonat nějaký úkol ve službě, například provést kontrolu laboratoře, propláchnout drén či podat krevní transfúzi, úkol je taktéž zapsán a často také barevně zvýrazněn. Doplněny jsou také další potřebné informace, jako například izolační režim, terminální stav pacienta atd. Příklad vyplněného seznamu pacientů pro účel předání služby je zobrazen na obr. 2.2.



1	2	3	4	5
6	7	8	9	10

Obrázek 2.1 Prázdný předtištěný papírový seznam [zdroj: autor]

PNS 1				
1	2	3	4	5
DVOŘÁK - CF, VATB	Jedová - ACS - exoatmos	Pekáček - pluvní fibroza BCI: <i>propad dle 2x D</i>	MLČÁK - SUSP BCA	
	Jepková - exoatmos - dle 4L			Běrbánek - CT, pluvní fibroza <i>Medina, hydrolyza</i>
			VETOUCH - CF, PŘESTX	
6 ZDRAVÍ VĚ	7	8	9	10
MALLOVA • VSS, FIS • D DROMP	OPP SAPKOVÁ PŘIHLAŠENÍ - CYP 3D, 7, 8, 9	Štěpánek - pluvní fibroza - map BCI	BLUDOVÁ - 15L MASU SUSP COVID 19 <u>LAB. COVID, EXC</u>	
		KRADNÍČ - post COVID 35L HFM0		
BĚCTAROVÁ • ZKROUŠENÍ STAVU • DMII, BCA, CHON	OPP			

Obrázek 2.2 Papírový seznam vyplněný pro službu (pozn. seznam na fotografii byl vytvořen pouze jako ilustrační příklad pro účely této práce, nejedná se o reálné pacienty kliniky) [zdroj: autor]

Takto vytvořený seznam je poté předán SML a při předání služby jsou opět podány stručné informace. Smyslem je vytvořit jakýsi „tahák“, který má SML u sebe a díky němuž se lépe orientuje na oddělení, které má kapacitu až 28 pacientů. Ve chvíli, kdy je nějaký problém, může nahlédnout do seznamu, podívat se, o jakého pacienta jde, a až poté dohledávat detailní informace ve zdravotnické dokumentaci.

V případě víkendových služeb se používá jeden stejný seznam na celý víkend. SML může dopisovat informace, odškrtnout splněné úkoly apod.

2.3 Přebírání služeb na Pneumologické klinice – Covid jednotka

Téma předávání služeb bylo mezi lékaři kliniky hojně diskutováno již v minulosti, především mezi mladšími ročníky. Možný pokrok situace k lepšímu podnítila v nedávné době přeměna jednoho z oddělení Pneumologické kliniky na stanici Covid oxygenoterapie. Ta vznikla v průběhu pandemie koronaviru SARS CoV2 s cílem léčit pacienty s plicním postižením, kteří jsou závislí na kyslíku. Na této stanici sloužilo mnoho externistů a bylo nutné (nejen) pro ně přijít s co nejpřehlednějším systémem pro předávání služeb.

Do praxe proto bylo uvedeno jednoduché a částečně digitalizované řešení. Na sdíleném disku Pneumologické kliniky byla založena dedikovaná složka a v ní vytvořen textový dokument obsahující předpřipravenou tabulku (v podobném formátu jako papírové tabulky pro předávání služeb na standardním oddělení). Jak je znázorněno na obr. 2.3, lékaři do ní následně zadávali své pacienty s tím, že poslední lékař tuto tabulku vytisknul a předal příchozí službě.

1	2	3	4	5
Dvořák CF k i.v. ATB	Urválová ACO sX Exacerbase CHOPN	Peterková Fluidothorax BCA – proplach drén 2x D	Mičák Susp BCA	
	Sýkorová Exacerbase CHOPN DDOT 2l			Bártník LTx pro plicní fibrózu Hladina tacrolimu
			Vodouch CF předTX	
6 izolace VRE	7	8	9 izolace susp Covid	10
Málková OPP CHSS, FIS Kardiální dekompenzace	Šafrnová LAB Pneumonie dx -CRP 350 -Drén	Vybíhal St.p BRSK v CA Susp BCA	Bludová Izolace Susp Covid LAB, stěr, EKG	
		Krajnič Post Covid HFNO 35l		
Břečtanová OPP Zhoršení stavu DM2, BCA, CHOPN				

Obrázek 2.3 Ilustrační tabulka pro předávání služby vytvořená v MS Word (pozn. nejedná se o reálné pacienty kliniky) [zdroj: autor]

Tento jednoduchý mechanismus práci v mnoha ohledech zjednodušil, stále se ovšem jednalo o ne příliš dokonalé řešení s množstvím nedostatků, jak je rozebráno v následující kapitole.

3 Analýza současného systému

Jak vyplynulo z předchozího textu, v současné situaci je k předávání služeb na plicní klinice FN Motol využíváno jak papírové formy, tak částečně digitalizované prostřednictvím dokumentu Microsoft Word (dále jen MS Word) na sdíleném disku. Obě řešení nabízí určité výhody, potýkají se ale i s celou řadou nevýhod. V rámci této kapitoly jsou tyto aspekty podrobněji analyzovány. Výstup představuje přehledný seznam kladů a záporů obou forem. Vzniklý seznam je také zdrojem užitečných a praktických podnětů pro následný návrh digitalizovaného řešení.

3.1 Výhody papírové formy

- Cena: je v případě současného řešení zanedbatelná. Vzorové tabulky byly předtištěny již před lety. Nové se tisknou pouze v případě změny rozložení oddělení, k čemuž dochází jen ojediněle. Současně k ceně není potřeba připočítávat žádnou částku za údržbu. V případě ztráty tabulky nejde o velký finanční zásah.
- Kompatibilita: obdobně z důvodu předtištění tabulek není potřeba nosného hardware. Ten také není nutné upravovat či aktualizovat.
- Odolnost: papír lze snadno přeložit a uložit do kapsy pláště či připnout do složek při práci. Tabulka tak není příliš náchylná k závažnému poškození. Pokud by k poškození došlo, nejde opět o žádnou finanční ztrátu.
- Jednoduchost: systém je velice snadný na pochopení. Nevyžaduje žádné zaučení s novým softwarem či hardwarem.
- Tradice: papírová forma je léty zaběhnutá, lékaři jsou na ni zvyklí.

3.2 Nevýhody papírové formy

- Neustálená forma zápisu: každý lékař do tabulky zapisuje jiné informace. Někteří jsou extrémně struční (napíší pouze jméno a základní diagnózu), jiní se naopak snaží do tabulky vměstnat co nejvíce informací, což nelze vždy považovat za benefit.
- Rukopis: jedná se o klíčový problém. Lékaři jsou svým špatným rukopisem pověstní a poznámky psané ručně, často ve spěchu, nemusí být vůbec čitelné. Snahy o rozluštění písma potom zdržují samotný výkon služby, případně mohou vést ke komunikačnímu šumu.
- Nemožnost opravy: jakákoliv informace, která je zapsána, už v seznamu zůstává. Při případných opravách dochází ke škrtání a k celkové nepřehlednosti zápisu, jak je pro ilustraci uvedeno na obr. 3.1. V případě vícedenních tabulek (víkend, svátky) dochází k velké nepřehlednosti velmi snadno. I odškrtávání splněných úkolů může být problematické. Pokud na oddělení dojde ke změně uspořádání, například z důvodu překlada, dimise, úmrtí, přesunu pacienta kvůli izolaci apod., je komplikované tuto změnu zapsat tak, aby byla přehledná.

- Zálaha: u papírové formy taktéž neexistuje možnost zálohování dat, přenášení dat do dalších dní či tvoření výpisů. Nevýhoda je patrná především u prodloužených víkendů a svátků, kdy ztracená (či nečitelná) tabulka znamená nutnost vše ručně znovu přepsat.

The image shows a handwritten medical chart on a grid paper. The chart is titled 'PNS 1' and is organized into columns numbered 1 through 10. The entries are as follows:

1	2	3	4	5
DVOŘÁK - CF, VATB	Janová - ACOT - 22.11.2020	Doklad - 22.11.2020 REG. <i>prospěch dle...</i>	MLČÁK - SUSP BCA	
	Gyromová - 22.11.2020 - 22.11.2020			Šárková - 22.11.2020 - 22.11.2020
			LEDOUCH - CF, PŘED TX	
				* PŘED TX
0	7	8	9	10
MÁJLOVÁ - HSS, FIS - 22.11.2020	OPP SÍPŠLOVÁ - 22.11.2020 - 22.11.2020 LAB		BLUDOVÁ - 22.11.2020 - 22.11.2020 SUSP COVID 19 LAB, COVID, EKG	
		KRAJČÍK - 22.11.2020 - 22.11.2020 B5L HRAVO		
PŘEČKANOVÁ - 22.11.2020 - 22.11.2020 - 22.11.2020 DM II, BCA, CHOPN				

Obrázek 3.1 Ukázka, jak nepřehledný může papírový seznam být po jedné službě (pozn. nejedná se o reálné pacienty kliniky) [zdroj: autor]

3.3 Výhody MS Word formy oproti papírové formě

- Přehlednost: na rozdíl od psané formy je řešení cestou textového dokumentu velmi přehledné. Odpadá zde problém s rukopisem a tabulku lze přizpůsobit i většímu množství informací – aktuálně nabízí cca 5 řádků na každého pacienta, což umožňuje předat více relevantních informací bez nutnosti psát velmi malým a nepřehledným písmem. Důležité informace je také snadné zvýraznit tučně.
- Ukládání informací: tabulka zůstává k dispozici i další den, není tedy nutné ji celou psát znovu pro každou službu. Informace ohledně pacientů jsou pouze aktualizovány, stejně tak jako přesuny pacientů, dimise nebo příjmy. V případě víkendové služby či svátků (tzn. služby trvající 3 a více dnů) je možné velice snadno připravit tabulku pro další den.
- Zálaha: v případě ztráty či poškození je možné z uloženého souboru velmi rychle vytisknout tabulku novou.
- Přístupnost: tabulka je přístupná všem uživatelům přihlášeným do sítě počítačů Pneumologické kliniky, kteří mají ke sdílenému disku přístup. Výhodou taktéž je,

že vedoucí služby, který má na starosti konzilia, JIP a je zároveň zodpovědný za chod služby na Pneumologické klinice, se může ze svého počítače kdykoliv podívat, jací pacienti leží na jednotlivých odděleních.

- Jednoduchost: zápis do tabulky v MS Word je z uživatelského hlediska značně intuitivní a většina lékařů si jej rychle osvojila. K přístupu tedy není třeba speciálního hardware nebo software, stejně tak zaučení je velmi snadné.

3.4 Nevýhody MS Word formy oproti papírové formě

- Redundance informací: vzhledem k přenášení dat z jedné služby na druhou tento způsob svádí k prostému kopírování informací z předchozího dne, což může způsobit předání zastaralých informací pro další službu.
- Software a hardware: přestože nejsou na software a hardware kladeny přílišné nároky, je nutné k tabulce přistupovat přes počítač. Některé počítače na klinice nemají defaultně aktualizovaný MS Word a často se stává, že před otevřením dokumentu musí lékař čekat na instalaci aktualizací. Tento způsob je taktéž závislý na přístupu k elektrickému proudu a internetu, což může v případě výpadku znamenat nedostupnost informací.
- Obtížná úprava základní tabulky: přestože je dokument editovatelný, v případě, kdy je potřeba učinit větší změny v rozmístění pacientů (například uzavřít lůžka z důvodu izolace), je potřeba tabulku upravit. To může u méně zkušených lékařů skončit narušením původního formátování. Mnoho informací je tak ve výsledku stejně dopisováno rukou.
- Přístup k dokumentu: soubor je uložen na sdíleném disku Pneumologické kliniky. Pokud je však lékař externista (případně zapomene své přístupové údaje), nemůže se k tabulce dostat. To může představovat problém především během víkendových služeb, kdy jsou na klinice často přítomni pouze externisté.
- Simultánní přístup: sdílený disk a MS Word neumožňují současnou editaci tabulky více než jednomu uživateli zároveň. Lékaři na oddělení se tak musí domluvit, kdo bude v daný čas tabulku editovat, což občas přináší organizační potíže. Současně se může stát, že nějaký lékař na svém PC nechá tabulku otevřenou a dokud dotyčný svou práci neuzavře, ostatní lékaři se k ní nemohou dostat.

3.5 Shrnutí

Současné řešení formou předtištěné papírové tabulky má mnoho výhod, především svoji jednoduchost a cenovou nenáročnost. Lékaři jsou zvyklí s tímto systémem pracovat mnoho let a stále se jedná o poměrně lepší systém, než mají některá jiná pracoviště.

Má však i spoustu nevýhod, mezi které se řadí zejména nepřehlednost v případě změn či rozdílného rukopisu a způsobu záznamu jednotlivých lékařů. Problémem

je i nemožnost zálohování či namnožení dat, a v neposlední řadě jakási morální zastaralost.

Na základě vytyčených nedostatků aktuálního řešení vznikla tato práce s cílem posunout pracovní prostředí Pneumologické kliniky FN Motol směrem ke standardům a nárokům 21. století, jak je dále specifikováno v následující kapitole.

4 Cíle práce

Z předešlých dvou kapitol popisujících a analyzujících současný stav předávání služeb na plicní klinice FN Motol vyplynulo, že aktuální papírová forma tabulky, případně tabulka ve sdíleném textovém dokumentu na stolním počítači, přináší v praxi řadu výhod, ale i nevýhod. Oba způsoby jsou na dnešní dobu poměrně zastaralé a technologie, které dnes máme k dispozici, by mohly lékařům celý proces významně zjednodušit. Jak ovšem také vyplývá z vlastní praxe autora této práce, lékaři jsou k novým technologiím mnohdy skeptičtí a rádi se drží svých tradičních a zaběhlých postupů.

