

Vysoká škola ekonomická v Praze

Fakulta informatiky a statistiky



# **Návrh architektury distribuované databáze pro uchování servisní historie automobilu**

## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Studijní program: Informační systémy a technologie

Specializace: Vývoj informačních systémů

Autor: Bc. Martin Friedmann

Vedoucí diplomové práce: Ing. Dušan Chlapek, Ph.D.

Praha, prosinec 2022

## **Poděkování**

Na tomto místě bych především rád poděkoval svému vedoucímu práce panu Ing. Dušanu Chlapkovi, Ph.D. za odborné vedení této práce, jeho věcné připomínky, nápady na směřování práce a trpělivost. Současně bych rád poděkoval všem respondentům průzkumu, kteří si našli čas na vyplnění dotazníků. Dále bych chtěl poděkovat vyučujícím VŠE a spolupracujícím zaměstnancům společností ŠKODA AUTO a.s. a AUTO ELSO s.r.o. za cenné odborné informace, rady a názory poskytnuté v průběhu vypracovávání této práce. V neposlední řadě také rodině, která se mnou byla trpělivá a podporovala mě v průběhu studia i vypracovávání této práce.

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce pojednává o návrhu architektury distribuované databáze pro uchovávání servisní historie automobilu. Pro popis architektury byl zvolen modelovací jazyk ArchiMate. Architektura je specifická tím, že využívá koncept orientovaného acyklického grafu.

V práci je představena vybraná terminologie z oboru kryptografie a její aplikace v prostředí kryptoměn. Jedná se zejména o kryptografická primitiva, vybrané implementace technologie distribuované účetní knihy a konsensus mechanismy.

V rámci dotazníkového šetření jsou sbírány požadavky řidičů na architekturu. Formou rozhovorů se zástupci automobilového sektoru jsou zjišťovány jejich požadavky a případná omezení architektury. Na základě takto zjištěných požadavků je navržena a popsána architektura pomocí modelovacího jazyka ArchiMate. U architektury jsou popisovány business, aplikační a technologická vrstva. Závěrem je tento návrh validován expertem na technologie distribuované účetní knihy, zástupcem automobilového sektoru a zkušeným softwarovým architektem.

Přínosem této práce je poskytnutí podkladů pro rozhodování, zda takový systém realizovat či nikoliv. A následně předkládá dokumentaci architektury pro případnou realizaci systému.

## **Klíčová slova**

ArchiMate, Automotive, Decentralizace, Orientovaný acyklický graf, Servisní historie automobilu, Softwarová architektura

## **Abstract**

This diploma thesis discusses a design of a distributed database architecture for storing a car service history. An ArchiMate modeling language was chosen to describe the architecture. The architecture is characterized by using the concept of a directed acyclic graph.

In the thesis is explained terminology from the field of cryptography and its application in cryptocurrencies. These include cryptographic primitives, selected implementations of a distributed ledger technology, and consensus mechanisms.

A questionnaire survey of drivers gathered requirements for the architecture. Through interviews with the representatives of the automotive sector were identified their requirements and possible limitations of the architecture. The architecture is designed and described based on these requirements using the ArchiMate modeling language. Primarily the business, application, and technology layers of the architecture are described. In conclusion, the design is validated by an expert in distributed ledger technologies, a representative of the automotive sector, and an experienced software architect.

The main contribution of this thesis is to provide a basis for deciding whether to implement such a system. And then it presents the documentation of the architecture for the eventual implementation of the system.

## **Keywords**

ArchiMate, Automotive, Car service history, Decentralization, Directed Acyclic Graph, Software Architecture

# Obsah

Úvod .....	12
Vymezení problému .....	15
Oblast 1 – metody uchovávání servisní historie automobilu .....	15
Oblast 2 – aplikace DLT v automobilovém sektoru .....	15
Cíle práce .....	15
Dílčí cíl 1 – sběr požadavků na systém.....	16
Dílčí cíl 2 – návrh architektury systému.....	16
Dílčí cíl 3 – evaluace navrženého systému.....	16
Použité metody .....	16
Rešeršní strategie .....	16
Metody sběru požadavků .....	17
Metoda návrhu architektury systému.....	17
Metoda evaluace navrženého systému.....	18
Předpoklady a omezení .....	18
Význam a přínos.....	19
1 Rešerše literatury .....	20
1.1 Oblast 1 – metody uchovávání servisní historie automobilu .....	20
1.1.1 Historické metody uchování servisní historie.....	20
1.1.2 Současné metody uchovávání servisní historie .....	20
1.2 Oblast 2 – aplikace DLT v automobilovém sektoru.....	22
1.2.1 Technologie distribuované účetní knihy v automobilovém sektoru .....	22
1.2.2 DLT jako metoda uchování servisní historie .....	24
2 Představení základní konceptů a artefaktů z oblasti DLT .....	26
2.1 Problém Byzantských generálů .....	26
2.2 Kryptografie .....	27
2.2.1 Hashovací funkce.....	27
2.2.2 Asymetrická kryptografie .....	27
2.3 Technologie distribuované účetní knihy .....	28
2.3.1 Blockchain.....	28
2.3.2 Orientovaný acyklický graf.....	29
2.4 Mechanismus konsensu.....	31
2.4.1 Proof of work.....	31
2.4.2 Proof of stake.....	33

2.4.3 Proof of authority .....	34
2.5 Veřejný, privátní a hybridní blockchain .....	34
2.6 Orákulum .....	35
2.7 Decentralizované úložiště .....	36
3 Požadavky na systém .....	37
3.1 Vymezení pojmů z vlastního výzkumu a identifikovaných požadavků .....	37
3.2 Požadavky řidičů a vlastníků .....	39
3.2.1 Vlastnictví automobilu.....	40
3.2.2 Nákup ojetého automobilu.....	41
3.2.3 Systém uchování servisní historie automobilu.....	44
3.2.4 Demografie respondentů .....	46
3.3 Požadavky automobilky a autoservisu.....	47
3.3.1 Popis interview.....	47
3.3.2 Volba participantů.....	48
3.3.3 Vybrané části odpovědí participantů interview.....	48
3.4 Shrnutí a vyhodnocení požadavků.....	55
3.4.1 Funkční požadavky .....	55
3.4.2 Nefunkční požadavky .....	57
3.4.3 Rozhraní .....	59
3.4.4 Obchodní pravidla.....	60
3.4.5 Systémová omezení .....	61
3.4.6 Respektované standardy .....	62
3.4.7 Požadavky na dokumentaci.....	62
4 Modelovací jazyk ArchiMate .....	64
4.1 Vybrané vztahy použité v modelu .....	65
4.2 Vybrané elementy z business vrstvy použité v modelu .....	66
4.3 Vybrané elementy z aplikační vrstvy použité v modelu .....	67
4.4 Vybrané elementy z technologické vrstvy použité v modelu.....	67
5 Návrh architektury.....	68
5.1 Technické řešení a publikace dokumentace modelu .....	68
5.2 Pohledy na architekturu.....	70
5.2.1 Business vrstva.....	72
5.2.2 Aplikační vrstva .....	81
5.2.3 Technologická vrstva .....	84
5.2.4 Detail provozního záznamu.....	88

5.2.5 Detail servisního záznamu .....	89
5.2.6 Datový model.....	91
6 Evaluace navržené architektury .....	93
6.1 Vlastní hodnocení naplnění požadavků .....	93
6.2 Hodnocení architektury experty.....	96
6.2.1 Efektivita a soulad se standardy.....	97
6.2.2 Nástroj komunikace .....	98
6.2.3 Finanční a časová nákladnost tvorby, údržby a provozu.....	99
6.2.4 Rizika, kvalita a bezpečnost .....	99
6.2.5 Flexibilita a škálovatelnost.....	101
6.3 Shrnutí evaluace.....	101
Závěr.....	102
Možná rozšíření práce.....	104
Použitá literatura .....	105
Digitální přílohy.....	I
Příloha A: Dotazník.....	I
Příloha B: Výsledky dotazníku.....	I
Příloha C: Protokol interview .....	I
Příloha D: Matice mapování odpovědí a požadavků.....	I
Příloha E: Projekt s dokumentací architektury .....	I

## Seznam obrázků

Obrázek 1.1 Hype křivka společnosti Gartner pro technologii Blockchain (Litan 2021) ....	14
Obrázek 2.1 Problém Byzantských generálů .....	26
Obrázek 2.2 Jednoduchá struktura blockchainu .....	29
Obrázek 2.3 Orientovaný acyklický graf.....	30
Obrázek 2.4 Fork blockchainu.....	32
Obrázek 4.1: Porovnání ArchiMate Core a ArchiMate Full (The Open Group 2019a).....	64
Obrázek 4.2: ArchiMate vztahy použité v popisovaném modelu .....	65
Obrázek 4.3: Business elementy použité v popisovaném modelu .....	66
Obrázek 4.4: Aplikační elementy použité v popisovaném modelu.....	67
Obrázek 4.5: Technologické elementy použité v popisovaném modelu.....	67
Obrázek 5.1: Přehled celé architektury.....	68
Obrázek 5.2: CASE nástroj Archi.....	69
Obrázek 5.3: Dokumentace zveřejněná pomocí služby GitHub Pages .....	69
Obrázek 5.4: Rozcestník všech pohledů v modelu .....	71
Obrázek 5.5: Pohled na business vrstvu .....	72
Obrázek 5.6: Detailní pohled na business roli Automobil .....	79
Obrázek 5.7: Detailní pohled na business roli Autoservis .....	80
Obrázek 5.8: Detailní pohled na business roli Třetí strana .....	80
Obrázek 5.9: Detailní pohled na business roli Vlastník.....	81
Obrázek 5.10: Pohled na aplikační vrstvu .....	81
Obrázek 5.11: Pohled na technologickou vrstvu.....	84
Obrázek 5.12: Detailní pohled na Provozní záznam.....	89
Obrázek 5.13: Detailní pohled na Servisní záznam.....	90
Obrázek 5.14: Pohled na datový model architektury .....	92



## Seznam grafů

Graf 3.1 Způsoby uchovávání servisních záznamů využívané respondenty .....	40
Graf 3.2 Důležitost evidování jednotlivých záznamů o vlastním autě dle respondentů .....	41
Graf 3.3 Způsoby, jakými je ověřována pravost záznamů ojetých aut.....	42
Graf 3.4 Důvody, proč se respondenti rozhodli servisní záznamy neověřovat .....	42
Graf 3.5 Důležitost kontroly jednotlivých záznamů u ojetého auta dle respondentů .....	43
Graf 3.6 Míra souhlasu respondentů s vybranými tvrzeními .....	44
Graf 3.7 Vyhodnocení frekvence, v jaké by dle respondentů měla být automatizovaně sbírané provozní údaje automobilu.....	45
Graf 3.8 Vyhodnocení demografie vzorku respondentů .....	46

## Seznam tabulek

Tabulka 1.1 Počet dohledaných textů dle skupin aplikací .....	22
Tabulka 3.1 Slovník pojmů .....	39
Tabulka 3.2 Funkční požadavky .....	56
Tabulka 3.3 Nefunkční požadavky .....	58
Tabulka 3.4 Požadavky na rozhraní .....	59
Tabulka 3.5 Obchodní pravidla .....	60
Tabulka 3.6 Systémové omezení .....	61
Tabulka 3.7 Respektované standardy .....	62
Tabulka 3.8 Požadavky na dokumentaci .....	63
Tabulka 5.1: Přehled všech pohledů .....	71
Tabulka 5.2: Přehled business rolí .....	74
Tabulka 5.3: Přehled business služeb .....	75
Tabulka 5.4: Přehled business funkcí .....	77
Tabulka 5.5: Přehled business objektů .....	78
Tabulka 5.6: Přehled elementů aplikační vrstvy .....	83
Tabulka 5.7: Přehled technologických funkcí .....	85
Tabulka 5.8: Přehled artefaktů .....	86
Tabulka 5.9: Přehled elementů technologické vrstvy (bez tech. funkcí a artefaktů) .....	88

## Seznam zkratek

CASE	Computer-aided software engineering <sup>1</sup>
C2C	Car to Car communication <sup>2</sup>
C2X	Car to Everything communication <sup>3</sup>
ČR	Česká republika
DAG	Directed acyclic graph <sup>4</sup>
DLT	Distributed ledger technology <sup>5</sup>
DSR	Design science research <sup>6</sup>
EU	Evropská unie
FIS	Fakulta informatiky a statistiky
ICT	Information and communication technologies <sup>7</sup>
IoT	Internet of things <sup>8</sup>
PoW	Proof of work <sup>9</sup>
PoS	Proof of stake <sup>10</sup>
SPOF	Single point of failure <sup>11</sup>
ŠA	ŠKODA AUTO a.s.
VŠE	Vysoká škola ekonomická v Praze
WMS	Warehouse management system <sup>12</sup>

---

<sup>1</sup> Počítačem podporované softwarové inženýrství

<sup>2</sup> Komunikace automobilů s automobily

<sup>3</sup> Komunikace automobilu se vším

<sup>4</sup> Orientovaný acyklický graf

<sup>5</sup> Technologie distribuované účetní knihy

<sup>6</sup> Návrhový vědecký výzkum

<sup>7</sup> Informační a komunikační technologie

<sup>8</sup> Internet věcí

<sup>9</sup> Důkaz prací

<sup>10</sup> Důkaz zárukou

<sup>11</sup> Jediný bod selhání

<sup>12</sup> Systém řízení skladu

# Úvod

Představte si chorobopis pacienta, u kterého se pravidelně zaznamenávají tělesné údaje jako jsou výška, váha nebo krevní tlak, a dále také zdravotní úkony a operace, které pacient v průběhu času podstoupil. U automobilů se vedou obdobné záznamy formou servisní historie automobilu, která mimo jiné obsahuje provozní údaje, jako je například stav tachometru. Dále servisní historie auta může obsahovat pravidelné i nepravidelné servisní úkony, jako jsou předepsaná výměna oleje anebo oprava po dopravní nehodě.

Nejprve si řekněme, v jakém stavu je současný automobilový park v ČR. Dle statisticky Svazu dovozců automobilů (2021) je průměrné stáří automobilu v ČR více než 15 let. Historicky byly servisní záznamy vedeny v papírové podobě formou takzvané servisní knížky. Avšak takto uchovávané záznamy byly a stále jsou ve velké míře falšované. Automobilky na to reagovali tím, že servisní záznamy začali ukládat v digitální podobě v centralizovaných systémech. Průzkum společnosti Ernst & Young (Knap a Dušek 2021) zjistil, že 65 % řidičů, kteří vlastní auto je staré více než 8 let, s ním navštívilo nezávislý servis. Tato informace je důležitá, protože nezávislé autoservisy nejsou povinny zapisovat servisní záznamy do centralizovaných systémů jednotlivých automobilek. Z toho lze usoudit, že v ČR je nemalé množství automobilů, které vzhledem k jejich stáří, mají servisní záznamy vedené pouze formou servisní knížky, kterou lze snadno falšovat. Také lze usuzovat, že i u velké části podprůměrně mladších kusů, nejsou ani digitalizované záznamy zárukou pravosti a kompletnosti servisní historie automobilu.

Následně se můžeme podívat na sekundární trh s ojetými automobily. Ze statistický údajů (Svaz dovozců automobilů 2021) lze dále vyčíst, že ojeté automobily tvořili 43 % všech prodaných aut na českém trhu a průměrné prodané ojeté auto bylo staré 10,4 let. Z výše zmíněného průzkumu (Knap a Dušek 2021) také vychází, že při nákupu ojetého automobilu se dotázaní řidiči nejvíce rozhodují na základě garance počtu najetých kilometrů a původu automobilu (69 %) a transparentní historie vlastnictví, nehod a oprav automobilu (66 %). Respondenti mohli vybrat více odpovědí, proto celkový součet převyšuje 100 %. Společnost ŠKODA AUTO (2021) uvádí, že u 15 % nabízených ojetých aut dovezených ze zahraničí nebyly v servisní historii automobilu uvedeny všechny záznamy. Z analýzy společnosti Cebia (2021) dále vychází, že u třetiny nabízených ojetých aut došlo k manipulaci s tachometrem. O sekundárním trhu s ojetými automobily bylo v průzkumu zpracovaným Evropskou komisí (2018) napsáno, že se jedná o trh s vůbec nejmenší důvěrou zákazníků ze všech zkoumaných trhů v EU.

Na základě těchto informací lze usuzovat, že nemalá část automobilového parku v ČR nemusí mít servisní záznamy zcela v pořádku. A přitom současně však platí, že tyto auta stále tvoří podstatnou část sekundárního trhu s ojetými auty. Zejména u starších ojetin a aut dovezených ze zahraničí je častým jevem neoprávněná manipulace s udávanou hodnotou tachometru. Dále mnoho nabízených aut nedisponuje kompletními servisními záznamy, ve kterých chybí informace o prodělaných opravách po dopravních nehodách. Zákazníci jsou si vědomi těchto úskalí při nákupu ojetého automobilu, i přesto stále nejsou

tyto problémy uspokojivě vyřešeny. Problém informační asymetrie je popisován i v práci *The Market for Lemons: Quality Uncertainty and the Market Mechanism* (Akerlof 1978). Celá práce je popisována právě na příkladu trhu s ojetými auty. Profesor Akerlof za tuto práci získal v roce 2001 Nobelovu cenu za ekonomii.

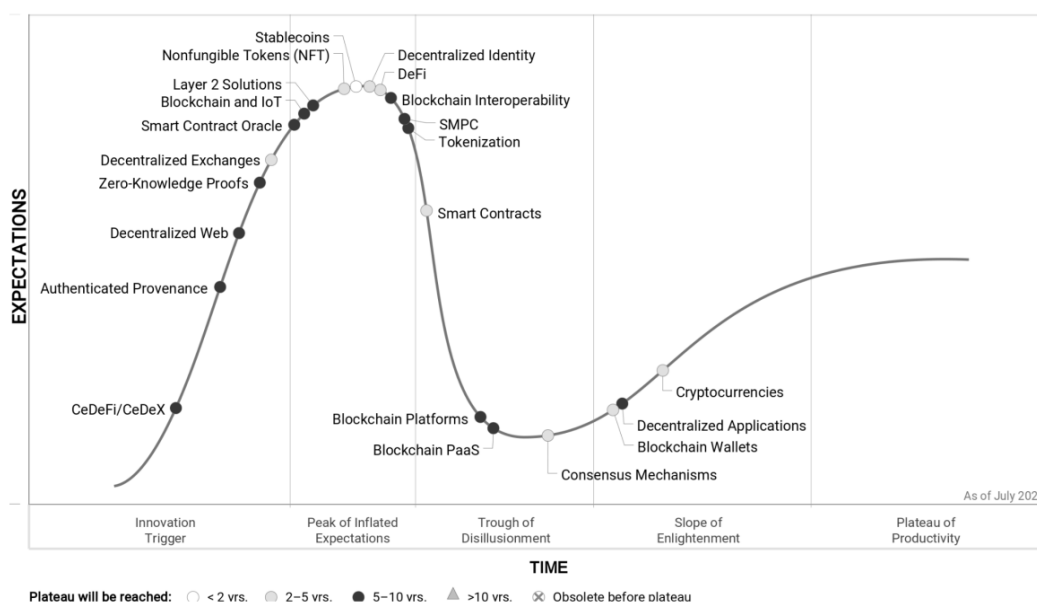
Jak bylo výše zmíněno, nástup široce dostupných informačních technologií poskytl nástroje, které automobilky využili k vytvoření systémů uchovávající servisní záznamy v digitální formě a centralizovaně, což mělo za cíl snížit množství podvodů, avšak za cenu řady nových problémů. Za prvé, z pohledu ICT infrastruktury, došlo centralizací ke vzniku SPOF neboli kritického bodu, který pokud selže, tak zapříčiní nedostupnost celého systému. Kvůli tomu je to právě velice lákavý cíl pro hackery, kteří mohou chtít uložená data ukrást, zmanipulovat, smazat nebo zkrátka jen systém zneprístupnit a tím přivodit automobilce nemalou finanční újmu. Za druhé, pokud majitel navštěvuje nezávislý autoservis, tak ani digitalizované záznamy nejsou zárukou pravosti a kompletnosti servisní historie. Za třetí mají řidiči komplikovaný přístup k těmto digitalizovaným záznamům. U řady automobilek lze digitalizované záznamy získat pouze zprostředkovaně přes autorizovaný autoservis.

Na samotném začátku práce, ve fázi formulace konkrétního problému, který chci řešit, jsem absolvoval sérii neformálních diskusí (Botorek et al. 2021) se zaměstnanci automobilky ŠKODA AUTO. Z těchto diskusí jsem se dozvěděl, že k servisním záznamům má komplikovaný přístup i samotná automobilka. Automobilka provozuje systém schraňující servisní záznamy a poskytuje tento systém jako službu autoservisům. Záznamy uchovávané v tomto systému jsou však vázané smluvním vztahem mezi zákazníkem a autoservisem, nikoliv automobilkou. Ona tak tyto data nemůže analyzovat. Výjimkou jsou případy, kdy se jedná o takzvané garanční úkony v rámci záruky na automobil, které autoservisu hradí automobilka. V takovém případě vystupuje automobilka jako další strana smluvního vztahu a má tak i přístup příslušným záznamům.

Když to tedy shrnu, tak problém uchovávání servisní historie není dostatečně ošetřený. Zájemci o koupi ojetého auta jsou konstantně vystaveni riziku podvodu, řidiči mají komplikovaný přístup k záznamům o vlastním automobilu, autoservisy mají dodatečné náklady spojené s pořízením licence pro přístup do centralizovaného systému. Samotná automobilka leč celý systém provozuje, tak má přístup jen ke zlomku uchovávaných informací. Současný systém tak není zcela vyhovující pro žádnou ze zúčastněných stran.

Během poslední dekády se objevil nový fenomén Web 3.0. Existuje více poměrně hodně odlišných definic popisujících, co se za tímto pojmem skrývá. Ale pro potřeby této práce se mi líbí popis od Gavina Wooda (Edelman 2021) jednoho ze spoluautorů kryptoměny Ethereum. Jeho definici bych popsal přibližně následovně. Web 1.0 si lze představit tak, že pouze vlastník platformy – webové stránky – mohl publikovat obsah na své platformě. Web 2.0 přidal možnost, aby všichni uživatelé mohli publikovat obsah na cizích platformách – sociálních sítích – s tím, že ale vlastník platformy má plnou autoritu a kontrolu nad platformou a publikovaným obsahem. Na webu 3.0 existují platformy, kde všichni uživatelé mohou publikovat, ale současné stále vlastní jimi publikovaný obsah a platforma nemá jednu centrální rozhodující autoritu.

V popředí tohoto nového fenoménu jsou potom zejména kryptoměny, které stojí zejména na DLT, které má potenciál být řešením pro všechny problémy zmíněné v předchozích odstavcích. DLT neboli Distributed Ledger Technology je koncept decentralizovaného uchovávání dat takovým způsobem, který umožňuje nezávislé ověření všech provedených operací díky čemuž nevyžaduje důvěru mezi zapojenými stranami. DLT je nadřazený název pro celou skupinu technologií, z nichž nejznámější je blockchain (Government Office for Science 2016). Tyto technologie jsou blíže vysvětleny v kapitole 2. Představení základní konceptů a artefaktů z oblasti DLT.



Obrázek 1.1 Hype křivka společnosti Gartner pro technologii Blockchain (Litan 2021)

Společnost Gartner (Litan 2021) uvádí, že plné zralosti dosáhne technologie blockchain jako celek nejpozději do 10 let a některé její dílčí koncepty již do 5 let. I automobilový sektor již začal studovat možnosti aplikování této technologie do svých obchodních modelů (BMW 2019; Renault Group 2020). Z veřejně publikovaných zdrojů jsem však dospěl k závěrům, že v současnosti jsou automobilkami zkoumány pouze možnosti aplikování technologie blockchain v rámci zlepšování řízení dodavatelského řetězce ve výrobě. A to zejména, protože expertů na tyto technologie je málo a benefity aplikace v dodavatelském řetězci jsou vyšší než u mnou řešeného problému.

Uchovávání záznamů servisní historie se však nabízí jako zjevný příklad, kam dál v automobilovém sektoru lze technologii blockchain aplikovat. Zřetězení všech záznamů zajistí, že uchovávané údaje nelze zpětně zfalšovat a tím výrazně, byť ne kompletně, zamezit podvodům s ojetými automobily. Princip pseudoanonymní veřejné databáze zase nabízí snazší přístup řidičů k uchovávaným záznamům. Klíčovou vlastností je, že taková databáze je volně zveřejněná, a tudíž k ní mají přístup všichni. Pseudoanonymní v tomto kontextu znamená, že všechny veřejně dostupné záznamy jsou identifikovány ke konkrétnímu autu pouze pomocí identifikátoru. Pouze majitel automobilu zná tento identifikátor a může tak snadno dohledat záznamy ke svému autu, a naopak všichni ostatní získají zcela anonymizovaná data. Decentralizace dále odstraňuje problém jediného kritického místa selhání a činí takový systém velice odolný vůči vnějším útokům. Provoz takto anonymizované databáze dává prostor vzniku nových obchodních modelů okolo.

## Vymezení problému

Celý řešený problém lze tedy rozdělit na dvě podoblasti. První podoblastí je skutečnost, že historické a současné metody uchování servisní historie vykazují závažné nedostatky. Druhou podoblastí je potom to, že automobilový sektor nevyužívá plný potenciál DLT.

### Oblast 1 – metody uchovávání servisní historie automobilu

Jak bylo výše popsáno, tak historické metody uchovávání záznamů servisní historie automobilů v papírové podobě formou servisní knížky lze snadno falšovat. Současné metody, kterými na tuto skutečnost automobilky reagovali, digitalizované záznamy v centralizovaném systému, řeší původní problém pouze částečně, a navíc přinesli řadu vlastních problémů.

### Oblast 2 – aplikace DLT v automobilovém sektoru

Významné nadnárodní konzultantské společnosti (Litan 2021; Ernst & Young 2019) predikují v budoucnu významné uplatnění technologie blockchain, ale automobilový sektor se k této příležitosti staví zatím rezervovaně. Z volně dostupných zdrojů jsem dospěl k závěru, že pouze pár automobilek pilotuje projekty postavené na DLT, a to navíc pouze v rámci úzkého zaměření řízení dodavatelského řetězce ve výrobě. Celé problematice Web 3.0 je automobilovým sektorem věnována menší pozornost, než by se dalo očekávat vzhledem k doporučením expertů.

## Cíle práce

Jednou větou lze hlavní cíl této práce popsat jako návrh architektury systému vyžívající DLT pro uchovávání servisní historie automobilu, protože současné metody vykazují závažné nedostatky, se zaměřením na řidiče a automobily značky ŠKODA AUTO, v kontextu České republiky.

