



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Název v jazyce práce

**Realizace strategie Průmyslu 4.0 a její přínos při snižování
administrativní zátěže ve zdravotnictví**

Název v angličtině

**Implementation of the Industry 4.0 strategy and its contribution in
reducing the administrative burden in healthcare**

Diplomová práce

Studijní program: Civilní nouzové plánování

Autor diplomové práce: Bc. Šimon Bíža

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Milan Šnajder, CSc.

Kladno 2022



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Bíža** Jméno: **Šimon** Osobní číslo: **465280**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**
Studijní program: **Civilní nouzové plánování**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Realizace strategie Průmyslu 4.0 a její přínos při snižování administrativní zátěže ve zdravotnictví

Název diplomové práce anglicky:

Implementation of the Industry 4.0 Strategy and its Revenues in Reducing the Administrative Burden in Healthcare

Pokyny pro vypracování:

Předmětem diplomové práce je implementace strategií Průmyslu 4.0 do zdravotnictví a tím snížení administrativní zátěže zdravotnických pracovníků. V teoretické části budou uvedeny základní pojmy o Průmyslu 4.0 a popsány základní přístupy strategie Průmyslu 4.0 v kontextu sběru, ukládání, automatizovaném zpracování a využívání informací ve zdravotnictví, včetně analýzy současné legislativy spojené s ochranou osobních informací. V praktické části budou analyzovány některé oblasti ve zdravotnictví, které lze digitalizovat a následně automatizovaně zpracovávat. Na základě této analýzy budou navrženy algoritmy vybraných procesů, které povedou k efektivnější administrativě. V dalším bodě praktické části budou provedeny a vyhodnoceny řízené rozhovory se zdravotnickými pracovníky o dané problematice.

Seznam doporučené literatury:

- [1] MAŘÍK, Vladimír, Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku, Praha: Management Press, 2016, ISBN 978-80-7261-440-0
- [2] GILCHRIST, Alasdair, Industry 4.0: the industrial internet of things, New York: Apress, 2016, ISBN 1484220463
- [3] USTUNDAG, Alp, CEVIKCAN, Emre, Industry 4.0: Managing The Digital Transformation, Imprint: Springer, 2018, ISBN 978-3-319-57869-9

Jméno a příjmení vedoucí(ho) diplomové práce:

doc. Ing. Milan Šnajder, CSc.

Jméno a příjmení konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **04.10.2021**

Platnost zadání diplomové práce: **22.09.2023**

doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.
vedoucí katedry

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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Realizace strategie Průmyslu 4.0 a její přínos při snižování administrativní zátěže ve zdravotnictví vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

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 12.05.2022

.....
Bc. Šimon Bíža

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu práce panu doc. Ing. Milanu Šnajderovi, CSc. za vedení celé práce, pomoc při jejím zpracování a za významné rady a připomínky. Také bych chtěl poděkovat respondentům, se kterými byl proveden řízený rozhovor a kteří měli významný vliv na splnění cílů práce.

ABSTRAKT

Obsahem diplomové práce je implementace vybraných technologií strategie Průmyslu 4.0 do zdravotnictví a tím snížení administrativní zátěže zdravotnických pracovníků.

Teoretická část je zpracována formou rešerše veřejně dostupné literatury. Jsou zde uvedeny základní pojmy o Průmyslu 4.0, jeho strategie a koncepce, které se mohou využít ve zdravotnictví. Dále je zde popsán dokument Iniciativa Průmysl 4.0. Na závěr teoretické části je uvedena legislativa spojená s ochranou osobních informací.

Praktická část je zaměřená na analýzu digitalizace ve zdravotnictví v České republice a následně jsou navrženy procesy, které povedou k efektivnější administrativě. Na těchto návrzích je demonstrováno možné využití technologií z Průmyslu 4.0. V praktické části jsou také vyhodnoceny řízené rozhovory s pracovníky ve zdravotnictví o dané problematice.

Na závěr diskuse jsou uvedeny doporučení pro realizaci digitalizace zdravotnictví.

Klíčová slova

Průmysl 4.0, digitalizace, elektronické zdravotnictví, umělá inteligence, internet věcí, analýza

ABSTRACT

The scope of the diploma thesis is the implementation of selected technologies of the Industry 4.0 strategy in the healthcare sector and thus reducing the administrative burden of healthcare workers.

The theoretical part is prepared in the form of a search of publicly available literature. The basic concepts of Industry 4.0, its strategies and concepts that can be applied in the healthcare sector are presented. Furthermore, the document Industry 4.0 Initiative is described. The theoretical part concludes with the legislation related to the protection of personal information.

The practical part focuses on the analysis of digitalization in the healthcare sector in the Czech Republic and then processes are proposed that will lead to more efficient administration. These proposals are used to demonstrate the possible use of technologies from Industry 4.0. The practical part also evaluates guided interviews with healthcare workers on the issue.

At the end of the discussion, recommendations for the digitalization of healthcare are given.

Keywords

Industry 4.0, digitalization, electronic healthcare, artificial intelligence, Internet of Things, analysis

Obsah

1	Úvod.....	9
1.1	Motivace	10
1.2	Struktura diplomové práce	11
2	Cíle práce a hypotézy	12
3	Přehled současného stavu.....	13
3.1	Průmysl 4.0.....	13
3.1.1	Koncept Průmyslu 4.0.....	14
3.1.2	Integrace Průmyslu 4.0.....	15
3.1.3	Principy průmyslu 4.0	17
3.2	Průmysl 4.0 ve zdravotnictví.....	18
3.3	Klíčové technologie průmyslu 4.0.....	21
3.3.1	Internet věcí.....	21
3.3.2	Big Data.....	23
3.3.3	Cloud computing	24
3.3.4	Autonomní roboti.....	26
3.3.5	Umělá inteligence a strojové učení	26
3.3.6	Holografie.....	27
3.3.7	Automatizace	27
3.3.8	Aditivní výroba	28
3.3.9	5G síť	28
3.3.10	Blockchain	29
3.4	Kybernetická bezpečnost	29
3.5	Iniciativa Průmyslu 4.0.....	31
3.6	Ochrana osobních informací.....	32
3.6.1	Právní předpisy	32
3.6.2	Evropský standard GDPR.....	33

4	Metodika.....	35
5	Výsledky.....	37
5.1	Polostrukturované rozhovory	37
5.1.1	Vyhodnocení polostrukturovaných rozhovorů.....	37
5.2	Analýza digitalizace zdravotnictví.....	38
5.3	Syntéza – Návrh sdílené elektronické zdravotní dokumentace.....	41
5.3.1	Autentizace a registrace uživatelů	42
5.3.2	Uživatelské role	43
5.3.3	Technické řešení návrhu.....	44
5.4	Strukturalizovaná dokumentace	45
5.4.1	Příkaz ke zdravotnímu transportu	48
5.5	Systém objednání pacientů	50
5.6	Návrh pro zjednodušení příjmu pacienta	52
6	Diskuze	56
6.1	Vyhodnocení hypotéz.....	64
6.2	Doporučení.....	65
7	Závěr	66
8	Seznam použitých zkratk.....	67
9	Seznam použité literatury	68
10	Seznam použitých obrázků	76
11	Seznam Příloh.....	77

1 ÚVOD

Nové informační a komunikační technologie (dále jen „ICT“) jsou v současném světě čím dál více využívány. Výjimkou není ani oblast zdravotnictví. Celá odvětví ve společnosti prochází významnými změnami, které lze označit jako digitalizace. Digitalizace není jenom módní technologický trend, ale je to strategická politika naší vlády, ke které byla vydána koncepce Digitální Česko.¹ Digitalizace je v širších souvislostech v rámci státní správy nazývána jako eGovernment a v rámci průmyslu je součástí nové průmyslové revoluce, která je označována jako Průmysl 4.0 [1].

E-Government není akce ale rozsáhlý a dlouhodobý proces, který má za cíl zavádět digitalizaci do státní správy a do všech procesů, činností a oblastí, zdravotnictví nevyjímaje. Cílem je zjednodušení činností, zrychlení procesů, jednotné využívání jakýchkoliv dat, která již byla jednou někde pořízená a je možné jej opakovaně využít. Toto úsilí má přispět ke zjednodušení života občanům a je známo rčení, že po úřadech mají běhat informace a ne lidé.

Zdravotnictví je oblast, která se dotýká absolutně všech lidí v naší republice, a to od narození, až po smrt. Není žádná jiná oblast, která by tak masivně a dlouhodobě působila na život obyvatel. První pokusy s digitalizací v rámci zavádění e-receptů mohli sledovat všichni občané ČR a mohli si udělat obrázek o užitečnosti digitalizace a posoudit, jaký přínos má pro každého z nás.

V diplomové práci se pokusím nastínit i další oblasti, kde by zavedená digitalizace pomohla snížit administrativní zátěž zdravotnických pracovníků

¹ „Digitální Česko“ je souborem koncepcí a implementačních plánů zajišťujících předpoklady dlouhodobé prosperity České republiky v prostředí probíhající digitální revoluce. Jeho náplň je možné definovat pojmem: Strategie koordinované a komplexní digitalizace České republiky 2018+ [1].

a uvedu i příklady, které technologie z koncepce Průmyslu 4.0 by bylo vhodné aplikovat ve zdravotnictví.

Česká republika v digitalizaci zdravotnictví zaostává z důvodů složité struktury systémů a jejich nejednotné implementace. Tento stav by se měl v budoucnu změnit po přijetí avizovaného zákona o elektronizaci ve zdravotnictví, který nastaví pro tyto změny legislativní rámec a umožní zavádět nová řešení s vysokým podílem automatizace, robotizace a předpokládám, že i umělé inteligence.

1.1 Motivace

Motivací pro výběr tohoto tématu diplomové práce je můj zájem o moderní technologie a moje snaha řešit perspektivní problematiku, která bude mít v blízké budoucnosti ve zdravotnictví velký dosah a k tomu výhodně využít svých pracovních zkušenosti ve zdravotnictví.

Obecně se na základě pozorování činnosti lékařů konstatuje, že administrativa spojená s vyšetřením pacienta zatěžuje lékaře minimálně z 50 %. Tato vysoká administrativní zátěž snižuje „průchodnost“ v ordinacích, tj. počet vyšetřených pacientů, což má následné sociální i ekonomické konsekvence.

Při nasazování nových technologií se za úspěch obecně považuje zlepšení v desítkách % a to je už jedno, jestli se jedná o čas, finance nebo něco jiné. Považoval bych za úspěch, kdyby se zavedením digitalizace ve zdravotnictví snížila administrativní zátěž lékaře na 10 % času při vyšetřování pacienta.

V průmyslu se daří digitalizaci zavádět, ale motivace je finanční a personální. Vyrábět více za kratší čas ve vysoké kvalitě s omezeným počtem personálu. Rodí se tzv. Smart factories, kde se naplno uplatňují všechny možné technologie z koncepce Průmysl 4.0. A toto je moje druhá motivace, využít ve zdravotnictví již někde jinde ověřené modernizační postupy a vhodně je

implementovat do jiného prostředí, i když víme, že i nemocnice je „velká fabrika“.

1.2 Struktura diplomové práce

Diplomová práce je zaměřena na problematiku digitalizace ve zdravotnictví a na analýzu možností uplatnění vybraných technologií ze strategie Průmyslu 4.0 a jejich přínosů při snižování administrativní zátěže ve zdravotnictví.

V teoretické části práce bude provedena rešerše Průmyslu 4.0 ve zdravotnictví se zaměřením na základní pojmy a strategie. V praktické části bude provedena analýza digitalizace zdravotnictví v České republice a budou navrženy procesy, které budou mít za následek snadnější administrativu

V praktické části budou také vyhodnoceny řízené rozhovory s pracovníky ve zdravotnictví o Průmyslu 4.0 a jeho přínosu.

2 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY

Hlavní cíl této práce je analýza procedur, činností a postupů v oblasti zdravotnictví, které je možno digitalizovat a následně navrhnout implementaci strategií Průmyslu 4.0 tak, aby došlo ke snížení administrativní zátěže a zjednodušení práce ve zdravotnictví.

Tento cíl je rozdělen do několika částí. V teoretické části je cílem prostřednictvím rešerše odborné literatury a článků definovat a popsat základní pojmy a strategie Průmyslu 4.0 se zaměřením na oblast zdravotnictví.

V praktické části je cílem analyzovat a vyhodnotit stav digitalizace ve zdravotnictví. Následně budou provedeny polostrukturované rozhovory s jednotlivými zdravotnickými pracovníky zaměřené na problematiku digitalizace ve zdravotnictví v České republice. Na základě vyhodnocení analýzy a polostrukturovaných rozhovorů budou navrženy procesy, které povedou k digitalizaci, čímž se ulehčí administrativní činnost.

Hypotézy:

Hypotézy byly vytvořeny v souvislosti s cíli práce. Za účelem splnění hlavního cíle a dílčích cílů práce byly stanoveny následující hypotézy:

- H1: Ve zdravotnictví lze s výhodou využít vybrané technologie z koncepce Průmysl 4.0, případně implementovat principy Smart factory.**
- H2: Zavedením koncepce digitalizace lze snížit administrativní zátěž pracovníků ve zdravotnictví minimálně o 20 %.**

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

V této kapitole se zaměřím na hodnocení zavádění digitalizace, resp. vybraných technologií z koncepce Průmysl 4.0 do praxe ve zdravotnictví a popis prostředí pro její implementaci.

3.1 Průmysl 4.0

Průmysl 4.0 znamená čtvrtou průmyslovou revoluci. Této etapě industrializace procesu, stejně jako třem předchozím etapám, dominují technické inovace. Zatímco mechanizace a elektrifikace výrobních procesů vedla k prvním dvěma průmyslovým revolucím, třetí etapa, která se vyznačuje nárůstem informačních technologií a automatizací, v současné době přechází v další průmyslovou revoluci. První tři revoluce proběhly spontánně, až poté byly definovány. U čtvrté průmyslové revoluce je tomu naopak, v Hannoveru v roce 2013 byl představen koncept Průmyslu 4.0, který popisuje novou průmyslovou revoluci do budoucna, protože nezahrnuje žádné vynálezy, které by vycházely z nějakých velkých převratných vědeckých objevů. Jde pouze o modernizaci strojů z průmyslu 3.0 [2].

Průmysl 4.0 se vyznačuje technickou integrací kyberneticko-fyzikálních systémů do výrobních a logistických procesů a také využíváním internetu věcí a služeb nejen v průmyslových procesech. Průmysl 4.0 přináší technologie, které budou mít různé dopady na tvorbu hodnot, organizaci práce, služby a obchodní modely. Průmyslová revoluce 4.0 se také někdy označuje pojmem digitalizace [3; 4].

Průmysl 4.0 je definován jako nová úroveň organizace a kontroly nad celým hodnotovým řetězcem životního cyklu výrobků a je zaměřen na stále individualizovanější požadavky zákazníků. Plnění individuálních potřeb zákazníků je jedním z hlavních cílů Průmyslu 4.0, ale ovlivňuje i další oblasti

průmyslu, jako je výzkum a vývoj, navrhování, řízení zásob, servis a péče o zákazníky. Tato čtvrtá průmyslová revoluce, bude v průběhu několika příštích desetiletí průlomovým pokrokem [2; 5; 6].

3.1.1 Koncept Průmyslu 4.0

V popředí veškerého vývoje v oblasti Průmyslu 4.0 stojí koncept inteligentního podniku tzv. Smart Factory. Tento koncept hraje významnou roli při utváření nového průmyslového věku. Z jednotlivých automatizovaných částí výroby se stává zcela plně automatizovaný systém. Dochází ke kompletní změně paradigmatu ve výrobě, která se stává decentralizovaná, automatizovaná a flexibilní, má za úkol nahradit klasickou a centrálně řízenou výrobní hierarchii [6].

Smart Factory je vysoce digitalizovaná výrobní hala, která nepřetržitě shromažďuje a sdílí data prostřednictvím propojených strojů, zařízení a výrobních systémů. Tato data pak mohou být využívána optimalizaci zařízení nebo v rámci celé organizace k proaktivnímu řešení problémů, zlepšování výrobních procesů a reagování na nové požadavky [6].

Propojením fyzického a digitálního světa mohou chytré továrny monitorovat celý výrobní proces, od výrobních nástrojů přes dodavatelské řetězce až po jednotlivé výrobky. Tento výrobní proces mohou v reálném čase sdílet s kýmkoliv a tím předávat důležité informace [6].