Hlavním záměrem této práce proto je téma digitalizace na zmíněné klinice otevřít, a v praxi zdejšími lékaři ukázat, jak by mohlo nové a modernější řešení situace vypadat. Současně od nich získat cennou zpětnou vazbu, aby takové řešení odpovídalo na míru jejich skutečným potřebám. K dosažení tohoto obecného cíle bylo stanoveno několik dílčích cílů.

Prvním z nich je deskripce a analýza současného stavu. Následně je na základě těchto východisek cílem navrhnout digitalizované řešení, a to ve dvou variantách. Další cíl představuje úkol tato dvě řešení porovnat a vhodnější z nich vytvořit. Posledním dílčím cílem je toto řešení otestovat v běžném provozu kliniky tak, aby bylo možné identifikovat a popsat jeho výhody, nevýhody a funkčnost, tedy i potenciální budoucí využitelnost.

5 Návrh digitalizace

Jak již bylo zmíněno, tato práce se zabývá návrhem digitalizovaného řešení pro předávání služeb na Pneumologické klinice FN Motol. Aby však bylo možné vhodné řešení navrhnout, je nutné specifikovat, jaké jsou základní požadavky na jeho funkčnost. Tyto požadavky jsou jednotlivě představeny níže a do jisté míry vychází z analýzy současného stavu a z kladů a záporů aktuálně využívaných forem sdílení informací tak, jak jsou uvedeny ve třetí kapitole.

Forma

Řešení musí být přehledné. Na první pohled musí být jasně vidět, jací pacienti se na oddělení nachází. V tomto případě se může nabízet zachování tabulkového formátu, který se osvědčil jak u papírové formy, tak u souboru v MS Word.

Obsah

Každý pacient musí mít přiřazenou diagnózu, která může být dále doplněna dalšími informacemi. Řešení musí zajišťovat možnost vytvářet a odškrtnout úkoly, ideálně formou tzv. to-do listů.

Portabilita

Řešení v tomto případě nemůže být omezeno pouze na velké přístroje, jakými je stolní počítač či notebook (případě tablet velkých rozměrů). Důležitá je přenosnost seznamu, aby jej SML mohli mít stále u sebe. Například v kapse pláště, čemuž odpovídá potřeba přizpůsobit řešení zařízením o maximálním rozměru cca 15x15 cm. Výhodou také bude možnost přenášení dat mezi médii, například export do vlastního chytrého telefonu lékaře apod.

Bezpečnost

Vzhledem k citlivým informacím o pacientech je nutné zabezpečit alespoň základní ochranu osobních dat a zvolit vhodnou formu jejich přenosu, aby podle zákona č. 110/2019 Sb., o zpracování osobních údajů, nedošlo ke zničení, ztrátě, změně nebo neoprávněnému poskytnutí těchto údajů. [1]

V případě přenosu dat přes internet musí být data precizně zabezpečena. U stolních počítačů lze využít přístupu k nemocniční síti skrze již existující přihlašovací údaje lékařů. U sdílených tabletů by bylo nutné zajistit bezpečnostní prvky pro případ ztráty či odcizení zařízení, včetně zajištění náhradního řešení. Dostatečné zabezpečení aplikace je klíčové také v případě využívání osobních mobilních telefonů.

Údržba

V případě dedikovaných zařízení je nutno nastavit aktualizace systému jako automatické.

Cena

S ohledem na současné používání papírové formy se musí nově navrhované řešení také cenově vyplatit. V případě dedikovaného zařízení není doporučeno, aby cena překročila více než 10 000 Kč, a to z důvodu odpovědnosti při poškození či krádeži.

Jednoduchost

System musí být jednoduchý k rychlému naučení a při používání intuitivní. Lékaři by při jeho používání měli být schopni zanést či najít důležité informace i ve stresových a vypjatých chvílích, v jakoukoliv denní či noční dobu.

Rychlost

Důležitá je rovněž rychlost aplikace. V zdravotnictví mohou zcela nečekaně nastat krizové situace, kdy lékaři nemají prostor čekat několik minut na to, než se jim program na management lůžek spustí. Je proto žádoucí, aby bylo řešení konstruováno i s ohledem na případné používání v časové tísní.

Z výše zmíněných požadavků je zřejmé, že výsledné řešení se musí co nejvíce opírat o portabilitu a jednoduchost. Lékaři ve službě nepotřebují složitý systém s utilitami, které nakonec ani nevyužijí. Naopak, v praxi mnohem více ocení snadné a přehledné řešení.

Současně na základě identifikovaných kladů aktuálně využívaných forem, které byly uvedeny ve třetí kapitole, lze očekávat, že lékaři nebudou chtít příliš odlišný systém. V porovnání s předchozím systémem musí ten nový nabízet dostatek výhod, na druhou stranu musí vizuálně připomínat známý formát. V opačném případě by ani sebe lépe fungující řešení nemuselo dosáhnout implementace, neboť by jej konzervativnější lékaři odmítli používat.

6 Prototypy

S ohledem na požadavky Pneumologické kliniky FN Motol, cíle práce i požadované parametry, které má finální řešení splňovat, byly navrženy dva prototypy. Ty představují dvě různé cesty řešení.

- Prototyp Alfa – vícevrstevná webová aplikace
- Prototyp Beta – Xamarin aplikace pro Android

Ještě před tím, než budou v rámci této kapitoly oba prototypy představeny, jsou popsány softwarové nástroje, které byly při jejich tvorbě a vývoji použity – tedy jednotlivé typy softwarové architektury a programovací jazyky. Zmíněny jsou také principy UI a UX, které musí navržené řešení brát v potaz.

Následuje již zmíněný podrobnější popis prototypu Alfa a Beta. U každého je uvedeno softwarové řešení, UI/UX a celkové hodnocení reflektující cíl práce. Na závěr je provedena komparace obou technologií a je zdůvodněna volba finálního řešení. To je předloženo lékařům kliniky k otestování v praxi. Tímto způsobem bylo umožněno, aby se do vývoje zapojili sami uživatelé a mohli přinést užitečnou zpětnou vazbu.

6.1 Použitá softwarová architektura

6.1.1 Webové aplikace

Předchůdcem webových aplikací byly webové stránky vytvářené za použití značkovacího jazyka HTML (Hypertext Markup Language). Tento jazyk je statický: klient odesílá požadavek na server a ten mu vrací HTML stránku. [2] Tato architektura má své přednosti a je používána dodnes. Výhoda spočívá především v malé zátěži pro server. Nevýhodou ovšem je, že server umí zasílat pouze statické stránky v jazyce HTML. Kvůli tomu není tato architektura použitelná pro mnoho moderních stránek, z jakých lze zmínit například Facebook či Twitter. Ani obyčejné diskusní fórum by na této architektuře nemohlo fungovat.

S vývojem a rozšiřováním internetu se proto vyvíjely i webové stránky. Původní statická architektura již nedostačovala a byla nahrazena dynamickou. Takové stránky se začaly nazývat webové aplikace, protože se svou funkčností podobaly desktopovým aplikacím. Fungují na principu dynamicky tvořeného obsahu. Klient zašle požadavek na server a ten již neodesílá statickou stránku. Místo toho na serveru běží CGI skript, pomocí kterého se dle požadavku uživatele stránka generuje, a to v HTML jazyce. Ten je často propojen také s databází. Nejčastěji se používá skriptovací jazyk PHP (neboli hypertextový preprocesor), mezi další programovací jazyky patří např. C#. Na straně klienta pak může být aplikace doplněna JavaScriptem, který se stará o vizualizaci a také o funkčnost uživatelského rozhraní. [2]

Výhodou webových aplikací je především možnost dynamicky tvořeného obsahu. Většina moderních e-shopů, sociálních sítí či moderních online programů (např. Google Drive) stojí právě na architektuře webových aplikací. Za nevýhodu lze potom považovat zejména jejich náročnější tvorbu.

6.1.2 Vícevrstvá architektura

Jednoduché, archaičtější programy často tvoří celistvý program. U malých programů taková architektura nemusí být na škodu, přestože se v moderním vývoji softwaru nejedná o nejlepší praktiku. Kód se může velmi rychle stát nepřehledným a funkčnost samotného programu může ohrozit i drobná chyba. Takový kód se pejorativně nazývá „Spaghetti code“ neboli špagetový kód.

Složitější programy vyžadují přehlednost, a proto se za „dobré programátorské návyky“ (good programming practice) považuje používání objektově orientovaného programování a používání vícevrstvé architektury.

Vícevrstvá architektura pracuje na principu několika vzájemně spolupracujících vrstev, které spolu komunikují skrze přesně definovaná rozhraní. Výhodou je vyšší přehlednost i vzájemná nezávislost vrstev, díky které mohou být (za předpokladu zachování komunikačního rozhraní) zaměňovány bez nutnosti úprav v jiné části programu.

6.1.3 Třívrstevná architektura

U webových aplikací patří mezi další velmi často používané tzv. třívrstvá architektura (Three-tier Architecture). Aplikace je rozdělena na tři samostatné vrstvy popsané níže.

- Prezentační vrstva – část viditelná pro uživatele, která zajišťuje uživatelské vstupy a prezentaci výstupů. Data nezpracovává, ale může kontrolovat zadávané vstupy.
- Aplikační vrstva – tato funkční prostřední vrstva zajišťuje operace, výpočty a další chod aplikace za pomoci vstupů od uživatele a dat z datové vrstvy.
- Datová vrstva – nejnižší vrstva modelu, nejčastěji jde o databázi, která zajišťuje základní datově-funkční operace. [3]

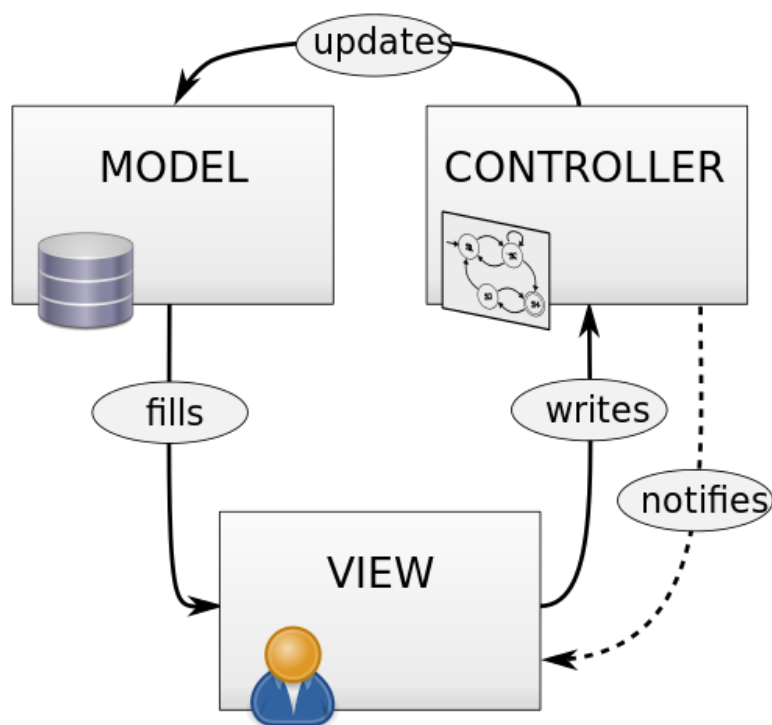
Třívrstvá architektura navázala na starší dvouvrstvou architekturu „client-server“. V rámci tohoto typu architektury má klient na starosti uživatelské rozhraní a aplikační vrstvu, a o databáze se stará serverová část.

6.1.4 MVC architektura

Dalším typem architektury je tzv. Model-View-Controller (MVC). Často bývá využívána v mobilních aplikacích, ale také v aplikacích webových. Může být taktéž zakomponována do třívrstevné architektury.

MVC architektura funguje na principu oddělení logické vrstvy od uživatelského rozhraní a datové vrstvy. Oproti předchozímu modelu jsou však tyto vrstvy propojeny do trojúhelníku, jak je znázorněno na obr. 6.1 níže. Tato architektura zahrnuje 3 komponenty:

- Model – reprezentace informací závislá na doméně. Zahrnuje logiku, SQL dotazy, objekty. Model neví nic o výstupu.
- View (pohled): data reprezentována modelem převádí do formátu pro uživatele (HTML, XAML). Neřeší, odkud data přišla.
- Controller (řadič): prostředník, který zprostředkovává komunikaci mezi modely a pohledy. Podle uživatelských vstupů aktualizuje modely, které následně upravují pohled. [4]



Obrázek 6.1 Diagram MVC architektury [5]

6.1.5 MVVM architektura

Architektura Model-View-Viewmodel (MVVM) je variací na architekturu MVC. Oproti MVC přidává další vrstvu „ViewModel“, která díky navázání pomocí bindingu umožňuje to, že při jakékoliv změně (např. úpravě políčka ve formuláři, který se má ve „View“ vypsat) se změní i vlastnosti ve „ViewModelu“. [6]

MVVM architektura je velice užitečná při tvorbě mobilních aplikací, například při tvorbě formulářů v jazyce Xamarin.

6.2 Programovací jazyky

6.2.1 JavaScript

JavaScript je multiplatformní, objektově orientovaný programovací jazyk, určený spolu s HTML a CSS k tvorbě webových stránek, potažmo „client-side“ webových aplikací. Byl vytvořen v roce 1995 Brendanem Eichem ze společnosti Netscape. [7]

JavaScript se implementuje v prohlížeči na straně klienta a je následně schopen měnit obsah webové stránky bez nutnosti komunikace se serverem, jak tomu je u samotného HTML. Snižuje tak zatíženost serveru. Mezi další výhody patří rozšířenost jazyka (jde o třetí nejpoužívanější jazyk na světě) [8] a široká nabídka API (Application Programming Interface), díky kterým je možné přidat do webových aplikací velké množství funkcí. [9]

JavaScript není používán samostatně, javascriptové programy (zvané skripty) se vkládají do HTML kódu. Pomocí JavaScriptu lze tvořit:

- dynamický obsah na straně klienta bez nutnosti komunikace se serverem, např. menu, roll-upy, galerie atd.,
- responsivní webdesign pro e-shopy a jiné webové aplikace,
- 2D a 3D animace,
- jednoduché hry,
- validace uživatelských vstupů na straně klienta. [10]

Další výhodou JavaScriptu je velké množství frameworků. Frameworky jsou doplňkovým rozšířením, které slouží k usnadnění a zefektivnění vývoje webových aplikací v JavaScriptu. [11] Poskytují například šablony pro webové stránky, dále umožňují vazbu dat, tvorbu vlastních HTML značek či přechodových efektů.