Předmětem této práce je návrh architektury systému pro uchovávání servisní historie automobilů s využitím DLT. Pro automobilový sektor může být systém postavený na DLT zajímavý, protože odstraňuje některé nežádoucí vlastnosti současných systémů, jako je závislost na jedné centrální entitě. Současně v širším pohledu má takový systém potenciál vytvořit podhoubí pro nové obchodní modely. Profitovat z takového systému mohou všichni zapojení v systému. Všichni ti, kteří nějakým způsobem profitují ze snadno dostupné servisní historie auta. Ale v rámci práce návrh primárně podléhá požadavkům jedné automobilky a jejich zákazníků. Celá architektura je tak zasazena do kontextu aktuálního českého automobilového trhu. V textu jsou popsány současné metody uchování servisní historie automobilů a základní principy technologií distribuované účetní knihy.

## **Dílčí cíl 1 – sběr požadavků na systém**

Jako první dílčí cíl byl v souladu s metodikou DSR (Peppers et al. 2006) zvolen sběr požadavků na systém, jeho architekturu a samotná data, která bude systém uchovávat. Pro získání relevantních požadavků byli provedeny interview se zástupci automobilky za strany businessu i infromatických oddělení. Interview bylo dále provedeno se zástupcem autoservisu. Na konec byli získány požadavky také od samotných řidičů automobilů. Takto získané požadavky jsou shromážděny a kategorizovány do implicitní a explicitních požadavků na systém a jeho architekturu.

## **Dílčí cíl 2 – návrh architektury systému**

Druhý dílčí cíl nadále sleduje metodiku DSR (Peppers et al. 2006) a spočívá v samotném návrhu architektury, která je rozdělena do několika vrstev dle ArchiMate Core Framework (The Open Group 2019b), konkrétně do business, aplikační a technologické vrstvy.

## **Dílčí cíl 3 – evaluace navrženého systému**

A konečně třetí dílčí cíl, má za cíl ověřit navrženou architekturu experty, konkrétně zástupcem automobilky, odborníkem na DLT a softwarovým architektem.

## **Použité metody**

Samotný výzkumný proces byl proveden formou modifikovaného vědeckého návrhového výzkumu DSR neboli Design science research (Peppers et al. 2006). Metodika popisuje iterativní proces hledání řešení pro určitý problém. V průběhu procesu se nejprve identifikuje problém, následně definuje cíl, navrhne a demonstruje řešení, které je zhodnoceno, a na konec jsou prezentovány výsledky. Na základě této metodiky byly identifikovány i dílčí cíle, respektive postup vypracování této práce.

## **Rešeršní strategie**

Pro získání co nejkvalitnější a nejúplnější rešerše byly využity obě rešeršní strategie, tradiční i systematická. Tradiční rešerše dlouhodobě probíhala v průběhu celého podzimu a systematická následovala v prosinci 2021. Jedná se o velice dynamické prostředí a je možné, že v období mezi provedením rešerše a publikací této práce byly zveřejněny nové relevantní texty.

Texty analyzované během tradiční rešerše byly identifikovány zejména doporučením expertů a vyučujících, se kterými jsem konzultoval cíle práce. Tyto texty jsem následně subjektivně vyhodnotil, zda jsou pro tuto diplomovou práci relevantní a přínosné. Tyto zdroje nebyly dále nijak filtrovány na základě objektivních měřítek, jako je stáří nebo počet citací, protože se jednalo o specifické texty a bylo jich malé množství.



Pro systematickou rešerši jsou využity vyhledávače odborných akademických textů. Jako základní předpoklad vzniku této práce je její unikátnost a aktuálnost, respektive skutečnost, že v české akademické obci doposud nebyla vypracována kvalifikační práce na stejné nebo velice blízké téma. Proto byl využit vyhledávač vysokoškolských kvalifikačních prací Theses. Jako klíčová slova zde byli použity blockchain, DLT a automotive, které byly univerzálně použité pro hledání prací v českém, ale i anglickém jazyce. Na základě tohoto hledání mohu potvrdit, že doposud v českém akademickém prostředí nevznikla žádná obdobná kvalifikační práce.

Pro hlavní část systematické rešerše byl využit vyhledávač ACM Digital Library, který se specializuje na akademické texty z oblasti informatiky a počítačové vědy. Také byly využity všeobecné vyhledávače akademický zdrojů EBSCO, ProQuest a Google Scholar. Výsledky všech vyhledávačů byly omezeny na ty, které jsou volně dostupné, staré maximálně 5 let a psané v českém nebo anglickém jazyce. Pokud vyhledávač vrátil více než 100 výsledků, tak bylo ve vyhledávači zvoleno jejich řazení dle relevance a následně bylo analyzováno prvních 100 výsledků. Zúžený seznam výsledků byl postupně analyzován, nejprve dle názvu textu, následně dle abstraktu, a nakonec dle samotného obsahu textu. Konkrétní použitá klíčová slova pro jednotlivé podoblasti použitá pro vyhledávání jsou popsána kapitole Rešerše literatury.

## **Metody sběru požadavků**

V práci je zastoupen kvalitativní sběr primárních dat, specificky se jedná o sadu interview se zástupci automobilového sektoru. Kvalitativní forma průzkumu je zvolena, protože pro identifikaci některých požadavků je potřeba odpovědí od poměrně úzké skupiny specializovaných profesionálů – participantů.

Dále je využita klasická metoda kvantitativního sběru primárních dat – konkrétně online dotazníkové šetření mezi řidiči, pro získání zbylé části požadavků. Tato metoda je vhodná především proto, že kvantitativní metody umožňují získávat konkrétní, měřitelné a objektivní výsledky s možností jejich generalizace. Dotazník byl šířen elektronicky, především z důvodů možnosti sběru dat i za ztížených epidemiologických podmínek, možnosti oslovit větší množství respondentů a snazšímu následnému zpracování výstupů. Vyhodnocení dotazníkového šetření je provedeno pomocí deskriptivní a inferenční statistiky s využitím grafů a tabulek.

## **Metoda návrhu architektury systému**

Navržená architektura je popsána pomocí vizuálního modelovacího jazyka ArchiMate a jeho modelovacího rámce ArchiMate Core Framework. Tento modelovací jazyk je zvolen na základě konzultací s experty z akademické sféry i businessu. Jeho výhodou je, že pokrývá všechny architektonické vrstvy, které má tato práce za cíl navrhnout. Což by mělo zjednodušit čitelnost architektury jako celku a zlepšit propojenost jednotlivých vrstev architektury.

## Metoda evaluace navrženého systému

Evaluace návrhu je provedena tím způsobem, že dokumentace architektury je zaslána skupině složené z experta s doménovou znalostí automobilového businessu, experta se znalostmi DLT a softwarového architekta. Návrh bude evaluován vůči hodnotícím kritériím popsaných v knize *Tvorba informačních systémů: Principy, metodiky, architektury* (Bruckner et al. 2012, s. 238). Konečné hodnocení a komentáře expertů jsou součástí kapitoly 6. Evaluace navržené architektury. Tento zjednodušený způsob byl zvolen záměrně, protože u jiných sofistikovanějších metod je podstatná část evaluace založena na skutečné implementaci architektury. To není součástí této práce, a proto byly jiné metody vyloučeny.

## Předpoklady a omezení

Práce je omezena kontextem českého, potažmo evropského prostředí trhu s osobními auty. Dotazníkové šetření i interview jsou realizovaná mezi respondenty v ČR a interview jsou vedena pouze se zástupci automobilky ŠKODA AUTO a.s. Jedná o největší automobilku na českém trhu, a proto velice relevantní.

Vzhledem k omezeným kapacitám je rizikem dotazníkového šetření relativně malá velikost vzorku respondentů a jejich nerovnoměrné demografické zastoupení. Některé závěry mohou být založené jen na základně odpovědí těchto respondentů. Ti nemusí odpovídat pravdivě nebo nemusejí být dostatečně informovaní o dotazované problematice. To může průzkum dělat méně přesný kvůli nereprezentativnímu výslednému vzorku. Výhodou, ale naopak je, že takto připravený dotazník lze zopakovat s využitím patřičných kapacit na mnohem větším a reprezentativnějším vzorku respondentů.

V práci je záměrně zanedbána legislativa. Z úvodních konzultací s experty jsem došel k závěrům, že neexistují legislativní, respektive veřejnoprávní požadavky na uchovávání servisní historie auta. Pro automobilky jsou tyto záznamy závazné pouze z pohledu obchodního práva pro garanci záruky.

Návrh architektury je dopředu vázaný na jednu z technologií distribuované účetní knihy, což může znevažovat výsledek, pokud by se v průběhu práce ukázalo, že existují jiné technologie, které lépe odpovídají potřebě uchovávání servisní historie aut. Na druhou stranu rozhodnutí o využití DLT nebylo náhodné, nýbrž k němu bylo dospěno po předběžné rešerši.

## Význam a přínos

Zde je potřeba odlišit přínosy návrhového systému a této práce samotné. Navrhovaný systém má ambice řešit významný problém nejen českého trhu s ojetými auty, v podobě neúplné či falšované servisní historie auta. Z toho by následně mohli těžit řidiči, autoservisy či samotné automobilky, zkrátka všichni ti, kteří přicházejí se servisní historií automobilu do styku. Dalším přínosem realizace této architektury je vznik prostředí v rámci, kterého by jiní následně mohli vyvinout nové business modely postavené právě na snadno přístupných a digitalizovaných záznamech. Tato práce samotná nabízí podklady pro rozhodování, zda takový systém realizovat či nikoliv. A dále následně předkládá dokumentaci architektury pro případnou realizaci systému.

# 1 Rešerše literatury

## 1.1 Oblast 1 – metody uchovávání servisní historie automobilu

Pro rešerši v oblasti metod uchování servisní historie byly použity klíčová slova Digital Car Service Booklet, Car Service Booklet, Car Service Record Coupon a Digitální servisní kniha automobilu. Pro tato klíčová slova vyhledávač EBSCO vrátil pouze jeden jediný, ale nerelevantní výsledek. Naopak vyhledávače ProQuest a Google Scholar vrátily desetitisíce výsledků, ze kterých bylo následně v souladu s rešeršní strategií analyzováno prvních 100 výsledků hlouběji. Popis současného stavu poznání byl doplněn o skutečnosti zjištěné tradiční rešerší.

### 1.1.1 Historické metody uchování servisní historie

Nebyly nalezeny žádné relevantní odborné texty umožňující mi popsat historické metody uchování záznamů servisní historie. Pro získání historických informací o zavádění servisních knížek jsem se rozhodl kontaktovat pamětníka (Friedmann 2021), který má více než 50 let profesních zkušeností v oblasti servisování aut. Od něj jsem si nechal potvrdit, že v českém prostředí byly papírové servisní knížky běžnou výbavou automobilu přibližně od 60. let a obsahem se příliš nelišily od jejich současné podoby. Jedno z prvních aut, které v Česku standardně z výroby obdrželo servisní knížku, tehdy nazývanou jako servisní šek, byla Škoda 1000 MB. Zejména protože od počátku se mělo jednat auto, které motorizuje celé Československo, podobně jako předtím Ford model T nebo Volkswagen Typ 1, motorizovali Spojené státy, respektive Německo. Tím se nemalá část společnosti stala řidiči, kteří si však již nebyli schopni sami navrhnout vhodný servisní plán svého automobilu. Proto automobilka vytvořila jeden standardní servisní plán, který sledovali všichni řidiči. To umožnilo automobilce garantovat delší životnost auta. A pro sledování právě tohoto servisního plánu vznikl servisní šek, který umožňoval identifikovat, kterými pravidelnými servisními úkony automobil prošel a současně platil jako záruční list automobilu. Z pohledu automobilky vznikl koncept servisní knížky, primárně proto, aby jim umožnil garantovat záruku na auta.

### 1.1.2 Současné metody uchovávání servisní historie

Okolo roku 2010 začínají automobilky servisní historii automobilů digitalizovat. To bylo umožněno díky dostupnosti počítačů, které si již mohli pořídit všechny autoservisy. Automobilky byli motivovány záznamy digitalizovat zejména kvůli dlouhodobě přetrvávajícímu problému falšování servisní záznamů. Přístupy automobilek vykazují menší odlišnosti. Proto jsem prostudoval systémy pěti nejprodávanějších značek nových (Škoda 2022; Hyundai 2022; Volkswagen 2022b; Toyota 2022; Kia 2022) a ojetých (Škoda 2022; Volkswagen 2022b; Ford 2022; BMW 2022; Mercedes-Benz 2022) aut v ČR. Všechny se velice podobají. Základem je centralizovaná databáze spravovaná a provozovaná

samotnou automobilkou, do které autoservisy zapisují jednotlivé servisní úkony. Je však vidět rozdílný přístup v tom jakým způsobem jsou data z těchto systémů prezentována řidičům. Některé automobilky svazují servisní záznamy k online účtu řidiče, a nikoliv k autu samotnému. Pro prvního majitele automobilu to může být snadné řešení, ale je to problém pro majitele ojetých aut, kteří nemají přístup k záznamům předchozích majitelů a nemají tak přístup k celé historii auta. Rozdíly jsou také v tom, které údaje jsou takto zpřístupněné. Některé automobilky řidičům ukazují pouze aktuální stav tachometru, ale historický vývoj tachometru nebo servisních zákroků již ne. Část automobilek ukládá servisní historii v centrální databázi a souběžně lokálně v klíčku nebo palubní systému auta. Lokální kopii v automobilu lze číst s využitím speciálního hardwarového a softwarového vybavení i zcela nezávisle na dostupnosti přístupu k centrální databázi. Nezbytnost specializovaných nástrojů však toto činí pro běžného řidiče velmi nepraktické. Naopak jsou také popsány i případy neoprávněných úprav, a proto lokální kopie není zpravidla považována za důvěryhodnou a v případě nekonzistence jsou za pravdivé vždy považované údaje v centrální databázi. Doposud popisované varianty jsou pro řidiče ještě ty přívětivější. Ostatní automobilky relativně snadný přístup k digitalizovaným záznamům řidičům nenabízí vůbec. V těchto případech autoservis pouze předá řidiči po servisním úkonu protokol v papírové podobě, a je tak pouze na řidiči, aby si sám tyto záznamy obhospodařoval. V případě jejich ztráty nebo znehodnocení může řidič ještě navštívit autorizovaný servis, který nabízí službu vystavení nové papírové kopie těchto protokolů. Tato služba je ale zpoplatněná. Dále také nezávislé autoservisy nejsou povinny servisní úkony zaznamenávat do těchto centralizovaných systémů, a proto i digitalizované záznamy mohou trpět nekompletností. A v takovém případě řidiči již zbývá pouze papírový protokol, který když se ztratí nebo znehodnotí, tak je servisní historie automobilu nevratně ztracena.

Během konzultací jsem byl odkázán na portály erWin – Elektronische Reparatur und Werkstatt Information (Volkswagen 2022a) a AOS – Aftersales Online System (BMW Group 2022). Lze předpokládat, že obdobné portály provozují i další automobilky. Jedná se o portály, které existují na základě nařízení Evropského parlamentu (2007), a které primárně slouží nezávislým autoservisům pro přístup k servisním manuálům, ale sekundárně umožňují také číst a zapisovat servisní záznamy jednotlivých aut do centralizovaného systému automobilky. Tato sekundární funkcionality portálů je však zpoplatněna. To může být jedním z důvodů proč autorizované autoservisy zákazníkům nabízí službu vyhotovení nové kopie servisních protokolů pouze za poplatek a proč zejména menší nezávislé autoservisy nezapisují všechny servisní záznamy do těchto portálů. Na druhou stranu se zdá, že automobilky právě tímto způsobem spolufinancují celý centralizovaný systém uchování záznamů servisní historie. Během systematické rešerše na tyto portály překvapivě žádné zdroje neodkazují. Automobilky těmito portály cílí pouze na autoservisy, a nikoliv širokou veřejnost. Právě proto pravděpodobně na ně jiné zdroje příliš neodkazují, i přestože služby těchto portálů může využívat kdokoli.

## 1.2 Oblast 2 – aplikace DLT v automobilovém sektoru

Pro rešerši v oblasti aplikace DLT v automobilovém sektoru byla použita klíčová slova Blockchain, DLT a Automotive. Pro tato klíčová slova vyhledávač ACM DL vrátil seznam 85 výsledků, který byl dále zredukován na 25 relevantních textů. Popis současného stavu poznání byl doplněn o skutečnosti zjištěné tradiční rešerší.

### 1.2.1 Technologie distribuované účetní knihy v automobilovém sektoru

Určité obecné skutečnosti o technologiích z rodiny DLT a jejich významu pro automobilový sektor byly prezentovány již v úvodu, a proto jsem rešerši zacílil na představení aplikací DLT v tomto sektoru. Dle dohledaných odborných článků lze takto decentralizované aplikace v automobilovém sektoru kategorizovat do několika skupin. První skupinou jsou aplikace v rámci konceptů C2C a C2X. Široká veřejnost zná spíše populárnější označení IoT – internet věcí. Jedná se o princip datové komunikační sítě, do které jsou připojena zařízení, která nemusejí být přímo ovládána lidským uživatelem, například nejrůznější senzory, domácí spotřebiče nebo právě pro tuto práci významná autonomní auta. Výše zmíněné zkratky C2C a C2X představují podmnožinu těchto zařízení z oblasti automobilů. Dalšími skupinami jsou aplikace v oblasti poskytování mobility jako služby, aplikace v rámci systémů řízení dodavatelského řetězce ve výrobě automobilů, a hlavně uchování servisních záznamů, kterým se věnuje poslední část rešerše.

Skupina aplikací	Počet článků*
C2C	7
C2X	10
Mobilita jako služba	4
Řízení dodavatelského řetězce	3
Uchování servisních záznamů	10

\*Některé články popisují příklady z více skupin

Tabulka 1.1 Počet dohledaných textů dle skupin aplikací

Pro úplnost uvádím základní zdroj, ze kterého se inspiruje většina současných aplikací využívajících technologii blockchain. Tím zdrojem je Bitcoin Whitepaper (Nakamoto 2008).

První skupina příkladů užití se věnuje konceptu C2C neboli Car to Car, alternativně ještě V2V, Vehicle to Vehicle. Jedná se doposud spíše o teoretický koncept, kdy si auta připojená ke společné síti mezi sebou vyměňují zprávy. Předpokládá se, že v budoucnu bude mít tento koncept hlavní uplatnění v autonomních autech, která by si díky tomu mohla mezi sebou vykomunikovat bezpečnější a plynulejší provoz. Navrhované využití DLT zde spočívá zejména v identifikaci jednotlivých automobilů a zajištění soukromé komunikace.

Tyto příklady jsou popsány v článcích *A Blockchain-based Cross-domain Authentication for Conditional Privacy Preserving in Vehicular Ad-hoc Network* (Yang et al. 2021), *TangleCV: Decentralized Technique for Secure Message Sharing in Connected Vehicles* (Rathore et al. 2019) a *Toward a Distributed Trust Management scheme for VANET* (Kchaou et al. 2018).

Druhá skupina řeší problematiku C2X, V2X, C2I, V2I. Písmena X, a I v těchto zkratkách znamenají Everything, respektive Infrastructure. Car to Everything je koncept komunikace mezi automobilem a vnějším světem, zejména silniční infrastrukturou. Jako příklad ze současnosti lze uvést přístroje na placení mýtného v kamionech nebo ovládání nezávislého topení auta skrze mobilní aplikaci. DLT v těchto konceptech nachází uplatnění zejména pro platby za služby. V odborných článcích *Evaluation of electric mobility authentication approaches* (Gadacz 2021a) a *ChargeltUp: On Blockchain-based technologies for Autonomous Vehicles* (Pedrosa a Pau 2018) jsou představeny příklady užití v nabíjecí infrastruktuře pro elektromobily. Jiný příklad užití je evidence a placení parkovacích míst popsány v článku *TChain: A Privacy-Preserving Consortium Blockchain for Parking Charge Management* (Feng et al. 2021).

V textech se dále také často objevuje zkratka CPS, Cyber-Physical System, souhrnné označení pro systémy, které se skládají ze silně provázaných digitálních algoritmů a fyzických mechanismů. Mnoho současných automobilů je dnes zcela závislých na digitální řídicí jednotce auta a bez ní nejsou provozuschopné. Existuje riziko, že v případě poruchy nebo zneužití řídicí jednotky automobilu mohou být ohroženi cestující nebo lidé v blízkosti. V článku *On using blockchains for safety-critical systems* (Berger et al. 2018) je navrhováno využití blockchainu pro zvýšení softwarového zabezpečení automobilů při komunikaci v rámci C2C i C2X.

Třetí skupinou jsou aplikace pro poskytování mobility jako služby. Dle odborných článků se jedná o trend, kdy část řidičů nemá zájem o soukromé vlastnictví auta, ale preferuje určitou formu mobility v rámci sdílené ekonomiky. Jedná se zejména o trend Carsharingu a flexibilních operativních leasingů. Odborné texty pro tuto oblast popisují příklady peer to peer sítí sdílených automobilů, které si mohou řidiči půjčovat skrze takzvané chytré kontrakty, které jsou zapsané do blockchainu. Tato aplikace je popsána například v článku *A Review on Blockchain Technologies for an Advanced and Cyber-Resilient Automotive Industry* (Fraga-Lamas a Fernández-Caramés 2019).

Poslední skupinou jsou aplikace z oblasti řízení dodavatelského řetězce, z dohledaných aplikací se jedná o tu část, která se zdá být nejvíce připravené pro nasazení do produkčního prostředí. Odborné články jako výhody těchto aplikací uvádí vyšší ochranu před paděláním a vyšší transparentnost napříč celým dodavatelským řetězcem. Využití technologie blockchain v této oblasti popisují například články v *Enabling IC Traceability via Blockchain Pegged to Embedded PUF* (Islam a Kundu 2019), *The Current State of Blockchain Applications in Supply Chain Management* (Guerpinar et al. 2021) a *Collaboration in supply chains for development of CPS enabled by semantic web technologies* (Baumgaertel et al. 2018)

## 1.2.2 DLT jako metoda uchování servisní historie

Hlavním cílem rešerše bylo získat přehled o předchozích pokusech o navrhnutí systému pro uchovávání servisní historie s využitím technologie blockchain či jiné příbuzné technologie distribuované účetní knihy. Dohledal jsem překvapivě velké množství textů, které navrhuji právě využití technologie blockchain. Většina se však věnuje pouze velice povrchnímu představení, že takový systém může existovat, ale málokterý text jde hlouběji a představuje konkrétní návrh architektury.

V článku *A Review on Blockchain Technologies for an Advanced and Cyber-Resilient Automotive Industry* (Fraga-Lamas a Fernández-Caramés 2019) jsou pomocí SWOT analýzy identifikovány klíčové vlastnosti technologie blockchain v automobilovém sektoru. Za silné stránky jsou označeny provozní efektivita nebo robustnost. Naopak slabými stránky jsou nevyzrálость technologie a problémy se škálováním. Od vzniku článku zkoumaná oblast poměrně dospěla, a naopak se do popředí dostal jiný problém, který článek zmiňuje v menší míře, kterým je energetická náročnost. V dalších kapitolách je vysvětleno nakolik se jedná o slabinu anebo naopak zcela záměrné architektonické rozhodnutí. Analýza dále prezentuje, že navrhované aplikace se mohou stát konkurenční výhodou, zpřístupňovat nové business modely. Na druhou stranu je za hrozbu označena zejména přetrvávající nedůvěra široké veřejnosti.

Článek *A Blockchain-Based Vehicle Condition Recording System for Second-Hand Vehicle Market* (Jiang a Sun 2021) řeší právě problém uchovávání servisních záznamů na blockchainu. Autoři nešli cestou vlastní sítě, nýbrž záznamy ukládají pomocí chytrých kontraktů do veřejné sítě Ethereum. Práce bohužel nepopisuje architekturu navrhovaného řešení pomocí sofistikovaného modelovacího jazyka. Hlavní přínos této práce spočívá v tom, že autoři během vyhodnocování návrhu analyzovali množství transakcí a kapacitu sítě. Autoři došli k závěru, že minimálně pro potřeby Taiwanského automobilového parku, který generuje řádově nižší jednotky milionů záznamů denně, je kapacita sítě dostatečná.

Nejúplnější přehled o této aplikaci poskytuje práce Dr. Liudmily Zavolokiny z Curyšské univerzity, která s kolegy publikovala sérii článků analyzující tuto problematiku z různých pohledů. Zároveň zastupuje univerzitu v projektu Cardossier (Curichská univerzita 2020), který je tvořený konsorciem několika softwarových společností, univerzit, pojišťoven, veřejné správy, a v neposlední řadě samotných importérů a prodejců nových i ojetých aut ve Švýcarsku. Projekt má za cíl vytvořit systém na bázi blockchainu, který by shromažďoval všechna data o automobilu v průběhu jeho celého životního cyklu. Dr. Zavolokina v článcích *Is there a market for trusted car data?* (Bauer et al. 2020) a *Dealers of Peaches and Lemons: How Can Used Car Dealers Use Trusted Car Data to create value?* (Baumann et al. 2021) empiricky dokazuje, že zvýšení transparentnosti na trhu ojetými vytváří novou hodnotu na straně prodejce i kupujícího. Další články *Buyers of Lemons: Addressing Buyers' Needs in the Market for Lemons with Blockchain Technology* (Zavolokina et al. 2019) a *Buyers of 'lemons': How can a blockchain platform address buyers' needs in the market for 'lemons'?* (Zavolokina et al. 2020) prezentují výsledky dotazníků o potřebách zákazníků, kteří kupují ojetá auta ve Švýcarsku. A na základě toho následně navrhuji požadavky na systém využívající technologii blockchain adresující identifikované potřeby. Konkrétně dotazníky identifikovaly, že navrhovaný systém musí



umožňovat ze záznamů vytvořit časovou osu. Musí být jasný původ všech záznamů, respektive jejich autor, tak aby se dal vytvořit reputační systém, který zajistí že pravdivost dat vkládaných do systému. Dotazníky použité v těchto pracích mi jsou částečnou inspirací pro vlastní sběr primárních dat. Přestože je částečně financovaný švýcarskou veřejnou správou a do projektu je zapojeno několik univerzit, tak i v případě projektu Cardossier nikde není volně přístupný podrobnější popis architektury systému.