Díky technologiím, jako je umělá inteligence, analýza velkých objemů dat, cloud computing a internetu věcí² (dále jen „IoT“), jsou postupy inteligentní

² IoT je zavádění automatizovaných systémů, které propojují různé přístroje, zařízení a čidla a vyhodnocují získaná data. V dnešní době je jedním z hlavních trendů v digitalizaci a automatizaci průmyslu, energetiky, dopravy, zdravotnictví, provozu měst a obcí i domácností [17].

výroby komplexní. Díky nim bude organizace schopna šetřit materiál, energie a nebude muset reagovat na demografický vývoj obyvatelstva [6].

3.1.2 Integrace Průmyslu 4.0

Koncept Průmysl 4.0 klade důraz na integraci systémů. Tato integrace je založena na třech oblastech – horizontální integrace, integrace inženýrských postupů a vertikální integrace:

1) Horizontální integrace

Tato integrace pojednává o propojení sítě kyberneticko-fyzických a podnikových systémů, které propojují všechny články řetězce od dodavatelů po koncové odběratele. Tato horizontální integrace probíhá na několika úrovních [7]:

- **Úroveň výroby**

Vždy připojené stroje a výrobní jednotky se v rámci výrobní sítě stávají objektem s přesně definovanými vlastnostmi. Neustále sdělují svůj výkonnostní stav a společně reagují autonomně na požadavky výroby [8].

- **Napříč více výrobními zařízeními**

Pokud má podnik distribuovaná výrobní zařízení, podporuje Průmysl 4.0 horizontální integraci napříč výrobními systémy. Data výrobního zařízení jsou sdílena v rámci celého podniku a tam, kde je to možné, se výrobní úkoly automaticky přesouvají mezi zařízeními, aby bylo možné rychle a efektivně reagovat na výrobní proměnné [8].

- **V celém dodavatelském řetězci**

Průmysl 4.0 navrhuje transparentnost dat a vysokou úroveň automatizované spolupráce napříč dodavatelským a logistickým řetězcem, který zajišťuje samotné výrobní procesy, stejně jako následný řetězec, který uvádí hotové výrobky na trh. Dodavatelé a poskytovatelé služeb

třetích stran musí být bezpečně, ale těsně horizontálně začlenění do podnikových systémů řízení výroby a logistiky [8].

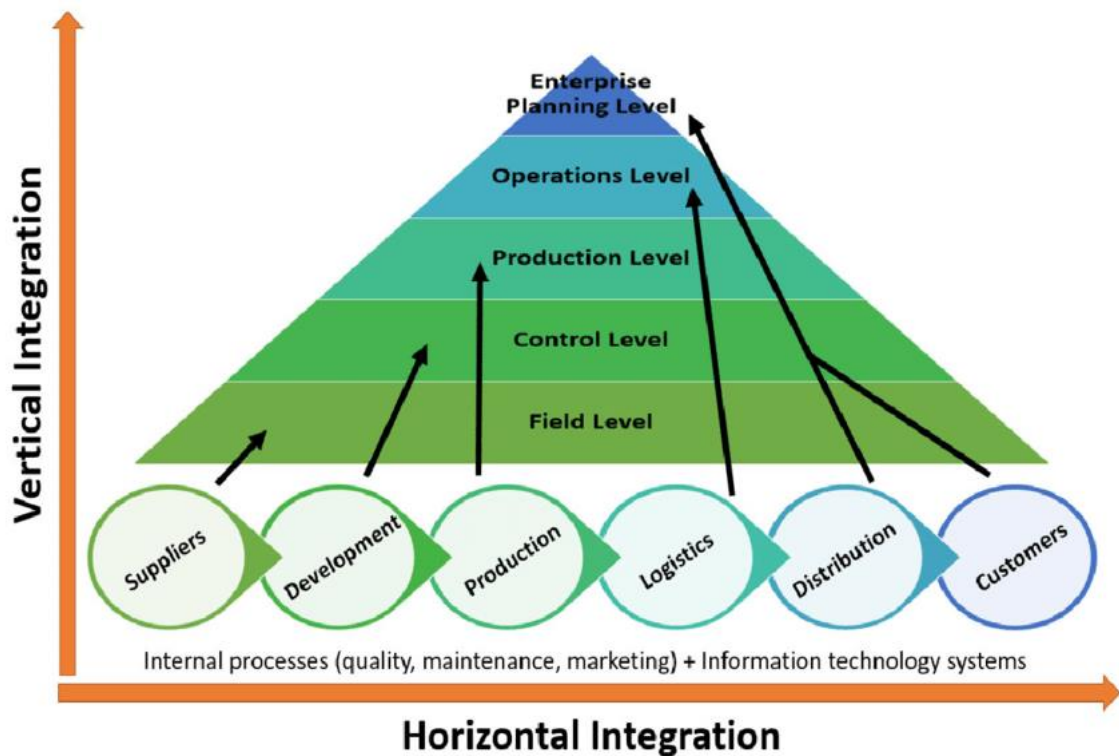
2) Integrace inženýrských postupů

Vhodné IT systémy, které mohou poskytovat podporu celému hodnotovému řetězci, od vývoje výrobku až po inženýrství výrobního systému, výroby a služeb. Je zapotřebí holistický přístup k systémovému inženýrství, který zahrnuje různé technické obory [9].

3) Vertikální integrace

Integrace různých informačních systémů na různých hierarchických úrovních v rámci společnosti. Vertikální integrace v Průmyslu 4.0 má za cíl propojit všechny vrstvy primárně v rámci organizace. Propojení probíhá od produkční vrstvy až po výzkum a vývoj, zajištění kvality, produktový management, IT, prodej atd. Data proudí volně a transparentně vrstvami, takže strategická i taktická rozhodnutí mohou být založena na aktuálních datech. Vertikálně integrovaný podnik Průmyslu 4.0 získává rozhodující konkurenční výhodu tím, že je schopen vhodně a pružně reagovat na měnící se tržní signály a nové příležitosti [7; 8].

Na obrázku číslo 1 je zobrazeno propojení jednotlivých vrstev pomocí horizontální a vertikální integrace.



Obrázek 1: Integrace systémů v Průmyslu 4.0. Zdroj: [10]

3.1.3 Principy průmyslu 4.0

Průmysl 4.0 je založen na čtyřech klíčových principech, jejichž cílem je zajistit, aby všechny procesy byly automatizovány. Tyto čtyři principy jsou:

1. Propojení

Propojení je schopnost všech dostupných komponentů a lidí spolu komunikovat a spojovat se. Komunikace probíhá pomocí kyberneticko-fyzických systémů [11].

2. Transparentnost informací

Průmysl 4.0 umožňuje transparentnost, která poskytuje komplexní informace umožňující činit rozhodnutí. Vzájemná propojenost všech systémů umožňuje sbírat data a informace ze všech zdrojů. Mohou je

použit ke zvýšení efektivity výrobního procesu a identifikovat kritické oblasti [11].

3. Technická pomoc

Systemy by měly disponovat technologickým vybavením, které pomůže operátorům v jakékoli situaci. Může to být pomoc pro rozhodování, provádění nebezpečných úkolů a řešení problémů [11].

4. Decentralizovaná rozhodnutí

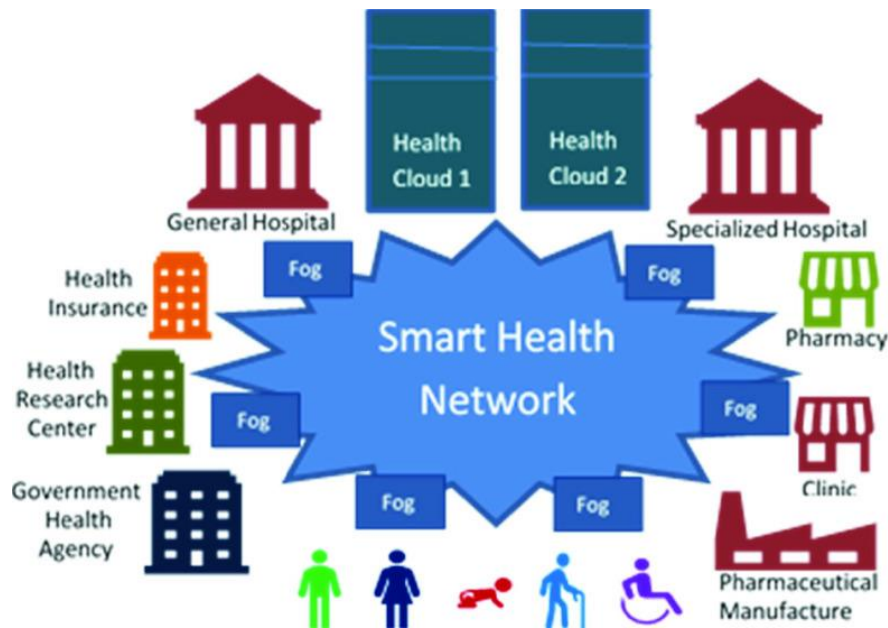
Kyberneticko-fyzické systémy, které tvoří Průmysl 4.0, by měly být maximálně autonomní a mít schopnost činit vlastní rozhodnutí a provádět úkoly samy, aniž by vyžadovaly asistenci operátora [11].

3.2 Průmysl 4.0 ve zdravotnictví

Průmysl 4.0 ve zdravotnictví lze také nazvat překladem z angličtiny jako Zdraví 4.0 [12]. Je to model pro zdravotnictví inspirovaný Průmyslem 4.0. Jeho cílem je implementovat strategie konceptu Smart Factory. Sice zdravotnická zařízení, jako jsou například nemocnice, nejsou Smart factories, ale můžeme je za ně považovat, jenom s jinými proměnnými. Místo zaměření na výrobu se zdravotnictví musí zaměřit na poskytování služeb. Smyslem Zdraví 4.0 je zajistit dostupnější a kvalitnější léčbu pomocí pokročilých technologií a snížení zátěže zdravotníků [13].

Vývoj využívání IT ve zdravotnictví začal s internetem, kdy byly poprvé představeny informační webové stránky o veřejném zdraví a léčbě nemocí. Následoval vznik elektronických zdravotních záznamů, cloudových a mobilních interaktivních aplikací. Na řadu přišel vývoj síťových systémů, nositelných zařízení a internetu věcí spojených s analýzou dat. V současné době Zdraví 4.0 spojuje všechny tyto technologie. Hlavním principem Zdraví 4.0 je propojení pacientů, lékařů, nemocnic, klinik, farmaceutických a lékařských dodavatelů

a dalších organizací souvisejících se zdravotní péčí. Poskytovatelé zdravotní péče vytvářejí chytrou síť podél celého hodnotového řetězce zdravotní péče. Tato chytrá zdravotní síť, znázorněna na obrázku č. 2, mění modely poskytování zdravotních služeb a umožňuje lepší a efektivnější interakce napříč celým hodnotovým řetězcem zdravotní péče [13].



Obrázek 2: Chytrá zdravotní síť. Zdroj: [15]

Zdraví 4.0 je založeno na pěti principech:

1. Interoperabilita

Schopnost propojovat různá zdravotnická zařízení a systémy [14].

2. Virtualizace

Schopnost vytvářet virtuální kopie různých zdravotnických zařízení, systémů a procesů [14].

3. Decentralizace

Schopnost řízení zdravotnických systémů pomocí vhodných decentralizovaných rozhodnutí [14].

4. V reálném čase

Schopnost aktivně shromažďovat a analyzovat zdravotní údaje, aby bylo možné reagovat na vzniklé situace v reálném čase [14].

5. Orientace na služby

Schopnost vytvářet softwarové služby pro interakci s lékařskými zařízeními a systémy, které usnadní kontakt s pacientem [14].

Přestože zdravotnické služby mohou ze zavádění informačních technologií hodně vytěžít, jsou ze všech odvětví nejpomalejší. Důvodů neúspěchů v oblasti informačních technologií ve zdravotnictví je celá řada, ale nejvýznamnější příčinou je nesoulad technologických možností při řešení pracovních procesů v rámci organizací poskytujících zdravotnické služby [15].

Pokud by byl Průmysl 4.0 přijat v oblasti zdravotnictví měl by:

- maximalizovat produktivitu,
- analyzovat údaje o pacientovi, které jsou užitečné pro různé medicínské technologie,
- digitálně ukládat lékařská data a poskytovat povědomí o dalším stupni onemocnění,
- zvýšit přesnost,
- snížit čas a náklady,
- zlepšit kvalitu,
- snížit množství fyzické dokumentace uložením údajů o pacientovi do souboru digitálního počítače,
- snížit administrativu,
- zlepšit správu materiálů,
- zlepšit správu nástrojů,
- efektivně vyrábět implantáty na míru podle pacienta pomocí inteligentních komponentů založených na senzorech,

- použít správné řídicí procesy pro složité operace,
- pomocí aplikace senzorového systému a digitálních technologií, může automaticky sledovat nová onemocnění,
- vytvořit centralizovaný informační systém v nemocnici,
- zjistit údaje o pacientovi a určit relativní informace [15].

Průmysl 4. 0 může pomoci inovacím v oblasti zdravotnictví splnit různé požadavky. Zavádí nový design, vývoj nástrojů na míru a různých dalších podpůrných zařízení v kratším čase s optimalizovanými náklady. Na rozdíl od výrobního odvětví v Průmyslu 4.0, kde dojde ke snížení potřeby lidské pracovní síly, ve zdravotnictví, budou pracovníci stále potřeba, jelikož se jedná o odvětví poskytující služby. [11].

3.3 Klíčové technologie průmyslu 4.0

V této kapitole jsou popsány technologie, které jsou využívány v Průmyslu 4.0. U každé technologie je popsáno její možné využití ve zdravotnictví.

3.3.1 Internet věcí

Internet věcí (dále jen IoT) označuje miliardy fyzických zařízení po celém světě, která jsou připojena k internetu, tímto připojením shromažďují a sdílejí data. Po nástupu levných počítačových čipů a všudypřítomnosti bezdrátové sítě lze do IoT zapojit bezmála cokoliv, od malé věci, jako je mobilní telefon, přes auta, až po letadla. Propojením všech těchto různých předmětů a přidání dalších senzorů k nim zvyšuje úroveň jejich digitální inteligence a umožňuje jim sdělovat údaje v reálném čase bez účasti člověka. IOT činí strukturu světa kolem nás chytřejší a citlivější, čímž dochází ke spojování digitálního a fyzického světa [16; 6].

Internet věcí a jeho různé aplikace také mění podobu současné zdravotní péče. Zdravotnictví totiž představují jednu z nejvýznamnějších oblastí použití

internetu věcí. Vzdálené monitorování zdraví, fitness programů, chronických onemocnění a péče o seniory patří k různým zdravotnickým službám založených na IoT. V současné době poskytovatelé zdravotní péče navrhuji své služby

s využitím aplikací internetu věcí, aby se zlepšila jejich kvalita, například dodržování léčby a léků podávaných doma. Proto se v současnosti používají různé digitální lékařské přístroje, senzory a digitální zobrazovací zařízení. Tyto zařízení můžeme považovat za "chytrá zařízení" nebo "věci", které tvoří základní součást zdravotnických služeb založených na internetu věcí. Očekává se, že tyto aplikace sníží náklady ve zdravotnictví a zároveňlepší kvalitu života pacientů [17].

Přínosy IoT ve zdravotnictví:

- **Snížení nákladů**

Vzdálené sledování pacientů lze provádět v reálném čase prostřednictvím konektivity zdravotnických zařízení, čímž se výrazně sníží zbytečné návštěvy lékařů. A co je nejdůležitější, díky pokročilé domácí péči by se snížil počet pobytů v nemocnici a opakovaných hospitalizací, čímž by se pomohlo snížit náklady [18].

- **Zlepšení výsledků léčby**

Dostupnost informací o pacientech v reálném čase prostřednictvím připojení vzdálené zdravotní péče prostřednictvím cloud computingu nebo jiné virtuální infrastruktury poskytuje ošetřovatelům možnost činit informované rozhodnutí na základě spolehlivých údajů. Díky tomu lze poskytovat zdravotní péči včas, což by případně mohlo zlepšit výsledky léčby [18].

- **Zlepšená správa onemocnění**

Přístup k údajům v reálném čase a průběžná komunikace s pacienty poskytuje poskytovatelům zdravotní péče lepší informace o léčbě

onemocnění a pomáhá jim provádět prediktivní nebo preventivní opatření k léčbě onemocnění [18].