Frameworků pro JavaScript existují více než čtyři desítky. Příkladem oblíbených jsou například Angular.js, React.js, Node.js či Vue.js, jehož specifikace je v souladu s potřebami této práce uvedena níže.

Vue.js

Vue.js je moderní a flexibilní open-source JavaScript framework vhodný pro tvorbu jednostránkových (single-page) webových aplikací. Vznikl v roce 2014 a patří mezi jeden z nejvyužívanějších frameworků. Vue.js je ideální pro tvorbu dynamických reaktivních webových aplikací. Umožňuje dosazování proměnných do HTML a použití komponent rozšiřujících základní HTML prvky tak, aby obsahovaly opakovaně použitelný kód. [11]

6.2.2 Programovací jazyk C#

C# neboli „C Sharp“ je objektově orientovaný programovací jazyk vytvořený v roce 2000 společností Microsoft. Navazuje na jazyky C++ a Java. C# je po Pythonu, JavaScriptu a Javě čtvrtým nejpoužívanějším programovacím jazykem na světě. [12]

Společně s jazykem C# byla firmou Microsoft vydána platforma .NET. Ta kromě jazyka samotného zahrnuje také knihovny, virtuální stroj a Visual Studio, což je integrované vývojářské prostředí sloužící k tvorbě celé řady aplikací v jazyce C#. Visual Studio podporuje i další jazyky, jako je například C++, Python, JavaScript, Typescript, Visual Basic a další.

V programovacím jazyce C# lze vytvořit:

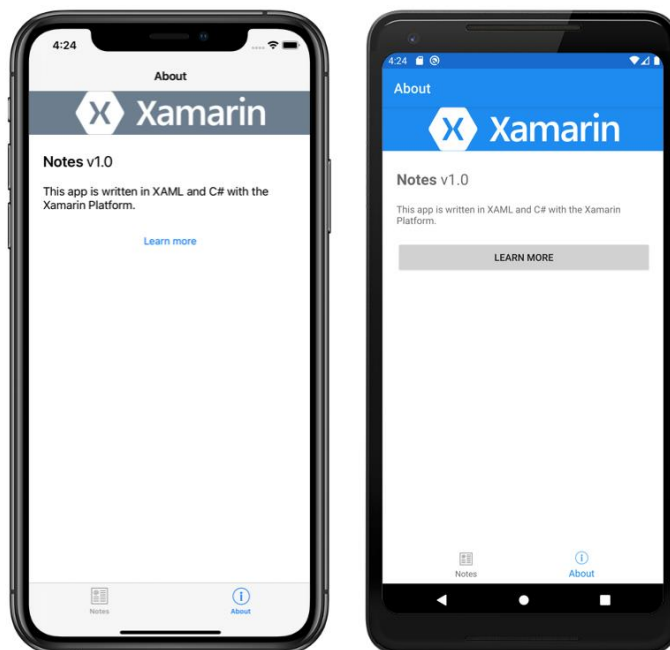
- konzolové aplikace,
- WPF aplikace – okenní aplikace,
- webové aplikace,
- multiplatformní mobilní aplikace Xamarin,
- hry na platformě Unity,
- a mnohé další.

Jazyk C# je jednoduchý, mnohoúčelový a velmi robustní. Díky virtuálnímu stroji jej lze považovat za stabilní a poměrně rychlý. Oproti C++ je C# bezpečnější a modernější. [13] Může být sice o něco pomalejší, na moderních strojích se ovšem jedná o zanedbatelné hodnoty. Výhodou je také jeho automatická správa paměti (tzv. „Garbage collector“).

Xamarin

Xamarin je otevřená (open-source) platforma spravovaná společností Microsoft, která vznikla v roce 2011 a slouží k tvorbě multiplatformních aplikací. I přes své „stáří“ je mezi vývojáři stále velmi oblíbenou. Lze pomocí ní vytvářet aplikace pro operační systémy Android, iOS a Windows Phone [14, s. 2]. Umožňuje proto vývojářům tvořit a testovat aplikace pro různé operační systémy, a to bez nutnosti znalosti několika programovacích jazyků. Náhled toho, jak vypadá aplikace na iOS a Androidu, je zachycen na obr. 6.2.

Platforma Xamarin využívá jazyk C# a XAML. Tvorba aplikací probíhá skrze Visual Studio. Xamarin vytváří virtuální vrstvu nad jednotlivými platformami a při tvorbě buildu se kód kompiluje na jednotlivé nativní subsystémy – pro aplikace v Android je to Java nebo Kotlin, pro iOS je to Swift. [15] Díky tomu lze sdílet přibližně 90 % kódu pro všechny platformy.



Obrázek 6.2 Ukázka jednoduché aplikace Xamarin na iOS a Android [17]

K tvorbě aplikací je kromě Visual Studia zapotřebí zařízení s danou platformou. Tím může být mobilní telefon či tablet s operačním systémem Android nebo iOS. Další variantu představuje možnost vytvoření virtuálního zařízení pomocí Android emulátoru, který je součástí Windows. V případě iOS lze vytvořit virtuální zařízení pouze na platformě macOS. [16]

Největší výhodou Xamarinu je již zmíněná možnost tvorby a testování aplikací pro různé platformy pouze za pomoci Visual Studia. [17] Zmínit lze také robustní základní třídy a moderní programovací jazyk C#, který je v této souvislosti možné považovat za lepší než jazyky Java či C/C++.

Nevýhodou je nutnost neustálé aktualizace balíčků NuGet (obdobu knihoven s kompilovaným kódem), které mohou v případě nekompatibility tvořit problém při kompilaci aplikace. V případě složitějších aplikací a projektů se proto doporučuje využívat přímo nativních programovacích jazyků.

6.3 Principy UI/ UX

Aby aplikace splňovala všechny potřebné náležitosti, musí být nejen funkční z hlediska softwarových nástrojů, ale také z hlediska uživatelské zkušenosti (UX neboli user experience) a uživatelského rozhraní (UI neboli user interface). Specifikace těchto pojmů (s ohledem na potřeby této práce) je uvedena níže.

- UX: jedná se soubor metod a zásad, které se zaměřují na funkčnost aplikace tak, aby co nejlépe plnila svůj účel, aby se uživatelům snadno ovládala, aby tlačítka reagovala tak, jak mají apod. Úzce souvisí s informační architekturou.
- UI: se zabývá vizuální podobou aplikace. Zahrnuje například výběr barev, motivů, vhodné rozmístění tlačítek, eliminaci rušivých elementů, aby byla aplikace jednoduchá a přehledná atd.

Důležité přitom je, aby navrhované řešení odpovídalo nejen potřebám koncových uživatelů (ať už z hlediska funkčnosti, tak z hlediska vizuálu), ale také technickým požadavkům a potřebám daného prostředí – v tomto případě nemocnice či kliniky. [18, s. 9]

U aplikací je také dobré pamatovat na rozdílné rozhraní pro uživatele a pro vývojáře. Tato rozhraní by měla být oddělena a vzhledem k cílové skupině (uživatel nebo expert či vývojář) by měla nabízet základní i rozšířené možnosti nastavení a ovládání.

6.4 Tvorba prototypu Alfa

Prototyp Alfa byl vytvořen formou vícevrstevné webové aplikace. Je postavený na třívrstevné architektuře a využívá moderní frontendové řešení JavaScriptového frameworku Vue.js s C# based backendem. To znamená, že uživatel bude moci přistupovat k seznamu pacientů z jakéhokoliv zařízení připojeného k internetu.

V rámci podkapitol níže je nejprve v souvislosti s technickou specifikací popsáno softwarové řešení prototypu Alfa (backend a frontend), dále design uživatelského rozhraní a nakonec hodnocení produktu.

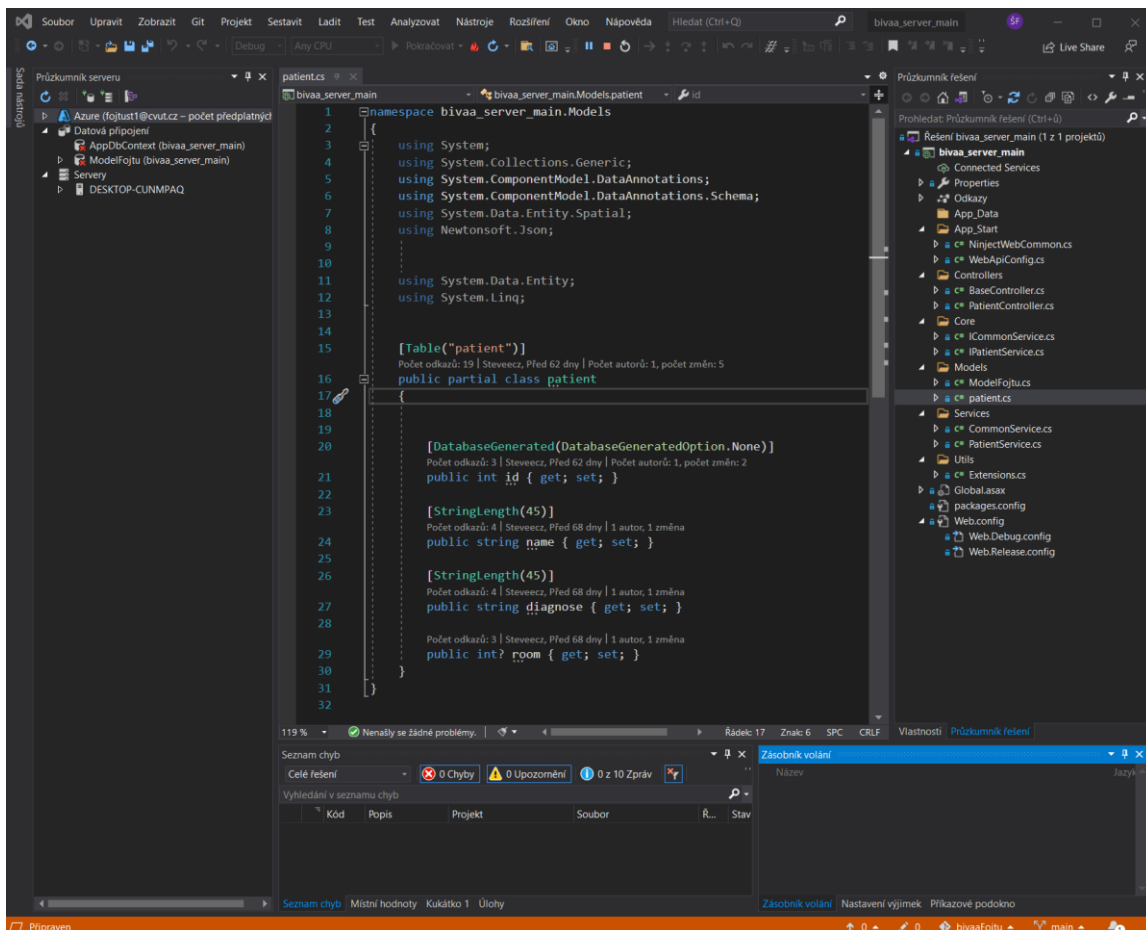
6.4.1 Backend

Datová vrstva

Nejnižší vrstvu tvořila databáze vytvořená pomocí systému MySQL. S aplikační vrstvou byla propojena pomocí Visual Studia. To následně skrze nástroj ADO.NET Entity Data Model vytvoří z již existující databáze jednotlivé modely.

Aplikační vrstva

Serverová část byla vytvořena v jazyce C# pomocí Visual Studia, které obsahuje šablony pro tvorbu webové aplikace ASP.NET. Aplikační vrstva byla řešená pomocí architektury MVC. Náhled práce autora ve Visual Studiu je zachycen na obr. 6.3 níže.