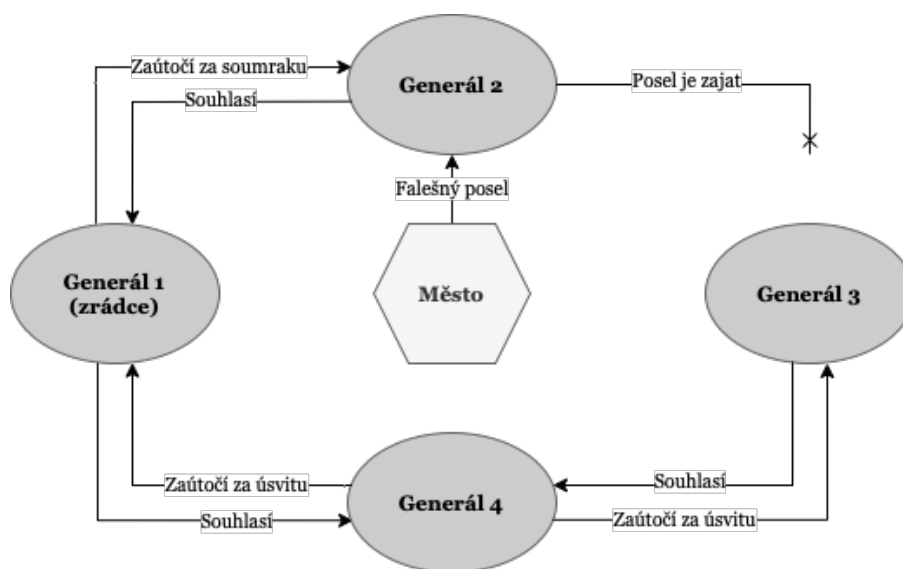
Tím by se dala shrnout celá řada aplikací využívající DLT pro uchovávání servisní historie automobilů. Existuje několik konkurenčních návrhů řešení. U žádného z nich však není zveřejněn detailní popis architektury pomocí sofistikovaného vizuálního modelovacího jazyka. Odborné články se převážně věnují pouze analýzám proveditelnosti, dopadům nebo analýzám nákladů a přínosů navrhovaných řešení.

## 2 Představení základní konceptů a artefaktů z oblasti DLT

Dříve v této práci, ale zejména v následujících kapitolách jsou použity některé informatické pojmy, které je potřeba více rozvést a podrobněji vysvětlit. Tomu se bude věnovat následující kapitola. Popisují zejména fungování technologie distribuované účetní knihy a různé způsoby její implementace.

### 2.1 Problém Byzantských generálů

Nejprve je potřeba vysvětlit hlavní problém, který by DLT měl řešit. Tím je takzvaný Problém byzantských generálů. Jedná se o problém z oblasti počítačové kryptografie. Prvně tento problém formálně popsal Robert Shostak (Lamport et al. 1982) ze Stanfordské univerzity, který problém studoval v rámci projektu pro NASA. Autor alegoricky popisuje fiktivní situaci, kdy několik Byzantských generálů obléhá město. Každý generál postaví vlastní tábor na jiné straně města. Pokud by některý z generálů zaútočil na město samostatně, neuspěje, protože nemá dostatek vojáků. Aby bylo město poraženo, musí zaútočit alespoň většina generálů současně. Jeden generál může vyslat posly k ostatní generálům s plánem, kdy má dojít k synchronizovanému útoku. Poslové však mohou být po cestě zajati nepřítelem. Dalším problémem je také to, že nelze ověřit, zda není posel podvodník. Navíc mohou být mezi generály zrádci, kteří se k útoku nepřipojí. Problém tedy zní, jakým způsobem mohou mezi sebou dojít ke konsensu entity bez centrální autority v prostředí, které nemohou kontrolovat. Tento problém se zdál být pro odborníky dlouhou dobu nevyřešitelný. Ačkoliv již dříve vznikly dílčí řešení, až teprve blockchain nabídl uspokojivé řešení tohoto problému.



Obrázek 2.1 Problém Byzantských generálů

## 2.2 Kryptografie

V jádru blockchainu, ale i jiných technologií distribuované účetní knihy hraje velice důležitou roli kryptografie. Proto zde vysvětlím dva koncepty kryptografie, které jsou v DLT nejvíce využívány, konkrétně hashovací funkce a asymetrickou kryptografii.

### 2.2.1 Hashovací funkce

Hash je produkt takzvané hashovací funkce (Pelikán a Henzler 2008). Jedná o matematickou funkci, respektive algoritmus, který má několik specifických vlastností. Umožňuje relativně rychle převést libovolně dlouhý vstupní řetězec znaků na jiný řetězec znaků o pevné délce, který se nazývá hash. Pro identický řetězec funkce vrací vždy stejný hash, ale sebemenší změna vstupního řetězce znaků vede ke zcela jinému výstupnímu řetězci o předem dané délce. Teoreticky existuje šance, kdy jeden výstupní hash může odpovídat více různým vstupním řetězcům znaků, ale pravděpodobnost, že by se tak stalo je natolik nízká, že se hashe běžně považují za unikátní. Další vlastností je jednosměrnost funkce. Relativně snadno lze ze vstupního řetězce vytvořit hash, ale z hashe prakticky nelze rekonstruovat původní vstupní řetězec znaků. Teoreticky to možné je, ale v současnosti používané hashovací funkce jsou natolik bezpečné, že výpočetní výkon potřebný k jejich prolomení je natolik enormní, že se to nevyplatí ani státním aktérům. Uvedu konkrétní příklad hashovací funkce SHA-256 (NIST 2015), která je v současnosti jedna z nejpoužívanějších a současně je stále považovaná za bezpečnou. Výstup, respektive hash této funkce může nabývat jedné z  $2^{256}$  hodnot. To je 115 792 089 237 316 195 423 570 985 008 687 907 853 269 984 665 640 564 039 457 584 007 913 129 639 936 možných hodnot. Šance, že útočník úspěšně zrekonstruuje původní řetězec znaků je tak 1 ku 115 quattuorvigintiliónů. Hash má podobu binárního řetězce složeného z 256 nul a jedniček, ale v praxi se většinou pro lepší čitelnost převádí do hexadecimální podoby o délce 64 znaků. Lze si představit příklad, že by touto funkcí byly vytvořeny hashe pro celou knihovnu tisíců knih. Jako vstup hashovací funkce by byl použit celý text knihy, která může obsahovat i tisíce znaků. Pro každou knihu by tak vznikl unikátní hash o délce 64 znaků. Pokud by se v libovolné knize změnila, byť jen jediná čárka, kniha by tím získala zcela jiný hash a tímto způsobem lze kontrolovat originalitu knihy pomocí 64 znaků bez toho, abychom museli kontrolovat tisíce znaků v knize samotné.

### 2.2.2 Asymetrická kryptografie

Kryptografie je věda zabývající se metodami šifrování informací (Pelikán a Henzler 2008). Klasická kryptografie využívá pro šifrování textu jeden klíč. Jako příklad lze uvést jednoduchou Caesarovu šifru, která spočívá v tom, že každý znak vstupního textu je nahrazený znakem posunutým o  $x$  míst v abecedě, kdy  $x$  je klíč šifry. Asymetrická kryptografie se oproti symetrické liší tím, že využívá klíče dva, privátní a veřejný. Privátní klíč zná pouze jeho majitel. Naopak veřejný znají všichni. Mezi oběma klíči existuje matematická vazba, která dvojici propůjčuje unikátní vlastnosti. Využití asymetrické kryptografie spočívá zejména v tom, že umožňuje šifrovat zprávy pro jednoho konkrétního adresáta anebo v podepisovat zprávy, takovým způsobem, že lze jednoznačně ověřit jejich

autora. Pro DLT je důležitý zejména druhý zmíněný příklad digitálního podepisování. Autor zprávy svým privátním klíčem podepíše zprávu. Takový podpis je hash celé zprávy zašifrovaný pomocí privátního klíče. Všichni příjemci zprávy mohou následně ověřit, že autor je tím, za koho se vydává, a že se zprávou nebylo nijak neoprávněně manipulováno. Příjemci mohou zkontrolovat autorem zašifrovaný hash zprávy tím způsobem, že ho dešifrují pomocí veřejného klíče, který je veřejně dostupný. Matematická vazba mezi veřejným a privátním klíčem způsobuje, že pouze hash zašifrovaný pomocí privátního klíče, který jak již bylo vysvětleno zná pouze autor zprávy, lze dešifrovat pomocí jeho veřejného protějšku, který znají všichni. Tím je ověřeno autorství zprávy. Příjemce si následně vytvoří vlastní hash zprávy a porovná ho s dešifrovaným hashem. Pokud se oba hashe shodují, je zpráva autentická. Takto si tedy příjemce ověří, zda je zpráva skutečně od uváděného autora a nebyla nijak během transportu upravena (Palovský 2019).

## 2.3 Technologie distribuované účetní knihy

Pod souhrnný název DLT neboli Distributed Ledger Technology lze zařadit více konceptů. V této práci jsou představeny dva zástupci – Blockchain a Orientovaný acyklický graf. Oba typy mají své výhody i nevýhody a volba jednoho z nich je tak vždy výsledkem určitého kompromisu.

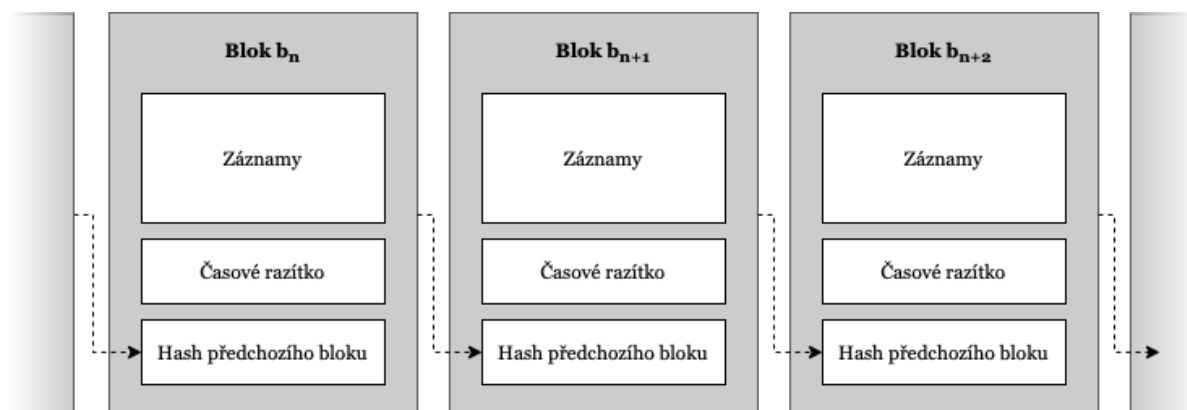
### 2.3.1 Blockchain

Co je to tedy blockchain? Jednou větou by se dal vysvětlit jako speciální způsob uchovávání dat. Odborněji se dá označit za lineární datovou strukturu. Základní princip blockchainu, ačkoliv tento název se ujal až později, byl popsán v Bitcoin Whitepaper jehož autorem je Satoshi Nakamoto (2008). Toto jméno je ale pouze pseudonym, pod kterým vystupoval na internetových diskusních fórech skutečný autor či autoři, kteří však nadále zůstávají v anonymitě. K autorství a Satoshiho identitě se přihlásilo již několik známých osobností světa kryptoměn, ale žádná z nich nedokázala uspokojivě prokázat, že jsou skutečným Satoshiem.

Název blockchain do značné míry objasňuje způsob, jakým jsou záznamy uchovávány. Jedná se o složeninu slov block a chain, neboli řetězec bloků. Princip je poměrně jednoduchý. Všechny záznamy jsou v chronologickém pořadí zařazeny do jednotlivých bloků. Pro nové záznamy poté vznikají nové bloky a každý blok má vazbu na předchozí blok, čímž právě vzniká jejich zřetězení. Jeden takový blok poté obsahuje záznamy, které vznikly v čase od zápisu posledního bloku, časové razítko pro identifikaci pořadí bloku, a hlavně hash předchozího bloku, který garantuje propojení na předchozí blok. Všechny bloky dohromady tvoří ledger, česky účetní knihu. Použité názvosloví je pozůstatek původního účelu blockchainu pro kryptoměny.

To, jak vznikají nové bloky, respektive jak dochází k zápisu nových dat je popsáno dále. Ale zde ještě vysvětlím, že v blockchainu nelze data mazat, a jejich editace je velmi omezená. Smazat starší blok nelze, protože by se tím přerušil řetěz bloků, což by způsobilo, že by nešli ověřit hashe v novější blocích. Úprava obsahu starších bloků není možná, protože sebemenší změna obsahu vede k tomu, že blok získá zcela jiný hash, čímž by se opět zcela přerušil

řetězec bloků. Změnu obsahu lze provést výhradně zapsáním nového bloku, který by obsahoval aktualizovaná data, ale původní data už na blockchainu zůstanou navždy, a tudíž kdokoliv uvidí, že data byla později pozměněna.



Obrázek 2.2 Jednoduchá struktura blockchainu

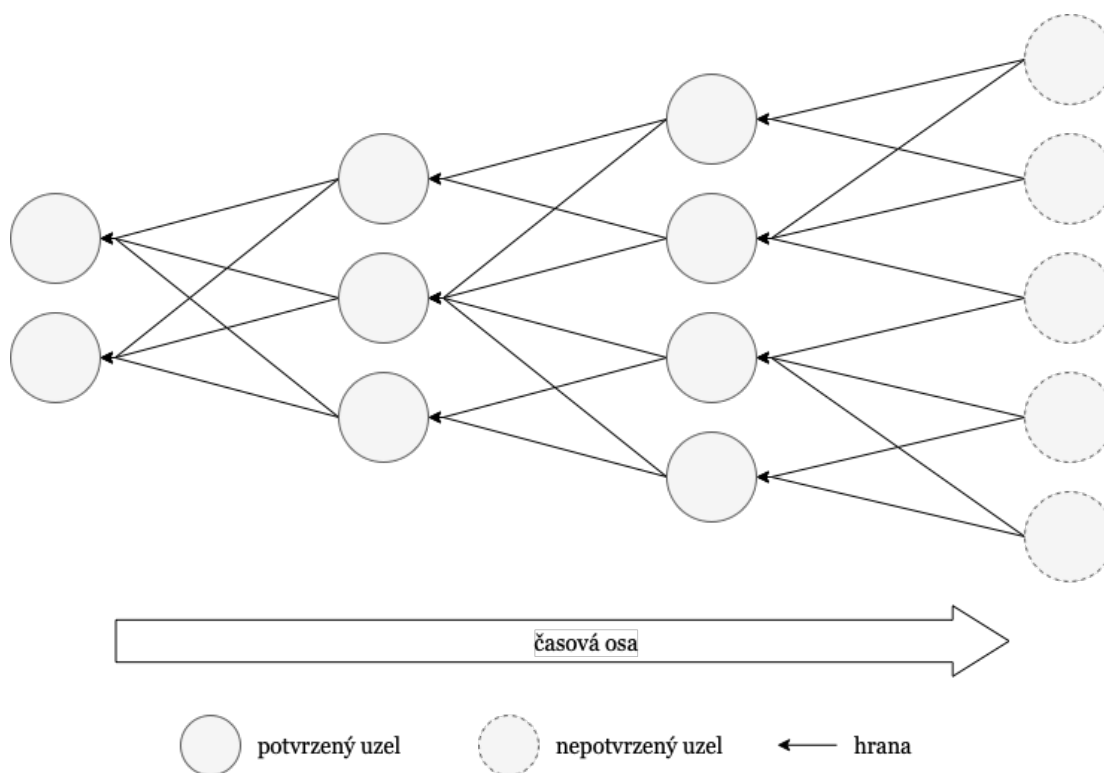
Provoz blockchainové sítě zajišťují nody, které se dělí dále na dvě skupiny subjektů, které se mohou překrývat. Mediálně známější jsou těžaři, ti vytváří nové bloky a je jim věnovaná pozdější kapitola o Proof of work. Možná důležitější skupinou jsou ale takzvané full nody, které uchovávají kompletní ledger a kontrolují práci těžařů. Blockchain může existovat v distribuované podobě. To znamená, že ledger může být uložený na více počítačích, které se nazývají node neboli uzel. Každý z nich může u sebe mít uloženou, kvůli úspoře místa, jen část řetězce bloků, například jen několik posledních bloků. To využívají zejména těžaři, kterým to stačuje, aby mohli těžit a kontrolovat nové bloky. Naopak Full node drží lokální kopii celého ledgeru a může a nemusí se přímo podílet na těžbě nových bloků. Full node primárně slouží ke dlouhodobému uchovávání blockchainu a ke kontrole ostatních těžařů. Full node kontroluje, zda hash v nově přidaném bloku odpovídá bloku předchozímu. Kontrola je nenáročná, protože jak bylo vysvětleno dříve, pokud je znám původní text, v tomto případě předchozí blok, tak lze pomocí matematické funkce snadno vytvořit jeho hash. Full nodů je méně, protože takový ledger může dosahovat velikosti i několik stovek gigabajtů.

### 2.3.2 Orientovaný acyklický graf

Lineární povaha blockchainu způsobuje, že blockchainové sítě špatně škálují. Do takové sítě se může připojovat čím dál více počítačů, ale propustnost sítě, množství zapsaných dat za jednotku času, zůstává zpravidla nezměněná. Větší množství připojených počítačů zapříčiní pouze vyšší zabezpečení sítě, protože se tím zvyšuje konkurence v soutěži o právo zápisu. Nakonec vždy ale může zapisovat v jeden okamžik pouze jeden těžař či validátor, a navíc jen do bloku o omezené velikosti. Jako reakce na tento nedostatek získala na popularitě alternativa k blockchainu v podobě orientovaného acyklického grafu.

Orientovaný acyklický graf je datovou strukturou ze skupiny grafových databází. V odborných textech se často využívá také zkratka anglického překladu DAG – Directed Acyclic Graph. Využívá jej například projekt IOTA (Frankenfield 2021). Tato metoda sdílí s blockchainem dvě klíčové vlastnosti. Obě technologie umožňují ukládat záznamy decentralizovaně a distribuovaně, obě však k tomu využívají zcela jinou strukturu ukládaných záznamů.

Orientovaný acyklický graf se skládá ze dvou druhů artefaktů – hran a uzlů. Ty je potřeba neplést s nody v blockchainu, které se občas překládají také jako uzly. Zde uzly představují jednotlivé transakce a lze je přirovnat k blokům v blockchainu. Obdobně jako v blocích, i zde každá transakce obsahuje záznamy samotné, časové razítko a minimálně dva hashe starších uzlů. Tyto hashe zde reprezentují druhý artefakt, kterými jsou hrany, v tomto případě orientované, protože vedou jedním směrem od novější transakcí k těm starším. Jinak řečeno novější uzly obsahují odkazy na starší a tvoří tak mezi nimi vazby. Všechny uzly se dále dělí na potvrzené a nepotvrzené. Potvrzeným se uzel stává ve chvíli, kdy na něj odkazuje novější uzel.



Obrázek 2.3 Orientovaný acyklický graf

Když chce uživatel zapsat novou transakci, respektive nový uzel, náhodně vybere dva nepotvrzené uzly, které ověří. Pokud by se nějaký uzel nepodařilo ověřit, vybere se jiný nepotvrzený uzel. Tímto způsobem je zajištěno, aby v síti byly uloženy pouze validní uzly. Poté co uživatel úspěšně ověří dvě nepotvrzené transakce, zapíše nový nepotvrzený uzel, který slouží jako důkaz pravosti dvou kontrolovaných uzlů, které se tak stávají potvrzenými.

Všechny počítače zapojené do sítě využívající tuto metodu mají stejnou roli. Nejsou zde žádní těžaři ani validátoři. Jak vyplývá z obrázku 2.3 výše, síť není omezena tím, že by nový blok v daný moment mohl zapisovat jen jeden počítač. Není tak potřeba, aby mezi sebou

těžaři či validátoři soutěžili o právo zápisu. Síť je tak poměrně energeticky efektivní, protože výpočet jednoho uzlu obstarává vždy jeden počítač. Díky tomu, že jedna nová transakce potvrzuje dvě předchozí, tak celá síť výborně škáluje, a dokonce s vyšším provozem se stává ještě rychlejší. Pro uzly platí, že získávají důvěryhodnost kumulativně. Váha důvěryhodnosti uzlu je tak součtem vah všech novějších uzlů, který na něj odkazují. I zde platí, že počítač připojený k takové síti nemusí mít lokálně stažený obsah celé historie sítě, ale pouze část nových uzlů.

## 2.4 Mechanismus konsensu

Dříve jsem popsal, jak blockchain vypadá, kdo a jak jej uchovává a zbývá tak zodpovědět otázku jakým způsobem vznikají nové bloky. Klíčovou vlastností blockchainu je, že je decentralizovaný, a tudíž neexistuje jedna centrální autorita, která určovala kdy nový blok vznikne a co bude jeho obsahem. O vznik nových bloků se stará skupina takzvaných těžařů. Nový blok vždy generuje jeden z těchto těžařů. Protože v systému není centrální autorita musí těžaři sami dojít konsensu o tom, kdo z nich nový blok vytvoří. Různé metody této volby se souhrnně nazývají mechanismy konsensu. Na následujících řádcích jsou představeny nejpobulárnější metody využívané v různých DLT sítích.

### 2.4.1 Proof of work

Tím patrně vůbec nejpobulárnějším, ale hlavně praxí ověřeným mechanismus konsensu je Proof of work neboli důkaz prací. Využívá jej například i samotný bitcoin (Nakamoto 2008) a ještě do nedávna také ethereum (Buterin 2014), v době vzniku této práce dvě nejpobulárnější kryptoměny.

Nové bloky vznikají tím způsobem, že se těžaři pokouší vytvořit hash předchozího bloku, který obsahuje určitý počet nul. Protože hashovací funkce pro jeden konkrétní blok vždy vrací stejný výsledek, který nemusí mít na konci požadovaný počet nul, je k bloku navíc přidána nonce, náhodný řetězec znaků. Těžař zkouší různé nonce tak dlouho dokud se mu nepodaří vytvořit hash s požadovaným počtem nul. Těžař, který jako první takový hash vytěží, respektive vypočítá, získává právo určit podobu nového bloku. Jak jsme si již vysvětlili, hashovací funkci nelze spočítat reverzně, způsobem, že by těžař vzal hotový hash s požadovaným počtem nul a k němu vypočítal blok se správnou noncí. Těžař je tak nucen nonci hádat hrubou silou výpočetního výkonu, čímž právě vzniká důkaz odvedenou prací těžaře, který musel dedikovat výpočetní výkon a spotřebovat elektřinu k dosažení požadovaného výsledku.

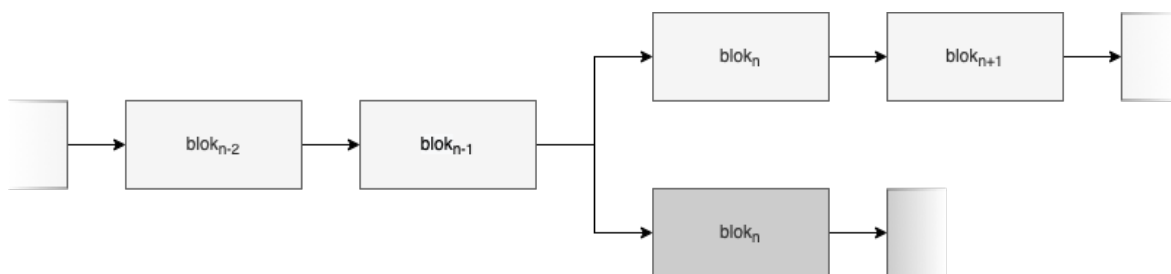
Motivací, respektive odměnou pro těžaře, za to že odvedl práci je právo zapsat jím určené záznamy do nového bloku. Těžař si tak může účtovat poplatek od uživatelů, kteří chtějí uložit svůj záznam do blockchainu. V případě některých kryptoměn lze pomocí nového bloku navíc emitovat novou virtuálních minci, která také náleží těžaři. Těžař je motivovaný tyto nové mince směnit za některou ze státních měn, aby mohl zaplatit elektřinu spotřebovanou během těžby. Tímto způsobem se následně dostávají nové mince do širšího oběhu.

Výhodou této metody je možnost regulovat obtížnost těžby zvyšování anebo naopak snižování počtu nul, které musí obsahovat nově vytěžený blok. Když se zvyšuje počet těžařů, anebo narůstá efektivita těžících počítačů, zvýší se tím výpočetní výkon dedikovaný

pro hledání správného hashe, který je tak v průměru nalezen rychleji. Množství takto dedikovaného výpočetního výkonu se nazývá hashrate a říká nám kolik hashů vypočítá celá síť za jednotku času. Analogicky platí, že nižší hashrate způsobí delší průměrný interval mezi nalezením validního hashe. Například bitcoinová síť je nastavena způsobem, kdy každých 2016 bloků dochází k úpravě obtížnosti, tak aby byl nový blok vytěžen přibližně v 10minutových intervalech. Každý těžař nezávisle pravidelně vypočítá průměrnou dobu vytěžení posledních 2016 bloků a na základě toho upraví, dle dopředu známého algoritmu, s jakou obtížností bude těžit následujících 2016 bloků. Protože tento výpočet dělá každý těžař i node nezávisle, pokud by se jeden těžař rozhodl obtížnost nezvýšit, ostatní by od něj takové bloky nepřijali.

Tento způsob získání konsensu je vysoce energeticky neefektivní, ale zaručuje nejvyšší možnou míru zabezpečení, protože i případný útočník by v takovém případě musel spotřebovat enormní množství energie. Pokud by se útočník pokusil změnit obsah staršího bloku  $b_n$ , změnil by se tím hash celého bloku  $b_n$ . Útočník by tak musel nahradit hash bloku  $b_n$ , který je obsažený v následujícím bloku  $b_{n+1}$ , čímž by se změnil hash celého bloku  $b_{n+1}$ . Analogicky by se rekurzivně změnil následující blok  $b_{n+2}$ , respektive by se tímto způsobem postupně změnili všechny následující bloky. Například v bitcoinové síti je za nezměnitelný považovaný záznam hluboký šest bloků, to znamená že od zápisu bloku, který obsahuje záznam, bylo zapsáno další pět navazujících bloků. Útočník by tak musel disponovat výpočetním výkonem, aby stihl vytěžit těchto šest bloků. První blok obsahující záznam plus pět navazujících bloků, a to celé navíc rychleji, než zbytek sítě stihne vytěžit jen jeden blok.

Ale útočník nemusí jít tak hluboko. Řekněme, že útočník chce udělat neoprávněnou změnu v bloku, který je aktuálně těžený. Může se pokusit být tím, kdo nový blok vytěží, získá tak právo zápisu, to je však nepravděpodobné. Navíc nezávislé nody mohou kontrolovat kromě hash, i samotné záznamy. Podvrh tak mohou zahodit jako neplatný. Ale řekněme, že útočník kontroluje 51 % všech nodů a těžařů. Poté nemusí vytěžit nový blok jako první, nýbrž pouze nové bloky, které vznikly dříve zahodí a použije vlastní blok. Toto se nazývá 51 % útok. Útočník by tím však dosáhl pouze takzvaného forku, rozvětvení blockchainu. 51 % sítě pod kontrolou útočníka by pokračovalo s jeho blokem dál, zatím co zbylých 49 % by jej odmítlo a pokračovalo vlastní větví. Následovalo by schisma mezi samotnými uživateli sítě o tom, jakou z větví uznat za legitimní. Útočník by tak musel věnovat značné úsilí, kvůli velice nejistému výsledku.