- **Snížení počtu chyb, plýtvání a nákladů:**

Přesný sběr dat umožňuje snížit systémové náklady a plýtvání, a také minimalizaci systémových chyb způsobených lidským faktorem [18].

- **Zlepšení zkušeností pacientů:**

Zvýšená míra přesnosti léčby s včasným zahájením zdravotní péče by pravděpodobně zlepšila zkušenosti pacientů [18].

Problémy IoT

Bezpečnost je jedním z největších problémů IoT, protože senzory v mnoha případech shromažďují velmi citlivé údaje. Pro používání IoT je zabezpečení těchto údajů zásadní. Mnoho zařízení se málo zabývá základními bezpečnostními prvky, jako je šifrování dat. IoT spojuje digitální a fyzický svět, což znamená, že nabeurání se do zařízení může mít nebezpečné reálné následky. [16]

3.3.2 Big Data

Big data jsou rozsáhlé komplexní strukturované a nestrukturované datové soubory, které jsou rychle generovány a přenášeny z nejrůznějších zdrojů (například IoT). Big data jsou tvořena atributy označována tři V [19; 20]:

- Volume (objem)

Množství ukládaných dat [21].

- Velocity (rychlost)

Rychlost, s jakou je potřeba zpracovávat a analyzovat datové toky [21].

- Variety (různorodost)

Různé zdroje a formy, z nichž jsou data shromažďována, jako jsou čísla, text, video, obrázky a zvuk [21].

Význam big dat nespočívá jen v tom, kolik dat máme, ale v tom, jak je využíváme. Jeden z přístupů využití dat je určení těch relevantních a jejich následná analýza, která vede k získání hodnoty a poznatků z dat [20].

Big data využívají lékaři k identifikaci příznaků nemocí, diagnostice nemocí a zdravotních stavů pacientů. Kombinace dat z elektronických zdravotních záznamů, sociálních sítí, webu a dalších zdrojů navíc poskytuje zdravotnickým organizacím a vládním agenturám aktuální informace o hrozbách infekčních onemocnění nebo jejich výskytu [21].

3.3.3 Cloud computing

Cloud computing je přístup na vyžádání, prostřednictvím internetu, k výpočetním zdrojům, aplikacím, serverům, datovým úložištím, vývojovým nástrojům umístěných ve vzdáleném datovém centru spravovaném poskytovatelem cloudových služeb [22; 23].

Termín cloud computing označuje také technologii, díky níž cloud funguje. Ta zahrnuje určitou formu virtualizované IT infrastruktury – servery, software operačního systému, sítě a další infrastrukturu, která je pomocí speciálního softwaru abstrahována, takže ji lze sdružovat a rozdělovat bez ohledu na fyzické hranice hardwaru. Například jeden hardwarový server lze rozdělit na více virtuálních serverů [24; 23].

Existují tři typy cloudů: veřejný, soukromý a hybridní. Každý typ vyžaduje od zákazníka jinou úroveň správy a poskytuje jinou úroveň zabezpečení [22].

Veřejný cloud

Ve veřejném cloudu je celá výpočetní infrastruktura umístěna v prostorách poskytovatele cloudu a ten poskytuje služby zákazníkovi prostřednictvím internetu. Zákazníci nemusí udržovat vlastní IT a mohou podle potřeby přidávat další uživatele či zvýšit výpočetní výkon. V tomto modelu sdílí IT infrastrukturu více nájemců [22; 24].

Privátní cloud

Privátní cloud využívá privátně jedna organizace. Cloud může být umístěn v místě organizace nebo v datovém centru poskytovatele. Privátní cloud poskytuje nejvyšší úroveň zabezpečení a kontroly [22; 24].

Hybridní cloud

Hybridní cloud je kombinací veřejného a privátního cloudu. Uživatelé hybridního cloudu udržují důležité aplikace a data na vlastních serverech, kvůli většímu zabezpečení a kontrole. Sekundární aplikace a data se ukládají u poskytovatele cloudu [22; 24].

Výhody cloud computingu ve zdravotnictví jsou významné, z důvodu omezení nákladů na integraci a optimalizaci zdrojů. Cloud splňuje potřeby IT ve zdravotnictví, aby zjednodušil zdravotnické procesy. Přijetí cloudových technologií v kontextu zdravotnictví se nazývá zdravotnictví jako služba (Healthcare as a Service, HaaS). Výhody HaaS plynou ze škálovatelných, na vyžádání dostupných a prakticky neomezených výpočetních, úložných a síťových zdrojích, kromě toho se ukázalo, že důležité jsou i další aspekty, jako například: snadné sdílení dat, snadný sběr a integrace dat a v některých případech zvýšený výkon, dostupnost, spolehlivost a bezpečnost [25].

3.3.4 Autonomní roboti

Roboti jsou programovatelné stroje, kteří obvykle vykonávají úkony automaticky. Robotika je technologické odvětví, které se zabývá roboty, tvoří jejich design, zabývá se jejich výrobou a programováním [26].

Roboti budou mít ve zdravotnictví uplatnění. V současné době již chirurgický robot Da Vinci pomáhá zdravotníkům na operačním sále a snižují riziko chyb. Lékař může také pracovat v prostředí, které by pro něj bylo jinak nebezpečné [5].

Jednou konkrétní oblastí robotiky, která slibuje významný potenciál ve zdravotnictví, je využití robotiky se strojovým a počítačovým viděním. To znamená, že roboti mohou být vytrénováni, aby viděli svět a rozuměli vizuálnímu vstupu, stejně jako textu a dalším datům [5; 26].

Strojové vidění může lékařům pomoci přesně vědět, kolik krve bylo během operace ztraceno. Tyto nástroje mohou také určit problémy s operacemi nebo určit, kdy došlo k CT skenování nebo rentgenu [5; 26].

3.3.5 Umělá inteligence a strojové učení

Umělá inteligence (dále jen „AI“) je jedním z nejvýznamnějších příkladů technologie Průmyslu 4.0. AI je program, který umožňuje stroji napodobit lidské chování jako učení, plánování, sdílení znalostí a řešení problémů. Systémy umělé inteligence pracují tak, že přijímají velké množství označených trénovacích dat, analyzují data s cílem najít korelace a vzory. Následně tyto vzory využívají k předpovědím budoucích stavů. Umělou inteligenci lze využít také k poskytování pomoci v reálném čase. Důležitou aplikací AI je data „mining“, která dokáže při analýze rozsáhlých dat rychle identifikovat cenné a relevantní poznatky [27].

AI může například prozkoumat miliony obrázků a dokumentů o konkrétním stavu a automaticky rozpoznat pacienty vykazující známky tohoto

stavu. Umělá inteligence si již razí cestu do lékařských zobrazovacích technologií a pomáhá lékařům přesněji určit stavy a nemoci [5; 26].

Použití nositelných zařízení ve spojení s technologií AI a strojovým učením navíc výrazně usnadní provádění rozsáhlých klinických studií po delší dobu. Umělá inteligence pak může rychle analyzovat nálezy a zjistit příčiny, účinky a příznaky, které by lidé mohli snadno přehlédnout [5; 26].

S AI se zároveň praktici mohou učit více o tom, jak efektivněji provozovat své kliniky a praxe. Nástroje umělé inteligence mohou například pomoci při efektivnějším plánování a správě zdrojů, identifikaci nevyužitého vybavení a zaměstnanců [5; 26].

3.3.6 Holografie

Holografie je 3D zobrazení objektu, které lze vidět pouhým okem. Poskytuje detaily lidské anatomie, tkání, kostí a činnosti vnitřního orgánu těla s vysokým rozlišením. Lékaři mohou vidět pacienta v holografickém obraze bez fyzické přítomnosti pacienta. Je to vynikající nástroj pro bezkontaktní studium. Holografie má potenciál řešit problém složitého ukládání 3D obrazu pacienta. Nemoci pacientů či jiné informace lze ukládat digitálně což může být užitečné pro výuku studentů medicíny [5].

3.3.7 Automatizace

Automatizační technologie prostřednictvím IoT propojují, řídí a monitorují sítě přístrojů, zařízení, strojů, robotů a cloudových informací v reálném čase. Umožňuje jim tak učit se, pracovat a fungovat automaticky, minimalizovat lidské zásahy a optimalizovat výrobu [28].

Aby automatizovaná výroba přinesla užitek, musí být implementována jako komplexní řešení, které zahrnuje všechny firemní procesy a umožňuje tok informací mezi všemi jejími částmi [28].

3.3.8 Aditivní výroba

Aditivní výroba je název pro technologie, které vytvářejí 3D objekty přidáváním vrstvy po vrstvě materiálu, ať už se jedná o plast, kov nebo beton [29].

Aditivní výroba využívá datový software pro navrhování nebo sken 3D objektů, které hardware využívá k ukládání materiálu vrstvu po vrstvě do přesných geometrických tvarů, to znamená, že aditivní výroba přidává materiál a vytváří tak objekt. Naproti tomu při vytváření objektu tradičními prostředky je často nutné materiál odebrat frézováním, obráběním, vyřezáváním, tvarováním nebo jinými způsoby [29].

Použití aditivní výroby je neomezené. Rané využití se zaměřovalo na předvýrobní vizualizační modely. V poslední době se používá k výrobě konečných výrobků v letadlech, zubních výplních, lékařských implantátech, automobilech, a dokonce i módních výrobcích. Ve zdravotnictví je to velmi úspěšná technologie pro svoji flexibilitu při navrhování a výrobě. Vyrábí přesné implantáty, nástroje a specifická zařízení podle požadavků pacientů [5].

3.3.9 5G síť

Technologie 5G představuje významnou roli v Průmyslu 4.0, je to pátá generace mobilní sítě. Technologie 5G síť nabízí mnohem vyšší rychlost připojení než předchozí sítě, také je spolehlivější s nižší dobou odezvy a větší kapacitou. 5G síť zprostředkovává služby, které jsme byly dříve považovány za nemožné. Jednou z nich je elektronické zdravotnictví [30].

Lepší mobilní připojení také odemkne příležitosti pro další součásti čtvrté průmyslové revoluce. Například 5G se může pomocí nástrojů internetu věcí rychleji připojit a komunikovat. Pomůže také s rychlým shromažďováním obrovského množství dat pro zlepšení algoritmů strojového učení a schopností AI [30].

3.3.10 Blockchain

Blockchain je distribuovaná veřejná účetní kniha, kterou zaručuje síť „peer-to-peer“, která zaznamenává transakce a sleduje aktiva bez centralizované autority. Blockchainové záznamy jsou uspořádány do blokové struktury. Tyto bloky jsou chronologicky propojeny. V této konstrukci žádný blok z řetězce nelze změnit, aniž by se současně nezměnily ostatní bloky. Tato vlastnost umožňuje, aby síť blockchain byly neměnné. Tato nezměnitelnost dat v blockchainu je jedním z hlavních aspektů, proč blockchain přitahuje pozornost pro použití ve zdravotnictví [31; 32].

Technologie blockchain, kterou zpopularizovaly kryptoměny, jako je Bitcoin, je klíčem k mnohem komplexnějšímu a bezpečnějšímu systému zdravotnických záznamů. Blockchain je ze své podstaty účetní kniha, která je kryptograficky šifrována, aby byla zajištěna integrita údajů v ní. Když se blockchain použije k zabezpečení lékařských údajů, může ukládat informace způsobem, který je přístupný komukoli v síti. Zároveň je zcela neměnný a odolný proti manipulaci. Nejdůležitějším způsobem, jak může blockchain pomoci medicíně, je překonání nejvýznamnějších nebezpečí pro zdravotnický byznys, jako je bezpečnost a transparentnost [31].

Blockchain také pomáhá farmaceutickým podnikům při řízení dodavatelských řetězců léků, klinických studií, usnadňují interoperabilitu se zařízeními internetu věcí a mnoho dalšího. Řešení technologie blockchain mohou celému odvětví pomoci při řešení některých logistických problémů. Vzhledem k tomu, že transakce v blockchainu jsou nevratné, mohou výrobcům pomoci při sledování materiálů a zajišťování úrovně shody [31].

3.4 Kybernetická bezpečnost

Průmysl 4.0, který je založen na komunikaci a výměně dat v kybernetickém prostoru, důležité je zajištění bezpečnosti těchto předávaných dat před krádeží,

či zničením. V Průmyslu 4.0 hraje kybernetická bezpečnost významnou roli, zajišťuje, aby všechny systémy správně fungovaly a byly chráněny před vnějšími hrozbami [33].

Kybernetická bezpečnost je definována jako: „*souhrn právních, organizačních, technických a vzdělávacích prostředků směřujících k zajištění ochrany kybernetického prostoru [34].*“

Základní principy účinné kybernetické bezpečnosti jsou řešeny v šesti oblastech. Tyto principy musí být zajištěny, aby byla zaručena bezpečnost v celém rozsahu [33]:

1. Důvěrnost

Důvěrnost je důležitým nástrojem v bezpečnosti internetu věcí. Je to schopnost skrýt informace před lidmi, kteří k nim nemají oprávněný přístup. Ve většině situací a scénářů jsou citlivé údaje, například údaje o pacientech, stejně jako bezpečnostní pověření a tajné klíče, a proto musí být tyto informace skryty před neoprávněným přístupem [33].

2. Integrita

Integrita informací se týká ochrany informací před neoprávněnou, nepředvídanou nebo neúmyslnou změnou. Integrita je povinná bezpečnostní vlastnost, díky které je možné poskytovat spolehlivé služby [33; 18].

3. Dostupnost

Dostupnost je přístup k informacím, kdykoli je potřeba. Informace proto musí být dostupné včas, aby bylo možné uspokojit potřeby nebo zabránit významným ztrátám [33].

4. Autenticita

Vlastnost autenticity umožňuje provádět určité operace v síti pouze oprávněným subjektům. Různé potřeby autentizace vyžadují různá řešení. Některá řešení musí být pod větší kontrolu, například autentizace finančních systémů [33].

5. Neodmítnutí

Služba internetu musí poskytovat důvěryhodnou auditní stopu. Vlastnost neodmítnutí představuje určitý důkaz v případech, kdy uživatel nebo zařízení nemůže popřít nějakou akci, například platební transakci [33; 18].

6. Ochrana soukromí

Soukromí je právo subjektu určit do jaké míry je ochoten sdílet informace o sobě a svém okolí s ostatními [33].

3.5 Iniciativa Průmyslu 4.0

Iniciativa Průmyslu 4.0 je dokument, zpracovaný Ministerstvem obchodu a průmyslu, z roku 2016 schválený vládou České republiky [7].

Důvodem vzniku iniciativy je snaha České republiky reagovat na probíhající změny spojené s nástupem čtvrté průmyslové revoluce a zůstat tak konkurenceschopná s ostatními státy [7].

Zpracovaný dokument se zabývá elektronizací ekonomiky České republiky. I přestože je Průmysl 4.0 primárně o průmyslové výrobě, jeho koncepty se využijí i jiných odvětvích jako je zdravotnictví, bankovníctví životní prostředí a další. V dokumentu je zhodnocen současný stav infrastruktury a jsou navrženy směry dalšího vývoje a neodkladné změny, které vyvolal nástup Průmyslu 4.0. S tím jsou spojené i další části dokumentu zabývající se investicemi podporující průmysl 4.0, vzděláváním, výzkumem, dopady na trh práce, legislativou a kybernetickou bezpečností [7].

Smyslem Iniciativy Průmyslu 4.0 je poskytnout informace, vládě České republiky a dalším organizacím, které jim pomohou s přípravou na probíhající změny. Iniciativa se také zabývá přípravou společnosti na přijetí Průmyslu 4.0, protože ovlivní všechny oblasti společenského života. S přihlédnutím k velikosti dopadu průmyslové revoluce je důležité, aby myšlenka Průmyslu 4.0 pronikla do všech vrstev společnosti, protože *„iniciativa Průmyslu 4.0 je především o odpovědné podpoře změny způsobu myšlení celé společnosti, než o konkrétních technologiích [7].“*

3.6 Ochrana osobních informací

Ochranu osobních informací má v České republice v gesci Úřad pro ochranu osobních údajů (dále jen „ÚOOÚ“). V této kapitole bude představen základní přehled právních předpisů zabývajících se ochranou osobních údajů a informací.