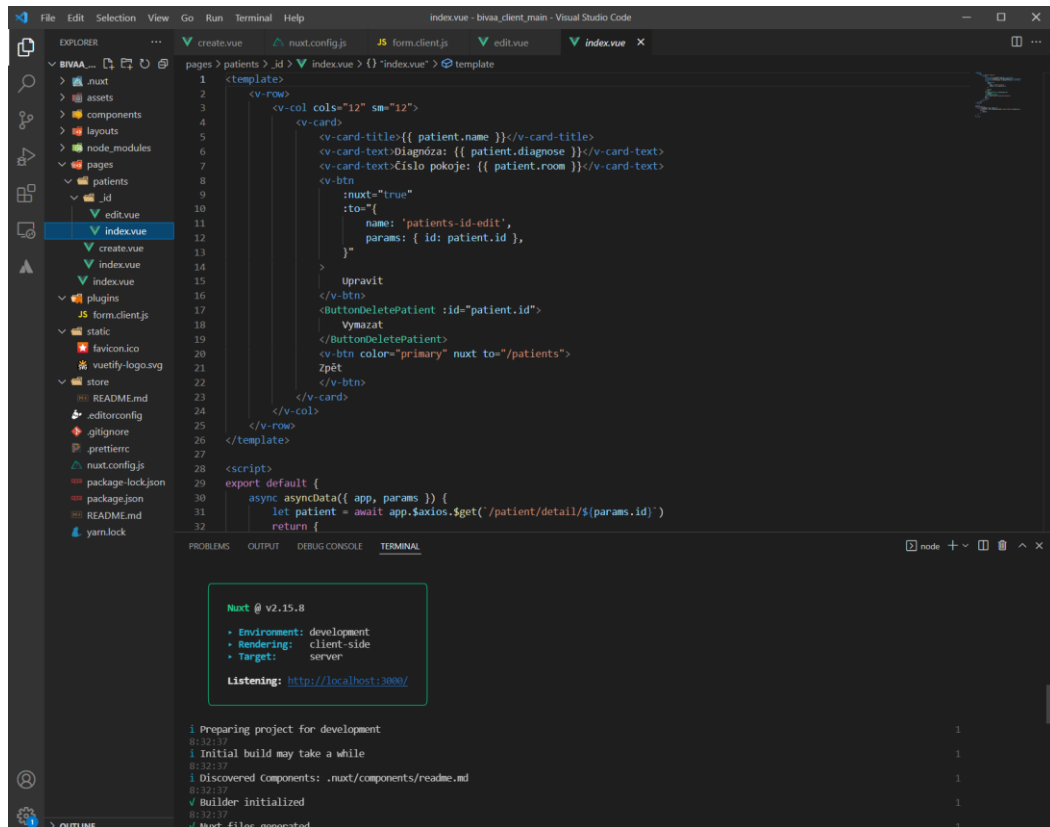


Obrázek 6.3 Ukázka Visual Studia: vlevo připojení k modelu, vpravo ukázka MVC architektury [zdroj: autor]

6.4.2 Frontend

Prezentační vrstva

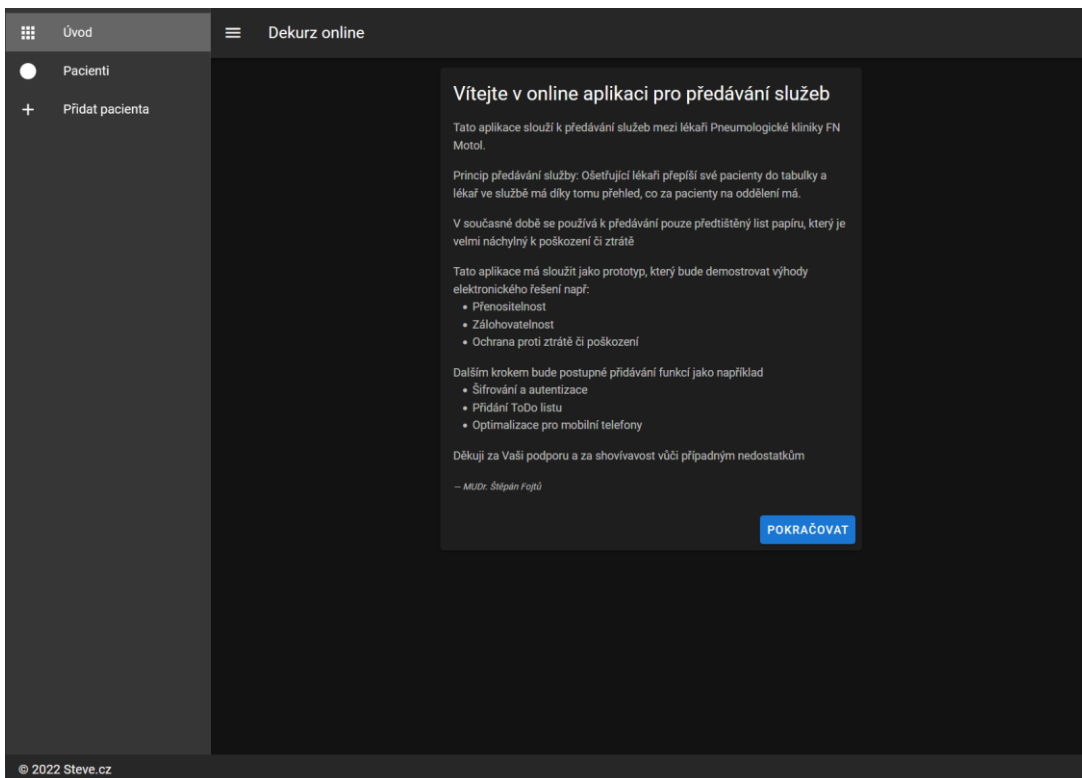
Uživatelská část aplikace byla vytvořena v jazyce JavaScript s využitím frameworku Vue.js. K vývoji byl využit editor zdrojového kódu Visual Studio Code od společnosti Microsoft (viz obr. 6.4). Komunikaci s backendem zajišťuje JSON API.



Obrázek 6.4 Ukázka Visual Studio Code [zdroj: autor]

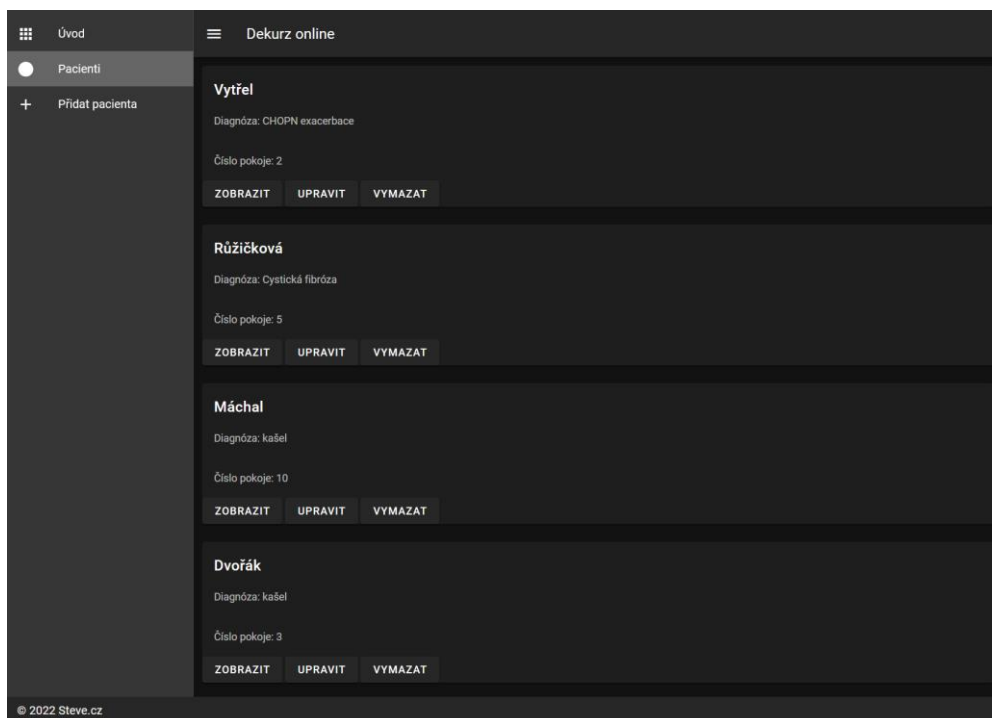
6.4.3 UI/UX

Prototyp Alfa byl vytvořen jako multi-page aplikace, která se skládá se z více stránek se společným postranním panelem (side-barem) na levé straně. Ten jakožto rozcestník umožňuje přepínání mezi jednotlivými záložkami a je možné ho minimalizovat. Úvodní stránka zobrazuje představení projektu a jeho autora, jak je zachyceno na obr. 6.5.



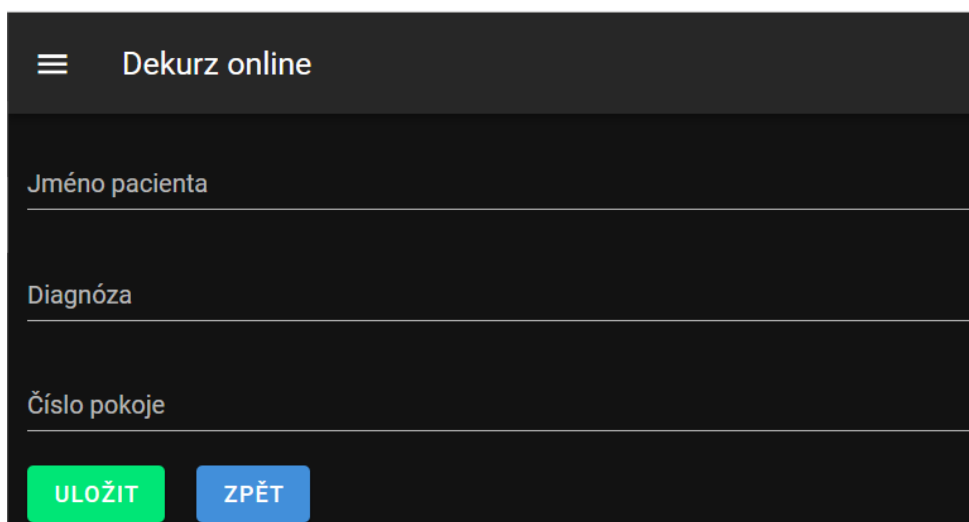
Obrázek 6.5 Úvodní stránka u prototypu Alfa [zdroj: autor]

Záložka „Přidat pacienta“ obsahuje formulář s možností vyplnění jména, diagnózy a čísla pokoje (s výběrem hodnot od 1 do 10). Náhled stránky pro přidávání pacientů je vyobrazen na obr. 6.6. Jméno pacienta je povinné, číslo pokoje musí být vloženo jako integer (int) – tento požadavek je ošetřen výjimkami jak ve frontendu, tak v backendu.



Obrázek 6.6 Formulář pro tvorbu pacienta v aplikaci u prototypu Alfa [zdroj: autor]

V záložce „Pacienti“ se potom zobrazuje stručný výčet všech pacientů zadaných do databáze. Na první pohled jsou pod sebou vždy vidět jména pacientů, jejich diagnózy a čísla pokojů, což lékařovi umožňuje rychlou orientaci v nejdůležitějších datech. U každého pacienta je následně možné zobrazit si podrobnější informace a záznam upravit či smazat, jak lze vidět v náhledu stránky na obr. 6.7 níže.



Obrázek 6.7 Výpis pacientů v aplikaci u prototypu Alfa [zdroj: autor]

Celkový design aplikace byl zvolen minimalisticky bez zbytečně rušivých prvků. S ohledem na potenciální celodenní využívání aplikace byl upřednostněn tmavý režim s černým pozadím, který může zvýšit uživatelskou přívětivost zejména během nočních směn.

6.4.4 Hodnocení prototypu Alfa

Klady

- Možnost využití jakéhokoliv přístroje s přístupem k internetu (stolní počítače, osobní apod.).
- Jednoduché použití jak pro OL tak pro SML.
- Nehrozí nebezpečí ztráty či poškození koncového zařízení.
- Jednoduchá editace frontendu dle potřeb kliniky.
- K tabulce pacientů se dostanou i lékaři (např. vedoucí služby), kteří jsou v danou chvíli mimo oddělení.

Zápory

- Nutnost zakoupení internetové domény.
- Nutnost centrálního serveru.
- Nutnost kvalitního zabezpečení serverové části.
- Nutnost šifrování citlivých dat.
- Nutnost vytvořit přihlašovací údaje pro všechny lékaře oddělení včetně externistů.

- V případě potřeby větších úprav v aplikaci bude nutné vytvořit další databázi v datové vrstvě.

Celkové hodnocení

Prototyp Alfa je z pohledu uživatele velice jednoduchý na ovládání. Díky tomu, že umožňuje přístup k rozpisu pacientů i z osobního mobilního telefonu lékaře (tedy kdykoliv a kdekoliv), nevyžaduje nutně používání stolního počítače či dedikovaného zařízení, které by mohlo při výkonu práce lékařům zavazet.

O co jednodušší je použití pro uživatele, o to složitější je však toto řešení na zabezpečení a údržbu. Vzhledem k tomu, že je v tomto případě k předávání informací vyžadován internet, bylo by zapotřebí zakoupit a dále spravovat doménu na hostingovém serveru (případně na serveru nemocnice). Dále by bylo nutné vyřešit šifrování údajů o pacientech a dostatečně pro všechny lékaře včetně externistů zabezpečit přihlašování do aplikace.

Při vyřešení zmíněných problémů by ovšem prototyp Alfa představoval velmi kvalitní návrh řešení, které by ve svém důsledku mohlo zdárně odpovídat na problémy současného stavu nastíněného v druhé a třetí kapitole této práce.

6.5 Prototyp Beta

Prototyp Beta je postaven na multiplatformní aplikaci. Ta byla vytvořena na platformě Xamarin pro dedikované mobilní zařízení (smartphone či tablet) s operačním systémem Android a iOS. Oproti prvnímu prototypu Alfa by tak v tomto případě byla data pacientů uložena přímo v dedikovaném zařízení a uživatel by k nim měl přístup i bez nutnosti připojení k internetu.

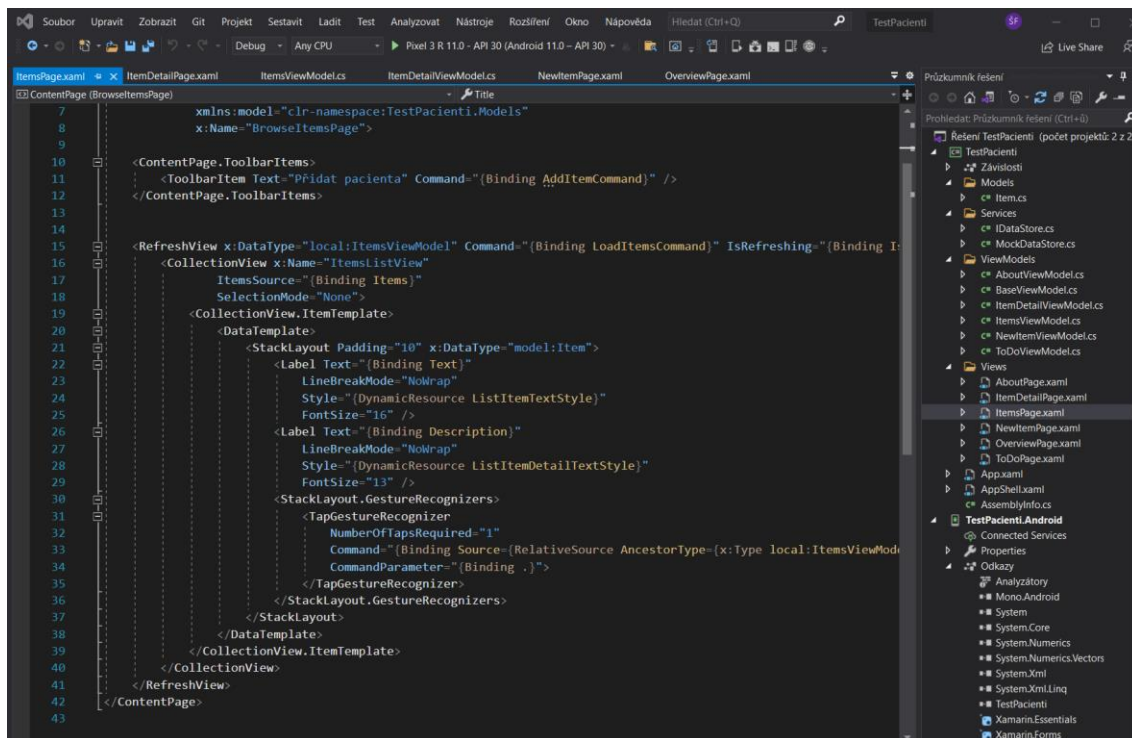
Obdobně jako v předchozí kapitole je v rámci podkapitol níže nejprve popsáno softwarové řešení prototypu Beta a design uživatelského rozhraní, a následně hodnocení produktu.