Obrázek 2.4 Fork blockchainu



Forky jsou relativně běžnou záležitostí, ale spíš než kvůli vnějším útokům, vznikají nejčastěji při zavádění nových funkcí, oprav nebo úprav podmínek dané blockchainové sítě, kdy skupina autorů se mezi sebou rozhádá a rozdělí, nebo se nové podmínky nelíbí některým komunitám uživatelů či těžařů, kteří úpravy odmítnou a pokračují při zachování statusu quo.

### 2.4.2 Proof of stake

Na vysokou energetickou náročnost bitcoinu, který využívá Proof of work, bylo poukazováno již nedlouho po jeho vzniku. V reakci na to získal popularitu Proof of stake, což se dá přeložit jako důkaz zárukou (QuantumMechanic 2011). V současnosti se jedná patrně o druhou nejpopulárnější metodu dosažení konsensu na blockchainu a aktuálně se začíná využívat například i v etheru.

Tato metoda se diametrálně liší tím, že zde vůbec nedochází k těžbě. I zde se provozovatelé sítě dělí na dvě skupiny. Nody, které zastávají stejnou funkci. Ale místo těžařů zde vystupuje skupina takzvaných validátorů. Entita se může stát validátorem poté co složí záruku, typicky v méně daného blockchainu, v předem určené výši. Tato záruka se v blockchainu zamkne pomocí chytrého kontraktu. Chytrý kontrakt je kus počítačového kódu zapsaného do blockchainu v podobě běžné transakce, a tudíž je veřejně známý. Validátor určí peněženku, kde je záloha uložena, se kterou následně nemůže nijak nakládat. Respektive ostatní nody a validátory budou, v souladu s počítačovým kódem v chytrém kontraktu, zahazovat bloky, které by obsahovali transakce s touto peněženkou. Jedinec se tak musí nejprve vzdát role validátoru, tím splnit podmínku v chytrém kontraktu, aby s těmito prostředky mohl znova nakládat.

Jak vznikají nové bloky? V pravidelném intervalu se ze skupiny validátorů vybere ten, který složil největší zálohu. Ten následně zapíše nový blok. Neoperuje se zde s žádnou noncí, kterou by bylo potřeba opakovaně hádat hrubou silou. Pouze se zde spočítá jediný jednoduchý hash předchozího bloku.

Jedinou odměnou pro validátor jsou zde tak pouze poplatky od uživatelů. Žádné nové mince se tímto způsobem neemitují. Od toho, aby validátor nepodváděl, ho má odradit primárně záruka, kterou složil a o kterou by přišel, pokud by ostatní validátory na podvod přišli. Výše záruky proto bývá nastavena záměrně poměrně vysoko.

Hlavní výhodou oproti Proof of work je zde spotřeba elektřiny. V rámci jedné transakce se počítá jediný hash na místo přibližně 200 milionů hashů, které v současnosti počítá bitcoinová síť každý 10 minut. Naopak hlavní nevýhoda spočívá v tom, že metoda Proof of stake zdaleka není tolik ověřená reálnými aplikacemi. Kritici dále zmiňují centralizaci moci, kdy vlastníci většího množství měny se mohou složit mnohem větší záruku a tím si uzurpovat kontrolu nad sítí. Dále je kritizována vlastnost, kdy metoda vede k tomu, že v průběhu času čím dál větší množství prostředků je uzamčeno v záruce a méně prostředků se využívá ke svému původnímu účelu.

Dílčí variací je pak Delegated Proof of stake, který řeší hlavní nedostatek Proof of stake, kterým je tendence k centralizaci moci validátorů do rukou bohatých. Delegated proof of stake přináší inovaci v podobě stakeholderů, kteří složí zálohu a svou validátorskou roli delegují na jinou reprezentující entitu. Více menších stakeholderů takto může spojit síly a vytvořit validátora, který disponuje zálohou ve výši součtu záloh jeho stakeholderů. Případnou odměnu pro validátora si pak stakeholderi poměrně rozdělí. Ostatní neduhy Proof of stake však i zde přetrvávají.

### **2.4.3 Proof of authority**

Pro úplnost uvádím i Proof of authority neboli důkaz autoritou. Jedná se však spíše o minoritně využívanou metodu, vhodnou převážně pro privátní a hybridní blockchainya. Jako příklad mohu uvést kryptoměnu VeChain (VeChain Foundation 2022). U této metody je určena skupina validátorů, kteří mohou zapisovat nové bloky. Každý validátor je prokazatelně svázaný s identitou osoby ve fyzickém světě, která představuje autoritu. Může se jednat o jedince či organizaci. Poškození důvěryhodnosti validátoru tak má přímý dopad i na reputaci přidružené identity ve fyzickém světě a může mít pro ni právní i ekonomické důsledky. Vlastník identity je tak motivován, aby validátor zůstal nekompromitován.

Hlavní výhodou je vysoká výkonnost, oproti jiným mechanismům konsensu. Naopak zásadní problém této metody tkví ve způsobu výběru autorit. U dohledaných příkladů se vždy jednalo o subjektivní rozhodnutí autorů daného projektu, kteří právo stát se validátorem poskytli svým investorům či si jej ponechali pro sebe a všechny validátory provozují sami, na základě své autority. U většiny takových projektů shledávám nedostatek decentralizace. Tyto blockchainya mají obecně pouze několik málo validátorů, které jsou veřejně známé. To činí tyto blockchainya zranitelné vůči cíleným kybernetickým útokům typu Denial of Service.

Proof of stake a Proof of authority jsou si velice blízké. Někteří autoři dokonce metodu důkazu autoritou označují pouze za speciální druh metody důkazu zárukou. Skutečností je, že existují i projekty jako je Binance Coin (Binance 2020), který využívá hybridní metodu. Na základě důkazu zástavou je vybráno 21 největších validátorů, ze kterých se v druhém kole důkazem autoritou vybere ten, který zapíše nový blok.

## **2.5 Veřejný, privátní a hybridní blockchain**

Byly zmíněny privátní a hybridní blockchainya. Stejně jako pro jiné metody uchovávání dat, i pro blockchain platí, že u něj lze spravovat oprávnění číst a zapisovat bloky. Podle toho, kdo má oprávnění číst a zapisovat data se rozlišují veřejné, privátní a hybridní blockchainya (Wegrzyn a Wang 2021).

Nejběžnějším typem je veřejný blockchain. Zde platí, že node si může pořídit kdokoli. Ledger je v takové síti zcela veřejný a můžou si jej stáhnout všechny nody. Ve chvíli, kdy node drží lokální kopii ledgeru, tak v něm může i libovolně číst. Pro veřejný blockchain dále platí, že všechny nody se mohou ucházet o právo zápisu nových bloků.

Některé společnosti poté, co technologie blockchain získala na popularitě začaly hledat způsoby, jak tuto technologii aplikovat do svého businessu. Vznikla řada aplikací, kde však bylo nežádoucí, aby měla přístup k datům uchovávaným na daném blockchainu široká veřejnost. Typickým příkladem jsou interní systémy řízení dodavatelského řetězce. Proto začaly vznikat takzvané privátní blockchainy, kde platí striktní omezení, kdo se může stát nodem, čímž je dále přímo omezeno, kdo může číst záznamy a kdo se může ucházet o oprávnění zápisu nových bloků. O tom, kdo si může pořídit node v takové síti rozhoduje jedna společnost. Pokud se jedná o neveřejný blockchain, ve kterém rozhoduje více společností, pak se nazývá federativní nebo konsorční blockchain.

Konečně třetí variantou jsou hybridní blockchainy. Z názvu lze odvodit, že se jedná o typ na pomezí veřejného a privátního blockchainu. Avšak mají mnoho různých podob, které se nedají zobecnit a jednoduše souhrnně popsat. Není zde přesně vymezená terminologie. Může, ale nemusí se jednat o takové systémy, kde je omezeno, kdo si může pořídit node, a kdo může zapisovat nové bloky. Ledger je v tomto případě veřejně dostupný a kdokoli, i vně sítě, může číst záznamy.

## 2.6 Orákulum

Blockchainové sítě kryptoměn jsou deterministické. To znamená, že každý full node, který má lokální kopii celého ledgeru, který obsahuje všechny proběhlé transakce, může vypočítat zůstatky všech účtů a mohou tak snadno ověřit validitu nových transakcí. Nody nepotřebují žádné další informace, vše je obsažené v ledgeru. Co však v základu blockchainovým i DAG sítím chybí je důvěryhodná vazba na vnější svět. Příkladem budiž decentralizovaná pojišťovna, která uzavírá pojistky se zemědělci na jejich úrodu formou chytrých kontraktů. Jakým důvěryhodným způsobem se chytrý kontrakt dozví informaci o počasí a výši úrody na základě, které se bude rozhodovat o plnění pojistky? Zde vstupují na scénu orákula, někdy nazývaná také jako blockchainový middleware. Existují různé komplexní služby či systémy orákul. Ty jednodušší využívají jediný vnější zdroj informací a nabourávají tím celý koncept decentralizace blockchainu. Složitější systémy jako například Chainlink využívají celou síť zdrojů (Breidenbach et al. 2021). Každý zdroj v této síti získává nebo naopak ztrácí reputační skóre. Konzument informací z této sítě získává výsledek, který je kombinací informací z více zdrojů, které jsou navíc váženy reputačním skóre původce. Tímto způsobem je dosaženo alespoň částečné decentralizace původu informací ze světa mimo daný blockchain. Ale pokud informaci lze získat i mimo blockchain pouze z jednoho informačního zdroje, je princip decentralizace narušen tak či tak, nehledě na to, kolik orákul tuto informaci přenese do blockchainové sítě.

## 2.7 Decentralizované úložiště

DLT sítě samotné nejsou vhodné pro uchovávání velkých mediálních souborů jako jsou obrázky, audio či video, protože velikost jejich bloků typicky dosahuje pouze jednotek megabajtů. V praxi se ukazuje, že velké soubory není třeba štěpit na menší části a ty zapisovat napříč několika bloky, nýbrž postačuje vytvořit a do bloku uložit hash souboru a odkaz na externí úložiště, kde je soubor uložen v plné velikosti. I zde je potřeba dát pozor na volbu externího úložiště, které nekompromituje princip decentralizace. Pokud by originály byly uloženy na jednom centralizovaném úložišti, které by přestalo existovat pak by se všechny soubory nenávratně ztratili, protože samotné hashe uložené v blockchainu nestačí pro obnovu originálů.

Proto je třeba zvolit decentralizované, distribuované úložiště. Nejpopulárnější takové úložiště je síť BitTorrent. Pro potřeby této práce, ale existuje vhodnější alternativa v podobě IPFS neboli InterPlanetary File System. IPFS síťový protokol, v rámci kterého si počítače sdílejí data přímo bez centralizovaných webových serverů (Schilling et al. 2022). Klíčovou vlastností IPFS je využití obsahového adresování na místo běžnějšího adresování dle umístění. Uživatel tak vůbec nemusí znát lokaci, kde je soubor uložen, nýbrž poptává v síti soubor s konkrétním hashem. Tím že do sítě vysílá pouze hash zůstává komunikace relativně soukromá, protože pouze počítače, které mají originál v plné kvalitě dokážou identifikovat, že vysílaný hash odpovídá právě tomuto souboru a zašlou jej zpět jako odpověď. Stejný soubor může mít uloženo více počítačů v síti, což by mělo vést k tomu, že odpověď s poptávaným souborem lze získat rychleji, protože počítač zasílající odpověď může být umístěn geograficky blíže v porovnání s tradičními systémy, které využívají centralizované úložiště. Síť ale negarantuje dostupnost všech souborů současně. Problém nastává, pokud se odpojí počítač, který má jako jediný uložený hledaný soubor. Soubor se tak stává zcela nedostupný.

Samotní autoři IPFS proto navrhli odvozený systém Filecoin (Matthews et al. 2022), který využívá incentivy, které motivují uživatele, aby na síti zpřístupnili nová a nová úložiště a zároveň aby všechny soubory byly dostupné z více zdrojů. Incentivy spočívají v tom, že celý systém je monetizován pomocí vlastní kryptoměny. Koncový poskytovatelé úložišť nejprve složí zástavu v podobě kryptoměny a tím se stanou součástí sítě. Uživatelé následně mohou poptávat úložiště na určitou dobu za sjednanou odměnu v kryptoměně. Systém obsahuje kontrolní mechanismy, chytré kontrakty, které hlídají že poskytovatel úložiště je stále online. Pokud by se od sítě odpojil, přišel by o vloženou zástavu. Chytré kontrakty dále hlídají, že všechny soubory jsou vždy uloženy na více počítačích. Pokud by tak nebylo, je automaticky spuštěný proces propagace souborů na další počítač, tak aby byl dodržen princip redundance.

V této kapitole byly vysvětleny informatické pojmy, které bylo potřeba nejprve více rozvést a podrobněji vysvětlit, než budou aplikovány v následujících kapitolách. Jedná se zejména popis o fungování technologie distribuované účetní knihy a různé způsoby její implementace.

## 3 Požadavky na systém

V předchozích kapitolách jsem nejprve představil řešený problém, následně jsem shrnul současný stav poznání, respektive předchozí pokusy odstranit nedostatky současných a historických systémů. V předchozí kapitole jsem vymezil používanou terminologii a v krátkosti vysvětlil koncepty, které se za těmito odbornými termíny skrývají. Třetí kapitolou se práce přesouvá do své praktické části. V této kapitole je popsán způsob a výsledky výzkumu požadavků na architekturu. Součástí výzkumu bylo online dotazníkové šetření mezi řidiči a několik interview se zástupci automobilky a autoservisu.

### 3.1 Vymezení pojmů z vlastního výzkumu a identifikovaných požadavků

V práci používám několik pojmů, které je potřeba přesněji vymezit, aby se předešlo špatné interpretaci. Tyto pojmy a jejich definice jsou zaznamenány v tabulce, pro kterou jsem se volně inspiroval šablonou Slovník pojmů (Rejnková 2022b) z metodiky MMSP. Některé pojmy v práci měli poměrně ambivalentní význam a jsou takto používány ještě v otázkách pokládaných respondentům a participantům, avšak v požadavcích jsou již tyto pojmy používány s ohledem na jejich níže popsané přesné vymezení.

Pojem	Definice
vlastník	<p>Skutečný vlastník auta. Osoba, která současně vlastní taky servisní záznamy automobilu. Může a nemusí se jednat stejnou osobu jako je řidič a zákazník.</p> <p><b>Synonymum:</b> majitel</p> <p><b>Homonymum:</b> řidič, zákazník</p>
řidič	<p>Osoba, která v daný moment disponuje automobilem. Může a nemusí se jednat stejnou osobu jako je vlastník a zákazník.</p> <p><b>Synonymum:</b> držitel</p> <p><b>Homonymum:</b> vlastník, zákazník</p>

Pojem	Definice
zákazník	<p>Zákazníkem je zde myšlen zákazník autoservisu, osoba platící za opravu auta a se kterou autoservis uzavírá smlouvu. Může a nemusí se jednat o stejnou osobu jako je vlastník a řidič.</p> <p><b>Synonymum:</b> smluví protistrana autoservisu</p> <p><b>Homonymum:</b> vlastník, řidič</p>
Autorizovaný servis	<p>Autoservis, který s automobilkou uzavřel smluvní vztah. Musí dodržovat zpravidla vyšší standardy nastavené automobilkou, na oplátku je oprávněn provádět záruční opravy.</p> <p><b>Synonymum:</b> smluvní servis, smluvní autoservis</p> <p><b>Homonymum:</b> n/a</p>
Nezávislý servis	<p>Autoservis, který neuzavřel smluvní vztah s automobilkou.</p> <p><b>Synonymum:</b> neautorizovaný servis, nezávislý autoservis</p> <p><b>Homonymum:</b> n/a</p>
Záznam	<p>Jedná se o jakoukoliv fyzickou nebo digitální dokumentaci stavu auta nebo dokumentaci o provedeném servisním úkonu na automobilu. Po provedení vlastního průzkumu jsem pro tuto práci dále vymezil pojmy servisní záznamy a provozní záznamy. Pojem záznam (bez upřesnění) je tedy v pozdějším významu obecným označením pro servisní i provozní záznamy.</p> <p><b>Synonyma:</b> Servisní záznam (v původním významu)</p> <p><b>Homonyma:</b> Servisní záznam (v pozdějším významu)</p>
Servisní záznam	<p>Servisním záznamem se rozumí libovolný dokument s vazbou na automobil, s výjimkou provozních záznamů.</p> <p><b>Synonyma:</b> n/a</p> <p><b>Homonyma:</b> Provozní záznam</p>
Provozní záznam	<p>Provozním záznamem se rozumí výpis z autodiagnostiky řídicí jednotky auta. Jedná se o záznam vytvořený automatizovaně samotným autem.</p> <p><b>Synonyma:</b> Logy řídicí jednotky</p> <p><b>Homonyma:</b> Servisní záznam</p>
Servisní historie auta	<p>Servisní historie je souhrnné označení pro všechny provozní i servisní záznamy o jednom automobilu.</p> <p><b>Synonyma:</b> n/a</p> <p><b>Homonyma:</b> n/a</p>

Pojem	Definice
Respondent	Osoba poskytující odpovědi v dotazníkovém šetření. <b>Synonyma:</b> dotázaný, dotazovaný <b>Homonyma:</b> n/a
Participant	Osoba poskytující odpovědi v interview. <b>Synonyma:</b> účastník, aktivní subjekt <b>Homonyma:</b> n/a

Tabulka 3.1 Slovník pojmů

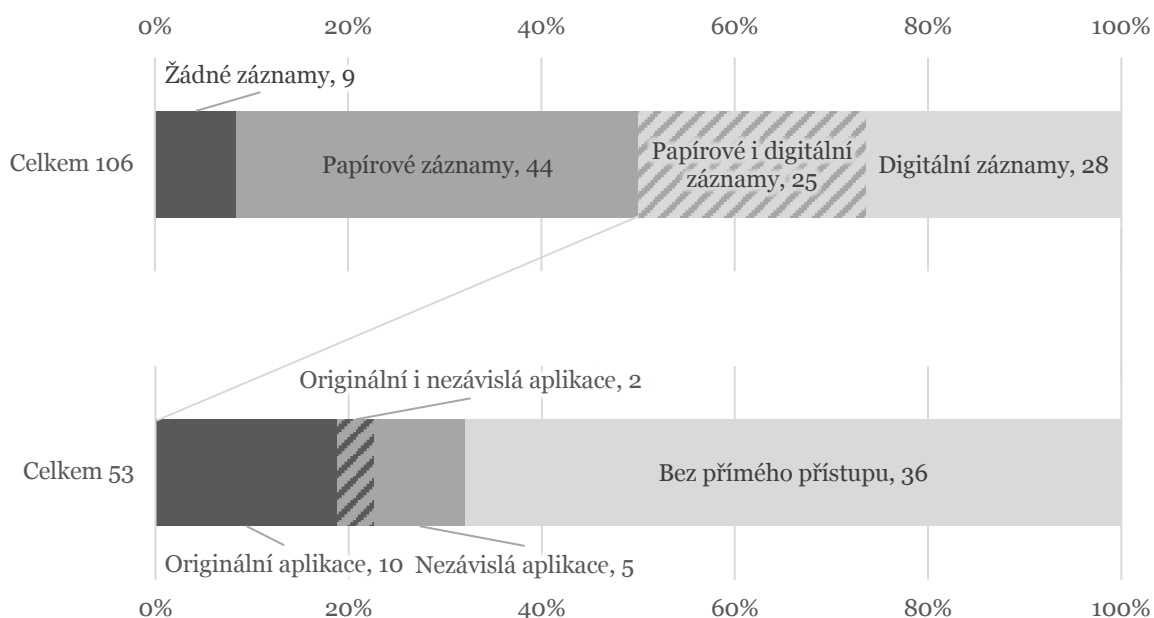
### 3.2 Požadavky řidičů a vlastníků

Požadavky řidičů a vlastníků, potenciálních klíčových skupin uživatelů, na navrhovaný systém a jeho architekturu, byly identifikovány pomocí online dotazníkového šetření. Odpovědi byly sbírány po dobu jednoho měsíce. Dotazník byl vytvořen pomocí online služby Microsoft Forms, který je součástí studentské licence kancelářského balíku Office 365. Tento nástroj byl zvolen pro svou vizuální atraktivitu, což má dle mého názoru přímý dopad na množství získaných odpovědí. Druhým důvodem je poté skutečnost, že ze služby lze exportovat výsledky ve formátu vhodném k dalšímu elektronickému zpracování v tabulkových procesorech. Hypertextový odkaz, skrze který byl dotazník přístupný, byl vytvořený službou Cutt.ly, která umožňuje samotný odkaz zkrátit. Služba ale hlavně nabízí nástroje pro analýzu prokliků a poskytuje tak dodatečné informace o respondentech. Dotazník byl šířen zejména mezi tři skupiny respondentů. Největší skupinou jsou studenti VŠE, mezi které byl šířen pomocí příspěvků v několika studentských skupinách na sociální síti Facebook. Druhou skupinou jsou zaměstnanci FIS, mezi které byl dotazník rozeslán pomocí e-mailu. Poslední skupina jsou respondenti z mého okolí, přátelé a rodina. Tento dotazník byl poprvé zveřejněný 1. února 2022. Celkově jsem k 28. únoru 2022 získal 152 odpovědí. Přepis celého dotazníku a jeho výsledky jsou přiloženy jako Příloha A: Dotazník a Příloha B: Výsledky dotazníku.

### 3.2.1 Vlastnictví automobilu

První sekce dotazníku je věnována seznámení respondenta s formou a účelem dotazníku.

Druhá sekce se věnuje skupině otázek ohledně vlastnictví automobilu. 70 % respondentů odpovědělo, že mají předchozí zkušenost s vlastnictvím automobilu. Zbylé otázky v této sekci mohli zodpovědět právě pouze ti, kteří odpověděli, že předchozí zkušenost mají. 8,5 % respondentů, odpovědělo, že u jejich automobilu není servisní historie vedena v žádné podobě. 41,5 % respondentů, odpovědělo, že mají servisní záznamy vedené pouze v papírové servisní knížce. Rovná polovina respondentů uvedla, že u jejich automobilu je servisní historie vedena v nějaké digitální podobě. 47 % z těch, kteří mají vedenou servisní historii digitálně, však paralelně vedou záznamy také v papírové podobě. Více než dvě třetiny, přesněji 68 % respondentů, kteří mají digitální servisní záznamy, k nim nemá přímý přístup. Tyto digitální servisní knihy jsou uloženy v paměti automobilu nebo v autoservisu. Pouze 32 % respondentů má k digitálním servisním záznamům snadný přístup skrze originální či nezávislou mobilní nebo webovou aplikaci.

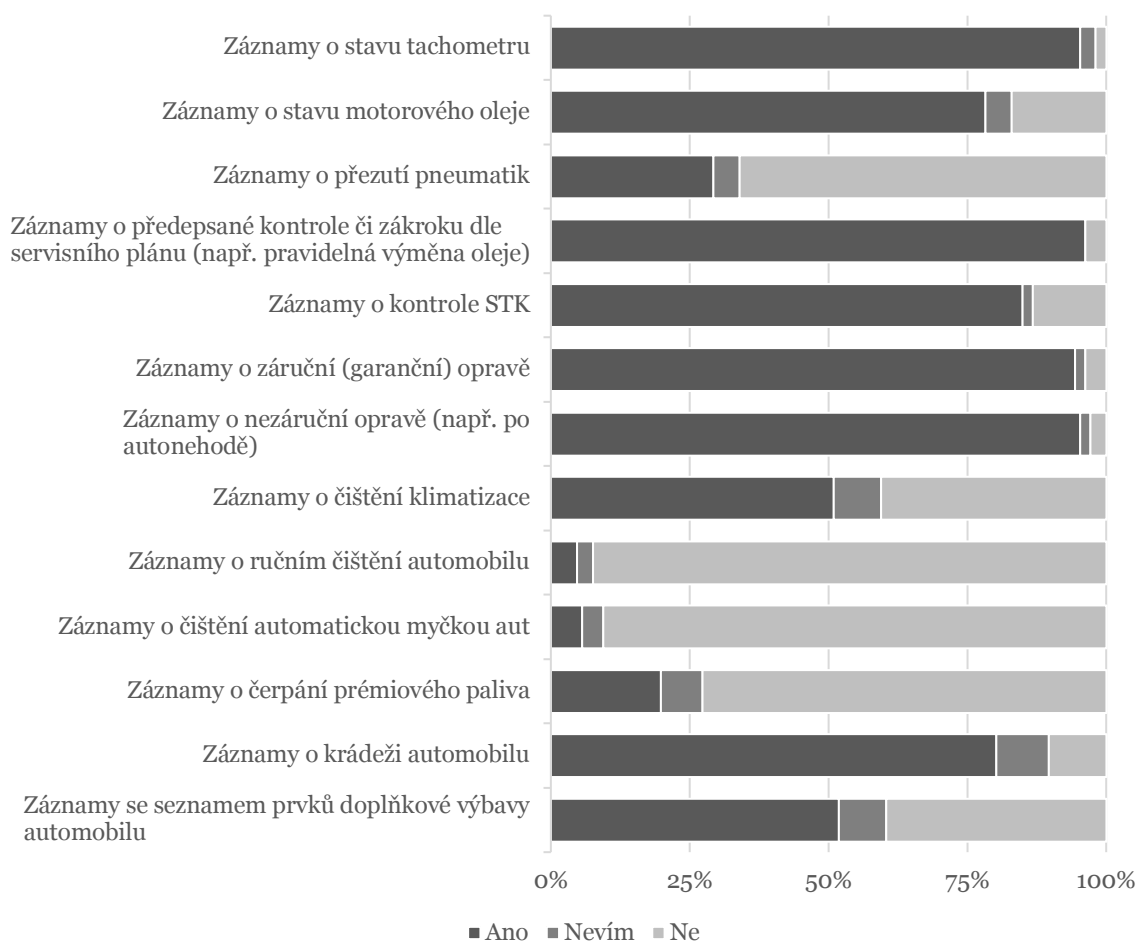


Graf 3.1 Způsoby uchovávání servisních záznamů využívané respondenty

Více než 90 % respondentů považuje za důležité evidovat informace o stavu tachometru, záznamy o kontrolách a zákrocích vycházejících ze servisního plánu, záznamy o záručních garančních a nezáručních opravách. Záznamy o stavu motorového oleje, kontrole STK a krádeži považuje za důležité evidovat alespoň 75 % respondentů. Alespoň 50 % respondentů označilo záznamy o čištění klimatizace a seznam prvků volitelné výbavy auta za důležité evidovat. Naopak alespoň dvě třetiny respondentů považují za zbytné záznamy o přezutí pneumatik, ručním i automatizovaném čištění a čerpání prémiového paliva.