3.6.1 Právní předpisy

Ústavní základ ochrany osobních údajů

- úmluva Rady Evropy č. 108 z roku 1981
- článek 8 Charty základních práv EU
- článek 16 Smlouvy o fungování Evropské unie
- článek 7, 10 odst. 3 a 13 Listiny základních práv a svobod

Obecné předpisy ochrany osobních údajů

- zákon č. 89/2012 Sb., občanský zákoník
- nařízení Evropského parlamentu a Rady 2016/679 (GDPR)
- zákon č. 110/2019 Sb., o zpracování osobních údajů
- zákon č. 372/2011 Sb., o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zejména § 51 a násl.)

- zákon č. 89/2012 Sb., občanský zákoník
- zákon č. 40/2009 Sb., trestní zákon

3.6.2 Evropský standard GDPR

GDPR (General Data Protection Regulation) se v plném znění nazývá „nařízení Evropského parlamentu a Rady o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů [35].“

GDPR má 88 stran a obsahuje 99 článků. GDPR ve zdravotnictví lze rozdělit do 12 hlavních bodů:

1. Pro zachycení a použití osobních údajů podle GDPR musí jednotliví uživatelé nejprve souhlasit se shromažďováním jejich údajů [36].
2. Společnosti také musí výslovně uvést, jak a proč jsou uživatelská data zpracovávána [36].
3. GDPR významně rozšiřuje definici osobních údajů o informace, jako jsou IP adresy a biometrické údaje, kromě základních informací o identitě [36].
4. Podle GDPR mají uživatelé právo podat žádost pro přístup ke svým údajům. Společnosti mají 30 dní na to, aby na takové žádosti odpověděly [36].
5. Za určitých podmínek mají uživatelé právo na výmaz. Právo na vymazání nemusí být schváleno, nebo jsou údaje vymazány jen z části, jelikož je toto právo omezeno zákonem č. 372/2011 Sb., o zdravotních službách [36].
6. Uživatelé také mohou svůj souhlas s budoucím shromažďováním údajů kdykoli odvolat [36].

GDPR rozlišuje mezi správci údajů a zpracovateli údajů. Pokud společnost působí jako správce i jako zpracovatel, podléhá právním omezením obou [36].

7. Podle GDPR musí správce údajů zajistit nejen to, že jejich vlastní shromažďovací činnosti budou v souladu s požadavky GDPR, ale také to, že zpracovatel údajů bude pracovat v souladu s požadavky [36].
8. Zpracovatel dat je zodpovědný za vedení záznamů souvisejících se sběrem dat [36].
9. Obě strany jsou odpovědné, pokud dojde k porušení dat nebo porušení uživatelských práv podle zákona [36].
10. Společnosti jsou také povinny nahlásit narušení dat do 72 hodin od zjištění, že k němu došlo [36].
11. Některé společnosti jsou také povinny jmenovat pověřence pro ochranu osobních údajů, včetně společností, které zpracovávají značné množství údajů souvisejících s genetikou nebo zdravím uživatele, tj. nemocnice [36].

Pokud jde o podezření na porušení, která přitahují pozornost úřadů, jsou prováděny audity a případy nedodržení mohou být potrestány vysokými pokutami [36].

12. Pokud bude společnost shledána vinnou ze špatného nakládání s osobními údaji, může jí být uložena pokuta až do výše 20 milionů eur nebo 4 % jejich ročních příjmů – podle toho, která částka je vyšší [36].

Podle GDPR existují tři typy osobních údajů, které jsou zvláště relevantní pro odvětví zdravotnictví:

- Údaje týkající se zdraví
- Genetická data
- Biometrická data

Každý z těchto typů osobních údajů podléhá právům, která GDPR poskytuje občanům EU, jako jsou požadavky na souhlas, povinnost odůvodnit a vysvětlit, jak jsou údaje shromažďovány a používány [37].

4 METODIKA

Při zpracování diplomové práce byla použita základní metodika vědeckého šetření, a to analýza a syntéza, polostrukturované rozhovory a metoda pozorování.

Analýza

Analýza digitalizace ve zdravotnictví byla provedena z veřejně dostupné odborné literatury a článků za účelem uspořádání, strukturování a získávání významu ze získaných dat. Analýza byla provedena za účelem zjištění stavu digitalizace v České republice [38].

Syntéza

Na základě výstupu z analytické a polostrukturovaných rozhovorů části byla provedena syntéza, která byla formulována návrhu elektronické zdravotní dokumentace.

Řízený rozhovor

Jako řízený rozhovor byl zvolen polostrukturovaný rozhovor, který spadá mezi výzkumné metody. V práci byla zvolena neformální forma polostrukturovaného rozhovoru, kdy tazatel má předem připravené otázky, od kterých se může během rozhovoru odklonit a reagovat tak na odpovědi dotazujícího. Je však důležité položit všechny připravené otázky. Účelem rozhovoru bylo probrat problematiku digitalizace ve zdravotnictví, zvláště pak jaký na to mají názor samotní pracovníci [38].

Rozhovory byly provedeny s pracovníky z různých odvětvích zdravotnictví. Celkem bylo provedeno 5 rozhovorů.

Pozorování

Metoda pozorování je kvalitativní výzkum umožňující sledování jedince či skupiny v různých situacích. V této práci bylo zvoleno otevřené zúčastněné pozorování. Při tomto typu pozorování se výzkumník pohybuje v prostředí, ve kterém zúčastnění vědí o tom, že je prováděn výzkum a za jakým účelem. Metoda pozorování byla využita ke sledování procesu příjmu pacienta, kdy hlavním cílem pozorování byla administrativní činnost během příjmu [38].

5 VÝSLEDKY

5.1 Polostrukturované rozhovory

V následující kapitole jsou vyhodnoceny polostrukturované rozhovory s pracovníky ve zdravotnictví. Cílem rozhovorů bylo zjistit názory zdravotnických pracovníků na danou problematiku. Rozhovory byly uskutečněny se zdravotnickou sestrou a lékařem z různých zdravotnických zařízení i oddělení.

Dotazovaným byly v průběhu rozhovoru položeny stejné otázky, které byly případně dále rozvíjeny.

1. *V jakém zdravotnickém zařízení, oddělení a pozici pracujete?*
2. *Víte, jaké problémy Průmyslová revoluce 4.0 ve zdravotnictví řeší?*
3. *Jste spokojen/a s mírou administrativních úkonů, které musíte zpracovávat?*
4. *Co si myslíte o současné úrovni digitalizace ve zdravotnictví?*
5. *Jaké jsou podle Vás oblasti ve zdravotnictví, které by potřebovaly digitalizovat?*
6. *Jaké jsou již digitalizované oblasti, které by bylo možné dále automatizovaně zpracovávat?*

5.1.1 Vyhodnocení polostrukturovaných rozhovorů

Rozhovory byly uskutečněny se zdravotnickými pracovníky z různých zdravotnických zařízení a oddělení, z důvodu rozdílnosti využívaných technologií a systémů

Na úvod rozhovorů bylo upřesněno kde a na jaké pozici dotazovaný pracuje. Byla prodiskutována jeho činnost, aby se zdravotník uvolnil.

Dotazovaní často neuměli odpovědět na otázku „*Jaké problémy průmyslová revoluce řeší?*“. Po vysvětlení již většina měla představu, o jakou problematiku se jedná, neboť tento pojem spíše znají pod názvem digitalizace. Pojem Průmysl 4.0 jim přišel složitý.

Všichni dotazovaní se shodují, že nejsou spokojeni s mírou administrativních úkonů. Administrativa zabírá spoustu času na úkor pacienta, jeden z dotazovaných uvádí:

„Psaní ambulantní zprávy zabere více času, než samotná komunikace s pacientem“.

Z rozhovorů vyplynulo, že digitalizace ve zdravotnictví je na nízké úrovni, ačkoliv za posledních pár let došlo ke zmírněnému zlepšení, především v době pandemie. Jako pozitivní je vnímána elektronická preskripce a elektronická neschopenka, protože ušetří čas lékaři, ale i pacientovi. Několik dotazovaných uvedlo, že jeden z důvodů nízké digitalizace je její odmítání převážně staršími lékaři, kteří nechtějí měnit zavedené postupy.

Většina dotazovaných navrhovala sdílení elektronické zdravotní karty. Uvádějí, že by jim to významně usnadnilo práci s pacienty, jelikož je někdy složité získat od pacienta informace. Lékaři uváděli, že si pacienti často nemohou vzpomenout na všechna prodělaná onemocnění, ani na léky které berou. Při rozhovorech se vyskytla otázka, zda by měl nebo neměl mít doktor přístup ke všem záznamům o pacientovi. Někteří dotazovaní uvedli, že jejich kolegové nechtějí sdílet záznamy o pacientovi, protože je považují za jejich vlastnictví. Další problematická otázka byla, zda by se sdílením všech údajů souhlasili pacienti.

5.2 Analýza digitalizace zdravotnictví

Analytická část digitalizace ve zdravotnictví, byla provedena z rešerší veřejně dostupných dokumentů a literatury. Z analýzy vychází, že se současným trendem stárnutí obyvatelstva rovněž stárnou i pracovníci ve zdravotnictví. Očekává se, že v budoucnu bude méně pracovní síly. Toto je jeden z důvodů, proč je nutné snížit administrativu a zjednodušit práci zdravotníků, aby měli více času se věnovat pacientům. K tomu je zapotřebí hledat nové způsoby, jak toho docílit [39].

V České republice se strategie pro přijetí elektronického zdravotnictví soustředily na organizační změny v implementaci digitalizace zdravotnického systému, přičemž první pokusy o formulování strategie elektronického zdravotnictví se datují od roku 2007, kdy byla vytvořena „Teze rozvoje eHealth v České republice“. Následující roky bylo uskutečněno několik projektů například eMeDocS, které ale byly následně ukončeny z důvodu finančních, právních nebo politických problémů. V současné době již funguje několik systémů elektronického zdravotnictví jako je elektronická preskripce, elektronická neschopenka atd. Česká republika má také vytvořené koncepční dokumenty k implementaci elektronického zdravotnictví. Jedním z nich je Národní strategie elektronického zdravotnictví 2016-2020, které byla prodloužena platnost do roku 2026. K prodloužení platnosti se přistoupilo z důvodu schválení návrhu zákona o elektronizaci zdravotnictví, který by měl být účinný v roce 2026 [40].

V rámci českého zdravotnictví praktičtí lékaři poskytují primární péči a v případě potřeby doporučují specializovanou péči, ale jádro jejich práce spočívá v preventivní péči, diagnostice a léčbě širokého spektra zdravotních problémů a také organizační práce pro provoz jejich praxe. Přestože využívání elektronického zdravotnictví a dalších IT technologií může některé z těchto procesů výrazně usnadnit, praktičtí lékaři jej využívají jen mírně. Ačkoli většina obecných praxí nyní používá počítače (96,1 % v roce 2015), konkrétní použití se podstatně liší. Využití pro elektronické transakce údajů o pacientech vzrostlo z 24,7 % (v roce 2009) na 33 % (v roce 2014), elektronické ukládání údajů o pacientech ze 67,7 % (2009 v roce) až na 84,5 % (v roce 2015). Především eRecepty, které vstoupily v platnost změnou medicínského zákona v lednu 2018, vzrostly z 0 % na 87,21 % (v roce 2018). Převážná část využívání IT zůstává spojena s administrativními úkony namísto poskytování péče [41].

Z analýzy dokumentu Strategický rámec Zdraví 2030 vychází, že zdravotnictví má potřebnou technologii k digitalizaci. V roce 2018 byla spuštěna elektronická preskripce léčiv (eRecept), kdy po šesti měsících od spuštění byla tato možnost využívána z 80 %. V současné době je používání eReceptu povinné. Další šetření mezi zdravotnickými pojišťovnami a lékaři ukazuje, že vybavenost ordinací a ambulancí počítači je vysoká, ale na druhou stranu není dostatečně využívána. Přibližně 5 % ordinací udává problém s IT technologií. Ze studie také vychází, jestliže ordinace disponuje počítačem, z 98 % má možnost připojení k internetu. Na druhou stranu digitalizace naráží na problémy v nemocnicích, kde je IT infrastruktura zastaralá a také na častou neochotu zdravotnických pracovníků zavádět nové technologie či postupy, protože na to nejsou připraveni nebo by musely být vynaloženy značné náklady na zavedení nových technologií. Například Kraj Vysočina se v roce 2020 rozhodl investovat do nové nemocničního informačního systému, protože současný systém v nemocnicích nebyl kompatibilní a byl nevyhovující současným požadavkům [42].

I přestože zdravotnictví zdánlivě vykazovalo technickou připravenost na digitalizaci, pandemie COVID-19 ukázala opak. Zdravotnické systémy nebyly připravené. Například v porovnání s Jižní Koreou, která v době pandemie zpřístupnila zdravotnickou dokumentaci pacientů. Díky zpřístupněným záznamům bylo možné využít datovou analytiku a zajistit nemocné s příznaky. V České republice takové zpřístupnění dat není možné, protože jsou záznamy vedeny buď v papírové formě, nebo v databázi, která není nikde sdílena [43].

Za posledních několik let je zdravotníky vnímáno, že dochází k mírnému zlepšení. V současné době již funguje elektronická preskripce či elektronická neschopenka a další systémy, ale jak se ukázalo je problematické tyto systémy propojit, protože využívání a nastavení systémů probíhá nesystematicky [44].

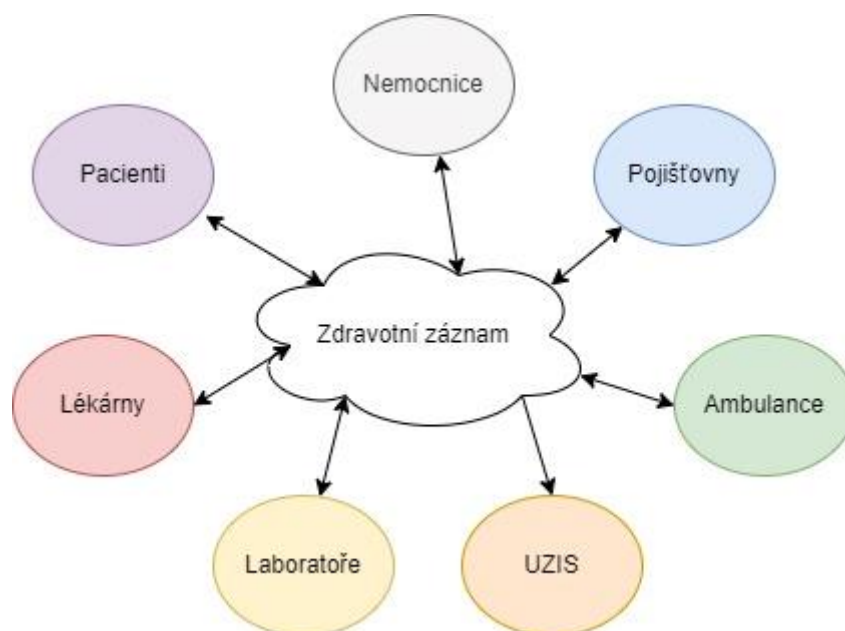
Ve zdravotnictví jsou postupy a procesy, které je potřeba digitalizovat. Jedním ze způsobů elektronizace procesů ve zdravotnictví je implementace

konceptu a technologií průmyslu 4.0. Aby mohly být tyto způsoby adekvátně využity, je potřebné digitalizovat a propojit všechny vrstvy ve zdravotnictví. Je zde vysoký počet databází a systémů, které nejsou vzájemně propojeny. I když tyto databáze obsahují velký objem dat, je zde problém s jejich propojením a využitím k dalším potřebám. Už samo propojení zdravotnických systémů a sdílení zdravotního záznamu povede k efektivnější poskytování léčby a snížení administrativní zátěže [40].

Z analýzy tedy vyplývá, že v současnosti je nejdůležitějším krokem, ke snížení administrativní zátěže, vytvořit infrastrukturu, ve které se sdílí aktuální záznamy o pacientech.