6.5.1 Softwarové řešení

Ve Visual Studiu byla vytvořena aplikace pro přidávání a správu pacientů. Použitým programovacím jazykem byl C#, který je základním jazykem platformy Xamarin, viz ukázka na obr. 6.8. Aplikace byla navržena v architektuře MVVM.

Data pacientů byla zapisována do interní paměti zařízení pomocí třídy XmlSerializer, která slouží k uložení do formátu XML. Není tedy nutné přidávat vlastní databázi. Každý pacient obsahuje jedinečné ID, jméno a popis. S číslem pokoje nebylo v tomto prototypu pracováno.

K testování aplikace byl použit virtuální emulátor Android Emulator, ve kterém byl vytvořen virtuální smartphone Pixel 3 s operačním systémem Android 11.0 a virtuální tablet s operačním systémem Android 9.0. Na iOS ani Windows Phone nebyl prototyp aplikace testován, a to vzhledem k absenci vhodného emulátoru či vhodných fyzických zařízení.

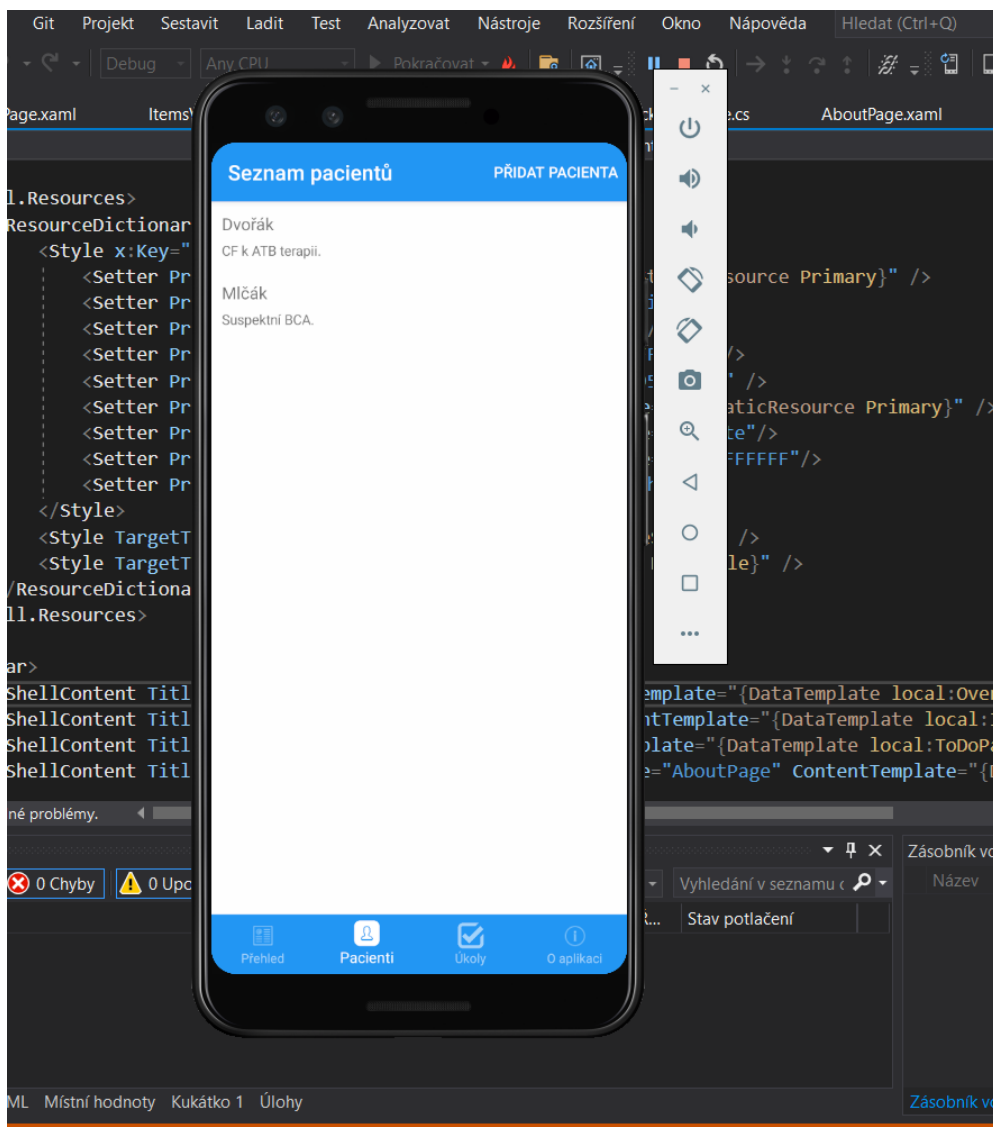


Obrázek 6.8 Ukázka kódu ve Visual Studio, na pravé straně ukázka MVVM architektury [zdroj: autor]

6.5.2 UI/UX

Aplikace je tvořena čtyřmi kartami: „Přehled“, „Pacienti“, „Úkoly“ a „O aplikaci“. Každá je na spodní liště reprezentována příslušnou ikonou a lze mezi nimi přepínat pomocí tab-baru. Pro aplikaci byla zvolena jednoduchá kombinace bílé a modré barvy. I v tomto případě byl kladen důraz na minimalismus bez zbytečných rušivých elementů, jak je vidět na obr. 6.9.

Přidat pacienta lze stisknutím tlačítka na horní liště. Ve výpisu pacientů (na který se uživatel dostane pomocí zvolení příslušného tlačítka na již popsané spodní liště) se rozklikne jeho karta s detailními informacemi.



Obrázek 6.9 Ukázka aplikace ve virtuálním emulátoru u prototypu Beta [zdroj: autor]

6.5.3 Hodnocení prototypu

Klady

- Jedná se o uživatelsky přívětivé, jednoduché řešení.
- Aplikaci lze snadno upravovat, v případě potřeby větších změn nebude úprava vyžadovat složité zásahy.
- Možnost používání na zařízeních Android a iOS.
- Aplikace nevyžaduje připojení k internetu, není tedy ohrožena výpadkem proudu či případným nedostatečným internetovým pokrytím.
- Data pacientů jsou ve správě daného zařízení, nikoliv serveru.
- Malé požadavky na údržbu.

Zápory

- Nutnost dedikovaného zařízení.
- Nemožnost obnovení dat při ztrátě či poškození dedikovaného zařízení.
- Rigidnější UI/UX.
- Přístup pouze pro jednoho uživatele (tzn. aktuálního uživatele dedikovaného zařízení).

Celkové hodnocení

Prototyp Beta kombinuje výhody papírové verze (nezávislost na internetu, nepotřebnost serveru) s výhodami mobilních aplikací, jako je snadná editace, možnost použití dalších aplikací atd.

Lékaři jsou s mobilními zařízeními zvyklí pracovat a i vedení nemocnice se snaží nasazovat tablety a smartphony do běžného provozu. Aplikace v platformě Xamarin navíc ponechává volné ruce ve výběru zařízení, které bude použito.

Vzhledem k nutnosti využívat dedikovaného zařízení by však i nadále zůstaly mnohé nevýhody, se kterými se potýká i současná papírová verze. Tedy neexistuje možnost zálohování dat v případě ztráty či poškození. Vzhledem ke konzervativnější povaze některých lékařů by ovšem přechod z papírové verze na mobilní nemusel představovat tak výraznou změnu a lze očekávat, že by takto řešený systém neměli problém používat.

6.6 Srovnání prototypů

Z obou výše představených a popsanych prototypů bylo následně nutné vybrat jeden, který bude zpracován do finálního výstupu. Výběr závisel na posouzení čtyř aspektů:

- výhody daného řešení pro uživatele,
- překážky před nasazením do provozu,
- cena,
- hodnocení z pohledu lékařů – budoucích uživatelů.

6.6.1 Výhody daného řešení

Přestože oba prototypy splňují požadavky zadaného cíle – nahradit papírovou verzi digitalizovanou – každý využívá jiné koncepční řešení a nabízí jiné výhody při používání v praxi.

Prototyp Alfa je oproti Betě plně digitalizovaný. Uživatel není vázán na konkrétní zařízení. Načíst webovou aplikaci může odkudkoliv (i ze svého osobního chytrého mobilu, který může nosit stále u sebe). Zároveň nemůže dojít ke ztrátě či odcizení dat, protože nejsou spojena s konkrétním dedikovaným zařízením. Tabulku si zobrazí kdokoli s přihlašovacími údaji.

Prototyp Beta na druhou stranu nevyžaduje žádné přihlašování se k tabulce. Službu je velmi jednoduché předat pomocí fyzického zařízení, které se svým řešením více přibližuje současné papírové verzi, na kterou jsou lékaři zvyklí. Prototyp Beta lze také považovat za přívětivější pro externisty, kteří často službu vykonávají a nemusí mít s daným pracovištěm zkušenosti.

6.6.2 Překážky před nasazením do provozu

Protože jsou obě předkládaná řešení koncipovaná pouze v podobě prototypů, je potřeba vzít v úvahu také řadu různých komplikací, které by mohly při reálném nasazování do provozu nastat.

Prototyp Alfa nyní pracuje na doméně localhost. Před uvedením do provozu by bylo nutné zakoupit a nastavit doménu pro danou webovou stránku. Možnou variantou by představovalo využití interní serverové infrastruktury FN Motol, avšak vzhledem k vysoké administrativní zátěži a pravděpodobné prodloužené době spouštění stránek, není tato alternativa považovaná za relevantní. Dále by bylo potřeba vyřešit přihlašování k webové stránce – vzhledem k citlivým údajům nemůže fungovat bez přihlašování, a také zajistit distribuci pohřebních údajů mezi lékaři kliniky. Prototyp Alfa současně nenabízí možnost pro zadávání úkolů, což je jednou z podmínek fungování.

Prototyp Beta vyžaduje pro využití v praxi dedikované zařízení, které by bylo potřeba vybrat dle parametrů kliniky. Toto zařízení by bylo dále nutné zabezpečit proti zcizení dat. Zatímco u prvního prototypu je možné ostrý chod aplikace otestovat na jakémkoliv zařízení, v tomto případě by bylo chod aplikace možné v praxi lékařů otestovat až po nainstalování aplikace na ono dedikované zařízení. Prototyp Beta taktéž v tuto chvíli neobsahuje možnost pro přidávání úkolů, ta je nicméně oproti prototypu Alfa jednodušeji naprogramovatelná.

Obě řešení pak vyžadují před uvedením do praxe řádné otestování a budoucí uživatelé musí být v jejich používání proškoleni.

6.6.3 Cena

Cena není rozhodujícím faktorem, avšak na výsledné rozhodnutí má svůj vliv. Současně využívané řešení je velice levné a nelze tedy počítat s nasazením příliš drahé alternativy. Je také důležité vzít v potaz pořizovací cenu jednorázovou a cenu udržovacích nákladů.

Prototyp Alfa

- Jednorázová cena: nákup domény, pokud není v ceně webhostingu.
- Dlouhodobé výdaje: správa webhostingu cca 30-180 Kč měsíčně dle zvolené varianty.

Prototyp Beta

- Jednorázová cena: nákup tabletu (cena by se měla pohybovat v rozmezí 3000 Kč až 10 000 Kč dle typu a výbavy).
- Dlouhodobé výdaje: pouze v případě ztráty či poškození tabletu a jeho případné opravy.

6.6.4 Názor lékařů – uživatelů

Oba prototypy byly autorem v průběhu vypracovávání této práce postupně prezentovány lékařům Pneumologické kliniky FN Motol za účelem získání zpětné vazby od budoucích uživatelů. Lékaři byli požádáni o hodnocení prototypů z hlediska toho, který se jim snáze používá, a který by ve své praxi upřednostnili.

Názor budoucích uživatelů je pro tuto práci klíčový, protože mnozí lékaři jen neradi opouštějí své zaběhnuté postupy a zvyky. Pokud by tedy řešení bylo až příliš inovativní, mohla by klesat jejich motivace k jeho plnému využívání.

Z celkového pohledu hodnotili oslovení lékaři oba prototypy pozitivně. V případech, kdy dotyční s nahrazením současného způsobu digitalizovanou alternativou vůbec nesohlasili, byly hlavním důvodem především nedopracované či chybějící funkce řešení. Autor v rámci zpětné vazby získal také mnoho podnětných doporučení i výhrad, stejně tak jako návrhů pro zlepšení a doplnění případných užitečných funkcí.

Co se konkrétně prototypu Alfa týče, mezi nejčastěji zmiňované výhrady patřila absence fyzického média, na které jsou v současné situaci lékaři zvyklí. Části oslovených se nelíbila ani nutnost využívání vlastního mobilního telefonu pro pracovní účely (pozn.: lékaři FN Motol mají nárok na služební telefon, avšak jedná se o tlačítkové modely). K dalším identifikovaným nevýhodám patřila nutnost používání internetu jako přenosového média, i obava o bezpečnost citných dat pacientů. Na druhou stranu většina oslovených lékařů velmi oceňovala možnost připojení se k seznamu pacientů odkudkoliv.