V návazné otevřené otázce, jaké další informace považují respondenti za důležité sbírat a uchovávat odpovídali následovně. Po dvou hlasech záznamy o dopravních nehodách i pokud nebyl navštíven autoservis, aktualizace softwaru automobilu a počet předchozích majitelů. Respondenti by uvítali u záznamů servisních zákroků evidovat také seznam použitých dílů a materiálů, jako je značka a typ oleje nebo filtrů a dále jména osob, které se zákroku podíleli. Tři respondenti požadují evidovat informace i o nezáruční servisních zákrocích, které nejsou následkem nehody, například tuning automobilu nebo výměna provozních kapalin nad rámec servisního plánu. Jeden respondent by chtěl evidovat počet nabíjecích cyklů baterie elektromobilu. Tento požadavek mi přijde jako velice relevantní. Po jedné zmínce získali požadavky evidování, kde je auto zaparkované a platnost dálniční známky.

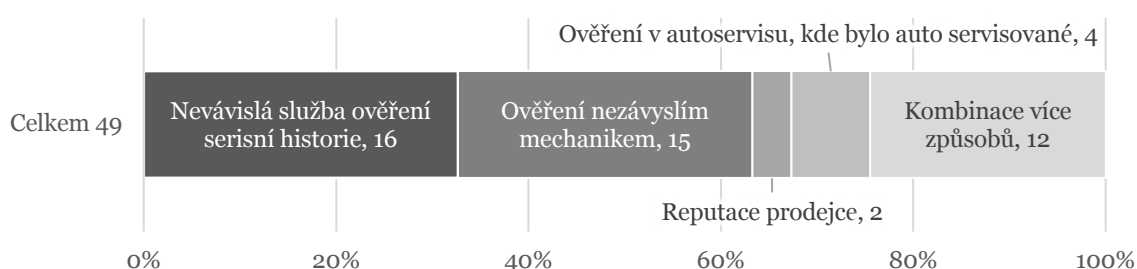


Graf 3.2 Důležitost evidování jednotlivých záznamů o vlastním autě dle respondentů

### 3.2.2 Nákup ojetého automobilu

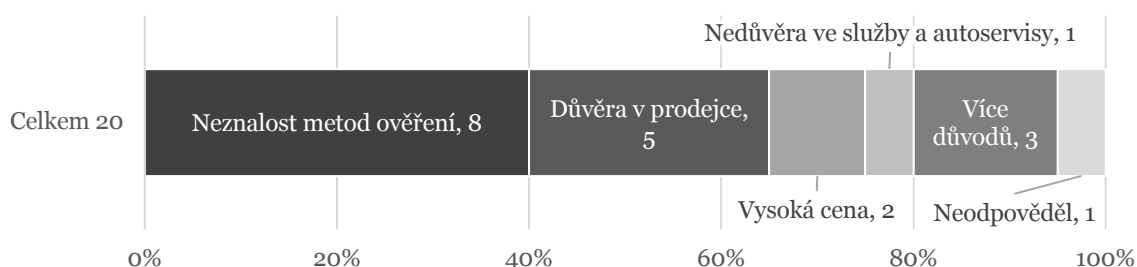
Třetí sekce je věnována nákupu ojetého automobilu. 45 % respondentů odpovědělo, že mají předchozí zkušenosti s nákupem ojetého automobilu. Zbýlé otázky v této sekci mohli zodpovědět právě pouze ti, kteří odpověděli, že předchozí zkušenost mají.

Pravost servisních záznamů u nabízených ojetých automobilů kontrolovaly více než dvě třetiny respondentů, konkrétně 71 %. Pouze na nezávislé služby ověření servisní historie, jako Cebia nebo Carvertical, se při ověření servisní historie spoléhala celá třetina respondentů. Naopak 30 % respondentů se spolehlo pouze na ověření nezávislým mechanikem. 24 % respondentů kontrolovalo pravost servisních záznamů více způsoby současně, nejčastěji právě fyzickou kontrolou automobilu nezávislým mechanikem a kontrolou záznamů v nějaké centralizované databázi importéra, výrobce nebo autoservisu. Ve zbylých případech respondenti uvádějí, že neověřovali automobil samotný, nýbrž spíš prodejce. Respondenti uváděli jako způsob kontroly také osobní znalost prodejce nebo renomé autobazaru.



Graf 3.3 Způsoby, jakými je ověřována pravost záznamů ojetých aut

Zbylých 29 % respondentů, kteří odpověděli, že pravost servisních záznamů neověřovali jsem se zeptal proč tak neučinili. 40 % z nich nezná způsob jakým by si mohli pravost servisních záznamů ověřit. 25 % uvedlo jako důvod příliš vysokou cenu nezávislých služeb ověření servisní historie automobilu. Nedůvěryhodnost nezávislých služeb, ale i servisních záznamů z autorizovaných servisů uvedlo jako důvod rovných 20 % respondentů. Naopak 25 % uvedlo, že prodávajícímu důvěřovali, a proto servisních záznamy neověřovali

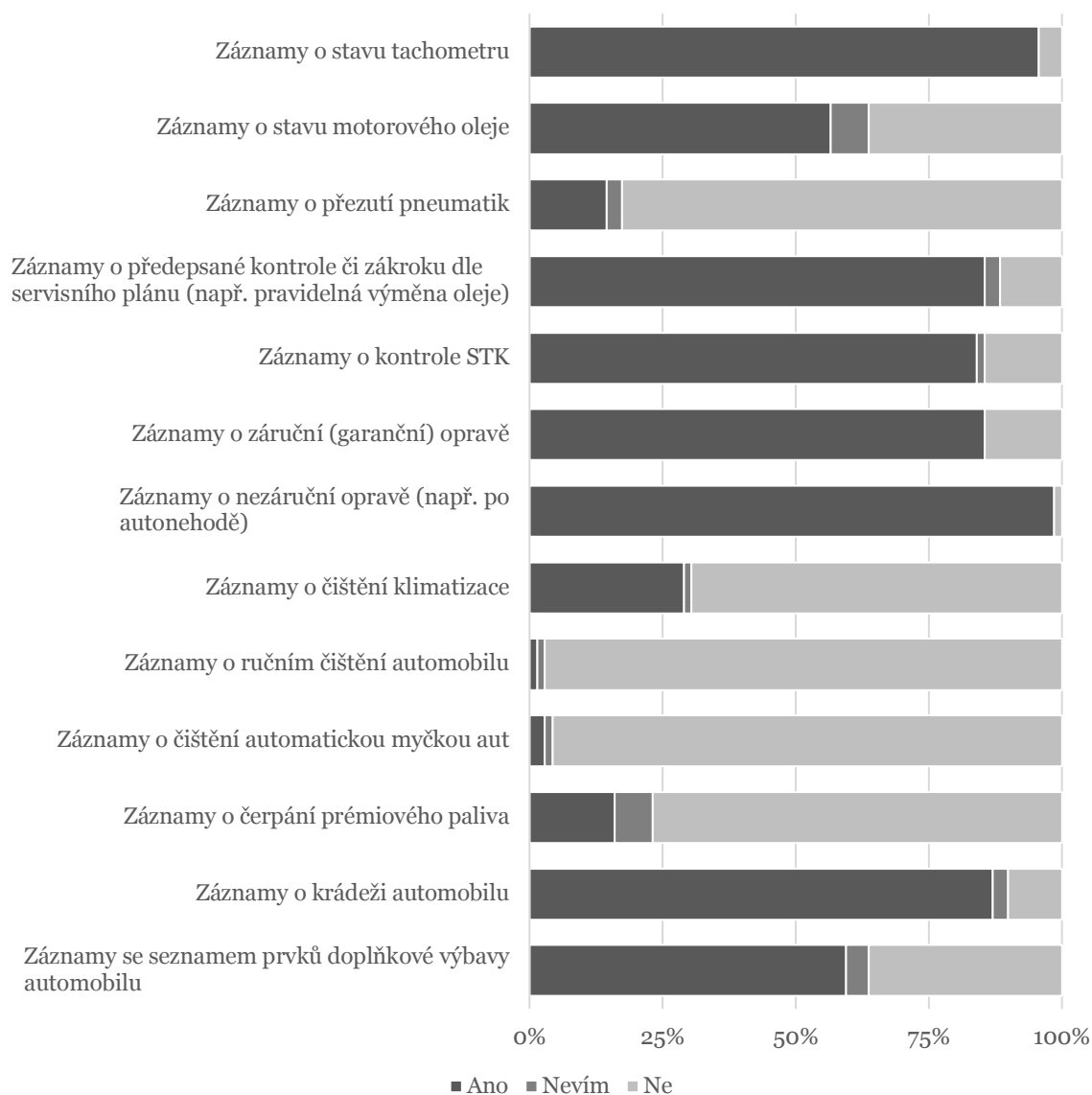


Graf 3.4 Důvody, proč se respondenti rozhodli servisní záznamy neověřovat

Vyhodnocení odpovědí na otázku, jaké servisní záznamy považují respondenti za důležité kontrolovat při nákupu ojetého automobilu, je velice podobné vyhodnocení otázky, jaké servisní záznamy respondenti považují za důležité evidovat u svého auta. 90 a více procent respondentů považuje za důležité kontrolovat záznamy o stavu tachometru a nezáručních opravách. Více než 80 % respondentů odpovědělo, že považuje za důležité záznamy o předepsaných kontrolách dle servisního plánu, kontrolách STK, záznamy o záručních garančních opravách a případné záznamy o krádeži automobilu. Záznamy o stavu motorového oleje a seznam prvků doplňkové výbavy automobilu považuje za důležité alespoň polovina respondentů. Naopak více než 66 % respondentů shledává,

že při výběru ojetého automobilu není potřeba kontrolovat záznamy o přezutí pneumatik, o čištění klimatizace, o ručním či automatizovaném čištění automobilu a záznamy o čerpání prémiového paliva.

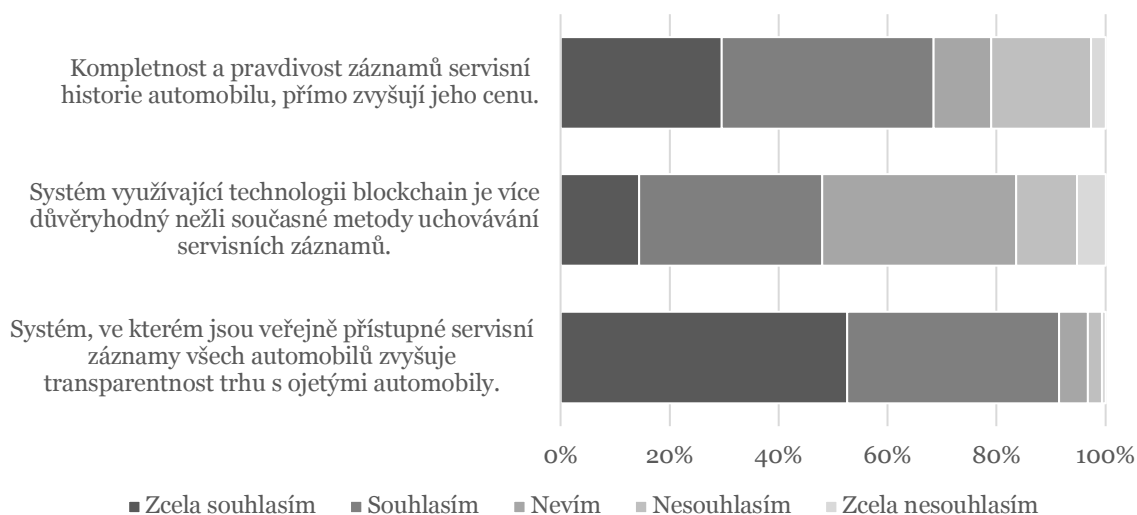
V návazné otevřené otázce, jaké další informace je důležité kontrolovat při výběru ojetého automobilu respondenti několikrát navrhly záznamy o lakování automobilu, což však spadá pod záruční opravy v případě prorezavění a pod nezáruční opravy v ostatních případech. Dále se zde znovu objevili aftermarket úpravy neboli záznamy tuningu automobilu. Jeden respondent by rád v záznamech viděl počet předchozích majitelů.



Graf 3.5 Důležitost kontroly jednotlivých záznamů u ojetého auta dle respondentů

### 3.2.3 Systém uchování servisní historie automobilu

Následuje sada otázek, na které mohli respondenti odpovídat na Likertově škále s pěti stupni. Respondenti byli dotazováni, zda si myslí, že kompletní a pravdivé servisní záznamy automobilu, přímo zvyšují jeho cenu. Více než dvě třetiny, konkrétně 68,4 % respondentů si myslí že ano, 18,4 % neví a 13,2 % procent přímou vazbu mezi servisními záznamy a cenou nevidí. 48 % respondentů souhlasí s tvrzením, že systém využívající technologii blockchain je více důvěryhodný nežli současné metody uchovávání servisních záznamů. 16,5 % respondentů s tímto tvrzením nesouhlasí, ale více než třetina, celých 35,5 % neví. Zde je tedy poměrně velkým procento respondentů, které je možné správnými argumenty přesvědčit o výhodách řešení postaveného na technologii blockchain. 91,4 % respondentů souhlasí s tvrzením že systém, ve kterém jsou veřejně přístupné servisní záznamy všech automobilů zvyšuje transparentnost trhu s ojetými automobily. Pouze 3,3 % respondentů s tímto tvrzením nesouhlasí a 5,3 % neví.



Graf 3.6 Míra souhlasu respondentů s vybranými tvrzeními

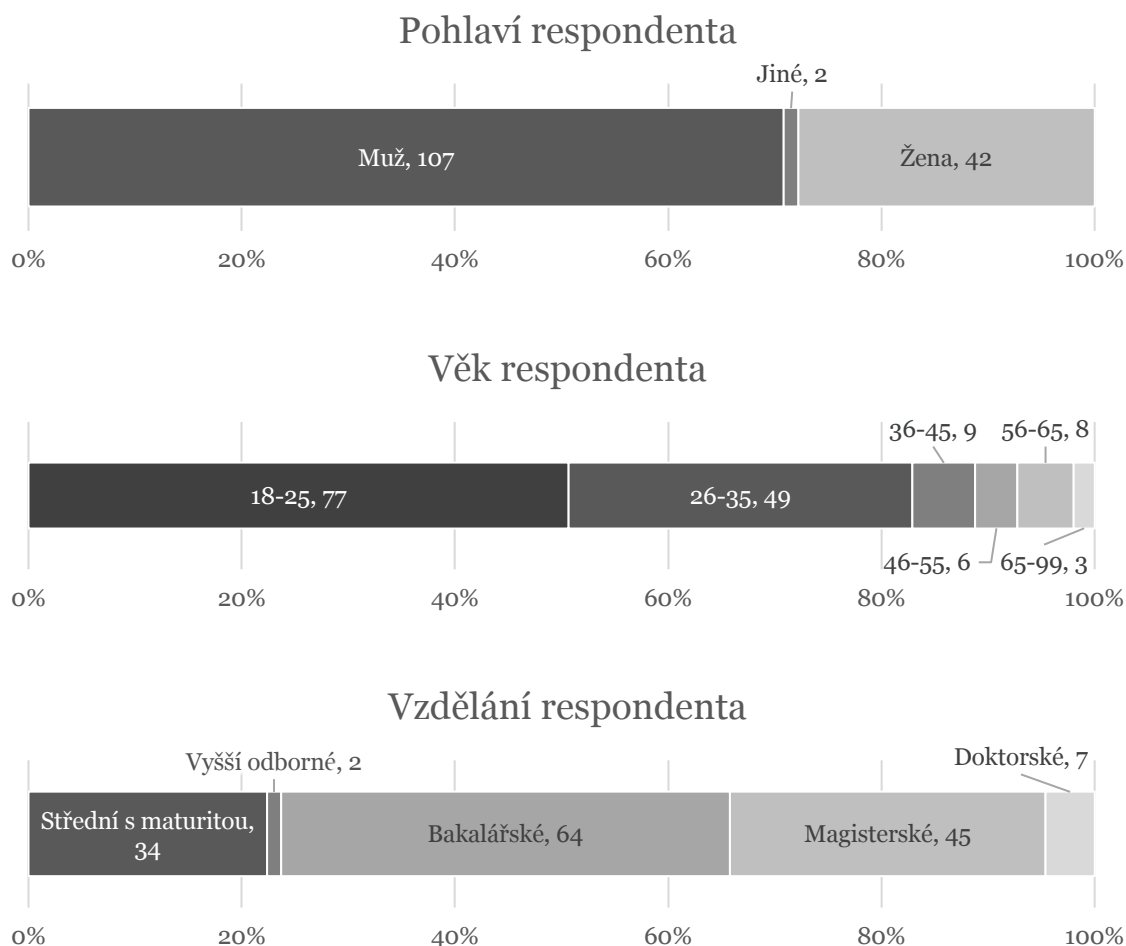
Faktorem, který může mít dopad na podobu navrhované architektury systému je frekvence v jaké budou sbírána provozní data o automobilu, jako je například stav tachometru. Novější modely automobilů tato data již mohou sbírat a uchovávat či odesílat do centralizované databáze zcela automatizovaně. Většina respondentů, konkrétně 76 % zvolilo časový interval a specificky 67 % ze všech respondentů zvolilo interval měsíční nebo delší. 11 % respondentů si myslí, že by se snímek provozních dat měl uložit při každém nastartování automobilu. Pouze 7 % respondentů zvolilo interval v závislosti na ujeté vzdálenosti. 2 % respondentů si myslí, že by frekvence sběru dat neměla být vlastnost systému, ale parametr, který si může zvolit řidič individuálně. 3 % respondentů si myslí, že by taková data vůbec neměla být sbírána automatizovaně. Jeden respondent navrhnul, aby systém data ukládal pouze v případě odchylky.



Graf 3.7 Vyhodnocení frekvence, v jaké by dle respondentů měla být automatizovaně sbírané provozní údaje automobilu

### 3.2.4 Demografie respondentů

Poslední sekce je obligátní popis vzorku respondentů. Respondentů je celkově 152. 71 % tvořili muži a 28 % ženy, 1 % identifikuje s jiným pohlavím. Nejvíce respondentů, konkrétně 51 % je věkové skupině 18 až 25 let, tuto věkovou kohortu tvoří zejména studenti VŠE. Druhá nejpočetnější skupina je 26 až 35 let a tvoří 32 % celého vzorku. Ostatní věkové skupiny jsou zastoupeny pouze v jednotkách respondentů. Všichni respondenti mají dokončené minimálně střední školu s maturitou a 76 % dokonce vysokoškolský titul.



Graf 3.8 Vyhodnocení demografie vzorku respondentů

Z analytických nástrojů služby Cutt.ly lze dále vyčíst, že si dotazník otevřelo 336 osob. Dotazník tak má celkovou návratnost přibližně 45 %. 71 % návštěv pocházela ze sociální sítě Facebook. 59 % návštěv pocházelo z mobilních zařízení. Návštěvníci dotazník otevřeli v nejméně 13 různých státech, většina, 67 %, očekávatelně na území České republiky. U 23,5 % služba neidentifikovala z jakého státu návštěva přišla. 4 % pocházejí ze Spojených států amerických, 2 % ze Slovenska a po jedné až třech návštěvách jsou zastoupeny Spojené arabské emiráty, Rakouskou, Irsko, Itálie, Izrael, Španělsko, Německo, Francie, Thajsko a Turecko.

### 3.3 Požadavky automobilky a autoservisu

V druhé části jsem se pokusil identifikovat hlavní požadavky automobilky a autoservisu, kteří tvoří zbytek klíčových participantů v navrhovaném systému. Protože je výrazně složitější získat dostatečně velký vzorek zástupců těchto skupin, jsem zvolil metodu kvalitativního výzkumu, konkrétně interview. Celkově jsem v průběhu února 2022 provedl tři interview.

#### 3.3.1 Popis interview

Provedená interview byly polostrukturovaná a jejich průběh se rámcově řídil dle předpřipraveného protokolu interview, který je přiložen k této práci jako Příloha C: Protokol interview. Provedená interview kombinovali fyzickou schůzku, online videohovor a částečně i e-mailovou komunikaci, protože někteří participanté obdrželi otázky také předem v elektronické formě. Samotná interview trvala v rozmezí 36 až 80 minut. Interview měla explorativní povahu.

Interview bylo rozděleno do tří částí. V úvodu došlo k představení mé osoby, tématu a formátu rozhovoru. Následovalo představení participanta, se kterým byl rozhovor veden. Participant byl hned v úvodu také informován o tom, že rozhovor je nahráván a výstup bude publikován v této práci, s čímž všichni participanté souhlasili. Veškeré informace prezentované v této kapitole byly následně i participanty autorizovány k publikování.

V druhé, hlavní části rozhovoru byli participantům pokládány předpřipravené otázky, na které případně navazovali doplňující podotázky. Otázky byly zvoleny za prvé na základě neformálních schůzek s participanty na začátku samotné práce a za druhé na základě vybraných zdrojů z řešerše.

1. Jaké existují skupiny uživatelů systému uchovávajících záznamy servisní historie?
2. Jaké operace tyto uživatele běžně provádějí se servisními záznamy?  
Mohou je například zpětně upravovat či mazat?
3. Kdo všechno má oprávnění servisní záznamy číst a kdo je může zapisovat?
4. Kdo může přistupová oprávnění uživatelů spravovat?
5. Jaké mediální typy (text, foto, video...) mohou servisní záznamy obsahovat?
6. Vidíte jako problém konzistentnost dat vkládaných uživateli?
7. Jaké údaje v servisních záznamech jsou pro vaši roli nejdůležitější?
8. Existují údaje, které v servisních záznamech nejsou evidované, ale měli by?
9. V čem se liší pravidelné, záruční/garanční a pozáruční servisní záznamy?
10. Kolik servisních záznamů vznikne v průběhu životního cyklu automobilu?
11. Je možné servisní záznamy vozidla (po očištění o osobní údaje) zveřejnit bez souhlasu vlastníka vozu? Respektive, kdo je vlastníkem servisních záznamů?

12. Dostává současný systém uchování servisních záznamů aktualizace? Analogicky, lze očekávat potřebu rozšiřování systému o nové funkce? Nebo lze identifikovat všechny požadované funkce před samotnou realizací?
13. Jak je současný systém uchovávající servisní záznamy financovaný? Je tam za poplatek použití určité funkcionality, měsíční poplatek nebo úplně jiný finanční model?

Poslední část byla věnována shrnutí rozhovoru. Byl zde také dán participantům prostor pro vyjádření vlastních myšlenek, na které jsem se během rozhovoru nezeptal.

### 3.3.2 Volba participantů

Jedním z cílů práce bylo získat požadavky zástupců automobilky. S volbou a oslovením těchto zástupců mi velice pomohl Mgr. Jan Botorek ze ŠKODA AUTO a.s., který v automobilce pracoval na projektu datové analytické platformy. Pan Botorek mi zprostředkoval několik konzultací s jeho kolegy, kteří se tématu servisních knížek aktuálně nebo historicky věnovali, a proto mají hlubokou znalost řešené problematiky. Na základě těchto schůzek jsme se nakonec domluvili na dvou interview, které jsou prezentovány v této kapitole. Jeden rozhovor proběhl s Ing. Pavlem Hurtem, který se historicky podílel na vzniku elektronických servisních knížek ve ŠKODA AUTO a v současnosti se věnuje problematice záruk, které jsou garantovány právě na základě servisních záznamů. Z jeho odpovědí by měly vzejít zejména business požadavky. Druhé interview proběhlo s dvojicí Mgr. Veronikou Marečkovou a Ing. Stanislavem Malcem z oddělení Customer Journey, kteří ve ŠKODA AUTO aktuálně pracují na projektu Digitálního certifikátu, který má podobné cíle jako tato práce. Druhé interview bylo mířeno primárně na získání technických požadavků na navrhovanou architekturu systému.

Jako participanta zastupující autoservis jsem vybral Jana Starého, vedoucího servisních služeb ze společnosti AUTO ELSO s.r.o. Jedná se o autorizovaný autoservis pro automobily značky Škoda, tudíž aktivního uživatele systémů, které automobilka ŠKODA AUTO poskytuje pro uchování servisních záznamů automobilů.

### 3.3.3 Vybrané části odpovědí participantů interview

1. Jaké existují skupiny uživatelů systému uchovávajícího záznamy servisní historie?
  - Odpověď pana Starého: „*Tak v dnešní době je to asi de facto kdokoliv, od uživatelů, po pojišťovny, prodejce vozidel, servisy jako takové ... prodejce bazarových vozidel. ... Soukromé osoby si mohou na internetu zaplatit služby jako je Cebia historie servisu vozu.*“ Participant doplňuje: „*Určitě při koupi ojetého vozu to taky může být zajímavé pro toho zájemce.*“
  - Odpověď pana Hurta: „*Určitě je to majitel vozu, který koupí nový vůz a chce se o něj starat, chce mít o této své péči záznamy ... Bude to člověk, který si chce nechat vůz delší dobu a pak jej prodat jako ojetý a bude předpokládat, že kvalitně vedená historie, nefalšovaná, mu pomůže zvýšit zůstatkovou hodnotu vozu, když ho bude prodávat. Druhým, je ten na druhé straně, který si bude chtít takový vůz koupit, jako ojetý vůz. Ten určitě bude ochoten akceptovat nějakou cenu za předpokladu že si může být jistý, že vůz třeba nebyl bouraný, že nemá stočené kilometry. ... Respektive, že cena, kterou za vůz platí skutečně odpovídá tomu stavu ... Nelze vyloučit do budoucna že bude muset prokazovat třeba něco státu*



nebo autoritám. Typicky se nyní v EU vážně uvažuje o prokazování skutečné spotřeby paliva například. ... Další skupina můžou být stanice technické kontroly, pro které může být zajímavé ty záznamy číst, ale podle mě, by je do toho měli i ukládat. Tak by se mohli ukládat výsledky technické kontroly včetně měření emisí ... Pak to jsou komerční subjekty, které tyhle služby zprostředkovávají, to znamená služby na ověřování stavu historie vozidla ... A v neposlední řadě nebudu zakrývat, že i pro výrobce by mělo veliký význam za předpokladu, že to jsou podle mě do značné míry citlivé údaje, zřejmě i osobního charakteru, to znamená, že předpokládají souhlas s využitím, kdy bude zabezpečeno, že se k nim nedostane nikdo, kdo nesmí atd." Na doplňující otázku, jaké existují skupiny uživatelů uvnitř automobilky mi bylo odpovězeno, že se to nerozděluje na skupiny uživatelů, nýbrž na případy užití na základě oprávněného zájmu anebo souhlasu majitele auta. Na základě oprávněného zájmu s daty pracuje, například technický servis z titulu poskytování záruky. Ale marketingové oddělení by si muselo vyžádat zvláštní souhlas řidiče, aby mu mohli zasílat reklamní sdělení, přestože se jedná o jednu firmu a jedna data. Participant na doplňující otázky odpověděl, že komerční oblasti existuje více subjektů, které by tyto informace využili, například pojišťovny. Z pohledu autoservisu je relevantním uživatelem pouze přijímací technik, a nikoliv mechanik.