5.3 Syntéza – Návrh sdílené elektronické zdravotní dokumentace

Na základě analýzy digitalizace ve zdravotnictví a vyhodnocení polostrukturovaných rozhorů bude navržena elektronická zdravotní dokumentace a infrastruktura zahrnující ukládání a sdílení dat mezi organizacemi, které se podílejí na zdravotní péči v České republice. Sdílená elektronická zdravotní dokumentace je základním prvkem pro tvorbu elektronického zdravotnictví, nad kterou je možné provádět automatizované procesy. Vytvořením systému sdílené elektronické zdravotní dokumentace dojde k zjednodušení získávání informací o pacientovi, to znamená, že se informace nebudou zbytečně vypisovat vícekrát v jiných zdravotnických zařízeních.



Obrázek 3: Sdílení zdravotního záznamu. Zdroj: Vlastní

5.3.1 Autentizace a registrace uživatelů

Pro využívání jednotného systému sdílené zdravotní dokumentace, je zapotřebí, aby byli jeho uživatelé registrováni.

Registraci uživatelů by měly na starost certifikační autority, které uživateli vygenerují certifikát. Certifikát obsahuje základní údaje o vlastníkovi tzv. atributy. Tyto atributy stanovuje certifikační autorita. Pokud je certifikát vydávám občanovi, musí obsahovat roli, se kterou se občan připojuje do elektronického zdravotnictví, poté může obsahovat například: jméno, datum narození, rodné číslo, rodné město, krevní skupinu atd. Certifikáty pro zdravotnické pracovníky budou obsahovat jiné atributy a jiné role. Z toho důvodu budou mít zdravotničtí pracovníci minimálně dva certifikáty, jeden jako občan a druhý pro pracovní pozici. Jako certifikační autorita pro obyvatelstvo může sloužit Matriční úřad, který tento certifikát vydá hned při narození. Po dovršení dítěte patnáctého roku může být tento certifikát spojen s elektronickou občankou. Certifikáty pro zdravotnické pracovníky může vydávat ministerstvo zdravotnictví nebo jiný zmocněný úřad.

Vytvořený certifikát si uživatel může vložit do eObčanky nebo může být nahrán do mobilního telefonu. Tímto certifikátem se uživatel bude prokazovat svoji totožnost (přihlašovat se do aplikací). Certifikát může být vytvořen jen na určitou dobu, po uplynutí stanovené doby se musejí prodloužit.

5.3.2 Uživatelské role

Pro přístup k elektronickým záznamům je nutné nastavit role. Nastavení rolí opravňuje uživatele provádět předem stanovené úkony. Níže je uveden seznam rolí, které je možné nastavit.

- **Lékaři**

Lékařům bude stanovena role pro zapisování zdravotnických záznamů a role pro čtení záznamů. Všichni lékaři by měli mít přístup ke všem pacientovým datům.

- **Pacienti**

Pacientovi bude přiřazena role pro čtení. Upravovat bude moc jen základní informace jako je místo bydliště, telefonní číslo atd., aby tyto informace byly aktuální a nikdo jiný se nemusel zdržovat jejich upravováním. Pacient je oprávněn určit osoby (rodinné příslušníky, pečovatele), kteří mohou nahlížet do jeho karty a mají stejné pravomoci jako on.

- **Zdravotní sestra**

Role zdravotní sestry je nastavena pro čtení a omezený zápis, kdy zdravotní sestry vypisují každodenní anamnézy dlouhodobě nemocných pacientů.

- **Zdravotnický záchranář**

Pro zdravotnického záchranáře je nastavena role pro čtení a zápis do emergentního záznamu, aby mohl zjistit důležité informace o pacientovi a zapsat informace důležité pro následující péči.

- **Lékárníci**

Role lékárníku bude nastavena pro čtení a zápis vydaných léčiv.

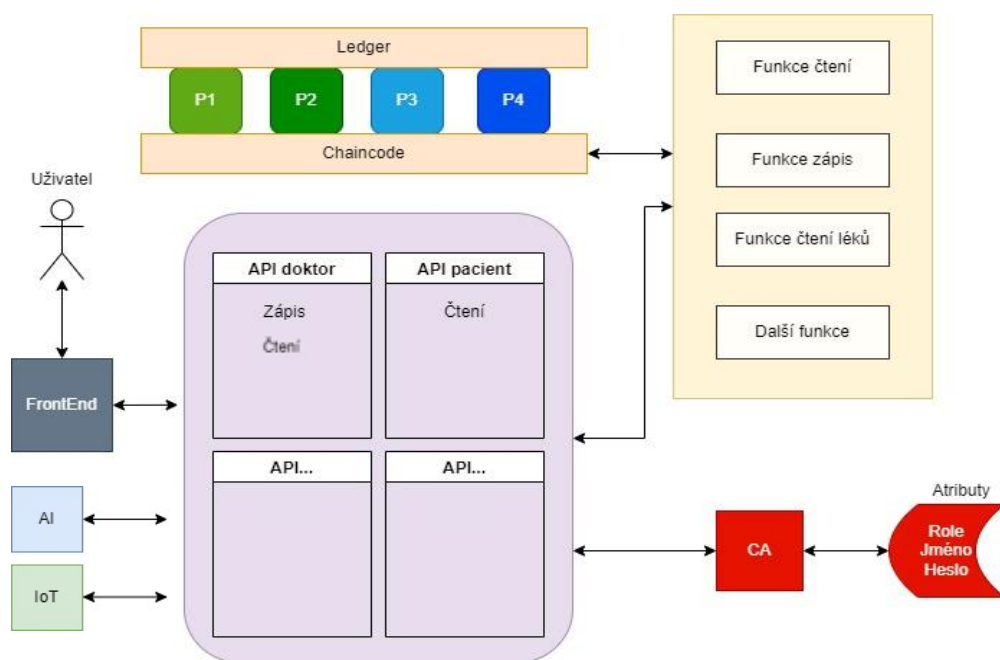
- **Ostatní uživatelé**

Pojišťovny mají roli pro čtení vykázané péče. Výzkumní pracovníci mohou jen sbírat informace, které nebudou spojena s konkrétním jménem, aby mohly monitorovat onemocnění, dělat statistiky a například díky těmto údajům včas upozornit na začínající epidemii.

5.3.3 Technické řešení návrhu

K technickému řešení sdílené dokumentace mohou být využity různé technologie z Průmyslu 4.0. Nejvhodnější jsou cloud computing nebo blockchain. Pro své řešení sdíleného systému, jsem vybral technologii blockchain, která se mi zdá více vhodná. Konkrétně technologie Hyperledger Fabric.

Podstatou technologie Fabric je, že každá organizace má v zapojené v síti několik počítačů (peer), na kterých je umístěna identická kopie databáze (ledger) a programový kód, který slouží ke čtení a editaci záznamů (chaincode). Každá změna záznamu v databázi musí být odsouhlasena stanoveným počtem počítačů (peerů). Veškeré změny záznamů jsou zapsané na ledgeru a jsou neměnné. Chaincode se skládá z funkcí, ve kterých je kontrolováno oprávnění přihlášených uživatelů provádět akci. Aby bylo možné k těmto funkcím přistupovat je potřebné vytvořit Application Programming Interface (dále jen „API“), které je přístupné přes webové servery. Na obrázku číslo 4 je toto řešení zobrazeno graficky.



Obrázek 4: Přístup k záznamům v technologii blockchain. Zdroj: [48]

5.4 Strukturalizovaná dokumentace

Pro využití všech získaných dat ve zdravotnictví není jen důležité, aby byly sdíleny napříč systémem, ale také aby bylo jednoduché se v nich vyznat. V současné době je dokumentace vypisována ručně nebo elektronicky. V elektronické podobě je psána ve formě textu. Pokud mají být ve zdravotnictví využívány nové technologie je potřeba, aby byla vytvořena forma jednotné strukturalizované zdravotnické dokumentace. Tento typ dokumentace usnadní zdravotnickým pracovníkům zápis a čtení záznamu. Dalším důvodem zavedení strukturalizované dokumentace je využití umělé inteligence. Umělá inteligence snáze vyhodnocuje strukturovaná data, proto se musí daná data zapsat do předem daných míst a poté je možné jejich vyhodnocení.

Vhodné nastavení algoritmů ve strukturované dokumentaci dokáže přenést a předvyplnit určené hodnoty. Lékař se nemusí složitě doptávat pacienta na informace, které jsou již v systému zaneseny a také mu to ušetří čas s vyplňováním.

Obrázek 5: Návrh strukturalizovaného formuláře. Zdroj: Vlastní

Na obrázku číslo 5 je zobrazeno, jak by mohla strukturovaná dokumentace vypadat. Formuláře by se lišily v závislosti na lékařském oboru, protože každý z oborů potřebuje znát jiné informace o pacientovi. Popřípadě by si mohl lékař sám nastavit, jak potřebuje mít formulář strukturovaný. To nemění nic na tom, že by se informace generovaly samy.

Jednou z funkcí strukturované dokumentace by bylo její propojení s IoT. Například „chytré hodinky“ měřící tep a saturaci krve nebo „chytrý glukometr“ měřící hladinu glukózy v krvi, odešlou výsledky naměřené u pacienta doma, do zdravotnického systému, kde jsou zpracovány, nahrány do formuláře a lékař si poté může zobrazit dané hodnoty. U hodnot, kterých je dostatek by byla možnost nechat vykreslit graf, aby bylo přehledné, jak se hodnoty měnily v čase. Na obrázku číslo 6 je zobrazeno, jak by mohl vypadat takový formulář. Stejně jako

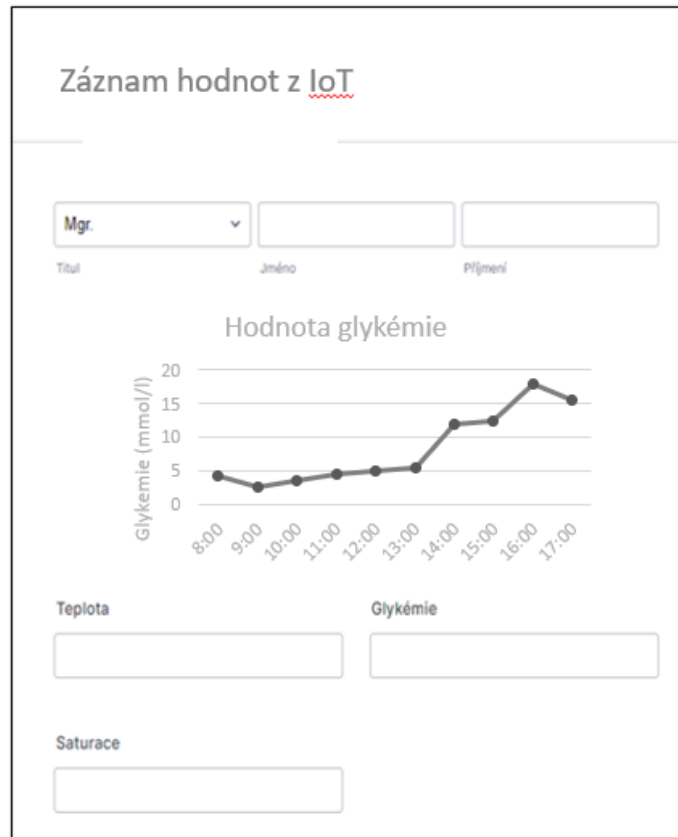
u předešlého by lékař nastavoval preference hodnot, které chce znát. Bylo by zbytečné zobrazovat políčka, které se u pacienta neměří.

The image shows a web form titled "Záznam hodnot z IoT". At the top, there is a title "Záznam hodnot z IoT" with a red squiggly underline under "IoT". Below the title, there are three input fields for patient information: a dropdown menu labeled "Mgr." with a downward arrow, and two text boxes. Below these fields are the labels "Titul", "Jméno", and "Příjmení". The form then has several rows of input fields for medical parameters, each with a label above it: "Hmotnost" (Weight), "Výška" (Height), "Tlak" (Blood Pressure), "Pulz" (Pulse), "Teplota" (Temperature), "Glykémie" (Glycemia), and "Saturace" (Saturation). Each parameter has a corresponding empty text box for data entry.

Obrázek 6: Formulář s hodnotami z Iot. Zdroj: Vlastní

Po rozkliknutí určitého políčka by byla možnost vykreslit hodnoty v grafu nebo jiné grafické zobrazení. Dále by mohly být nastaveny maximální a minimální hodnoty, kdy při jejich překročení by došlo k vizuálnímu upozornění. Na

Obrázek 7 je zobrazeno, jak by takový graf mohl vypadat.



Obrázek 7: Formulář s vykresleným grafem. Zdroj: Vlastní

5.4.1 Příkaz ke zdravotnímu transportu

Na Obrázek 8 je uveden příklad již vhodně strukturalizovaného dokumentu, kterým je příkaz ke zdravotnímu transportu. Z polostrukturovaných rozhovorů a vlastních zkušeností vychází, že vystavování příkazu ke zdravotnímu transportu je nemalou přítěží zdravotnickým pracovníkům na některých odděleních.

Kód pojišťovny	požaduje: díl A	IČP	Cís. dokladu
		Odbornost	provedl: díl B
PŘÍKAZ KE ZDRAVOTNÍMU TRANSPORTU			Poř. č.
na den		ev. hod.	
Příjmení a jméno			IČP
Číslo pojištění		Kód náhr.	SPZ vozu
Základní diagnóza	Ost. dg.		Var. symbol
Důvod k transportu:			Datum
Odkud	Hradí ZP		Kód
	<input type="checkbox"/>		Poč.
Nejbližší SZZ	Hradí ZP		
	<input type="checkbox"/>	obec, ulice, číslo	PSČ
Kam	Hradí ZP		Odjezd (HH,MM)
	<input type="checkbox"/>		Příjezd (HH,MM)
Pokyny pro posádku:		dojde	dojde s pomocí
		odnést vsedí	odnést vleže
			dvouposádka
Důvod doprovodu:			
			razítko a podpis přepravce
VZP-34/2013		LETECKÁ PŘEPRAVA	
datum, razítko a podpis lékaře		Schválil RL:	datum, razítko a podpis

Obrázek 8: Příkaz ke zdravotnímu transportu [45]

Forma vyplňování příkazů se na jednotlivých odděleních liší. Některých se příkaz vyplňuje ručně na jiných je částečně předvyplněn jménem a rodným číslem. Už samo předvyplnění jména a rodného čísla usnadňuje práci, ale lze to rozvinout dále, aby pracovník nemusel vyplňovat téměř nic.

Současný systém předávání příkazu k transportu je nedokonalý. Zdravotnický pracovník musí vypsát příkaz, vytisknout, orazítkovat a podepsat. Vyplněný příkaz je poté předán pacientovi, který jej dále při prevozu odevzdá. V procesu je spousta částí, kde může dojít k chybě, jak ke zbytečné duplicitě dokumentu, překlepům a možné ztrátě při předávání.

Řešením je vygenerování základních údajů pacienta (jméno, číslo pojištění, pojišťovna, místo trvalého bydliště), které jsou potřeba znát k přepravě, do jednotlivých částí příkazu, který již je vhodně strukturován. Přidáním elektronického podpisu, nebo certifikátu vypisujícího zdravotníka, který by zajistil autenticitu by bylo možné automatické vygenerování příkazu jedním kliknutím. Samozřejmě by zde byla možnost upravovat místa odkud a kam pacient potřebuje transport, ale ve většině případů jsou těmito místy primárně trvalé bydliště a místo zdravotnického zařízení.

Pro usnadnění systému předávání zdravotního transportu by bylo vhodné, aby po se dokument po vygenerování automaticky odeslal na dispečink převozní služby, který má převoz na starost, tím se minimalizuje možnost ztráty dokumentu nebo zfalšování.

Automatické odesílání transportní dokumentace také odbourá objednávání transportu pro pacienty, které v současné době probíhá telefonicky nebo vypisováním objednávacího dokumentu. Spojení odesílání transportu s objednáním výrazně sníží administrativní zátěž.

5.5 Systém objednání pacientů

S technologiemi Průmyslu 4.0 se může docílit snadnějšího systému objednávání pacientů a tvorbě časového plánu.

V současné době, když pacient potřebuje navštívit lékaře, se objednává telefonicky, osobně nebo se ani neobjedná. Z polostrukturovaných rozhovorů vyplývá, že na některých odděleních objednávání pacientů probíhá jako před nástupem IT technologií – ručně na papír. V systému objednávání vidím velký potenciál pro využití moderních technologií a s tím spojené usnadnění administrativní práce zdravotníků. Na uvedeném příkladě navrhnu, jak by tento systém fungoval.