V případě prototypu Beta bylo možné pozorovat všeobecně dobré přijetí. Většina lékařů vnímala záměnu papíru za tablet pozitivně, nicméně byly vysloveny obavy o velikost dedikovaného zařízení. Někteří se obávali, že tablet nebude skladný, bude při práci překážet a bude hrozit jeho poškození, potřísnění nebo ztráta. Řešila se také otázka předávání tabletu po ukončení služby a hmotná odpovědnost za majetek kliniky.

6.7 Zvolený prototyp

Jak vyplývá z výše popsaných aspektů, volba výsledného prototypu nebyla snadná. Oba návrhy bylo možné považovat vzhledem ke stanoveným cílům práce za validní. Po důkladném zvážení všech důležitých parametrů byl nakonec pro finální řešení vybrán prototyp Beta.

Při hodnocení bylo přihlédnuto především k větší bezpečnosti dat pacientů a ke snadnějším možnostem úprav xamarinové aplikace oproti webové aplikaci.

Také cena hrála důležitou roli. Ač by se mohlo zdát, že prototyp Beta bude znevýhodněn kvůli nutnému nákupu dedikovaného tabletu, platba webhostingu by v dlouhodobém horizontu znamenala vyšší finanční zátěž než jednorázový nákup zařízení. Pořízení tabletu by navíc mohlo být zajištěno prostřednictvím nemocničního grantu. Na rozdíl od udržovacích poplatků za doménu, na kterých by se klinika musela dlouhodobě podílet ze svého rozpočtu.

Více pozitivně se k dedikovanému tabletu vyjádřili i sami potenciální uživatelé. Kromě již zmíněných obav o data pacientů, které hrály v neprospěch prototypu Alfa, byla u aplikace v tabletu za klíčovou výhodu považována podobnost s papírovou tabulkou. Jak provedená zpětná vazba potvrdila, fyzická forma evidence pacientů je pro lékaře v praxi velmi důležitá.

7 Příprava k použití v provozu

V rámci této kapitoly je uveden postup, s jakým bylo finálně zvolené řešení připraveno k použití v ostrém provozu. Je specifikováno dedikované zařízení, na kterém bude aplikace využívána a způsob jeho nastavení (pro uživatele i autora práce jakožto vývojáře). Uvedeno je také řešení problému ohledně vytvoření doposud chybějící sekce s úkoly (to-do listy).

7.1 Dedikované zařízení

Aby mohla být finálně zvolená aplikace nasazena do provozu, musí být nainstalována na dedikované zařízení. A to takovým způsobem, aby byl zajištěn její správný chod a zároveň byla chráněna data pacientů.

Pro účely zkušebního provozu aplikace, jejího testování a nasazení do ostrého provozu byl autorovi této práce zapůjčen ze strany ČVUT tablet značky Lenovo.

Technické parametry zapůjčeného zařízení:

- Značka: Lenovo Tab P10
- Operační systém: Android Oreo – 8.0
- Displej: 10,1 palců
- Rozměry: 167 x 242 x 7 mm
- Hmotnost: 440 g
- Výdrž baterie: až 15 hodin
- Funkce: USB C, fotoaparát, čtečka otisku prstu

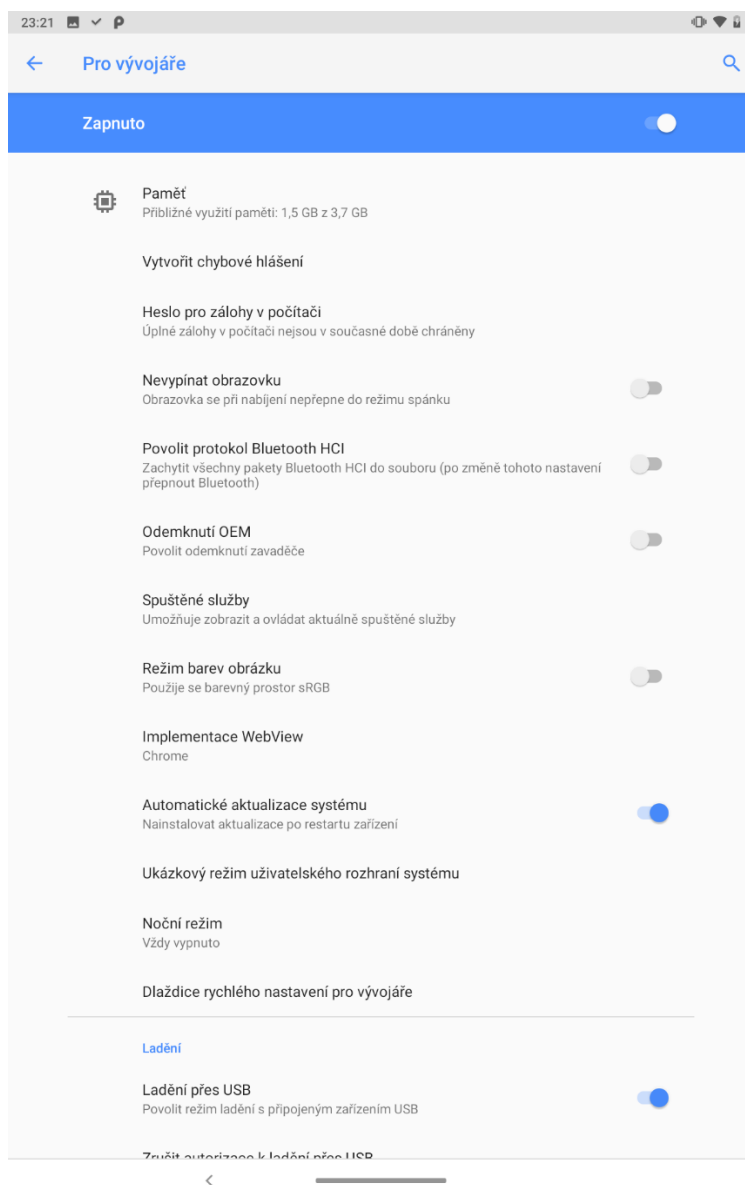
Na tomto místě je současně důležité podotknout, že zapůjčený tablet Lenovo (dále jen tablet) nepředstavuje pro účely této práce ideální dedikované zařízení, a to především z důvodu velkých rozměrů. Jak již bylo zmíněno v páté kapitole této práce, aby bylo řešení pro lékaře praktické, pohodlné a snadno přenositelné, mělo by se zařízení vejít do kapsy lékařského pláště. Zapůjčený tablet by požadavek splňoval, ovšem s ochranným pouzdem – jehož použití je v praxi nezbytné – již požadované rozměry překračuje.

7.2 Nastavení zařízení

Tablet byl před instalací resetován do továrního nastavení a byl v něm vytvořen nový účet Google. To kromě možnosti využívání e-mailů navíc zajistilo obtížně prolomitelnou ochranu. Při odcizení zařízení nebude možné tablet bez znalosti hesla (případně bezpečnostního znaku) používat.

Kromě založení nového účtu byl tablet vyčištěn od všech nadbytečných aplikací, u těch zbývajících byla zkontrolována veškerá oprávnění. Aby následně bylo možné na tablet instalovat i jiné aplikace než ty z oficiálního Google Store, bylo zařízení

převedeno do režimu pro vývojáře (viz obr. 7.1). Poté byla do tabletu nainstalována aplikace pro management lůžek vytvořená autorem této práce. Následovalo otestování aplikace v provozu.



Obrázek 7.1 Printscreen obrazovky tabletu s náhledem na vývojářskou konzoli [zdroj: autor]

Pro spuštění a odemknutí tabletu uživateli (lékaři) byl nastaven bezpečnostní znak, který se oproti klasickému heslu jevil jako vhodnější varianta, především z hlediska lepší zapamatovatelnosti.

Pro přístup do nastavení tabletu a dalších vývojářských částí zařízení je vyžadován otisk prstu autora aplikace. Je to z toho důvodu, aby uživatelé nemohli (ať už schválně, či omylem) měnit nastavení aplikace.

Aktivovaná také byla služba „Najdi moje zařízení“, která umožňuje trasování tabletu v případě ztráty či odcizení.

Přístup k internetu byl v tabletu zachován, a to především ze dvou důvodů:

- pravidelné aktualizace systému a kontroly skrze službu Play Protect, která kontroluje oprávnění aplikací,
- uživatelského komfortu a možnosti dohledávání potřebných informací v číselnících či v internetových zdrojích.

Během ladění aplikace byly také na dedikovaném zařízení vyřešeny problémy s velikostí písma a pozicováním. Pro uživatele bylo vytvořeno úvodní rozhraní obsahující průvodní text s představením aplikace a vysvětlením jejího záměru, jak lze vidět na obr. 7.2. Důležitým prvkem bylo tlačítko umožňující „Přidat poznámku“, skrze které mohli uživatelé v návaznosti na používání aplikace v reálném čase poskytovat zpětnou vazbu.



Obrázek 7.2 Ukázka aplikace, informace o projektu a možnost vkládání komentářů [zdroj: autor]

7.3 Řešení přidávání úkolů do služeb

Jedním z požadavků funkčnosti výsledné aplikace byla možnost přidávat úkoly pro SML. Jak bylo zmíněno v šesté kapitole, tato možnost při tvorbě prototypu zatím nebyla zahrnuta. Byla přidána až dodatečně, aby mohla být součástí testovacího provozu.

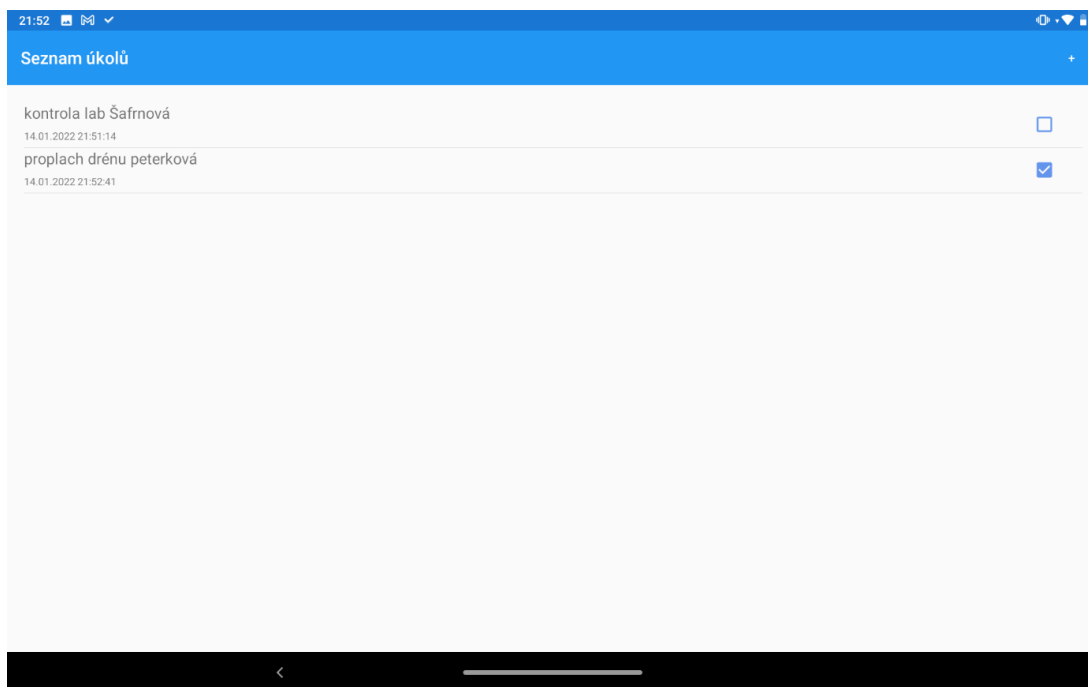
Původním záměrem bylo přidat úkoly přímo do základní verze aplikace. Nakonec se ovšem autor práce rozhodl pro jinou variantu řešení. Vzhledem k využívání dedikovaného tabletu se jako efektivnější ukázalo vytvoření samostatné aplikace „Úkoly“

fungující na principu to-do listů. Tato aplikace se otevře po kliknutí na příslušnou ikonu v tab-baru.

Tato varianta řešení nabízela i mnoho dalších výhod. Jednou z nich je skutečnost, že nová aplikace může být naprogramována ve vhodnější architektuře s upravenou vnitřní strukturou. Možné budoucí opravy budou zaměřeny pouze na jeden kód a případné chyby neovlivní celou aplikaci. Je zde také jednodušší správa balíčku NuGet.

Samostatná aplikace pro úkoly byla vytvořena v MVC architektuře (oproti MVVM u aplikace pro správu pacientů). Jako platforma byl opět použit Xamarin v jazyce C#. Aplikace byla vytvořena jako cross-platforma pro Android a iOS. A zápis dat opět probíhá pomocí XMLSerializer do formátu XML.

Z pohledu uživatele poté aplikace umožňuje na jednoduchém principu přidávat či odebírat úkoly a splněné položky odškrtnávat. Jak také ukazuje náhled aplikace na obr. 7.3, u každého úkolu je rovněž uvedeno datum zápisu a čas, což uživatelům umožňuje rozlišit aktuální úkoly od straších.