- Odpověď paní Marečkové: „Trošku bych se bála těch třetích stran, protože tam z právního hlediska by to bylo velice obtížné, zajistit přístup do toho systému. ... Kromě samotných uživatelů, respektive vlastníků vozů nebo dealerů a servisních partnerů, a HQ samotné automobilky mě napadají ještě vládní organizace. Vím že třeba v Belgii, je pod zákonem, že všichni, co mají, co dočinění s opravou vozu musí podávat report o najetých kilometrech.“ Pan Malec zdůrazňuje rozlišení fyzických a menších právnických osob na jedné straně a druhé straně velké právnické osoby, které si častěji vedou vlastní servisní záznamy, tak aby mohli řídit životní cyklus svého automobilového parku.
2. Jaké operace tyto uživatelé běžně provádějí se servisními záznamy? Mohou je například zpětně upravovat či mazat?
- Odpověď pana Starého: „Nejběžnější bude zjišťování skutečného stavu kilometrů, dohledáváme si tam, jestli a kdy byl jaký servis provedený na tom automobilu.“ Z diskuse dále vyplynulo, že v rozhraní, které automobilka servisu poskytuje lze záznamy vyhledávat a základně filtrovat. Autoservis sám záznamy neupravuje ani nemaže, tyto případy jsou řešeny individuálně ve spolupráci se automobilkou, které jsou předány důkazy na základě, kterých je po zdlouhavém procesu záznam patřičně upraven či smazán automobilkou.
  - Pan Hurt zmínil nejběžnější operace se záznamy v předchozí odpovědi. Všechny skupiny uživatelů záznamy prakticky pouze čtou s výjimkou autoservisu, který je navíc oprávněn také zapisovat nové záznamy. Participant dále potvrdil, že oprávnění měnit záznamy má pouze výrobce a uvádí: „Proč je to takový problém je, že právě ve chvíli, kdy ta servisní historie je používána pro ty účely, třeba který jsme si řekli. Čím více uživatelů to má, tak musíte pořád zvažovat, jestli jakoby to, co po vás někdo chce, má právo chtít a čím to doloží. Abyste v dobré vůli, s tím že chcete něco opravit, vlastně nezpůsobili ještě větší škodu. Abyste někomu nenalítli.“

- Opověď paní Marečkové: „Řešili jsme problematiku oprav záznamů a aktuálně to funguje tak, že vlastníky dat v systémech jsou ti servisní partneři a pouze ti daní servisní partneři jsou oprávněni k tomu, aby nějakým způsobem, případně zasahovali do servisních údajů. Ale my jako Škoda HQ nemáme žádnou možnost ty servisní záznamy modifikovat. ... Vy jako zákazník jenom čtete, tam není možná žádná další operace se svými servisními záznamy. My jako Škoda HQ taky pouze čtete.“ Když jsem participanty konfrontoval s odlišnými odpověďmi z ostatních interview, tak připustili, že jelikož participant nejsou vlastníky ani správci systému a pracují pouze s přejatými informacemi, mohou být informovanější, zejména co se týče toho, kdo má reálně oprávnění záznamy měnit.
3. Kdo všechno má oprávnění servisní záznamy číst a kdo je může zapisovat?
- Pan Starý uvádí, že všechny záznamy vznikají v autoservisu, ale automaticky a nikoliv manuálně: „My to tam nevpisujeme. To se kopíruje z faktury.“ Z odpovědi na předchozí otázku také vyplývá, že autoservis může prohlížet všechny, byť obsahově redukované záznamy automobilu, které vznikli v síti autorizovaných servisů. Kontrola záznamů od nezávislých autoservisů není běžnou součástí pracovního postupu a participant si tak není vědom toho, že by k nim měl někde přístup. Participant potvrdil dřívější informaci, že samotný zákazník nemá k záznamům přímý přístup a může mu být pouze vystaven papírový výpis digitálního servisního plánu při pravidelných prohlídkách. Výpis však neobsahuje všechny záznamy, ale pouze ty o pravidelných prohlídkách. Volitelně si může nechat zákazník udělat zápis do papírové servisní knížky, ale v praxi se s tím participant nesetkává.
  - Odpověď pana Hurta: „Jsou účely, například garanční, kde vidíme detailní data a pak můžou být jiné případy užití, které by asi mohli vidět agregované údaje, ale anonymizované. ... A upřímně si myslím, že servisní historii ani nikdo nemůže v rámci automobilky měnit nebo zakládat, protože ta data přeci vznikají v servisech a tam je jediná možnost, kde mohou vzniknout tak aby nebyly zmanipulovatelné.“
  - Paní Marečková i pan Malec potvrdili, že oprávněním zapisovat nové záznamy disponuje pouze autoservis. Automobilka samotná disponuje pouze oprávněním číst a řidič samotný do systému nijak přímo nevidí. „Řidič má možnost do servisní záznamů nahlídnout skrze nás, prostřednictvím Digitálního certifikátu.“ dodává participantka.
4. Kdo může přístupová oprávnění uživatelů spravovat?
- Pan Starý uvádí, že k této otázce nemá bližší znalosti, a proto ji nedokáže zodpovědět. Pouze uvádí, že pro používání systému musí každý technik disponovat vlastním uživatelským účtem.
  - Odpověď pana Hurta: „Když někdo v automobilce chce ta data využívat, tak musí najít vlastníka dat [myšleno, roli zodpovědnou za korektní nakládání s daty] a ten posoudí, zda mu je může dát nebo nemůže dát“
  - Paní Marečková i pan Malec uvádí, že k této otázce nemají bližší znalosti, a proto ji nedokáží zodpovědět.
5. Jaké mediální typy (text, foto, video...) mohou servisní záznamy obsahovat?
- Odpověď pana Starého: „...pouze textová podoba...pouze popis činnosti a použitý materiál.“ Jiné, než textové mediální typy autoservis pořizuje pouze pro potřeby fotodokumentace pojistných událostí a vkládá je to oddělených systémů pojištění, a nikoliv do servisních záznamů.
  - Odpověď pana Hurta: „Pravda je že fotky, videa a zvuky servisy nějakým způsobem sbírají i pro nás, ale jenom je ten problém, že to musí pokaždé ukládat trochu jinak a je to dané historicky tím, že ty systémy nebyly od začátku plánované, že budou integrované. Vznikaly relativně izolovaně a mají různé funkce. Tam kde technik napíše textově, že něco udělal, tak bohužel nemůže vložit fotku. Fotku musí vložit někam jinam.“ Participant dále popisuje, že jednodušší závady jsou popsány pouze textově a multimediálně bohatší záznamy se pořizují

do samostatných systémů. Zejména v případech neobvyklých servisních úkonů, při kterých si autoservis vyžádá asistenci či popis nového nestandardního pracovního postupu. Participant popisuje, že implementace digitálního podpisu by odstranila velkou část papírové agendy, která vzniká a kterou je potřeba uchovávat.

- Odpověď paní Marečkové: „Do Digitálního certifikátu jdou jen vybrané datové atributy a ty jsou pouze číselné a textové.“ Participanti připustili, že nemají kompletní znalost, jaká všechna data jsou servisními partnery sbírána, ale doplnili, že existuje například aplikace Servisní kamera, která není zcela rozšířená mezi všechny servisy. Její účel však není poskytovat fotodokumentaci k servisním záznamům, ale slouží k tomu, aby zákazník mohl vzdáleně schválit dodatečné servisní úkony.
6. Vidíte jako problém konzistentnost dat vkládaných uživateli?
- Odpověď pana Starého: „S tímto mi nemáme práci prakticky žádnou. My vyjedeme fakturu a v tu chvíli se to do systému přeneso samo.“ Jako jediný kritický bod, kde vznikají chyby participant uvádí manuální zápis stavu tachometru a VIN na fakturu, ze které se může chyba dostat i do servisních záznamů. Chyby vznikají lidským faktorem. Následná náprava je komplikovaná a řeší se individuálně ve spolupráci s automobilkou.
  - Zástupce businessu automobilky odpovídá: „Je to problém. Typicky v čem se dnes nejčastěji dělá chyba je VIN kód, ve chvíli, kdy musíte ručně napsat 17místný VIN, tak se může stát, že prostě uděláte chybu. ... Dnešní systémy už vám řeknou, že to VIN je špatně, že jste udělal chybu někde, ale už nepomůžou vám ji odstranit. ... Dále je to typicky v kilometrech, stačí prostě místo 10 tisíc napsat 100 tisíc, prostě protože se umáčknete a napíšete o jednu nulu navíc. A zase ty systémy by dnes měly být podle mě natolik chytré, aby mu řekli je to opravdu jako 100 tisíc? Neudělal si náhodou chybu?“ Ve zbytku už příliš chyb nebývá, protože tyto informace jsou převzaty z WMS systému autoservisu. Participant dále uvedl: „Proto mi vlastně i říkáme že záznamy ze servisní historie prostě nepatří do rukou zákazníků. To že to dealeri zákazníkům dávají je chyba. ... Protože my u nich negarantujeme ani správnost. Je to údaj, který má pomoc interní síti. Není určený pro koncové zákazníky v té formě, jaké je máme. ... A může to vést k tomu, že když nejsou ta data konzistentní, tak nějakému zákazníkovi to může uškodit, v tom že se u jeho vozu vyskytne něco, co tam nemá a v uvozovkách mu to kazí obrázek toho vozu. Anebo může být někdo jiný, kdo se bude snažit o to nám říkat tady je chyba, to opravte a ve skutečnosti se snaží někoho podvést. ... My dáváme servisní síti nástroj a říkáme jim, jak ho mají používat, ale za to, co tam kdo zapíše jsou zodpovědný ty servisy. My jako výrobce nemáme možnost ověřovat každý záznam, a tudíž je ani nemůžeme garantovat. My se jen snažíme servisům vysvětlit, že je rozhodně vhodné, aby ty záznamy byli kvalitní, ale tam naše moc končí. ... To mluvím o těch servisních záznamech. Potom je tady digitální servisní knížka, která byla určena pro konečného zákazníka, a měl k ní dostat přístup. A tam je ten motivátor, že to ten zákazník chce. Pokud to ten zákazník nebude chtít, tak dealer nebude mít motivaci žádné záznamy udržovat. Zákazník, který dřív jezdil s papírovou servisní knížkou a nechal si ji vyplňovat a dávat razítka o tom, že byl v servisu. Tak takový zákazník to možná bude chtít v digitální formě. A pak je spousta lidí, kterým je to jedno.“
  - Odpověď pana Malce: „Jak kde, některé atributy jsou předdefinované číselníky ... Ale co se týče textových polí, tak tam je to vždycky na schopnosti servisu, jak to vyplní a není to kontrolované. ... Jsou textová pole, které dokáže přečíst jen člověk a někdy ani to ne. [pozn. odpověď naráží na množství neustálených zkratk, které servisní partneři používají]“ Paní Marečková doplňuje: „Záleží od typu záznamů, pokud se bavíme o záručních opravách, tak vzhledem k tomu, že na ty je kladem velký důraz ze strany ŠKODA AUTO, ty bývají většinou v dobré kondici.“ Automobily z větších flotil právnických osob jsou kvůli nedbalosti

autoservisů i řidičů náchylnější k problému, kdy jsou záznamy přiřazeny k jinému autu nebo zákazníkovi. Děje se tak, protože tito řidiči, kteří auto v autoservisu předávají a přebírají nejsou jeho vlastníky, a proto jsou méně důkladní při kontrole správnosti záznamů. Participantů uvedli, že samotná automobilka nijak negarantuje správnost záznamů v systému, protože vlastníky dat jsou servisní partneři, kteří jsou zodpovědní za správnost a kompletnost záznamů.

7. Jaké údaje v servisních záznamech jsou pro vaši roli nejdůležitější?

- Odpověď pana Starého: „Pro nás je nejdůležitější datum, stav kilometrů, provedená činnost a použitý materiál. ... Pro nás servisní poradce je důležitý, když přijede auto na pravidelnou prohlídku, tak si v záznamech [pozn. záznamech digitálního servisního plánu] vyfiltruji údržbu ... řeknu, že u auta se má pravidelně po 60 tisících měnit olej v automatické převodovce. Auto teď přijelo a má 70 tisíc. A nevím, zda mělo auto vyměněný olej nebo nemělo. Tak si najedu v seznamu záznamů na 60 tisíc ... tady je třeba záznam z 56 tisíc a vidím, že třeba olej v 56 tisících dělaný byl. V tu chvíli vím, že to v 70 tisících dělat nemusím.“
- Odpověď pana Hurta: „Jsou to události, ve smyslu, kdy nastala, na jakých kilometrech, kde, u koho [pozn. u jakého servisního partnera] ... Neměli bychom vidět ceny, pokud to byly komerční zakázky. ... Musíme dodržovat pravidla pro hospodářskou soutěž. ... Pokud existují servisní záznamy, ke kterým my máme oprávněný zájem s nimi pracovat, tak chci vidět všechno. A oprávněný zájem je právě třeba řešení závad z titulu Škoda záruk.“
- Paní Marečková: „My si nebereme servisní záznam celý, my si bereme pouze vybrané datové atributy, které máme schválené. Nejdůležitější pro nás je milage [pozn. stav tachometru], dále si bereme VIN jako identifikátor, o jaký vůz se jednalo a bereme si datum provedené servisní návštěvy. ... Na základě toho, si v servisním systému bereme nějaký detail té servisní návštěvy, co tam bylo konkrétně provedeno, jaké servisní operace, jaké náhradní díly byli vyměněny a použity.“ Pan Malec doplňuje: „Jedná se většinou o nějakou kategorizaci ve dvou úrovních. Jaký typ opravy proběhl? A případně co konkrétního se tam měnilo nebo opravovalo.“ Participantů pracují pouze se záznamy ze sítě autorizovaných servisních partnerů, a proto nijak nerozlišují důvěryhodnost jednotlivých záznamů.

8. Existují údaje, které v servisních záznamech nejsou evidované, ale měli by?

- Odpověď pana Starého: „Možná fotky předchozích pojistných událostí, jestli bylo nějaké poškození z minulé návštěvy servisu, ale přijde mi to jako dost důvěrný, na to abych to ještě zveřejňoval dalším lidem. Aby pak viděli prostředí dílny okolo...“ Naopak informace, který mechanik opravu provedl či záznamy o čištění auta nepovažuje za příliš hodnotné. Z pohledu servisního technika je rozsah informací obsažených v záznamech v pořádku, ale vidí prostor pro velké zlepšení uživatelského rozhraní a prezentace záznamů.
- Odpověď pana Hurta: „Pro mě je třeba velké téma, že v záznamech, respektive zase úplně bokem vedle všeho ostatního jsou dneska nějaké výpisy z diagnostiky jednotlivých částí vozu. ... My je máme, ale jsou zase totálně odděleny od toho zbytku. Takže spíš za mě jsme o tom vždycky mluvili, že by bylo hezké to integrovat do jednoho.“
- Paní Marečková i pan Malec se shodují: „Pro nás by bylo nejlepší, aby bylo všechno, co si bereme správně, a to by nám bohatě stačilo.“

9. V čem se liší pravidelné, záruční/garanční a pozáruční servisní záznamy?

- Odpověď pana Starého: „Rozlišil bych tam ještě pojistné události.“ Jinak dle participantů se záznamy příliš neliší.
- Odpověď pana Hurta: „Podle mě to jsou všechno úplně stejné záznamy. ... Jenom vznikají z rozdílných důvodů. Ale vždycky k jakémukoliv servisnímu úkonu, vždycky k němu v servise vznikne servisní zakázka. A ta zakázka obsahuje informace kdy, jaké auto, na kolika kilometrech. A taky obsahuje, co na tom voze v rámci té zakázky bylo provedeno. A existují různé druhy servisních zakázek. Jedna je inspekce, pravidelná, předepsaná a jiná je garanční. Ale v každém



případě v ní najdete stejnou strukturu toho záznamu. Jenom potřebuje příznak, který vám řekne pozor tohle byla inspekce, pozor tohle byla garanční oprava anebo pozor tohle byla svolávací akce. ... Ale každá z nich obsahuje dokola pořád to samé. Prostě nějaké hlavičkové údaje o tom vozidle. ... Liší se opravdu jen tím typem, jinak jsou obsahově nebo strukturou úplně stejné. ... Ale pravidelná prohlídka, je něco, co si platíte sám. A je to prevence. Garanční zakázka, garanční úkon je něco kdy se vám něco rozbilo, a to auto je ještě v záruce. ... Ale neplatíte za to, protože je to kryto zárukou. A to třetí pozáruční servis je něco, kdy se vám něco rozbije. Jedete do servisu. A platíte si to ze svého. ... Ty věci se liší jen z jakého důvodu vznikne ten servisní úkon. Ale z hlediska nějakého záznamu servisní historie je vidím jako úplně stejné.“

- Odpověď pana Malce: „Pravidelné záznamy jsou předdefinované dle nějakého step-by-step listu co se tu danou prohlídku má na každém autě udělat, případně vyměnit nebo zkontrolovat. ... Co se týče záručních a nezáručních oprav, tak to jsou většinou nahodilé věci, což je absolutní mix toho s čím zákazník přijde.“ Paní Marečková dodává, že záznamy o záručních opravách jsou strukturovanější a používají normované pracovní pozice a materiál. Všechny záznamy obsahují použitý materiál a uvedenou práci. Z diskuse vyplynulo, že projekt Digitálního certifikátu rozlišuje záznamy podle systému, ve kterém jsou uchovávány, konkrétně Digitální servisní plán – pravidelné servisní prohlídky, SAGA2 – záruční opravy, RESERVE nezáruční opravy.

10. Kolik servisních záznamů vznikne v průběhu životního cyklu automobilu?

- Odpověď pana Starého: „U současných modelů by se měl automobil v autoservisu objevit alespoň jednou ročně. ... Zákazníci se snaží prohlídky směřovat tak, aby byly provedeny například spolu s přezutím pneumatik. ... Když si řekneme dvě až tři návštěvy servisu do roka na auto. ... Krát životnost vozidla.“ Dále doplnil: „Teď u nových aut se zase přechází na dvou leté intervaly. ... 30 tisíc [pozn. najetá vzdálenost od poslední prohlídky] nebo dva roky, podle toho, co nastane dříve.“
- Odpověď pana Hurta: „Každé auto je jiné. Někdo má smůlu a s tím autem je pořád problém a jezdí do servisu často, nebo bourá, někde ho odře. To se nedá takhle říct. ... Já bych řekl, že pokud bude auto jezdit deset let, tak v průměru se to bude pohybovat někde v nízkých desítkách servisních záznamů.“
- Odpověď paní Marečkové: „Co se týče digitálního servisního plánu, tak tam to samozřejmě lze odvodit. ... Ale co se týče záručních a pozáručních oprav, to vám asi nikdo úplně neřekne. Máme testovací vozy, kde máme jednotky nebo téměř žádné servisní návštěvy, pak máme vozy, kde máme desítky návštěv.“ Pan Malec blíže konkretizuje: „Co se týče digitálního servisního plánu, tak tam to lze jednoduše spočítat. Je to více méně jeden záznam za rok, kdy je doporučená prohlídka, případně výměny filtrů, výměny kapalin atd. Co se týče záručních a nezáručních tak to je skutečně nahodilé a asi hodně záleží na tom zákazníkovi co mu vadí a co se mu pokazí. ... Budou to nižší jednotky za prvních 5 let. ... Většinou je to spojené s tím, že zákazníci jezdí do servisu v nejvyšší míře, když to auto má ještě záruku.“

11. Je možné servisní záznamy vozidla (po očištění o osobní údaje) zveřejnit bez souhlasu vlastníka vozu? Respektive, kdo je vlastníkem servisních záznamů?

- Pan Starý uvádí, že k této otázce nemá bližší znalosti.
- Odpověď pana Hurta: „Podle mě ne. Protože VIN je osobní údaj. ... Podle našich právníků je VIN osobní údaj, respektive VIN je zosobnitelný údaj, ztotožnitelný s nějakou osobou. Tím pádem nemůžete na internet vystavit informace o majetku někoho jiného, protože s určitým úsilím se dá dohledat k VIN jeho majitel. ... Já osobně si myslím, že to rozhodně na internetu zveřejnitelné jen tak není, pokud k tomu někdo nedá souhlas. A ten souhlas může stáhnout. Ale každopádně dává souhlas pouze k záznamům, které vznikly v době kdy to vozidlo vlastnil. ... Což je jediná autorita [pozn. Centrální registr vozidel], která eviduje vlastníky

vozů. Je státní, a proto vám takové data asi neposkytne jen tak. Tam máte propojení auta a jeho majitele. Jinak máte vždycky jenom auto a řidič, ale to nemusí být majitel. ... Řidič nesmí rozhodovat o majetku někoho cizího. ... Auto nemůže být vlastníkem, ale auto má nějakého vlastníka a ten je vlastník dat o jeho majetku v době kdy byl jeho vlastníkem. Je důležité, že auto může v čase mít více vlastníků.“ Participant upozorňuje na šedou zónu autentizace a autorizace vlastníka auta pomocí Škoda Connect, respektive na problematiku způsobu, jakým se automobilka může dozvědět o tom, že automobil změnil majitele.

- Odpověď paní Marečkové: „O tom se vedla dlouhá diskuse s právníky, jaké údaje můžeme zobrazovat v Digitálním certifikátu napříč vlastníky. ... Co se týče Digitálního servisního plánu, tak tam je v podstatě vidět všechno.“ Pro ostatní záruční a nezáruční záznamy platí, že řidič v digitálním certifikátu vidí všechny záznamy, které vznikly v době kdy vlastnil auto. A záznamy, které vznikly v době předchozího majitele současný majitel vidí pouze velice omezeně. Vidí datum návštěvy a hodnotu milage, avšak nikoliv co bylo předmětem návštěvy servisu. Na doplňující otázky participant odpovídali: „Vlastníkem dat jsou servisní partneři.“
12. Dostává současný systém uchování servisních záznamů aktualizace? Analogicky, lze očekávat potřebu rozšiřování systému o nové funkce? Nebo lze identifikovat všechny požadované funkce před samotnou realizací?
- Odpověď pana Starého: „Vývoj systému ani moc neprobíhá.“ Participant uvedl, že za poslední tři až pět let byl systém měněn pouze po vizuální stránce, ale funkcionalitu a strukturu záznamů si uchovává stále stejnou.
  - Odpověď pana Hurta: „Ten systém se v nějaké době nadesignuje a vyvine podle požadavků a ty se pak do budoucna mění. Takže probíhá nějaký change management. To jsou nějaké serverové aplikace nebo servery, na kterých se samozřejmě ten software dál vyvíjí. ... Konkrétně v těch, které teď máme, tak vím, že tam žádné velké změny nad rámec právě těch nutných, neprobíhají. ... To znamená těch zdrojových dat nebo zdrojových systémů, ze kterých třeba i Digitální certifikát čerpá, tak ty zdrojové systémy se vyvíjí velice málo. Více méně se tam dělají jenom bezpečnostní úpravy. Ale že by tam přibývali nějaké nové funkce, tak to si myslím že se teď neděje. Ale vyloučené to není. Je to o tom, že nějaký business útvar v rámci firmy nebo i celého VW, protože to jsou společné systémy, všechny značky VW koncernu mají stejné systémy, společné, tak když někdo přijde s báječným nápadem, že by něco chtěl a opatří si na to peníze, který ten vývoj bude stát a zrealizuje se to. Ale teď si nejsem vědom žádného velkého vývoje.“
  - Odpověď paní Marečkové: „Aktualizace tam určitě probíhají, to pak řeší audity, zda servisní partneři mají nainstalované aktuální verze systémů.“ Participant však nemá informace o obsahu aktualizací, zda přinášejí i novou funkcionalitu nebo pouze bezpečnostní záplaty.
13. Jak je současný systém uchovávání servisních záznamů financovaný? Je tam poplatek použití určité funkcionality, měsíční poplatek nebo úplně jiný finanční model?
- Odpověď pana Starého: „Za přístup do těch systémů samozřejmě platíme my. ... Já myslím, že je to měsíční paušál.“
  - Odpověď pana Hurta: „Budu mluvit o tom backendu, který ta data uchovává, který dneska známe a který slouží i pro ten Digitální certifikát. Tak to je všechno financováno nějak centrálně značkami, to znamená Škoda HQ tady v Mladé Boleslavi a VW ve Wolfsburgu. A ty financují vývoj i provoz těch systémů. Ale systémy jsou používány v servisní síti a servisní síť za používání systémů platí. Ne za ten systém jako takový, ale za jeho obsah. Za ty obsahy, které jim dáváme k dispozici. ... Z toho, co nám oni zaplatí se financuje obsah těch systémů, a nikoliv systémy samotné. Oni neplatí za provoz, neplatí za vývoj, ale platí nám za to, že přes ty systémy dostávají informace.“ Participant upřesňuje, že skrze současné systémy jsou servisním partnerům poskytovány předepsané servisní plány,

dílenské a opravárenské návody. Vznik právě tohoto obsahu je financovaný z poplatků od servisních partnerů. Součástí je však i možnost zapisovat a číst servisní záznamy. Z poplatků od servisních partnerů se nefinancuje provoz ani vývoj samotných systémů.

- Paní Marečková i pan Malec uvedli, že k této otázce nemají bližší znalosti, a proto ji nedokáží zodpovědět.

Volná diskuse po interview se zástupci ŠKODA IT dále zaobírala problematikou blockchainu, obsahu uchovávaných záznamů a oprávnění různých skupin uživatelů se záznamy manipulovat. Ing. Malec se přiklání k myšlence, aby co nejvíce dat do systému zapisoval automobil samotný, tak aby se předešlo chybám a neoprávněné manipulaci ze strany servisu. Zveřejnění citací odpovědí bylo autorizováno participanty interview.