Pro návrh jsem zvolil oddělení hyperbarické oxygenoterapie, kde k jedné terapii dochází 12 pacientů najednou. V jeden den je až 5 terapií, z toho vyplývá, že přijde 60 pacientů. Je důležité zmínit, že se nejedná o jednorázovou terapii, ale o opakovanou a pacienti potřebují specifickou terapii podle diagnózy. Pacienti se k léčbě objednávají telefonicky, přičemž si zdravotnický pracovník zapisuje potřebné informace do sešitu a později vytváří časový plán pro každého pacienta. Už z popisu vyplývá, že systém objednávání je administrativně náročný a neefektivní.

Navrhuji systém, při kterém se pacient nemusí telefonicky objednávat. K přihlášení dojde prostřednictvím elektronického formuláře, jehož nedílnou součástí bude vyplnění kódu elektronické žádanky případně její naskenovaná kopie. Pokud bude sken špatně čitelný, nebo kód elektronické žádanky zadán špatně, uživatel bude vyzván k opakovanému zadání. Po úspěšném přijetí žádanky umělou inteligencí na základě stanovené diagnózy, případně poznámky od lékaře, stanoví prioritu zahájení léčby. Dále bude AI zařazovat pacienti s podobnou diagnózou do skupin se stejným průběhem terapie. Po vyhodnocení údajů ze žádanky a volných míst AI pacientovi navrhne termíny, pokud to bude možné, pacient si vybere takové, jaké mu vyhovují.

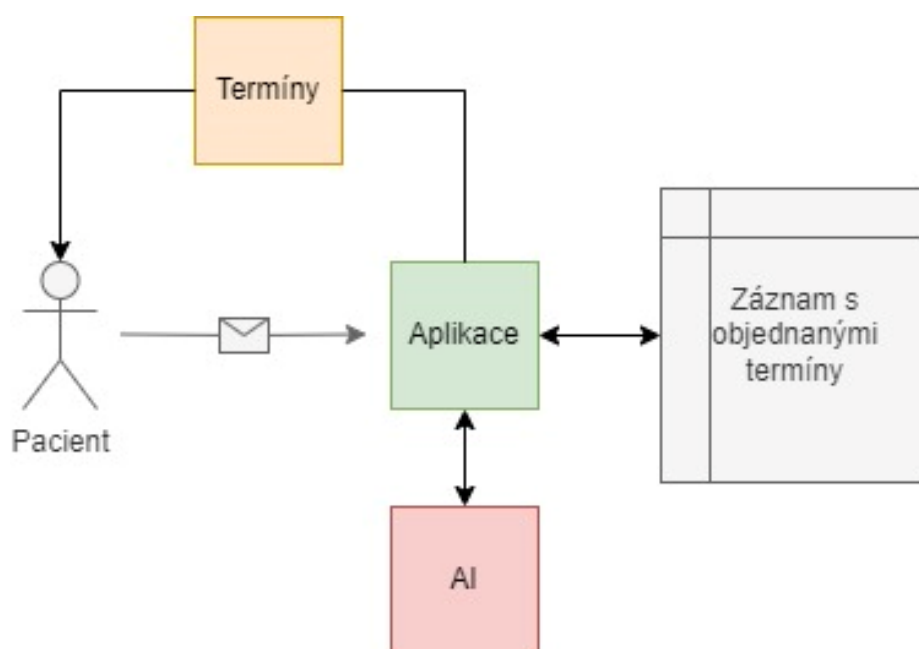
Po potvrzení vybraných termínů pacientem mu bude rozpis odeslán SMS zprávou nebo na email. Jestliže pacientovi termíny nevyhovují a jeho léčba není akutní může zkusit objednání později, protože v procesu může docházet k odhlašování ostatních pacientů a tím uvolňování kapacity.

V případě potřeby má operátor možnost vstoupit do rozhodování AI a pacienta přihlásit nebo odhlásit na termín sám. Tohoto principu lze využít i při přihlášení pacientů, kteří nejsou schopni provést elektronické přihlášení.

Další funkcí pro pacienty může být upozorňování pacientů na blížící se termín prostřednictvím SMS zprávy nebo emailu.

V návrhu objednávacího systému je se snaha o maximální odstranění lidského faktoru, a tím snížení možnosti chyby, zvýšení efektivity využití kapacity a snížení administrativy.

Na Obrázek 9: Systém objednání pacienta. Zdroj: Vlastní je graficky znázorněn průběh systému objednání.



Obrázek 9: Systém objednání pacienta. Zdroj: Vlastní

Podobný zjednodušený systém lze využít i k objednání pacienta k praktickému lékaři nebo zubaři. V takovémto případě si AI zkontroluje volná místa, vyhodnotí, s jakou potřebou pacient přichází a navrhne mu termín. Pacient si zvolí termín a poté mu bude připomenut SMS zprávou.

5.6 Návrh pro zjednodušení příjmu pacienta

Pro potvrzení hypotézy byla zvolena metoda pozorování, kdy jsem se zúčastnil příjmu pacienta k ošetření. Pozorování probíhalo v Nemocnici na Bulovce na kožním oddělení. Nemocnice na Bulovce má pavilonovou strukturu a každé oddělení má svůj informační systém a recepci.

Průběh vyšetření pacienta probíhá následujícím způsobem. Pacient přijde na recepci, kde odevzdá občanku a kartičku pojišťovny. Recepce s pacientem vyplní příjmovou kartu (jméno, rodné číslo, telefonní číslo, alergie atd.) Po příjmu pacient dostane vyvolávací číslo a je odeslán do čekárny, kde čeká na

výzvu. Pořadí, jak budou pacienti přijímáni stanovuje lékař, tudíž čekací doba může být dlouhá.

Až dojde řada na pacienta je pozván do ambulance. V ambulanci lékař zjišťuje, s jakou nemocí či potřebou pacient přichází. Poté je odebírána anamnéza (rodinná anamnéza, osobní anamnéza, sociální anamnéza, pracovní anamnéza, léková anamnéza, gynekologická anamnéze, epidemiologická anamnéza, prodělané operace, vážné úrazy, alergie, abusus, onkologická prevence atd.). Anamnézu většinou lékař zjišťuje verbálně a zapisuje ji do informačního systému nebo pacient přinese výpis anamnézy od praktického lékaře ve vytištěné formě podobě, který stejně tak musí být přepsán do systému. Po odebrání anamnézy lékař přechází k vyšetření. Pokud se zjistí, že je potřebné vyšetření z jiného oddělení, je pacient na toto oddělení odeslán se žádankou. Jelikož na jiném oddělení není možné nahlédnout do systému jiných oddělení, je nutné odebrat anamnézu znovu, tím se celý proces prodlužuje a dochází ke zbytečné duplicitě záznamů. celý proces odebrání anamnézy opět provést.

S lékařem jsem se účastnil odebírání vlastní anamnézy a anamnézy rodinného příslušníka a měřil dobu trvání. U mladého zdravého člověka se odběr anamnézy pohyboval okolo třech minut a u staršího pacienta se jednalo průměrně o šest minut. Podle lékaře 70 % pacientů tvoří starší lidé, kteří jsou více nemocní a potřebují více času k odběru anamnézy.

Průměrné návštěva lékaře je patnáct minut, v této době lékař odebere anamnézu, vyšetří pacienta a zapíše výsledky.

Návrh pro zlepšení postupu příjmu pacienta

Z pozorování postupu vyšetření pacienta, který je popsán výše vyplývá, že dochází ke zbytečné duplicitě dat a tím zvyšování administrativní zátěže a plýtvání časem, který může být využit k poskytnutí léčby jinému pacientovi.

Zlepšení postupu příjmu pacienta vychází z návrhů, které jsou v diplomové práci popsány v kapitole 5.3 a 5.4.

Pacient přijde na recepci, kde načte svoji elektronickou občanku s certifikátem, tím je identifikován a jsou zobrazeny jeho údaje. Recepční se zeptá, s čím přichází a odešlo ho do příslušné čekárny. V ambulanci se pacient zobrazí jako čekající ve frontě. Při příjmu v ambulanci si lékař otevře nebo již má dopředu otevřené pacientovi záznamy, které jsou sdílené mezi zdravotnickými zařízeními. Pokud anamnéza již existuje, lékař ji vidí a může přejít rovnou k vyšetření. Jestliže anamnéza není, lékař ji vytvoří. Může ji vytvořit pomocí technologie, která převádí řeč do psaného textu. Anamnéza se může automaticky sama zapisovat z rozhovoru vedeného mezi lékařem a pacientem. Při odesílání pacienta na jiné oddělení lékař vypíše žádanku. Pacient při příchodu na nové oddělení se opět ověří pomocí karty, recepční je zobrazena žádanka a pacient je odeslán na patřičné místo.

Výpočet ušetřeného času

Pro výpočet ušetření času lékaře zvolíme ošetření deseti pacientů, z toho tvoří sedm starších pacientů (od 60 let) a tři mladší pacienti (do 60 let). Pro výpočet odběru anamnézy byl stanoven tento vzoreček:

$$t = \frac{n1 \cdot t1 + n2 \cdot t2}{n1 + n2}$$

kdy ($n1$) je počet starších pacientů, ($n2$) počet mladších pacientů, ($t1$) je průměrná doba odebrání anamnézy u staršího pacienta a ($t2$) průměrná doba odebrání anamnézy u mladšího pacienta.

Po dosazení do vzorečku vychází, že výsledek průměrné doby odebírání anamnézy je 5 min.

$$t = \frac{7 \cdot 6 + 3 \cdot 3}{10}$$

$$t = 5$$

Z průměrné doby ošetření patnácti minut na pacienta, zavedením navržených technologií a postupů vyplývá, že kdyby lékař nemusel odebírat anamnézu ušetřil by asi 30 % svého času a tím i 30 % administrativní zátěže.

6 DISKUZE

Diplomová práce nemá ambice všechny problémy s digitalizací vyřešit, což nelze vyřešit ani řadou specializovaných a drahých projektů, protože digitalizace zdravotnictví není jednorázová akce, ale zdoluhavý a trvalý proces, kterému je nutné věnovat pozornost na všech úrovních naší společnosti. Snahou této práce bylo na problém upozornit a navrhnout některá možná řešení, které by usnadnily administrativní procesy.

V diplomové práci byla udělána úvodní rešerše stavu Průmyslu 4.0 i možných technických prostředků, které lze s výhodou použít ve zdravotnictví. Z rešerše a provedené analýzy vyplývá, že vhodnými technologickými prostředky, které je možné využít ve zdravotnictví jsou zejména umělá inteligence, zařízení IoT, 5g síť, blockchain atd. Tyto moderní technologie by měly přispět především ke snížení nákladů, zlepšení výsledků léčby, snížení počtu chyb a zlepšení zkušenosti pacientů.

V práci k získání dat pro hodnocení digitalizace ve zdravotnictví byla provedena analýza vycházející z veřejně dostupné odborné literatury a článků. Z analýzy vyplývá, že v současné době již funguje několik systému elektronického zdravotnictví, přičemž první pokusy o formulování strategie elektronického zdravotnictví se datují od roku 2007, kdy byla vytvořena první dokumentace s názvem „Teze rozvoje eHealth v České republice“. Přestože by lékařům využívání elektronického zdravotnictví a dalších IT technologií výrazně usnadnily jejich pracovní činnosti, zejména při preventivní péči, diagnostice, organizační práci atd, z analýzy vyplývá, že jejich využití je nízké. IT technologie zejména počítače jsou většinou využívány jen jako psací stroj pro administrativní úkony místo poskytování péče pacientům. V posledních letech dochází však k mírnému zlepšení, kdy od roku 2009 do roku 2015, zaznamenáváme nárůst využití elektronického zdravotnictví a dalších IT technologiích o několik procent. Například využití pro elektronické transakce údajů o pacientech vzrostlo

o 8,3 % a elektronické ukládání údajů o 16,8 %. V roce 2018 došlo k nejvýraznějšímu nárůstu využití, a to až o 80 %. To bylo způsobeno především tím, že vstoupily v platnost eRecepty³.

Pandemie COVID - 19 ukázala, jak může elektronické zdravotnictví pomoci reagovat na výskyt onemocnění. Z analýzy vyplývá, že české zdravotnictví v oblasti digitalizace nebylo připraveno jako například v Jižní Koreji. Pandemie ale pomohla v rozvoji elektronického zdravotnictví, začala se více využívat telemedicína, aby pacienti s onemocněním nemuseli chodit do ordinací. Příkladem je spojení pacienta s lékařem, kdy lékař pacientovi poradil, jak se má zachovat a poslal ho na vyšetření. Pandemie COVID - 19 také ukázala jakou hodnotu mají sdílené údaje o pacientovi.

Z hlediska infrastruktury jsou zdravotnická zařízení již dnes na tom lépe, jako kterékoliv jiné odvětví, především co se týká fakultních nemocnic, lékařských fakult a všech výzkumných zařízení v oblasti zdravotnictví, které jsou navzájem propojeny vysokorychlostními optickými spoji u nás i v celé Evropě. Toto je základní předpoklad systémového přístupu při digitalizaci, který je však potřebné dotáhnout až do ordinací lékařů. Ale určitým způsobem i to již funguje. Příkladem je zmiňovaný eRecept, který vstoupil v platnost spolu se změnou zákona o léčivech [46].

³ eRecept je recept vystavený v elektronické podobě. Lékařem vystavený eRecept je uložen do tzv. Centrálního úložiště elektronických receptů (CÚER) ve Státním ústavu pro kontrolu léčiv.

Každému eReceptu je přidělen unikátní identifikátor. V lékárně pak lékárník načte identifikátor eReceptu a pokud je eRecept v CÚER nalezen, vydá předepsaný lék pacientovi. Informace o výdeji léku se zároveň zapíše do CÚER.

Dá se tedy předpokládat, že se změnou legislativy, která by podpořila využívání elektronického zdravotnictví a dalších IT technologií, by v budoucnu bylo možné zcela kompletně digitalizovat zdravotnictví. Tento předpoklad potvrzují i výsledky ze studie [42], která udává, že skoro každá ambulance či ordinace disponuje počítači, které mají možnost připojení k internetové síti (98 %). Aby bylo možné v budoucnu co nejvíce digitalizovat zdravotnictví, je zapotřebí věnovat pozornost několika problémům. Prvním problémem je otázka zastaralé IT infrastruktury, zejména v nemocnicích. Tyto systémy mohou být nekompatibilní a nemusí vyhovovat současným požadavkům. Druhým problémem je neochota personálu přejít na nové technologie a postupy a dalším problémem je otázka financování.

Pro získání lepší představy o digitalizaci a míře administrativní zátěže byly provedeny polostrukturované rozhovory s pěti zdravotnickými pracovníky. Administrativní zátěž je podle zdravotníků značná. Uvádějí především, že jim zabírá čas, který by mohli případně věnovat pacientům. Dotazování zdravotníci převážně také uváděli, že digitalizace ve zdravotnictví je na nízké úrovni. Některými je však vnímáno, že dochází k pomalému zlepšení v posledních letech.

K lepší představě o současném fungování zdravotnictví přispěla i metoda pozorování, kdy byla pozorována a měřena doba příjmu pacienta v nemocnici na kožním oddělení. Aby mohla být tato metoda uskutečněna, byl jsem jako doprovod staršího rodinného příslušníka u příjmu na kožním oddělení, z důvodu ochrany osobních údajů atd., a také jsem se já samotný účastnil příjmu pacienta. Všichni zúčastnění, včetně lékaře a zdravotní sestry, věděli o tom, že je prováděn výzkum, za jakým účelem a byl mi udělen souhlas se zveřejněním výsledků z výzkumu. Kontakt na ordinujícího lékaře je uveden v příloze 2. Při příjmu pacienta je prvně odebrána anamnéza. V tomto procesu se lékař ptá pacienta na rodinnou anamnézu, osobní anamnézu, sociální anamnézu, pracovní

anamnézu, lékovou anamnézu, gynekologickou anamnézu, epidemiologickou anamnézu, prodělané operace, vážné úrazy, alergie atd. Veškeré informace většinou lékař zjišťuje verbálně, přičemž jsou následně zapsány do informačního systému. Pokud pacient přinese výpis anamnézy od praktického lékaře ve vytištěné formě, stejně tak jej musí lékař přepsat do systému. Po odebrání anamnézy lékař přechází k vyšetření. Při pozorování čas příjmu staršího pacienta (nad 50 let) byl okolo šesti minut. U mého příjmu, jakožto zástupce mladšího pacienta (do 50 let), byl čas o polovinu kratší, tedy tři min. U starších pacientů bude zpravidla čas odebrání anamnézy delší než u mladších pacientů, neboť nejsou v tak dobré zdravotní kondici, mají více prodělaných onemocnění, berou více léčiv, které mohou být v kontraindikaci se zvolenou léčbou atd. Dále starší lidé mají také problém popsat svoji anamnézu a někdy si ani nepamatují, jaké léky berou. Tyto skutečnosti značně prodlužují dobu odebrání anamnézy. Podle lékaře na kožním oddělení 70 % pacientů tvoří starší lidé a průměrná návštěva lékaře je okolo patnácti minut. V této době lékař odebere anamnézu, vyšetří pacienta a zapíše výsledky. Z výpočtu pro ušetření času lékaře v praktické části práce, viz kapitola 5.6., vychází, že průměrná doba odebrání anamnézy jednoho pacienta je 5 min. Pokud bychom vzali v úvahu průměrnou dobu ošetření, která je 15 minut na pacienta, při zavedení navržených technologií a postupů, které by usnadnily administrativní činnost při příjmu pacienta vyplývá, že kdyby lékař nemusel odebrat anamnézu ušetřil by asi 30 % svého času a tím i 30 % administrativní zátěže.