Obrázek 7.3 Ukázka aplikace na tvorbu úkolů [zdroj: autor]

7.4 Další funkce tabletu

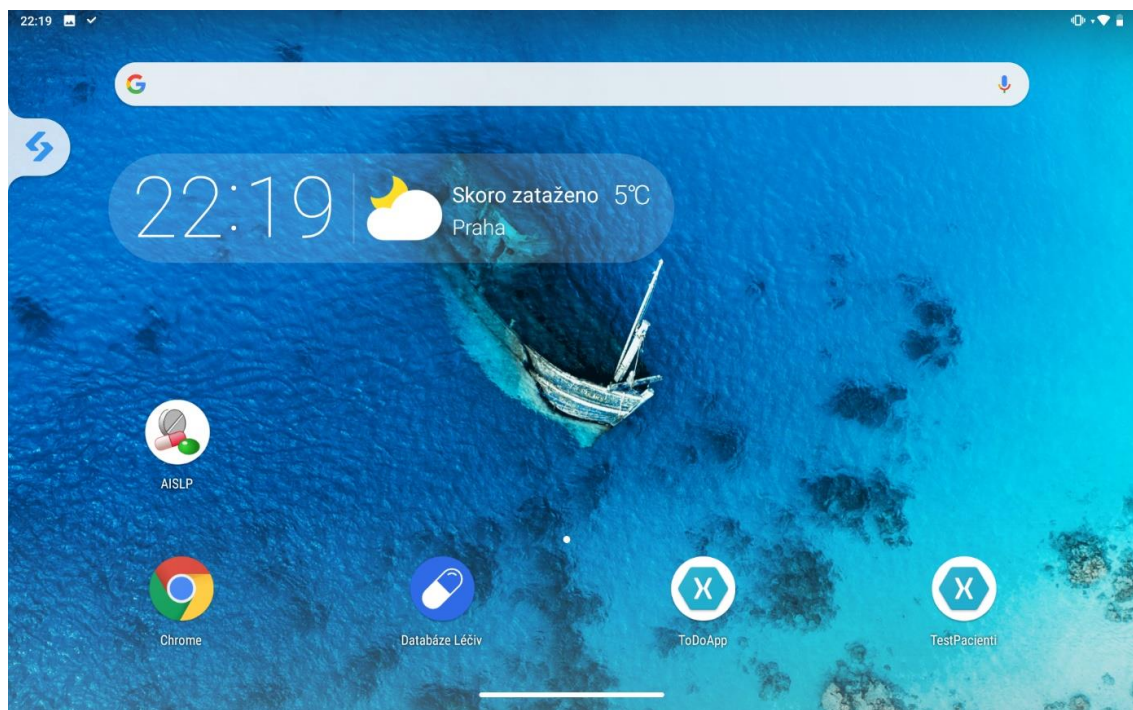
Kromě hlavní aplikace sloužící pro evidenci pacientů a samostatné aplikace pro správu úkolů byly do zařízení přidány také další dvě podpůrné aplikace, které by v praxi lékařů mohly být velmi užitečné a mohly by podpořit lepší workflow. Jedná se o následující:

- Databáze léků: aplikace od společnosti Mediately. Aplikace využívá dat ze Státního ústavu pro kontrolu léčiv (SÚKL) a z Evropské agentury pro léčivé

přípravky (EMA). Je určena pro zdravotnické pracovníky a slouží k vyhledávání léčivých přípravků, jejich indikací, dávkování a nežádoucích účinků. Vedle léčiv obsahuje také databázi diagnóz MKN-10 a mnoho dalších užitečných pomůcek, jako například výpočet BMI, výpočet APGAR skóre atd.

- AISLP: aplikace od společnosti INPHARMEX, která je kromě mobilní verze dostupná také pro stolní počítače – aktuálně je instalována i na počítačích ve FN Motol. Obsahuje databázi léčivých přípravků a parafarmaceutik (léčivům podobných přípravků jako jsou vitamíny, doplňky stravy, bylinné čaje atd.).

Po finálním nastavení a nainstalování všech zmíněných aplikací byl tablet připraven pro uvedení do testovacího provozu. Jak je patrné z obr. 7.4, na ploše tabletu se nacházely pouze ikony potřebných aplikací – dvou vytvořených autorem této práce (seznam pacientů a "to-do" úkoly) a dvou podpůrných již existujících (Databáze léků a AISLP). S ohledem na povolené připojení tabletu k internetu byl na ploše dostupný také prohlížeč Google Chrome.



Obrázek 7.4 Připravená úvodní plocha tabletu s aplikacemi [zdroj: autor]

8 Použití aplikace v ostrém provozu

Poté, co bylo zařízení řádně nastaveno a připraveno, následovalo jeho otestování v praxi lékařů vybraných oddělení Pneumologické kliniky FN Motol. Cílem bylo na základě zpětné vazby identifikovat případné problémy či nedostatky, stejně tak pozitivní prvky, které by přispěly k celkové motivaci digitalizované řešení ze strany lékařů využívat. Uvedené hodnocení aplikace vychází ze dvou částí – v první ji testoval sám její autor v rámci své lékařské praxe, ve druhé ji testoval kolektiv ostatních lékařů.

8.1 Způsob testování

Aplikace byla podrobena testování v běžném provozu Pneumologické kliniky FN Motol. Testování probíhalo v různé dny během prvního a začátkem druhého kvartálu roku 2022. Zpočátku aplikaci testoval pouze sám její autor, poté byly k užívání vyzváni i další lékaři zmíněné kliniky.

Aplikace byla testována autorem během těchto služeb:

- 6x ve všední den,
- 2x o víkendu,
- 2x během jednoho prodlouženého víkendu.

Aplikace byla testována dalšími uživateli (lékaři kliniky) během těchto služeb:

- 3x ve všední den,
- 1x o víkendu,
- 2x během jednoho prodlouženého víkendu.

Co se podmínek během testování týče, SML měl nejdříve na starosti jedno oddělení Pneumologické kliniky, poté z důvodu personálních změn a úpravy fungování covidové části kliniky oddělení dvě.

Před testováním v praxi byla vytvořena a sepsána standardní papírová tabulka, která sloužila jako záloha v případě selhání aplikace. Současně pokud měl SML na starosti oddělení dvě (viz odstavec výše), pro jedno používal novou aplikaci v tabletu, pro druhé klasickou papírovou tabulku, aby bylo možné obě dvě formy porovnat a poskytnout relevantní zpětnou vazbu.

Samotné testování potom probíhalo tak, že testující lékař přepsal údaje z papírové (záložní) tabulky do aplikace, zadal nové úkoly pro danou službu a tablet nadále používal stejným způsobem, jako by používal papírovou verzi. Na konci služby proběhlo vyhodnocení. Výstupy hodnocení jsou uvedeny v následujících podkapitolách. Zvlášť z pohledu autora a zvlášť z pohledu ostatních lékařů.

8.2 Hodnocení autora

Aplikace splnila základní požadavek – lékaři poskytla přehlednou orientaci v pacientech aktuálně ležících na oddělení. S ohledem na postupné zadávání údajů byli pacienti v aplikaci seřazeni podle jednotlivých pokojů.

Zadané úkoly pro službu byly přehledně seřazeny v samostatné aplikaci, a lékař tak mohl v průběhu služby sledovat postup jejich plnění.

Rychlost použití tabletu byla srovnatelná s použitím papírové formy. Spuštění aplikace včetně zadání bezpečnostního kódu trvalo 5–8 sekund (v závislosti na předchozím spuštění).

Při běžné práci zkušební tablet nepřekážel. Jak již bylo zmíněno, díky svým rozměrům se vešel do kapsy lékařského pláště, nicméně pro každodenní používání by bylo jako prevenci před poškozením nutné používat také obal.

Výhody digitalizovaného řešení oproti papírové variantě se naplno projevily během vícedenních navazujících služeb v rámci prodlouženého víkendu. Papírové tabulky byly po dvou dnech nošení a používání částečně nečitelné a musely být přepisovány znovu.

Ve všední den nebyl rozdíl mezi oběma formami natolik patrný, a to především proto, že pacienti museli být zadáni do tabletu nově. Naopak při navazující službě stačilo pouze zaznamenat aktuální změny, což celý proces předávání služby výrazně urychlilo a usnadnilo.

Během testování jednou došlo k pádu aplikace a poté k zamrznutí celého tabletu. Problém vyřešilo restartování zařízení. Mimo tento incident aplikace pracovala bezchybně.

Jako největší nedostatek se ukázalo chybějící rozdělení pacientů mezi jednotlivými pokoji – na oddělení totiž byly dva různé typy izolačních pokojů (Influenza A a SARS CoV2), přičemž do aplikace nebylo možné tyto izolace zadat. Dále bylo problémem rozdělení pacientů přijatých k příjmu, neboť v papírové verzi je možné lépe vizuálně znázornit zaplnění oddělení. Tento problém vyřešila existující aplikace nemocnice Motol, která je dostupná na všech pracovních počítačích.

8.3 Hodnocení ostatními lékaři

Zaškolení lékařů pro práci s tabletem bylo velmi snadné. Na první pohled hodnotili aplikaci jako velmi jednoduchou a intuitivní. Doba předávání služby s tabletem byla z hlediska času podobně dlouhá jako při předávání s papírovou verzí tabulky.

Nikdo z lékařů nenarazil při testování na významné technické obtíže, nedocházelo k výpadkům či jiným problémům. Autor aplikace musel být kontaktován pouze jednou, kdy testující lékař zapomněl bezpečnostní znak aplikace a nechtěl tablet zablokovat neúspěšnými pokusy.

Velmi pozitivně byla hodnocená i aplikace s úkoly pro službu, stejně tak byla v praxi bezproblémová i její funkčnost.

Aplikace pro správu lůžek trpěla již zmíněnými obtížemi, které odhalilo předchozí testování autorem samotným. Tedy nebylo na první pohled jasné poznat, který pacient je v jakém typu izolačního pokoje. Dále chyběla hodnotícím lékařům možnost psát si poznámky, a to jak zcela obecné (např informace, které chtějí sdělit na ranním hlášení), tak vztahující se ke konkrétním pacientům.

Celkově se hodnocení aplikace pro správu pacientů opíralo o řadu nedostatků. Pouze jeden lékař uvedl, že by byl ochotný začít takto digitalizovanou formu ihned používat. Ostatní hodnotitelé se shodovali na tom, že aplikace v tuto chvíli potřebuje dopracovat určité detaily, například lepší grafické zobrazení pacientů na lůžkách, přidání možnosti izolace a přidání možnosti poznámek. Poté by byli ochotni ji v běžném provozu používat.

Tablet samotný a jeho přídatné funkce hodnotili lékaři pozitivně. Zařízení příliš nepřekáželo, výdrž baterie byla dostatečná, a doplňkové funkce užitečné. Kritizována nicméně byla (obdobně jako v případě testování autorem této práce) jeho velikost. Jak již ovšem bylo několikrát zmíněno, tablet, na kterém testování probíhalo, byl pouze zkušebním zapůjčeným zařízením. Pokud by bylo navržené řešení skutečně realizováno, nemocnice by zakoupila vlastní dedikovaný tablet, který by bylo možné vybrat podle žádoucích rozměrů.

Všichni hodnotitelé se nicméně shodli, že náhrada papírové verze tabletem a s tím související digitalizace určitých procesů je tím správným krokem vpřed.

8.4 Závěrečné hodnocení

Aplikace splnila zadané požadavky. Lékař ve službě má díky ní přehled o pacientech na oddělení. Zároveň je schopen v samostatné aplikaci vytvářet úkoly, které může po jejich splnění přehledně označit. Prokázalo se také, že tablet je vhodným nosným médiem pro aplikaci na předávání služeb.

Aplikace je schopna obstát v běžném provozu a splňovat svůj účel. Aby byla její obsluha i provoz co nejefektivnější a nejhladší, je ovšem na základě získané zpětné vazby potřeba doplnit některé důležité prvky vycházející z reálných požadavků lékařů.

9 Diskuse

Primárním záměrem práce bylo vytvořit digitalizovanou verzi papírové tabulky sloužící pro předávání služeb a zjistit, zda je tímto způsobem možno nahradit současný systém. V rámci této kapitoly je proto zhodnoceno celkové naplnění tohoto úkolu. Klíčovou částí je představení budoucího vývoje aplikace. Další změny aplikace budou reflektovat především zpětnou vazbu získanou z testovacího provozu, aby projekt plně naplnil svůj potenciál a získal šanci k úspěšné realizaci. Pokud bude aplikace upravena tak, aby vyhovovala potřebám uživatelů i kliniky, a zároveň technickým požadavkům, může skutečně přispět k žádoucí digitalizaci, jejíž realizaci měla tato práce odstartovat.

Zhodnocení platformy Xamarin jakožto vhodnějšího způsobu řešení

I přes všechny nesporné výhody se platforma Xamarin potýká v praxi s řadou nedostatků. Při vývoji docházelo často k neočekávaným chybám, které vážně narušovaly funkčnost aplikace. Největším problémem Xamarinu jsou již zmíněné balíčky NuGet. Při jejich nekompatibilitě často docházelo ke vznikům chyb, které však bylo velmi složité opravit. V některých případech dokonce Visual Studio hlásilo chyby, u kterých nebyl znám původ a důvod jejich vzniku (například chybová hláška XFC0000), a ke kterým nebylo uvedeno žádné vysvětlení ani v oficiální dokumentaci.

Těmito problémy sice JavaScript netrpěl a programování frontendu bylo při vytváření vícevrstvé aplikace daleko přirozenější, nakonec byl ale pro finální řešení upřednostněn Xamarin, protože webová aplikace s sebou přinášela obrovské množství jiných problémů. Pro účely této práce se jednalo o vhodnější řešení.

Další úpravy aplikace reflektující testovací provoz a zpětnou vazbu uživatelů

Finální návrh řešení, tedy tablet s aplikacemi, může v této fázi vývoje sloužit jako náhrada papírové podoby. Základní premisa – vytvořit seznam pacientů a diagnóz, aby se v nich lékař mohl ve službě orientovat, byla splněna. Když tedy lékař potřebuje rychle zjistit, s čím se daný pacient léčí (bez nutnosti otevírat dokumentaci pacienta), ukázala se v mnohých ohledech elektronická verze jako přehlednější. Není závislá na rukopisu lékaře, není náchylná ke zmačkání či ztrátě apod.

Během hodnocení aplikace v praxi však autor práce i další lékaři, kteří aplikaci testovali, narazili na podobné problémy. Aplikace neumožňuje dostatečně dobře rozdělit pacienty podle jednotlivých pokojů a především ve chvíli, kdy je potřeba odizolovat některé pacienty, může docházet ke zbytečným zmatkům. Příkladem může být situace, kdy bylo potřeba přijmout na oddělení pacienta s těžkou pneumonií (zápalem plic). Takový pacient by neměl být na stejném pokoji jako pacient po transplantaci plic, který má sníženou imunitu. Stejná situace panuje i u pacientů s jinými infekčními chorobami, např. Influenzou, SARS CoV2, Metapneumovirusem a dalšími. Pokud neexistuje vizuálně přehledný zápis rozmístění pacientů na jednotlivých pokojích, může docházet

k podobným chybám. Především ve stresových situacích, v pozdních nočních hodinách během služby apod. Pneumologie je obor, ve kterém jsou respirační onemocnění velmi častá a je třeba takové pacienty izolovat, včetně případných kontaktů. Je proto důležité, aby finální podoba aplikace reflektovala i tyto požadavky.