### 3.4 Shrnutí a vyhodnocení požadavků

Vyhodnocení požadavků je provedeno pomocí matice, ve které jsou jednotlivé otázky dotazníku a interview, doplněné o implicitní požadavky mapované podle skupin požadavků, tak aby odpovědi respondentů a participantů byli komplexně vytěženy ze všech relevantních úhlů pohledu. Matice je přiložena jako Příloha D: Matice mapování odpovědí a požadavků. Skupiny požadavků jsou převzaty z metodiky MMSP a konkrétně se jedná o funkční a nefunkční požadavky, požadavky na rozhraní, obchodní pravidla, systémové omezení, respektované standardy a požadavky na dokumentaci. Z metodiky MMSP je také převzata šablona Požadavky (Rejnková 2022a) ve zjednodušené podobě pro jejich zápis požadavků. Požadavky jsou ohodnoceny prioritou na stupnici 1 až 5, kdy 1 je nejvyšší priorita a 5 je nejnižší priorita. Pro každý požadavek je identifikována jeho četnost u kolika otázek se v alespoň jedné odpovědi daný požadavek objevil. Na základě této četnosti je odvozena priorita. Priorita požadavků je určována pouze relativně vůči požadavkům ze stejné skupiny, protože některým skupinám se věnuje méně otázek, což by vedlo ke zkreslení. K takto identifikovaným požadavkům jsou doplněny také implicitní požadavky neboli požadavky vyplývající z prvotního rozhodnutí řešit architekturu jako decentralizovanou s využitím DLT.

#### 3.4.1 Funkční požadavky

Funkční požadavky představují seznam funkcionalit, které navrhovaná architektura musí umožňovat. Z pohledu koncového uživatele se jedná o tu nejdůležitější skupinu požadavků. Pro jejich pozdější snazší identifikaci jsou označeny prefixem FP.

ID požadavku	Název požadavku	Četnost	Priorita
FP_01	Zápis provozní záznamů	11	1
FP_02	Zápis servisních záznamů	11	1

ID požadavku	Název požadavku	Četnost	Priorita
FP_o3	Čtení servisních a provozních záznamů	10	1
FP_o4	Verzování servisních záznamů	1	5

Tabulka 3.2 Funkční požadavky

### FP\_o1 Zápis provozní záznamů

Z odpovědí respondentů dotazníku i participantů interview vyplývá, že je nezbytné, aby architektura systému umožňovala zápis provozních záznamů o automobilu. Tento požadavek se alespoň jednou objevil v odpovědích u jedenácti různých otázek. Například v odpovědích na otázky, jaké údaje považují řidiči za důležité evidovat nebo jaké operace běžně uživatelé se záznamy provádějí. Provozní záznam obsahuje popis stavu auta k určitému momentu, konkrétně by se jednalo o kopii výpisu z autodiagnostiky řídicí jednotky auta. Respondenti v dotazníku odpovídali, že by uvítali, aby takový záznam byl vytvořen jednou měsíčně. Z odpovědí participantů zase vyplývá potřeba zajistit vyšší konzistentnost ukládaných provozních záznamů. I proto je potřeba, aby se vytvoření provozního záznamu a jeho zapsání do systému proběhlo automatizovaně samotným autem. Provozní záznam taky obsahuje digitální podpis automobilu, který by měl zaručit, že provozní záznam vytvořil skutečně automobil samotný a pomocí nezmanipulovaného softwaru.

### FP\_o2 Zápis servisních záznamů

Stejně jako u provozních záznamů, tak i u servisních záznamů z odpovědí respondentů dotazníku i participantů interview vyplývá, že je nezbytné, aby architektura systému umožňovala zápis servisních záznamů o autě. Tento požadavek se alespoň jednou objevil v odpovědích u jedenácti různých otázek. Například v odpovědích na otázky, jaké údaje považují řidiči za důležité evidovat nebo jaké operace běžně uživatelé se záznamy provádějí. Servisní záznam se skládá z dokumentů popisující nějakou servisní událost. Tou může být návštěva servisu, pravidelná i nepravidelná. Může jí ale být i například pojistná událost, kdy třeba auto servis ani nenavštívilo, ale pojišťovna může do systému vložit záznam o pojistné události. Dokumenty mají volnou formu, protože na základě odpovědí participantů na otázku, v čem se liší pravidelné, záruční a pozáruční záznamy předpokládá velká rozmanitost obsahu záznamů. Dokumentem mohou být i různé multimediální typy jako jsou fotky, videa či zvuky. Potřeba uchovávat rozmanité typy dokumentů vychází z odpovědí na otázku jaké údaje nejsou, ale měli by být v záznamech uchovávané. Servisní záznam vždy obsahuje také identifikaci a digitální podpis uživatele, jednotlivce nebo instituce, který servisní záznam do systému zapsal. Servisní záznamy obecně používají nižší důvěryhodnosti oproti provozním záznamům. Samotný aplikační klient umožňuje uživateli pouze uložení záznamu a obsažených dokumentů do systému. Klient může být implementován v rámci větší aplikace, která může případně obstarávat i generování dokumentů z uživatelských vstupů, ale toto rozšíření není součástí navrhované architektury.



### FP\_03 Čtení servisních a provozních záznamů

Třetina respondentů dotazníku, kteří odpověděli, že mají servisní záznamy vedené digitálně současně uvedla, že k nim mají přímý přístup skrze autorizovanou anebo nezávislou aplikaci, proto musí být i v navrhovaném systému zachována možnost číst záznamy. Dále z odpovědí respondentů vyplývá, že čtení provozních i servisních záznamů je klíčové také při ověřování servisní historie nabízených ojetin. Odpovědi na otázky, kdo jsou potenciální uživatelé a jaké jsou nejběžnější operace se záznamy, ve všech interview obsahují i další strany, pro které je možnost vyhledat a zobrazit servisní záznamy klíčová funkcionalita. Prezentace obsahu záznamů a obsažených dokumentů uživateli je řešeno na uživatelských rozhraní, která nejsou inherentní součástí navrhované klientské aplikace. Aplikační klient obsažený v návrhu zajišťuje prosté vyhledání záznamu a předání prezentační vrstvě, případně přímo uživateli v podobě hrubých nezpracovaných dat.

### FP\_04 Verzování servisních záznamů

Z odpovědí participantů na otázky jaké operace se záznamy uživatelů provádějí a kdo je oprávněn záznamy upravovat vyplývá, že existuje okrajová a nepříliš často využívaná potřeba servisní záznamy upravovat či dokonce zcela mazat. Z principu fungování DLT je požadavek modifikován tak, že nyní je požadována možnost zapsat nový servisní záznam obsahující informaci o tom, že se jedná novou verzi jednoho ze starších servisních záznamů. Při opětovném vyhledání jsou vráceny všechny verze servisního záznamu. Tento způsob byl zvolen, protože systém nevaliduje věcný obsah servisních záznamů. Podvodnému jednání tak nelze zabránit, ale je kompletně zdokumentované a zpětně snadno odhalitelné porovnáním verzí, včetně toho, kdo je autorem jednotlivých verzí. Toto verzování je možné pouze u servisní záznamů a nikoliv provozních, které jsou generované automaticky samotným automobilem, a proto se nepočítá s tím, že by mohli obsahovat chyby.

### 3.4.2 Nefunkční požadavky

Nefunkční požadavky popisují kvalitativní požadavky na navrhovanou architekturu. Kvalitativními požadavky mohou být požadavky na použitelnost, zda architektura systému odpovídá schopnostem uživatele. Na spolehlivost, zda je systém dostatečně bezpečný vůči cíleným útokům i dostatečně robustní například vůči chybám v ukládaných datech. Na výkon, zda navrhovaná architektura systému ustojí očekávané množství uživatelů. A konečně na podporu, zda systém udržitelný, případně rozšiřitelný.

ID požadavku	Název požadavku	Četnost	Priorita
NP_01	Systém bude dostupný 100 % času	2	3
NP_02	Klient musí zvládnout jednotky zápisů denně	3	1

ID požadavku	Název požadavku	Četnost	Priorita
NP _03	U systému se nepředpokládají časté aktualizace	1	5
NP _04	Systém ignoruje nevalidní záznamy	o*	1

\*jedná se o implicitní požadavek

Tabulka 3.3 Nefunkční požadavky

#### **NP \_01 Systém bude dostupný 100 % času**

Participant interview na otázky, co jsou běžné operace se záznamy, kdo může záznamy číst a zapisovat odpověděli tak, že z toho vyplývá potřeba maximální dostupnosti systému. Systém je navrhovaný s ohledem na potřeby v rámci českého prostředí. Ale ŠKODA AUTO působí globálně, tak by měl být systém dostupný neustále. Tento požadavek je v souladu se systémovými požadavky SO\_03 a SO\_04, které požadují decentralizovaný systém, který by měl z povahy věci splňovat požadavek 100 % dostupnosti.

#### **NP \_02 Klient musí zvládnout jednotky zápisů denně**

Klientská aplikace musí zvládnout jednotky zápisů denně. Tento požadavek vychází z odpovědí respondentů v dotazníku na otázku, jak často by měli vznikat provozní záznamy. Participant interview dále zodpověděli, kolik záznamů vznikne v průběhu životního cyklu automobilu a popsali nejběžnější operace se záznamy. Z toho vychází, že klientské aplikace v automobilech zapíší jen jeden provozní záznam měsíčně, ale například klientské aplikace v autoservisu zapíší jednotky až nižší desítky servisních záznamů denně.

#### **NP \_03 U systému se nepředpokládají časté aktualizace**

Z odpovědí participantů u otázky, zda jsou současné systémy aktualizované, je zřejmé, že problematika provozních a servisních záznamů je stabilní a téměř neměnná, ale přesto participanté zdůraznili potřebu, aby systém případné aktualizace umožňoval.

#### **NP \_04 Systém ignoruje nevalidní záznamy**

Tento požadavek nevyplývá z žádné odpovědi poskytnuté participanty či respondenty. Jedná se o implicitní požadavek. Systém je chráněn proti zapsání formálně nevalidních záznamů do sítě. Formální kontrola vychází z principu fungování zápisu do acyklického orientovaného grafu, kdy je kontrolováno, že je záznam digitálně podepsaný a odkazuje na další validní záznamy. V případě servisních záznamů dále kontroluje validní identifikátor dokumentu v decentralizovaném úložišti. Po věcné stránce není obsah dokumentů kontrolován. V případě provozních záznamů, které do decentralizovaného úložiště nic neukládají, není dále nic po formální stránce kontrolováno, ale pokračuje se věcnou kontrolou popsanou v OP\_05 Provozní záznam obsahuje pouze validní data.

### 3.4.3 Rozhraní

Zda je nutné navrhovanou architekturu propojit s nějakými externími systémy či uživatelskými rozhraními popisuje skupina požadavků rozhraní. Skupina požadavků na rozhraní dále popisuje požadavky na formát dat či používané protokoly, vyplývající z identifikovaných rozhraní. Jsou zhodnoceny jak softwarová a hardwarová rozhraní, tak požadavky na komunikační síť.

ID požadavku	Název požadavku	Četnost	Priorita
RO_01	Uživatelská rozhraní nejsou součástí navrhované architektury systému	O*	1
RO_02	Aplikační rozhraní pro implementaci klienta v rámci větší aplikace	O*	1
RO_03	Kompatibilita aplikačního rozhraní se softwarem automobilu	1	1

Tabulka 3.4 Požadavky na rozhraní

#### **RO\_01 Uživatelská rozhraní nejsou součástí navrhované architektury systému**

Tento požadavek nevyplývá z žádné odpovědi poskytnuté participanty či respondenty. Jedná se o implicitní požadavek. Naopak z odpovědí respondentů a participantů vyplývá hned několik požadavků na uživatelská rozhraní, avšak jejich návrh není cílem této práce.

#### **RO\_02 Aplikační rozhraní pro implementaci klienta v rámci větší aplikace**

Tento požadavek nevyplývá z žádné odpovědi poskytnuté participanty či respondenty. Jedná se o implicitní požadavek. Aplikační klient bez uživatelského rozhraní klade nepřiměřené požadavky na schopnosti průměrného uživatele. Dále se u několika otázek objevili i odpovědi požadující různé funkce, které jsem však vyhodnotil, že by neměli být součástí přímo samotného systému, který pouze umožňuje uchování a zpětné vyhledání záznamů servisní historie. Proto aplikační klient, který je součástí navrhované architektury systému, musí mít připravené aplikační rozhraní, které umožní implementaci klienta v rámci různých aplikací, které budou primárně zajišťovat prezentační vrstvu, a tím usnadňovat práci se záznamy koncovým uživatelům. Jak už bylo, ale v RO\_01 zmíněno, tato uživatelská rozhraní nejsou součástí návrhu.

#### **RO\_03 Kompatibilita aplikačního rozhraní se softwarem automobilu**

Na základě odpovědí respondentů ohledně frekvence zápisu provozních záznamů v dotazníku vyplývá požadavek, aby provozní záznamy byly zapisovány samotným automobilem. Aplikační klient musí být schopen vykomunikovat se softwarem automobilu vygenerování autodiagnostického výpisu, ze kterého se vytvoří provozní záznam, a následně využít síťového komunikačního vybavení auta pro publikování tohoto provozního záznamu do systému.

### 3.4.4 Obchodní pravidla

Prostřednictvím obchodních pravidel je popsáno, zda je nutné dodržovat nějaké chování aplikace na základě obchodního modelu společnosti.

ID požadavku	Název požadavku	Četnost	Priorita
OP_01	Vyhledávání záznamů není zpoplatněno	2	3
OP_02	Zápis záznamu není zpoplatněn	1	5
OP_03	Souhlas zainteresovaných stran se zveřejněním dat	1	5
OP_04	Provozní záznam obsahuje validní data	4	1
OP_05	Provozní záznam je generován 1x měsíčně	1	5

Tabulka 3.5 Obchodní pravidla

#### OP\_01 Vyhledávání záznamů není zpoplatněno

Respondenti v dotazníku uvedli cenu jako jeden z důvodů, proč při výběru ojetého automobilu nevyužili žádnou ze služeb ověření servisní historie automobilu. Proto je zvolena architektura systému tak, aby zde nebyli žádné přímé poplatky za vyhledání záznamů. Náklady tvoří pouze provoz vlastní klientské aplikace.

#### OP\_02 Zápis záznamu není zpoplatněn

Participantů uvedli, že současné systémy jsou financované z poplatků od servisů, a proto některé nezávislé autoservisy současné systémy odmítají používat. Proto je zvolena architektura systému tak, aby zde nebyli žádné přímé poplatky za zápis záznamů. Náklady tvoří pouze provoz vlastní klientské aplikace.

#### OP\_03 Souhlas zainteresovaných stran se zveřejněním dat

Participantů uvedli, že z právního hlediska je vlastníkem záznamů majitel automobilu, z technického hlediska současných systémů jsou vlastníky záznamů autoservisy, které záznamy zapisují a případně iniciují jejich změny. Většina respondentů souhlasí s tvrzením, že systém, ve kterém jsou veřejně přístupné servisní záznamy všech automobilů zvyšuje transparentnost trhu s ojetými automobily. Z odpovědí participantů lze také dozvědět že zákazník, který automobil přiveze do autoservisu nemusí být současně jeho majitel. V odpovědích se objevuje informace, že některé údaje lze kategorizovat mezi citlivé osobní údaje, a proto je nelze jednoduše zveřejnit. Je potřeba právně upravit vztahy mezi zainteresovanými subjekty a obstarat souhlas se zveřejněním záznamů o automobilu. Tento souhlas musí být z principu fungování navrhované architektury neodvolatelný.

### OP \_04 Provozní záznam obsahuje validní data

Respondenti v dotazníku uvedli nedůvěryhodnost autoservisu či služeb jako jeden z důvodů, proč při výběru ojetého automobilu neověřovali servisní historii automobilu. Navrhovaný systém musí validovat zapisované provozní záznamy. Například nový provozní záznam nemůže uvádět nižší stav tachometru nežli předchozí provozní záznam.

### OP \_05 Provozní záznam je generován 1x měsíčně

Respondenti v dotazníku odpovídali na otázku, s jakou frekvencí by se měli zapisovat provozní záznamy, nejčastěji jednou měsíčně.

## 3.4.5 Systémová omezení

Zda je nutné respektovat určitá pravidla a omezení z pohledu samotného návrhu architektury (Např. modelovací jazyk nebo CASE nástroje) je stanoveno pomocí systémových omezení.

ID požadavku	Název požadavku	Četnost	Priorita
SO _01	Architektura je modelovaná v CASE nástroji Archi	O*	1
SO _02	Architektura je namodelována v modelovacím jazyce ArchiMate	O*	1
SO _03	Systém je postavený na architektuře DAG	1	1
SO _04	Klient musí být lehký	1	1
SO _05	Klient musí být komunikačně úsporný	1	1

Tabulka 3.6 Systémové omezení

### SO \_01 Architektura je modelovaná v CASE nástroji Archi

Tento požadavek nevyplývá z žádné odpovědi poskytnuté participanty či respondenty. Jedná se o implicitní požadavek. Návrh architektury je vytvořen v modelovacím CASE nástroji Archi. CASE neboli Computer-aided software engineering nástroje slouží pro návrh a implementaci softwarových aplikací. Archi je open source a používá standardizovaný souborový systém projektu díky čemuž lze projekt přenášet mezi více různými CASE nástroji.

### SO \_02 Architektura je namodelována v modelovacím jazyce ArchiMate

Tento požadavek nevyplývá z žádné odpovědi poskytnuté participanty či respondenty. Jedná se o implicitní požadavek. Návrh architektury je vytvořen pomocí vizuálního modelovacího jazyka ArchiMate.

### SO \_03 Systém je postavený na architektuře DAG

Většina respondentů souhlasí, že systém uchovávání servisní historie pomocí technologie blockchain je důvěryhodnější oproti současným systémům. Proto je požadováno, aby navrhovaná architektura systému využívala technologii acyklického orientovaného grafu, která je příbuzná technologii blockchain, ale vhodnější pro toto konkrétní užití. Konkrétně by se mělo jednat o kombinaci orientovaného acyklického grafu a decentralizovaného úložiště.

### SO \_04 Klient musí být výkonově nenáročný

Respondenti odpověděli že chtějí, aby provozní záznamy byly zapisované s takovou frekvencí, že se jako nejvhodnější varianta ukazuje, aby provozní záznamy byly zapisovány samotným automobilem. To znamená, že většina klientů poběží na hardwaru automobilu, který nemusí být dostatečně výkonný, respektive klient by si neměl nadměrně plýtvat výkonem tohoto hardwaru pouze pro potřeby evidence provozních záznamů.

### SO \_05 Klient musí být komunikačně úsporný

Respondenti odpověděli, že chtějí, aby provozní záznamy byly zapisované s takovou frekvencí, že se jako nejvhodnější varianta ukazuje, aby provozní záznamy zapisoval samotný automobil. To znamená, že většina klientů poběží na hardware samotného automobilu, který se může pohybovat prostředím s omezeným internetovým připojením.

## 3.4.6 Respektované standardy

Respektované standardy specifikují, jakým způsobem bude řešena licence navrhované architektury a jakým způsobem budou řešena autorská práva.

ID požadavku	Název požadavku	Četnost	Priorita
RS_01	Architektura je publikovaná pod MIT licenci	0*	1

\*jedná se o implicitní požadavek

Tabulka 3.7 Respektované standardy

### RS\_01 Architektura je publikovaná pod MIT licenci

Tento požadavek nevyplyvá z žádné odpovědi poskytnuté participanty či respondenty. Jedná se o implicitní požadavek. Architektura systému bude publikovaná pod MIT licenci (GitHub Inc. 2022), protože ošetřuje snadné jednoduché přenesení práce z akademické sféry do komerčního užití, umožňuje architekturu dále distribuovat a modifikovat. Současně chrání autorská práva autora a odlišuje jej od zodpovědnosti z využití jeho díla.

## 3.4.7 Požadavky na dokumentaci

Požadavky na dokumentaci stanovují, jaké formy dokumentace by měly být vytvářeny a kdo za ně bude zodpovědný, kdy a za jakých podmínek by měla být dostupná nápověda.

ID požadavku	Název požadavku	Četnost	Priorita
PD_o1	Dokumentace je veřejně dostupná	o*	1

\*jedná se o implicitní požadavek

Tabulka 3.8 Požadavky na dokumentaci

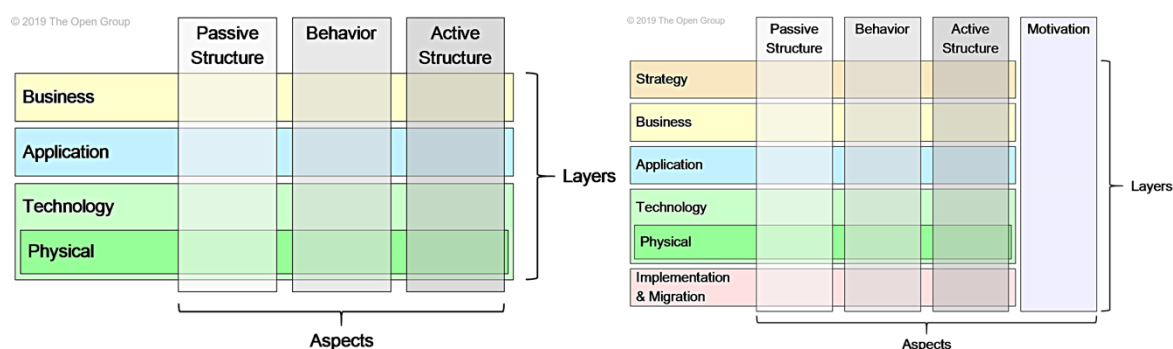
### **PD\_o1 Dokumentace je veřejně dostupná**

Tento požadavek nevyplývá z žádné odpovědi poskytnuté participanty či respondenty. Jedná se o implicitní požadavek. Dokumentace celé architektury systému bude součástí veřejně dostupného repozitáře GitHub. Dokumentace je převzatá z této diplomové práce.

Tato kapitola shrnuje výsledky první poloviny praktické části této práce. V této kapitole jsou popsány způsoby a výsledky výzkumu požadavků na architekturu. Součástí výzkumu byli online dotazníkové šetření mezi řidiči a několik interview se zástupci automobilky a autoservisu. Poznatky získané těmito nástroji jsou zde kategorizovány a shrnuty.

## 4 Modelovací jazyk ArchiMate

Pro zdokumentování architektury zbyl zvolen modelovací jazyk ArchiMate (The Open Group 2019b). Tento modelovací jazyk je zvolen na základě konzultací s experty z akademické sféry i automobilového businessu. Historie tohoto modelovací jazyka začíná již v roce 2002 a od roku 2008 jej spravuje The Open Group, jenž spravuje například také architektonický rámec TOGAF. Výhodou ArchiMate je, že pokrývá všechny architektonické vrstvy, které má tato práce za cíl navrhnout. Což by mělo zjednodušit čitelnost architektury jako celku a zlepšit propojenost jednotlivých vrstev architektury. Jazyk ArchiMate se v průběhu času vyvinul do současné verze 3.2 a lze jej aplikovat pomocí dvou příbuzných rámců, ArchiMate Core a ArchiMate Full. Zvolen byl jednodušší, avšak pro potřeby této práce postačující rámec ArchiMate Core.



Obrázek 4.1: Porovnání ArchiMate Core a ArchiMate Full (The Open Group 2019a)

Následuje zjednodušený popis metamodelu, elementů a vztahů použitých v dokumentaci architektury. Nejedná se o úplný přehled všech částí, které ArchiMate definuje, ale pouze těch, které byly použity v popisovaném modelu. Definice technologických pojmů jsou převzaty z oficiálního ArchiMate překladového slovníku (Rubeš a Rydval 2021) a případně doplněny ze Slovníku pojmů eGovernmentu (Šedivec 2022) Ministerstva vnitra ČR.

Architektonický rámec ArchiMate Core se skládá z elementů propojených pomocí vztahů umístěných v matici 3 vrstev a 3 aspektů. Vrstvy jsou business, aplikační a technologická. Aspekty jsou aktivní struktury, chování a pasivní struktury.

Business vrstva zachycuje obchodní služby nabízené zákazníkům, které jsou v organizaci realizovány obchodními procesy vykonávanými obchodními aktéry. V dokumentaci jsou prvky této vrstvy označeny žlutě. Aplikační vrstva popisuje aplikační služby, které podporují business. V dokumentaci jsou prvky této vrstvy označeny modře. Technologická vrstva zachycuje technologické služby, které jsou potřebné ke spuštění aplikací. Dále popisuje potřebný hardware a software. V dokumentaci jsou prvky této vrstvy označeny zeleně (Rubeš a Rydval 2021).



Aspekt aktivních struktur představuje strukturální prvky (obchodní aktéry, aplikační komponenty a zařízení, které projevují chování; tj. „subjekty“ vykonávající činnost). Aspekt chování vyjadřuje chování (procesy, funkce, události a služby) vykonávané aktéry. Strukturální prvky jsou přiřazeny k prvkům chování a ukazují kdo nebo co vykonává toto chování. Aspekt pasivních struktur představuje objekty, nad kterými se chování vykonává. Jedná se obvykle o informační objekty v obchodní vrstvě a datové objekty v aplikační vrstvě, ale lze je také použít k zachycení fyzických objektů. (Rubeš a Rydval 2021)

## 4.1 Vybrané vztahy použité v modelu

Strukturální vztahy modelují statickou strukturu nebo kompozici konceptů stejných nebo rozdílných typů. V modelu se vyskytují všechny strukturální vztahy definované v jazyce ArchiMate, konkrétně Kompozice, Agregace, Přiřazení a Realizace. Kompozice vyjadřuje, že jeden prvek se skládá z jednoho nebo více konceptů. V popisovaném modelu se jedná o nejčastější typ vztahu a je využíván ve všech vrstvách. Agregace vyjadřuje, že jeden prvek kombinuje jeden nebo více dalších konceptů a je využita v datovém modelu. Přiřazení představuje přidělení zodpovědnosti, vykonání nebo provedení činnosti nebo uložení obsahu. Tento vztah je využit na aplikační a technologické vrstvě a významově je velmi blízký vztahu Kompozice, pomocí kterého nelze validně propojit dané elementy. Realizace vyjadřuje, že určitý koncept hraje zásadní roli při vytváření, dosažení, udržení nebo provozu jiného, více abstraktního konceptu. Realizace představuje vztahy propojující jednotlivé vrstvy mezi sebou, respektive konkrétní služby a funkce, které tyto služby realizují.