Z analýzy digitalizace ve zdravotnictví, polostrukturovaných rozhovorů a pozorování bylo navrženo několik procesů, které by měly mít za následek snížení administrativní zátěže. Jedním z návrhů je sdílená elektronická zdravotní dokumentace mezi všemi organizacemi, které se podílejí na tvorbě zdravotního systému v České republice. Do návrhu byly zapracovány role s funkcemi, které by opravňovaly zdravotníky a pacienti k operacím s elektronickou zdravotní

kartou. Také zde byly rozebrány certifikační autority. Certifikační autority vydávají a spravují certifikáty, kterými by se lékaři a pacienti identifikovali. Návrh zahrnoval i sloučení certifikátu s elektronickou občankou. V návrhu bylo nastíněno, jak by se tato problematika mohla řešit pomocí technologie blockchain. Tato technologie je z mého pohledu vhodná pro využití ukládání a čtení záznamů, protože záznamy jsou ukládány do tzv. bloků. Z toho důvodu nemohou být informace nijak změněny. Další výhodou je uložení záznamů ve více databázích, pokud by došlo k výpadku jedné, jsou zde další se stejnými záznamy. V rámci ověření, zda by takovýto systém založený na blockchainové síti fungoval, byly využity veřejně dostupné kódy z webové stránky GitHub. Tyto kódy byly upraveny a systém virtuálně spuštěn. Toto ověření bylo vytvořeno mimo vypracování diplomové práce.

Ze sdílené zdravotní dokumentace by mohly těžit všechny organizace, které jsou zapojeny do systému zdravotní péče v České republice. S propojením se jim otevřou nové dveře, jak využívat informace, které jimi proudí. Je potřeba ale nastavit ještě lepší využití shromážděných dat a jejich vyhodnocování v rámci nasazení umělé inteligence, expertních systémů, vytěžování dat z databází atd.

S elektronickou zdravotní dokumentací je spojen i další návrh, který popisuje potřebu standardizovaných formulářů pro vyplňování například anamnézy, aby bylo sdílení záznamů jednotné, přehledné a data by mohla následně vyhodnocovat umělá inteligence nebo by z takto strukturovaných dat bylo snadnější využít tzv. data mining. Dále je zde navržena možnost propojení IoT s databází, kde jsou hodnoty naměřené z IoT odesílány do systému a lékař si může hodnoty zobrazit (vykreslit graf), aniž by musel být pacient přítomný. V praktické části jsou i popsány současné procesy ve zdravotnictví a konkrétní návrhy, jak je zlepšit a ulehčit tím administrativní zátěži. Jedním z návrhů je systém objednávání pacientů, kdy se pacient objednává k léčbě prostřednictvím internetového formuláře. Systém objednávání má na starosti umělá inteligence,

kteřá vyhodnotí potřeby pacienta a navrhne mu termíny. Takovýto systém by výrazně ušetřil administrativu, ale jen na určitých odděleních. Dalším návrhem je automatické vyplňování transportní dokumentace. V praktické části je vysvětleno, jak by tento proces měl probíhat, aby stačilo jen jedno kliknutí myši a transport pro pacienta by byl objednan. Posledním návrhem byl příjem pacientů v nemocnici. Pro zjištění, jak tento příjem probíhá byl příjem pacienta v nemocnici pozorován a byl měřen čas. Následně bylo navrhnuo, jak tento systém zlepšit. Ke zlepšení systému posloužily již předešlé návrhy jako je sdílená dokumentace nebo prokazování identity certifikátem. Po jednoduchém výpočtu průměrné doby odběru anamnézy a z vyplývajícího návrhu jejího odbourání by došlo k výraznému snížení administrativní zátěže a to o 30 %. Z popisu výše vyplývá, že cíle práce byly naplněny.

Z polostrukturovaných rozhovorů vyplynula otázka, zda by měl mít lékař neomezený přístup ke všem pacientovým záznamům a zda by s tím pacienti souhlasili. Většina lékařů má názor, že by měli mít přístup ke všem zdravotnickým záznamům pacienta. Někteří by naopak nechtěli sdílet své záznamy o pacientovi s ostatními, z důvodu uveřejnění svých léčebných postupů. Zde vyvstává další otázka, které záznamy by měli být sdíleny povinně, a které mohou zůstat pouze v interních systémech. Podle mého názoru není nutné, aby byly zveřejňovány všechny záznamy, zvláště „know how“ specialistů. Avšak by mělo být stanoven minimální rozsah jaké informace se budou sdílet. Vhodné nastavení sdílených informací povede k efektivnějšímu zdravotnictví v České republice.

Z pohledu pacienta může být problém se sdílením citlivých informací například HIV, psychické diagnózy, nebo interrupce. Dle mého názoru by tyto informace měly být dostupné pro ošetřující lékaře, aby mohli poskytnou plně kvalifikovanou péči, ne už však dalším zdravotnickým pracovníkům.

Na téma Průmysl 4.0 ve zdravotnictví v České republice je vypracováno několik akademických prací, většina prací je zaměřena na digitalizaci zdravotnictví, ale bez využití technologií z Průmyslu 4.0. Na digitalizaci ve zdravotnictví s využitím technologií z Průmyslu 4.0 se zaměřila autorka Klimková (2019) z Vysoké školy ekonomické v Praze. Její diplomová práce se zabývá analýzou současných trendů ve zdravotnictví a jejich možným budoucím vývojem [46].

Autor Krucký (2020) se své diplomové práci zabývá problematikou sdíleného zdravotního záznamu. Práce autora Kruckého se zaměřuje na dopady sdíleného zdravotního záznamu a poukazuje na přehled aktuálních opatření k jeho zavedení. V práci je také uveden přístup, jak sdílený zdravotní záznam zavést. S autorem se shodujeme na potřebě sdíleného záznamu z důvodu nemožnosti přístupu zdravotníků k informacím o pacientech a tím zbytečné administrativy navíc [47].

Autor Andar (2020) se v diplomové části zabývá připraveností trhu práce v České republice na Průmysl 4.0 a jeho dopady na pracovní místa. Autor se primárně nezabývá zdravotnictvím, ale výrobním průmyslem a logistikou. V diplomové práci autor Andar zmiňuje, že profese ve zdravotnictví jsou nejméně ohrožené. Má diplomová práce se nezabývá dopadem čtvrté průmyslové revoluce na pracovní místa, ale je vhodné o tom vést diskusi. Souhlasím s autorem Andorem, že pracovní místa ve zdravotnictví nejsou ohrožena probíhající průmyslovou revolucí, protože zdravotnictví je služba poskytování péče. Lidský faktor bude stále potřebný, ale nové technologie usnadní a zlepší péči. V současné době se nikdo neodvážá nechat rozhodovat o lidském životě umělou inteligenci. Dá se využít jako podpůrný prostředek, ale rozhodnutí musí udělat lékař. Na druhou stranu si myslím, že s implementací technologií z Průmyslu 4.0 ve zdravotnictví mohou vzniknout nová pracovní místa, jako například IT specialisté, datový analytici atd [48].

Hlavní smyslem digitalizace českého zdravotnictví je přístup k datům. Je důležité data mít, ale důležitější je schopnost tyto data vhodně vyhodnocovat a využívat. S tím souvisí několik nesmírně obtížných otázek, jako je udržení vysoké úrovně bezpečnosti, zavedení ověřování přístupu k datům, a především ochrana důvěrnosti a soukromí všech pacientů. Také se nesmí zapomenout ani na etiku. Pokud bude zaveden systém sdílené dokumentace, bude umožněn přístup k důležitým soukromým údajům, to vyvolává otázku nad etickým chováním těch, kteří takový systém budou používat a spravovat.

Jak bylo výše napsáno, digitalizace zdravotnictví je složitý a zdlouhavý proces, který nikdy nekončí. Důležité je se zaměřit na digitalizaci krok po kroku. Protože digitální zdravotnictví, i přes některé hrozby, bude mít pozitivní dopad, na zdravotnický personál, kterému usnadní práci, tak i na pacienty, kterým se dostane lepší zdravotní péče. K tomu se hodí krásné české přísloví „Bez práce nejsou koláče.“

6.1 Vyhodnocení hypotéz

V diplomové práci byly stanoveny dvě hypotézy:

- H1: Ve zdravotnictví lze s výhodou využít vybrané technologie z koncepce Průmysl 4.0, případně implementovat principy Smart factories.
- H2: Zavedením koncepce digitalizace lze snížit administrativní zátěž pracovníků ve zdravotnictví minimálně o 20 %.

Hypotéza číslo 1 byla vyhodnocena pomocí rešerší odborné literatury a návrhů systémů v praktické části. Na základě návrhů systémů a procesů ve zdravotnictví s využitím technologií z Průmyslu 4.0 je zřejmé, že tyto technologie lze s výhodou využít ve zdravotnictví. Z toho vyplývá, že hypotéza č.1 je potvrzena.

Hypotéza číslo 2 byla ověřena pomocí pozorování a měření doby příjmu pacienta. Poté byl navržen systém, který měl za cíl usnadnit administrativu zdravotnického personálu. Z návrhu, který zahrnoval registraci pacienta na recepci pomocí elektronické občanky s certifikátem, kde by byl ušetřen čas. Poté pomocí sdíleného elektronického záznamu pacientů by lékař nemusel odebírat anamnézu a tento ušetřený čas odběru anamnézy byl jednoduchým vztahem přepočítán. Výsledkem bylo ušetření 30 % času a tím 30 % administrativní zátěže. Na základě toho je možné hypotézu č. 2 potvrdit.

6.2 Doporučení

V této části se budu věnovat doporučením pro oblast digitalizace ve zdravotnictví.

Na počátku je důležitým krokem provést analýzu, jaké oblasti zdravotnictví lze digitalizovat a stanovit si vizi koncového stavu ke kterému by mělo vše směřovat. Doporučil bych postupovat po dílčích krocích, protože uvedení celého systému je finančně a časově náročné. Menší kroky umožňují flexibilněji reagovat na nové poznatky, snadněji se testují a přizpůsobují.

Důležitým doporučením je edukace personálu a obyvatelstva, aby bylo docíleno přijetí nového systému. Systém nebude využíván, pokud lidé nevědí, k čemu systém slouží a jak jim může usnadnit život. Může dojít k tomu, že ho budou lidé ignorovat.

Jedním z dalších doporučení je zahrnutí zdravotnického personálu a pacientů do testování systémů. Zdravotníci mohou po testování navrhnout řešení, která povedou ke zlepšení.

Dalším doporučením je upravit zákonné normy, aby bylo možné snadněji a rychleji implementovat zavedení potřebných změn k digitalizaci. Některé současné zákony jsou brzdou digitalizace.

Česká republika by se měla nebo může inspirovat, jak je zdravotnictví digitalizováno v ostatním zemích Evropské unie (Estonsko) i mimo Evropskou unii (Izrael, Jižní Korea).

7 ZÁVĚR

Předmětem diplomové práce byla implementace strategií Průmyslu 4.0 do zdravotnictví a tím snížení administrativní zátěže zdravotnických pracovníků. V teoretické části byly popsány základní strategie o Průmyslu 4.0 a jak je využít ve zdravotnictví. V teoretické části jsou rovněž popsány technologie, které vytváří Průmyslu 4.0. K těmto technologiím je doplněno, jak jsou nebo by mohly být použity ve zdravotnictví. Na závěr teoretické části je uvedena analýza legislativy spojené s ochranou osobních informací.

V praktické části byla provedena analýza stavu digitalizace zdravotnictví v České republice a byly vyhodnoceny polostrukturované rozhovory s pracovníky ve zdravotnictví. Z těchto dvou metod vyplynuly návrhy, jak zlepšit současný stav a tím snížit administrativní zátěž zdravotnických pracovníků. V praktické části byl popsán výzkum metodou pozorování, kdy bylo pozorováno, jak probíhá příjem pacienta v nemocnici. Po pozorování bylo navrženo, jak tento postup zlepšit a snížit administrativní zátěž.

Hypotéza, která se týkala implementace vybraných technologií a principů Smart factories do zdravotnictví, byla na základě rešerše odborné literatury potvrzena. Druhá hypotéza se zabývající se zavedením koncepce digitalizace do zdravotnictví a tím snížením administrativní zátěže minimálně o 20 % byla potvrzena metodou pozorování.

Výsledky uvedené práce mohou sloužit jako upozornění na problematiku digitalizace ve zdravotnictví a některé návrhy mohou být využity v praxi, k zajištění efektivnější zdravotní péče.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ICT – informační a komunikační technologie

IT – informační technologie

IOT – internet věcí

HaaS – Healthcare as a Service

ÚOOÚ – Úřad pro ochranu osobních údajů

GDPR – General Data Protection Regulation

eMeDocS – exchange Medical Documents System

API – Application Programming Interface

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Digitální Česko* [online]. Praha: Úřad vlády České republiky, 2022 [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://www.digitalnicesko.cz/udalosti/>
- [2] SANGHAVI, Devansh; PARIKH, Sahil; RAJ, S. Aravind. *Industry 4.0: tools and implementation. Management and Production Engineering Review*, 2019.
- [3] MAŘÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Vydání 1. Praha: Management Press, 2016. ISBN isbn978-80-7261-440-0.
- [4] USTUNDAG, Alp a Emre CEVIKCAN. *Industry 4.0: managing the digital transformation*. Cham: Springer International Publishing, 2018. Series in advanced manufacturing (Springer). ISBN 978-3-319-57869-9.
- [5] JAVAID, Mohd a Abid HALEEM. Industry 4.0 applications in medical field: A brief review. *Current Medicine Research and Practice* [online]. 2019, 9(3), 102-109 [cit. 2022-05-06]. ISSN 23520817. Dostupné z: doi:10.1016/j.cmrp.2019.04.001
- [6] GILCHRIST, Alasdair. *Industry 4.0: the industrial internet of things*. New York: Apress, 2016. ISBN 1484220463.
- [7] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Iniciativa Průmyslu 4.0*. [online]. 2015 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf>

- [8] Horizontal and Vertical Integration in Industry 4.0. In: *Manufacturing Business Technology* [online]. Madison, 2019 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://www.mbtmag.com/business-intelligence/article/13251083/horizontal-and-vertical-integration-in-industry-40>
- [9] ROJKO, Andreja. *Industry 4.0 concept: Background and overview. International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 2017, 11.5.
- [10] BUTT, Javaid. *Exploring the interrelationship between additive manufacturing and Industry 4.0. Designs*, 2020, 4.2: 13.
- [11] PAUL, Shuva, et al. *Industry 4.0 applications for medical/healthcare services. Journal of Sensor and Actuator Networks*, 2021, 10.3: 43.
- [12] DANYI, Pavel. *České zdravotnictví na cestě k Health 4.0. In: Zdravi.euro.cz* [online]. [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/ceske-zdravotnictvi-na-cestech-k-health-4-0-485181>
- [13] CHANCHAICHUJIT, Janya, et al. *Healthcare 4.0. Springer*, 2019.
- [14] CHANCHAICHUJIT, Janya, Albert TAN, Fanwen MENG a Sarayoot EAIMKHONG. *Healthcare 4.0* [online]. Singapore: Springer Singapore, 2019 [cit. 2022-05-10]. ISBN 978-981-13-8113-3. Dostupné z: doi:10.1007/978-981-13-8114-0