V aplikaci by tak měly být udělány jisté změny. Některé z důvodu vyladění funkčnosti a využitelnosti aplikace, jiné pro zlepšení uživatelského komfortu a další k posunutí celkového vývoje aplikace kupředu. Tyto úpravy budou předmětem dalšího vývoje aplikace, jehož plánované kroky jsou popsány níže.

První fáze se zaměří na zlepšení managementu jednotlivých pokojů. Lékař bude mít k dispozici automatický přehled zobrazující, na kterých konkrétních lůžkách leží jací pacienti, zda jsou tyto pokoje v izolačním režimu, jaká volná lůžka jsou na oddělení dostupná. Počet volných lůžek bude jasně viditelný na úvodní obrazovce a bude generován automaticky, podle pohlaví. Protože se ale celková kapacita počítá podle různých parametrů (např. podle reálného počtu sester na oddělení, počtu izolačních či expektačních lůžek, podle počtu dostupných přístrojů HFNO apod.), nebudou tato data pevně zadaná, ale bude možné je flexibilně měnit podle současných dispozic oddělení.

Zároveň bude do aplikace doplněna možnost vytvářet a editovat poznámky, což je jednou z podmínek nasazení aplikace do provozu a používání ji jako plnohodnotné náhrady současné papírové formy. Poznámky bude možné přidávat nejen k jednotlivým pacientům, ale i globálně pro celé oddělení. Pomohou lékařům v orientaci se na oddělení a zároveň budou sloužit jako osnova pro informace předávané na ranním hlášení.

Druhá fáze je zaměřena na úpravu aplikace z hlediska větší uživatelské přívětivosti. Provedené úpravy budou vycházet především ze zpětné vazby uživatelů, kteří se podíleli na testování, ale také z praktických poznatků, které bylo během používání aplikace možné zaznamenat. Mezi návrhy zvažované pro tuto fázi patří především možnost evidování pacientů na více než jednom oddělení. Jak již bylo zmíněno, v závislosti na personální situaci mohou mít lékaři na klinice na starosti jedno nebo dvě standardní oddělení a pokud by mohli mít informace o obou v jednom zařízení, významně by jim to práci usnadnilo.

Za velkou výhodou je pro sloužící lékaře taktéž považována možnost používat barvy a zvýrazňovat určité informace. Barevné odlišení pacientů dá sloužícímu lékaři přehled o tom, jak intenzivní péči pacienti na oddělení potřebují. Barevné zvýraznění úkolů, které budou přiřazovány ke konkrétním pacientům, zase zabrání jejich případnému přehlédnutí. Ošetřující lékaři současně budou moci vybrané informace zakliknout jako dočasné (například informace, že pacient bude mít určitý den nějaké vyšetření) a po uplynutí určité doby tyto údaje automaticky zmizí. Tím se zabrání redundanci informací. V současné době totiž při používání tabulky v MS Word často dochází ke kopírování starých informací (především o prodloužených víkendech) a tabulka se tím stává méně přehlednou.

Posledním krokem ke zlepšení funkčnosti aplikace je zajištění její přenositelnosti. A to jak na úrovni zařízení, tak na úrovni dat. Přestože je použití ve formě tabletu u lékařů hodnoceno pozitivně, jedno dedikované zařízení nemusí vyhovovat všem. Třetí fáze dalšího vývoje tedy bude zaměřena na vyladění aplikace pro cross-platform použití. Cílovým výstupem bude program fungující bez problémů na zařízeních iOS i Android. Tato úprava umožní, že si uživatelé budou moci dedikované zařízení vybírat.

Cílem je také umožnit přenositelnost informací mezi jednotlivými zařízeními. S ohledem na bezpečnostní požadavky aplikace není řešením vytvoření jednotného serverového uložení, ale vytvoření způsobu, jak z jednoho zařízení přenést data na druhé bez nutnosti připojení k síti. V tuto chvíli se jako optimální řešení nabízí vytvořit v aplikaci generátor a čtečku QR kódů. V případě, že by lékař nechtěl používat dedikované zařízení, mohl by si aplikaci stáhnout do svého vlastního telefonu a poté nechat dedikovaným zařízením vygenerovat QR kód. Ten by si následně naskenoval a v průběhu služby mohl používat jen svůj smartphone či tablet. Tato utilita by také mohla sloužit jako záloha v případě technických obtíží. V takovém případě je však nutné zhodnotit všechny potenciální bezpečnostní rizika.

Budoucí vývoj digitalizace předávání služeb na Pneumologické klinice FN Motol

Jaký bude další osud aplikace, bude záviset na kolektivu lékařů pneumologické kliniky a také na jejím vedení. Přestože přednosta doc. MUDr. Fila projekt podpořil, a taktéž lékaři byli po testovacím provozu k technologické změně vesměs nakloněni, budou potřeba další jednání. Vedení kliniky bude muset být před uvedením do plného provozu dopodrobna seznámeno s kompletní podobou aplikace, včetně výše zmíněných rozšíření a úprav.

Stále také zůstává otázkou, zda s využíváním dedikovaného zařízení budou souhlasit i více konzervativní kolegové a kolegyně. Přestože je práce s aplikací velmi intuitivní, je třeba provést alespoň základní úvodní školení. A i přes proškolení stále hrozí, že někteří zaměstnanci nebudou s danou formou spokojeni a nebudou mít zájem ji využívat. Vyřešit také bude nutné možný problém s opakovanými zápisy informací a s propisováním zastaralých dat. Zatímco u papírové formy tento problém nehrozí, u digitalizované by mohl. Projevil se totiž i při využívání tabulky ve sdíleném dokumentu MS Word, kterou v současné době používá oddělení Covid jednotky.

I přes tyto obtíže lze nicméně konstatovat, že práce byla úspěšná. I kdyby se v konečném důsledku ukázalo, že se aplikace do plného provozu nenasadí, byl učiněn významný krok v digitalizaci pracovního prostředí lékařů. Realizace digitalizovaného řešení v rámci této práce lékařům ukázala, že IT není omezeno pouze na nemocniční informační systémy a velké rigidní databáze, ale může sloužit i menším projektům, které mají za cíl zlepšit a zjednodušit pracovní prostředí. Ukázala lékařům také to, že mohou tlačit na zlepšování, zjednodušování a zefektivňování svých pracovních postupů tak, aby mohli lépe zvládat tak náročné povolání, jakým péče o pacienty je.

10 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo digitalizovat formu, jakou si lékaři předávají pacienty ve službě na Pneumologické klinice FN Motol.

Práce nejprve v souladu se stanovenými dílčími cíli ve své první části popsala a zhodnotila jednotlivé, aktuálně používané formy a stanovila požadavky na design a funkčnost finálního řešení. Ve druhé části se práce zaměřila na tvorbu dvou prototypů, které popsala z hlediska použité softwarové architektury, použitých programovacích jazyků i UX a UI. Uvedeno také bylo zhodnocení výhod a nevýhod obou prototypů, na jejichž základě byla vybrána vhodnější platforma pro konečné řešení. Tím se stala multiplatformní aplikace Xamarin. Tato aplikace byla následně připravena pro testování na dedikovaném zařízení – tabletu. Posledním dílčím krokem bylo otestování aplikace v provozu kliniky a získání zpětné vazby od uživatelů.

Na základě zjištěných informací lze dojít k závěru, že současné řešení lze digitalizovat, a že aplikace může nahradit aktuálně používanou papírovou formu. Aby však mohla být aplikace plynule používána v plném provozu, je nutné vyřešit určité technické nedostatky, které byly zjištěny při jejím testování.

V případě, že budou tyto problémy vyřešeny a zároveň budou zapracovány i další nedostatky, na které lékaři při testování upozornili, může se tato aplikace stát plnohodnotným pomocníkem v provozu Pneumologické kliniky.

Souhrnně je tedy možné říci, že se podařilo naplnit hlavní cíl: digitalizovat formu, jakou si lékaři předávají pacienty ve službě na Pneumologické klinice FN Motol a s tím související záměr, kterým bylo podnítit digitalizaci některých zastaralých postupů, které v mnoha ohledech lékařům zbytečně komplikují výkon jejich práce.

Seznam použitých zdrojů

- [1] Zákon č. 110/2019 Sb., o zpracování osobních údajů [online]. Poslanecká sněmovna Parlamentu ČR. [vid. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://www.psp.cz/sqw/text/sbirka.sqw?cz=110&r=2019>
- [2] ČÁPKA, David. Úvod do PHP a webových aplikací [online]. ITNetwork. [vid. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://www.itnetwork.cz/php/zaklady/php-tutorial-uvod-do-webovych-aplikaci>
- [3] Třívrstvá architektura (Three-tier architecture) [online]. ManagementMania. [vid. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/trivrstva-architektura-three-tier-architecture>
- [4] ČÁPKA, David. MVC architektura [online]. ITNetwork. [vid. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://www.itnetwork.cz/navrh/mvc-architektura-navrhovy-vzor>
- [5] SURREL, Grégoire. Model-view-controller [online]. [vid. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Model-view-controller>
- [6] Model Model-View-ViewModel [online]. Microsoft Build. [vid. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://docs.microsoft.com/cs-cz/xamarin/xamarin-forms/enterprise-application-patterns/mvvm>
- [7] JavaScript History [online]. W3Schools. [vid. 2022-05-06]. Dostupné z: https://www.w3schools.com/js/js_history.asp
- [8] PYPL PopularitY of Programming Language [online]. Github. [vid. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://pypl.github.io/PYPL.html>
- [9] KAŽDOUSKOVÁ, Barbora. JavaScript pro začátečníky: Co to je a jak funguje [online]. Rascasone. [vid. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://www.rascasone.com/cs/blog/co-je-javascript-pro-zacatecniky>
- [10] ČÁPKA, David. Úvod do JavaScriptu [online]. ITNetwork. [vid. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://www.itnetwork.cz/javascript/zaklady/javascript-tutorial-uvod-do-javascriptu-nepochopeny-jazyk>
- [11] PISKÁČEK, Petr. Top 9 nejpoužívanějších JavaScript frameworků [online]. Scrollo. [vid. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://scrollo.cz/top-9-nejpouzivanejsich-javascript-frameworku-ktete-si-zamilujete/#vue>
- [12] FELDMAN, Sarah. The Most Popular Programming Languages [online]. Statista. [vid. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://www.statista.com/chart/16567/popular-programming-languages/>

- [13] Prohlídka jazyka C# [online]. Microsoft Build. [vid. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://docs.microsoft.com/cs-cz/dotnet/csharp/tour-of-csharp/>
- [14] HERMES, Dan. Xamarin Mobile Application Development: Cross-Platform C# and Xamarin.Forms Fundamentals. New York City: Apress, 2015. ISBN 978-1-4842-0215-9.
- [15] SMRŽ, Jaroslav. Úvod do Xamarin [online]. ITNetwork. [vid. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://www.itnetwork.cz/csharp/xamarin/uvod-do-xamarin>
- [16] Co je Xamarin? [online]. Microsoft Build. [vid. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://docs.microsoft.com/cs-cz/xamarin/get-started/what-is-xamarin>
- [17] Xamarin.Forms Vytvoření rychlého startu aplikace[online]. Microsoft Build. [vid. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://docs.microsoft.com/cs-cz/xamarin/get-started/quickstarts/app?pivots=windows>
- [18] KNIGHT, Westley. UX for Developers: How to Integrate User-Centered Design Principles Into Your Day-to-Day Development Work. New York City: Apress, 2019. ISBN 978-14842-4226-1.

Seznam obrázků

Obrázek 2.1 Prázdný předtištěný papírový seznam.....	9
Obrázek 2.2 Papírový seznam vyplněný pro službu.....	10
Obrázek 2.3 Ilustrační tabulka pro předávání služby vytvořená v MS Word.....	11
Obrázek 3.1 Ukázka, jak nepřehledný může papírový seznam být po jedné službě	13
Obrázek 6.1 Diagram MVC architektury	21
Obrázek 6.2 Ukázka jednoduché aplikace Xamarin na iOS a Android.....	24
Obrázek 6.3 Ukázka Visual Studia: vlevo připojení k modelu, vpravo ukázka MVC architektury	26
Obrázek 6.4 Ukázka Visual Studio Code	27
Obrázek 6.5 Úvodní stránka u prototypu Alfa.....	28
Obrázek 6.6 Formulář pro tvorbu pacienta v aplikaci u prototypu Alfa.....	28
Obrázek 6.7 Výpis pacientů v aplikaci u prototypu Alfa	29
Obrázek 6.8 Ukázka kódu ve Visual Studio, na pravé straně ukázka MVVM architektury.....	31
Obrázek 6.9 Ukázka aplikace ve virtuálním emulátoru u prototypu Beta.....	32
Obrázek 7.1 Printscreen obrazovky tabletu s náhledem na vývojářskou konzoli	38
Obrázek 7.2 Ukázka aplikace, informace o projektu a možnost vkládání komentářů....	39
Obrázek 7.3 Ukázka aplikace na tvorbu úkolů	40
Obrázek 7.4 Připravená úvodní plocha tabletu s aplikacemi.....	41

Obsah na přiloženém CD

Prototyp Alfa	Složka s vícevrstvou webovou aplikací
Prototyp Beta	Složka s multiplatformní aplikací Xamarin
Abstrakt_CZ.pdf.....	Abstrakt v českém jazyce
Abstrakt_ENG.pdf.....	Abstrakt v anglickém jazyce
Zadání_BP.pdf.....	Zadání bakalářské práce
BP_Fojtu.pdf.....	Text bakalářské práce