- [15] AL-JAROODI, Jameela; MOHAMED, Nader; ABUKHOUSA, Eman. *Health 4.0: on the way to realizing the healthcare of the future*. *IEEE Access*, 2020, 8: 211189-211210.
- [16] What is the IoT? Everything you need to know about the Internet of Things right now. In: *Zdnet* [online]. Indian Land: Steve Ranger, 2021 [cit. 2021-11-21]. Dostupné z: <https://www.zdnet.com/article/survey-5g-wont-impact-many-iot-projects-anytime-soon/>
- [17] SENDLER, Ulrich, ed. *The Internet of Things* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2018 [cit. 2022-05-08]. ISBN 978-3-662-54903-2. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-662-54904-9
- [18] USTUNDAG, Alp a Emre CEVIKCAN. *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation*. 1st ed. 2018. Imprint: Springer, 2018. Springer Series in Advanced Manufacturing. ISBN 978-3-319-57869-9.
- [19] BOTELHO, Bridget, and Stephen J. BIGELOW. *What is Big Data and Why is it Important?* *SearchDataManagement* [online]. 5 January 2022 [viewed 9 May 2022]. Available from: <https://www.techtarget.com/searchdatamanagement/definition/big-data>.
- [20] Big Data: What it is and why it matters. In: SAS [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: https://www.sas.com/en_us/insights/big-data/what-is-big-data.html

- [21] Big data. In: *Techtarget* [online]. Newton (Massachusetts): Bridget Botelho, 2021 [cit. 2021-11-21]. Dostupné z: <https://searchdatamanagement.techtarget.com/definition/big-data>
- [22] What is Cloud Computing?. In: *Oracle Česká Republika* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://www.oracle.com/cz/cloud/what-is-cloud-computing/>
- [23] COMER, Douglas. *The cloud computing book: the future of computing explained*. First edition. Boca Raton: CRC Press ;, 2021. ISBN 9780367706807.
- [24] Cloud Computing. In: *IBM* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://www.ibm.com/cloud/learn/cloud-computing>
- [25] ACETO, Giuseppe, Valerio PERSICO a Antonio PESCAPÉ. Industry 4.0 and Health: Internet of Things, Big Data, and Cloud Computing for Healthcare 4.0. *Journal of Industrial Information Integration* [online]. 2020, **18** [cit. 2022-05-09]. ISSN 2452414X. Dostupné z: doi:10.1016/j.jii.2020.100129
- [26] BURNS, Ed. What is artificial intelligence (AI)?. In: *TechTarger* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/AI-Artificial-Intelligence>
- [27] ROTHMAN, Denis. *Artificial Intelligence By Example: Develop machine intelligence from scratch using real artificial intelligence use cases*. ISBN-13, 2018, 978-1788990547.

- [28] Automation in industry 4.0. In: *Nexus Integra* [online]. [cit. 2022-05-09].
Dostupné z: <https://nexusintegra.io/automation-in-industry-4-0/>
- [29] AM Basics. In: *Additive Manufacturing* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z:
<https://additivemanufacturing.com/basics/>
- [30] How is Industry 4.0 Affecting Healthcare. In: *Intetics* [online]. 2020 [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://intetics.medium.com/how-is-industry-4-0-affecting-healthcare-aced9e2cb5a9>
- [31] HALEEM, Abid, Mohd JAVAID, Ravi PRATAP SINGH a Rajiv SUMAN. Medical 4.0 technologies for healthcare: Features, capabilities, and applications. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems* [online]. 2022, 2, 12-30 [cit. 2022-05-09]. ISSN 26673452. Dostupné z: doi:10.1016/j.iotcps.2022.04.001
- [32] WARBURG, Bettina; WAGNER, Bill; SERRES, Tom. *Basics of Blockchain: A Guide for Building Literacy in the Economics, Technology, and Business of. Animal Venturs LLC, 2019.*
- [33] ŠULC, Vladimír. *Kybernetická bezpečnost*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., 2018. ISBN 978-80-7380-737-5.
- [34] JIRÁSEK, Petr, Luděk NOVÁK a Josef POŽÁR. *Výkladový slovník kybernetické bezpečnosti: Cyber security glossary*. Třetí aktualizované vydání. Praha: Policejní akademie ČR v Praze, 2015, 240 s. ISBN 978-80-7251-436-6.

- [35] NULÍČEK, Michal. *GDPR - obecné nařízení o ochraně osobních údajů*. Praha: Wolters Kluwer, 2017. *Praktický komentář*. ISBN 978-80-7552-765-3.
- [36] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2016/679 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů a o zrušení směrnice 95/46/ES.
- [37] OCHRANA OSOBNÍCH ÚDAJŮ (GDPR). In: *Všeobecná fakultní nemocnice v Praze* [online]. Praze, 2019 [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://www.vfn.cz/pacienti/ochrana-osobnich-udaju-gdpr/narizeni-gdpr/>
- [38] BEHARKOVÁ, Natália. *Metodika ke zpracování závěrečné práce pro vybrané nelékařské zdravotnické obory*. Brno: Masarykova univerzita, 2019.
- [39] STRATEGICKÝ RÁMEC ROZVOJE PÉČE O ZDRAVÍ V ČESKÉ REPUBLICE DO ROKU 2030. In: .
- [40] *O elektronickém zdravotnictví* [online]. 2019 [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <http://ezdrav.cz/ehealth-v-cr/>
- [41] DE ROSIS, Sabina a Chiara SEGHIERI. Basic ICT adoption and use by general practitioners: an analysis of primary care systems in 31 European countries. *BMC Medical Informatics and Decision Making* [online]. 2015, **15**(1) [cit. 2022-05-09]. ISSN 1472-6947. Dostupné z: doi:10.1186/s12911-015-0185-z
- [42] HADRAVA, Martin a Iveta VESELÁ. Kraj pořizuje nový nemocniční informační systém pro všech pět zřizovaných nemocnic. In: *Kraj Vysočina* [online]. 2020 [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://www.kr->

vysocina.cz/kraj-porizuje-novy-nemocnicni-informacni-system-pro-vsechpet-zrizovanych-nemocnic/d-4102636/p1=1013

- [43] DOLEŽAL, Tomáš. *Digitalizace zdravotnictví a koronavirus aneb jak se připravit na příští epidemie?*. 2020. Dostupné také z: <https://www.politikaspolecnost.cz/wp-content/uploads/2020/03/Digitalizace-zdravotnictv%C3%AD-a-koronavirus-aneb-jak-se-p%C5%99ipravit-na-p%C5%99%C3%AD%C5%A1t%C3%AD-epidemie-IPPS.pdf>
- [44] KÖPPL, Daniel. Velký den pro digitalizaci zdravotnictví. Senát schválil historicky první zákon o eHealth. In: *Ministerstvo zdravotnictví České republiky* [online]. Praha, 2021 [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://www.mzcr.cz/tiskove-centrum-mz/velky-den-pro-digitalizaci-zdravotnictvi-senat-schvalil-historicky-prvni-zakon-o-ehealth/>
- [45] Příkaz ke zdravotními transportu. In: *Ozp* [online]. [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://www.ozp.cz/web/files-c/823/tiskopisy-vyuctovani-vzp-34-prikaz-ke-zdravotnimu-transportu.pdf>
- [46] *Zákon č. 262/2019 Sb. Zákon, kterým se mění zákon č. 378/2007 Sb., o léčivech a o změnách některých souvisejících zákonů (zákon o léčivech), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony.*
- [47] KRUCKÝ, Petr. *Analýza dopadů zavádění elektronického zdravotního záznamu v ČR*. Praha, 2020. Diplomová práce. Univerzita Karlova.
- [48] XIAO, Yonggang, Bin XU, Wenhao JIANG a Yunjun WU. The HealthChain Blockchain for Electronic Health Records: Development Study. *Journal of*

Medical Internet Research [online]. 2021, **23**(1) [cit. 2022-05-10]. ISSN 1438-8871.

Dostupné z: [doi:10.2196/13556](https://doi.org/10.2196/13556)

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Integrace systémů v Průmyslu 4.0. Zdroj: [9].....	17
Obrázek 2: Chytrá zdravotní síť. Zdroj: [13].....	19
Obrázek 3: Sdílení zdravotního záznamu. Zdroj: Vlastní.....	42
Obrázek 4: Přístup k záznamům v technologii blockchain. Zdroj: [46].....	45
Obrázek 5: Návrh strukturalizovaného formuláře. Zdroj: Vlastní.....	46
Obrázek 6: Formulář s hodnotami z Iot. Zdroj: Vlastní.....	47
Obrázek 7: Formulář s vykresleným grafem. Zdroj: Vlastní.....	48
Obrázek 8: Příkaz ke zdravotnímu transportu [42].....	49
Obrázek 9: Systém objednání pacienta. Zdroj: Vlastní.....	52

11 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 - Polostrukturované rozhovory

Polostrukturovaný rozhovor číslo 1

1. V jakém zdravotnickém zařízení, oddělení a pozici pracujete?

Ústav leteckého zdravotnictví Praha (p.o.), Oddělení bezpečnosti letů, starší lékař – zabezpečující leteckou, hyperbarickou medicínu a ambulanci všeobecného praktického lékaře.

2. Víte, jaké problémy Průmyslová revoluce 4.0 ve zdravotnictví řeší?

„V souvislosti se zdravotnictvím se jedná zejména o tematiku digitalizace a automatizaci některých procesů, například objednávkový systém a triage pacientů.“

3. Jste spokojen/a s mírou administrativních úkonů, které musíte zpracovávat?

„Rozhodně ne. V současné době se jedná o extrémní přetížení zdravotnického personálu, leckdy až zbytečnými administrativními úkony. Tím blokáce pracovního potenciálu dotyčného personálu a snížení úrovně faktické zdravotní péče jako takové.“

4. Co si myslíte o současné úrovni digitalizace ve zdravotnictví?

„Jedná se o tristní oblast s chybějící centrální databází. Pandemická situace napomohla určitým sférám, mnapříklad ePN a rozvoji telemedicínských možností. Za pozitivní hodnotím eRecept, lékový záznam a blížící se aktivaci tzv. „eOčkovacího průkazu“ (aktivace 1.6.2022). Bohužel se jedná o izolované systémy bez jednotného propojení.“

5. Jaké jsou podle Vás oblasti ve zdravotnictví, které by potřebovaly digitalizovat?

„Nutné jsou sdílené anamnestické údaje léková anamnéza, alergie, prodělaná onemocnění aj., centrální systém sdílení diagnostických vyšetření, výsledky MRI, RTG, CT, laboratorní výsledky, lékařské zprávy specialistů.“

1. Jaké jsou již digitalizované oblasti, které by bylo možné dále automatizovaně zpracovávat?

„Lékový záznam a plánovaný eOčkovací průkaz. Dále větší rozšíření umělé inteligence například virtuální sestra Emmy.“

Polostrukturovaný rozhovor číslo 2

1. **V jakém zdravotnickém zařízení, oddělení a pozici pracujete?**

Fakultní nemocnice Bulovka, dermatovenerologie, lékař

2. **Víte, jaké problémy Průmyslová revoluce 4.0 ve zdravotnictví řeší?**

„To nevím, jaké problémy řeší Průmyslová revoluce.“

3. **Jste spokojen/a s mírou administrativních úkonů, které musíte zpracovávat?**

„Nejsem spokojena. Případá mi, že psaní ambulantní zprávy zabere více času než samotná komunikace s pacientem, Ale v posledním pěti letech vidím mírné zlepšení.“

4. **Co si myslíte o současné úrovni digitalizace ve zdravotnictví?**

Myslím si, že předpis eReceptu usnadňuje předepisování chronické medikace, kde není nutné, aby pacient, častokrát hůř mobilní senior, pro každý recept osobně dojížděl. Taky považuji za krok vpřed systém elektronických neschopenek. Jinak digitalizaci zdravotnictví nevnímám.

5. **Jaké jsou podle Vás oblasti ve zdravotnictví, které by potřebovaly digitalizovat?**

„Rozhodně by bylo dobré přepojení zdravotní dokumentace napříč všech zdravotnických zařízení.“

6. Jaké jsou již digitalizované oblasti, které by bylo možné dále automatizovaně zpracovávat?

„Bylo by dobré, kdyby se automaticky rozesílali zprávy pacientům před termínem plánované kontroly k zjištění, jestli se pacient na svůj termín vskutku dostaví.“

Polostrukturovaný rozhovor číslo 3

V jakém zdravotnickém zařízení, oddělení a pozici pracujete?

FN Motol, pneumologie, Lékař

1. Víte, jaké problémy Průmyslová revoluce 4.0 ve zdravotnictví řeší?

„Nemám poněti.“

2. Jste spokojen/a s mírou administrativních úkonů, které musíte zpracovávat?

„Ne, je to příliš vysoká zátěž. Pořád musím něco vypisovat.“

3. Co si myslíte o současné úrovni digitalizace ve zdravotnictví?

„Za mě je tristní. Nevím, co k tomu více dodat.“

4. Jaké jsou podle Vás oblasti ve zdravotnictví, které by potřebovaly digitalizovat?

„Potřebovalo by digitalizovat vše od vedení dokumentace, přes předávání informací mezi zdravotnickými zařízeními až po kontrolu interakcí léčiv.“

5. Jaké jsou již digitalizované oblasti, které by bylo možné dále automatizovaně zpracovávat?

„Myslím, že by ulehčilo práci nějaká automatizovaná tvorba dekurzů u hospitalizovaných pacientů nebo zase ta digitalizovaná kontrola lékových interakcí.“

Polostrukturovaný rozhovor číslo 4

1. V jakém zdravotnickém zařízení, oddělení a pozici pracujete?

FN Motol, JIP Pneumologie, zdravotní sestra

2. Víte, jaké problémy Průmyslová revoluce 4.0 ve zdravotnictví řeší?

„Asi elektronizace dokumentace, nevím.“

3. Jste spokojen/a s mírou administrativních úkonů, které musíte zpracovávat?

„Ne, je jich strašně moc, časově na úkor péče o pacienty.“

4. Co si myslíte o současné úrovni digitalizace ve zdravotnictví?

„Je na nízké úrovni, podle mě někteří pracovníci na to nejsou připraveni.“

5. Jaké jsou podle Vás oblasti ve zdravotnictví, které by potřebovaly digitalizovat?

„Mně osobně by usnadnilo práci, kdybych mohla každodenní zápis ošetřovatelské anamnézy zapisovat do počítače nebo tabletu.“

6. Jaké jsou již digitalizované oblasti, které by bylo možné dále automatizovaně zpracovávat?

„Nic mě teď nenapadá,“

Polostrukturovaný rozhovor číslo 5

1. V jakém zdravotnickém zařízení, oddělení a pozici pracujete?

Hyperbarická komora, technik/zdravotní bratr

2. Víte, jaké problémy Průmyslová revoluce 4.0 ve zdravotnictví řeší?

„Někde jsem o tom slyšel, ale co by to mělo řešit ve zdravotnictví, to nevím.“

3. Jste spokojen/a s mírou administrativních úkonů, které musíte zpracovávat?

„Ani ne, je toho celkem hodně. Pořád musím vypisovat žádanky pro přepravu pacientů nebo pacienty objednávat.“

4. Co si myslíte o současné úrovni digitalizace ve zdravotnictví?

„Digitalizace není na moc vysoké úrovni. Pořád se toho vede spousta v papírové formě.“

5. Jaké jsou podle Vás oblasti ve zdravotnictví, které by potřebovaly digitalizovat?

„Určitě by bylo vhodné snadnější sdílení dokumentů, protože pacienti pořád přicházejí s papírovými lékařskými zprávami. Mně osobně by nejvíce pomohlo nějaké objednání pacientů přes internet.“

6. Jaké jsou již digitalizované oblasti, které by bylo možné dále automatizovaně zpracovávat?

„To mě teď nic nenapadá, možná když teď funguje eRecept tak nějaký automatizovaný výpis léků.“

Příloha 2 – Kontakt na ordinujícího lékaře

Dermatovenerologická klinika FNB a 2 LF UK

Mudr. Beatrice Bížová

E-mail: beatrice.bizova@bulovka.cz

Budínova 67/2

Praha 8 - Libeň

180 81