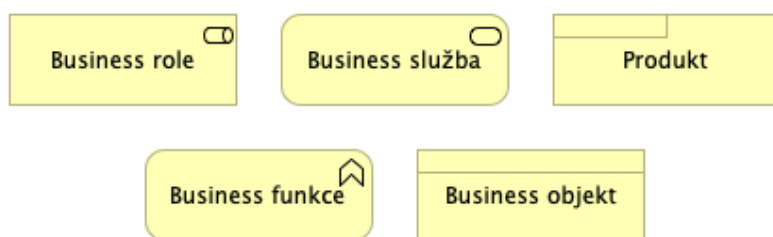
Obrázek 4.2: ArchiMate vztahy použité v popisovaném modelu

Vztahy závislostí modelují, jak jsou prvky použity k podpoře jiných prvků. V modelu jsou využity Podpora, Přístup a Asociace. Podpora vyjadřuje, že prvek poskytuje svoji funkčnost jinému prvku. Podpora je v popisovaném modulu využívána zejména na business vrstvě pro popis toho, které role jsou podporovány jednotlivými business službami. Přístup vyjadřuje schopnost aktivního prvku nebo prvku chování sledovat nebo manipulovat s pasivními prvky. V modelu je tímto vztahem zajištěno provázání datového modelu s ostatními elementy na všech vrstvách. Asociace vyjadřuje blíže neupřesněný vztah nebo takový vztah, pro který nelze použít jiný vztah definovaný v jazyce ArchiMate.

Dynamicke vztahy se používají k modelování závislostí chování mezi prvky. V tomto modelu je použit pouze vztah Spuštění, který vyjadřuje dočasný vztah nebo vztah mezi příčinou a následkem. V tomto modelu konkrétně vyjadřuje posloupnost kroků v technologických procesech.

## 4.2 Vybrané elementy z business vrstvy použité v modelu

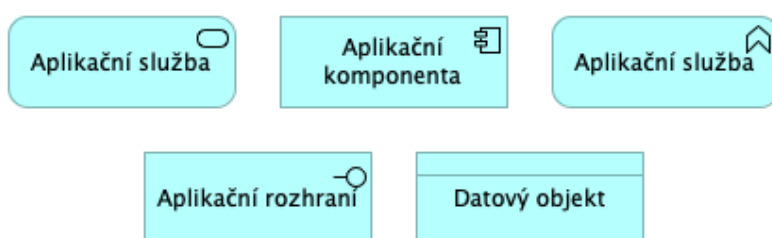
Business role vyjadřuje zodpovědnost za vykonávání dané činnosti nebo se jedná o část konkrétní činnosti či události, ve které jsou předem definované nějaké role. Business služba jasně definuje chování, které business role nabízí svému prostředí. Produkt je ucelený soubor služeb. Produkt je pak jako jeden celek nabízen (interním nebo externím) zákazníkům. Business funkce představuje soubor obchodních chování založených na vybrané sadě charakteristik (typicky požadované business zdroje, dovednosti, zodpovědnosti). Business funkce je úzce svázána s organizací, ale nemusí být organizací přímo řízena. Business objekt je pojem používaný v určité obchodní doméně. V modelu reprezentuje datové modelování na business vrstvě.



Obrázek 4.3: Business elementy použité v popisovaném modelu

### 4.3 Vybrané elementy z aplikační vrstvy použité v modelu

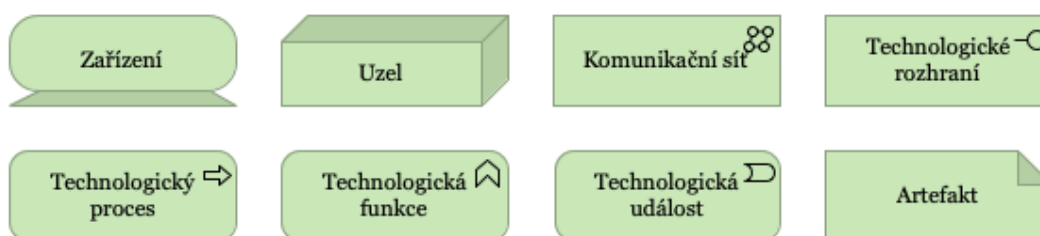
Aplikační služba vyjadřuje explicitně definované a vystavené aplikační chování. Aplikační funkce je automatizované chování, které může být vykonáváno aplikační komponentou. Aplikační komponenta vyjadřuje zapouzdření aplikační funkcionality v souladu s implementační strukturou, která je modulární a nahraditelná. Datovým objektem jsou data strukturovaná pro automatizované zpracování. Aplikační rozhraní představuje přístupový bod, na kterém jsou aplikační služby zpřístupněny uživateli, jiné aplikační komponentě nebo uzlu.



Obrázek 4.4: Aplikační elementy použité v popisovaném modelu

### 4.4 Vybrané elementy z technologické vrstvy použité v modelu

Technologické rozhraní vyjadřuje přístupový bod, na kterém jsou nabízeny technologické služby poskytované uzlem. Uzel je výpočetní nebo fyzický prostředek, který poskytuje prostor, manipuluje nebo interaguje s dalšími výpočetními nebo fyzickými zdroji. Zařízení představuje fyzický IT zdroj, na kterém může být systémový software nebo artefakt uložen nebo nasazen pro zpracování. Technologický proces představuje posloupnost technologických chování, která vede ke konkrétnímu výsledku. Technologická funkce vyjadřuje soubor technologických chování, která mohou být vykonávána uzlem. Komunikační síť je skupina struktur, která propojuje uzly pro přenos, směrování a příjem dat. Artefaktem jsou data, která jsou používána či produkována během procesu vývoje softwaru nebo během nasazení a provozu IT systému. Technologická událost vyjadřuje změnu stavu na technologické úrovni.

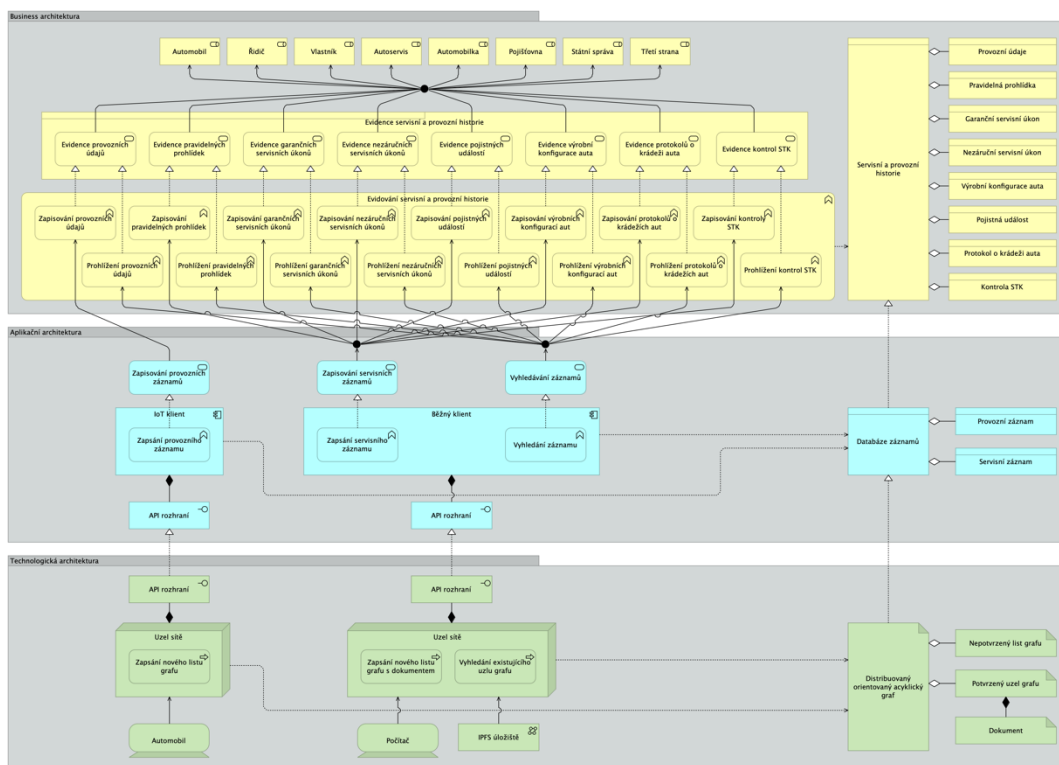


Obrázek 4.5: Technologické elementy použité v popisovaném modelu

V této kapitole byly představeny základní aspekty modelovacího jazyka ArchiMate. Nejedná se o kompletní popis celého jazyka, ale pouze o popis architektonického rámce, vztahů a elementů použitých při modelování mnou navrhované architektury.

## 5 Návrh architektury

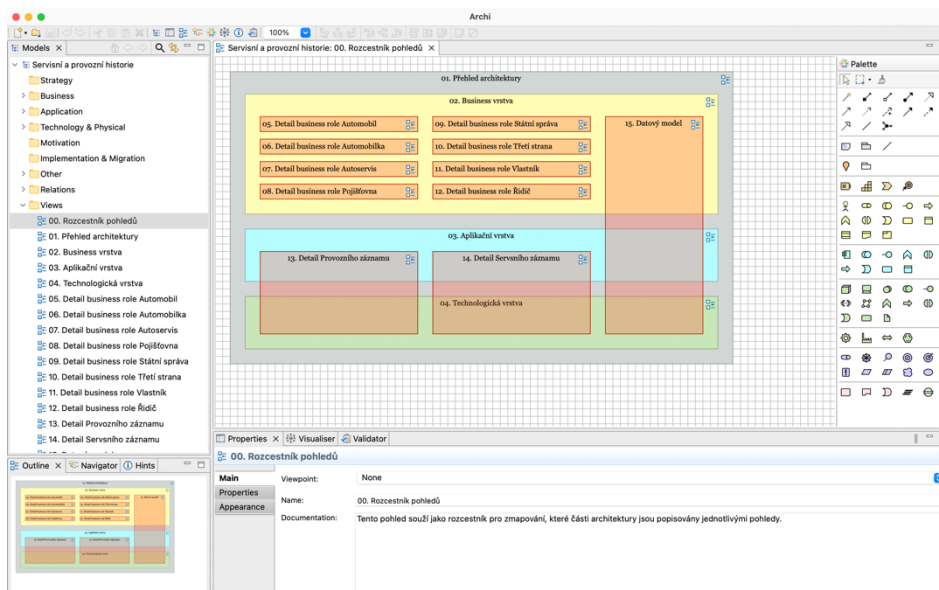
V této kapitole je popsán navržený model architektury. Je popsáno technické řešení, pomocí jakých nástrojů byla architektura modelovaná a následně publikována. Je zde popsáno, jakým způsobem byli zvoleny jednotlivé pohledy a vybrané pohledy jsou detailněji popsány.



Obrázek 5.1: Přehled celé architektury

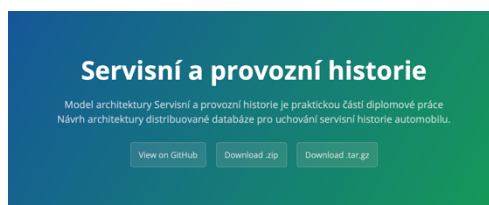
## 5.1 Technické řešení a publikace dokumentace modelu

Na základě konzultace byl pro dokumentaci architektury zvolen nástroj Archi. Jedná se o open source CASE nástroj, který vznikl v roce 2010 a dle tvrzení autorů (Beauvoir a Sarrodie 2022) se jedná v současnosti o nejpopulárnější nástroj pro modelování pomocí jazyka ArchiMate. Tento nástroj je vhodný zejména, protože podporuje ArchiMate Open Exchange Format, oficiální formát ukládání modelu navrhnutý The Open Group. Kromě toho nástroj umožňuje i export ve formátech CSV a XML, které následně lze importovat do jiného CASE nástroje, kterým může disponovat čtenář. Projekt dokumentace je přiložen jako Příloha E: Projekt s dokumentací architektury. Archi také nabízí dvě varianty automatizovaného vytvoření reportu či dokumentace. Varianta dokumentace v HTML je interaktivní a uživatelský velice přívětivá, lze si prohlížet jednotlivé pohledy a elementy včetně jejich popisu. Druhá varianta je v Archi pojmenovaná Jasper. Jedná se o dokumentaci ve formátu vhodném pro tisk a automatizovaně generuje DOCX, PPTX, PDF, ODT, RTF a HTML dokumenty.



Obrázek 5.2: CASE nástroj Archi

Celý model architektury včetně dokumentace je veřejně dostupný na webové adrese [friedmannmartin.github.io/servisni\\_a\\_provozni\\_historie/](https://friedmannmartin.github.io/servisni_a_provozni_historie/). Pro zveřejnění jsem využil službu GitHub Pages. Na této webové stránce je ke stažení samotný model ve formátu Archi projektu. Lze si zde stáhnout exportovaný model také ve všech formátech které nástroj Archi nabízí. Stejně tak je zde zveřejněna dokumentace, opět ve všech formátech, které Archi poskytuje. Hlavním důvodem, pro zvolení služby GitHub Pages je hostování interaktivní dokumentace, která je uživatelsky nejpřívětivější a současně pro prohlížení vyžaduje pouze webový prohlížeč.



### Servisní a provozní historie

» Odkaz na interaktivní dokumentaci architektury «

#### Archi projekt

Dokumentace architektury byla primárně vytvořena pomocí CASE nástroje Archi.

- Archi projekt

Jednotlivé diagramy lze zde stáhnout i jednotlivě.

#### Export

Ve složce export jsou k dispozici exportované soubory ve formátech csv a Open Exchange Format (xml), pro účely importu do jiných CASE nástrojů než je Archi.

- CSV
- Open Exchange Format (xml)

#### Report

Ve složce report jsou k dispozici soubory dokumentace ve více formátech, tak aby ji bylo možné prohlížet pomocí různých zařízení a aplikací. Dokumentace je k dispozici ve formátech interaktivního a statického HTML, DOCX, ODT, PDF, PPTX, RTF.

- HTML
- Jasper



Dokumentace architektury je zveřejněna pod MIT licencí.

servisni\_a\_provozni\_historie is maintained by friedmannmartin.  
This page was generated by GitHub Pages.

Obrázek 5.3: Dokumentace zveřejněná pomocí služby GitHub Pages

## 5.2 Pohledy na architekturu

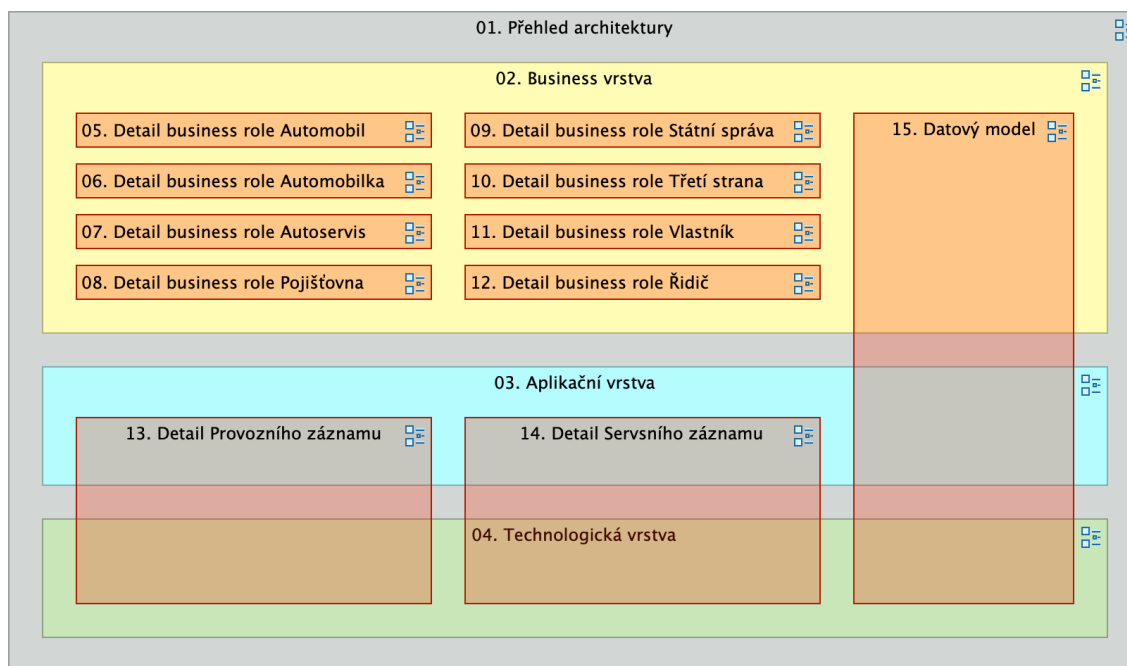
Architektura je popsána pomocí patnácti pohledů. Jednotlivé pohledy mají různou úroveň detailu a mohou se překrývat tak, aby bylo zajištěno dostatečné porozumění provázanosti mezi jednotlivými pohledy. V textu této práce je představena pouze podмноžina pohledů, dostačující pro základní představení návrhu.

Název pohledu	Popis
OO. Rozcestník pohledů	Tento pohled slouží jako rozcestník pro zmapování, které části architektury jsou popisovány jednotlivými pohledy.
O1. Přehled architektury	Přehled architektury poskytuje sjednocený pohled na architekturu jako celek přes všechny tři vrstvy.
O2. Business vrstva	Business vrstva zobrazuje klíčové služby, produkty a objekty nabízené jednotlivým business rolím.
O3. Aplikační vrstva	Aplikační vrstva zobrazuje nezbytné aplikační služby potřebné pro naplnění business služeb, včetně datových objektů a aplikačních komponent.
O4. Technologická vrstva	Technologická vrstva realizuje aplikační služby a zobrazuje technologické procesy, infrastrukturní prvky a datové toky nezbytné pro zajištění požadovaných vlastností architektury.
O5. Detail business role Automobil	Detail business role Automobil zobrazuje pouze klíčové služby, produkty a objekty relevantní pro business roli Automobil.
O6. Detail business role Automobilka	Detail business role Automobilka zobrazuje pouze klíčové služby, produkty a objekty relevantní pro business roli Automobilka.
O7. Detail business role Autoservis	Detail business role Autoservis zobrazuje pouze klíčové služby, produkty a objekty relevantní pro business roli Autoservis.
O8. Detail business role Pojišťovna	Detail business role Pojišťovna zobrazuje pouze klíčové služby, produkty a objekty relevantní pro business roli Pojišťovna.
O9. Detail business role Státní správa	Detail business role Státní správa zobrazuje pouze klíčové služby, produkty a objekty relevantní pro business roli Státní správa.
10. Detail business role Třetí strana	Detail business role Třetí strana zobrazuje pouze klíčové služby, produkty a objekty relevantní pro business roli Třetí strana.
11. Detail business role Vlastník	Detail business role Vlastník zobrazuje pouze klíčové služby, produkty a objekty relevantní pro business roli Vlastník.

Název pohledu	Popis
12. Detail business role Řidič	Detail business role Řidič zobrazuje pouze klíčové služby, produkty a objekty relevantní pro business roli Řidič.
13. Detail Provozního záznamu	Detail Provozního záznamu zobrazuje výsek aplikační a technologické vrstvy a popisuje službu zapisování nových provozních záznamů včetně popisu konkrétního technického procesu a nezbytné infrastruktury, potřebné pro řádné zapsání provozního záznamů.
14. Detail Servisního záznamu	Detail Servisního záznamu zobrazuje výsek aplikační a technologické vrstvy a popisuje službu zapisování nových servisních záznamů a vyhledávání již existujících provozních i servisních záznamů, a to včetně popisů konkrétních technických procesů a nezbytné infrastruktury, potřebné pro řádné zapsání nových servisních záznamů a vyhledávání již existujících provozních a servisních záznamů.
15. Datový model	Datový model reprezentuje strukturu a obsah jednotlivých provozních a servisních záznamů uchovávaných pomocí architektury.

Tabulka 5.1: Přehled všech pohledů

Nultým pohledem, který nepopisuje architekturu, ale dokumentaci je rozcestník pohledů, který pomáhá s pochopením rozmístěním jednotlivých pohledů a s tím kde a jak se mohou překrývat. Rozcestník také usnadňuje procházení interaktivní dokumentace a v modelu má označení OO. Rozcestník pohledů.

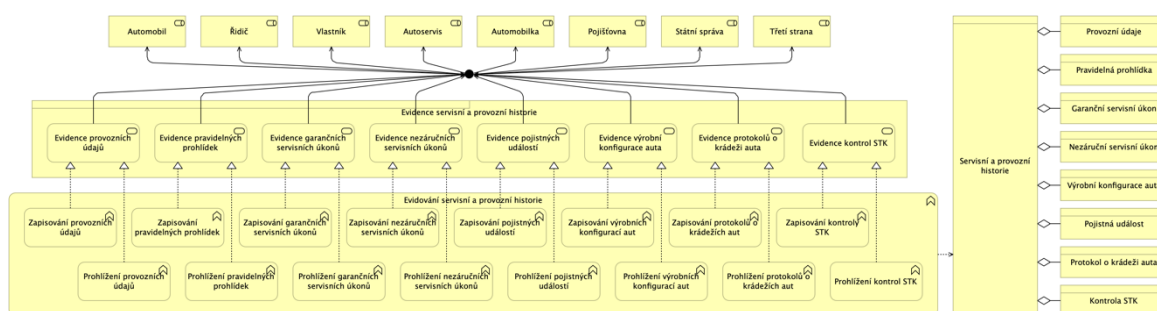


Obrázek 5.4: Rozcestník všech pohledů v modelu

Prvním a hlavním pohledem je 01. Přehled architektury. Pohled je prezentován obrázkem 5.1. Přehled architektury na začátku této kapitoly. Poskytuje pohled na architekturu jako celek a umožňuje seznámení se základním členění do jednotlivých vrstev. Business, aplikační a technologické, tak jak je definuje architektonický rámec ArchiMate Core. Naopak postrádá detail jednotlivých vrstev a samostatně je nedostatečně vypovídající. Proto je doplněn ještě o pohledy na jednotlivé vrstvy a dalšími vybranými detailními pohledy.

## 5.2.1 Business vrstva

Na business vrstvě bylo identifikováno celkem 43 elementů. Jsou zde popsány klíčové business role, které využívají produkt Evidence servisní a provozní historie. Ten se sám skládá z několika business služeb. Pro každou business službu platí, že jsou realizované pomocí dvou business funkcí, zapisování a prohlížení. Všechny tyto funkce pracují s datovým objektem Servisní a provozní historie, který shrnuje všechny dílčí datové objekty, jednotlivé informace o životním cyklu automobilu.



Obrázek 5.5: Pohled na business vrstvu

Na business vrstvě je definováno osm business rolí, které reprezentují koncové uživatele navrhovaného systému. Tito uživatelé mohou být pouze zdroji uchovávaných informací, pouze konzumenty uchovávaných informací, ale ve většině případů se jedná o kombinaci obojího. Je důležité zmínit, že se nejedná se o kompletní výpis všech možných rolí, které mohou vůči systému vystupovat. Jedná se o postačující množinu nejdůležitějších rolí na základě, kterých bylo možné pokračovat v návrhu aplikační a technologické vrstvy. Jakékoliv další business role by se pouze překrývaly s již popsány a neměly by vliv na podobu aplikační a technologické vrstvy. Tyto ostatní neidentifikované role jsou zastoupeny obecnou business rolí Třetí strana. Jednotlivé business role jsou blíže představeny v následující tabulce 5.2 Přehled business rolí.



Název business role	Popis
Automobil	Business role Automobil zastupuje všechny automobily připojené k síti. Jedná se o automobily odpovídající koncepci IoT a connected car, tedy automobily trvale připojené k internetu. Tyto automobily autonomně v pravidelných intervalech 1x měsíčně zapisují své provozní údaje, vygenerované pomocí autodiagnostiky v řídicí jednotce na palubě automobilu.
Řidič	Business role Řidič zastupuje řidiče automobilů, vždy se jedná o fyzickou osobu. Řidič se primárně potřebuje informovat před započítáním jízdy o provozuschopnosti automobilu a případně evidovat nové incidenty, například defekt pneumatiky, vzniklé během samotné jízdy.
Vlastník	Business role Vlastník zastupuje samotné vlastníky automobilů, kterými mohou být fyzické, ale i právnické osoby. Vlastník má přístup ke všem záznamům o vozidle, tak aby mohl činit informované rozhodnutí o údržbě v průběhu životního cyklu automobilu. Dále má možnost evidovat nezáruční servisní úkony, které mohl provést svépomocí, například výměnu motorového oleje apod.
Autoservis	Business role Autoservis zastupující všechny autorizované autoservisy. Nezávislé autoservisy jsou reprezentované business rolí Třetí strana. Přístup k historickým záznamům o automobilu umožňuje servisním technikům poskytovat kvalifikovanější doporučení svým zákazníkům ohledně servisování jejich automobilů. Autoservisy jsou největším zdrojem záznamů, a proto jim architektura umožňuje zapisovat pravidelné prohlídky i všechny servisní úkony.
Automobilka	Business role Automobilka reprezentuje samotného výrobce automobilu, pro kterého jsou vybrané záznamy nezbytné z důvodu poskytování záruky na automobil. Na druhou stranu je automobilka primárním zdrojem záznamů o výrobní konfiguraci jednotlivých automobilů.
Pojišťovna	Business role Pojišťovna zastupuje primárně poskytovatele různých druhů (povinné, havarijní, krádež apod.) pojištění automobilů. Tyto pojišťovny potřebují přístup k vybraným záznamům pro kvalifikované výpočty pojistného, likvidaci pojistných událostí včetně výpočtu pojistného plnění. Současně jsou pojišťovny primárním zdrojem pro historické záznamy pojistných událostí.
Státní správa	Business role Státní správa reprezentuje zejména Stanice technické kontroly, Dopravní inspektoráty, Policii České republiky a jiné státní instituce. Státní správa má zájem evidovat protokoly o krádežích automobilů a záznamy o kontrolách automobilů na STK. Přístup k provozním údajům o automobilech zpřístupňuje přesné a aktuální informace o stavu vozového parku provozovanému primárně na území ČR.

Název business role	Popis
Třetí strana	Business role Třetí strana je souhrnné označení pro různé subjekty, kteří mohou provozní a servisní záznamy automobilů využít v široké škále business modelů. Největší skupinou jsou nezávislé autoservisy, dále autopůjčovny a společnosti provozující carsharing. Předpokládá se, že třetí strany budou záznamy převážně konzumovat, s tvorbou nových záznamů se počítá prakticky pouze u nezávislých autoservisů.

Tabulka 5.2: Přehled business rolí

Na business vrstvě je definován hlavní produkt Evidence servisní a provozní historie, který se skládá z osmi dílčích business služeb, které jsou blíže představeny v následující tabulce 5.3 Přehled business služeb.

Název business služby	Popis
Evidování servisní a provozní historie (produkt)	Produkt Evidence servisních a provozní historie je ucelená sada služeb evidence jednotlivých záznamů o automobilu v průběhu jeho celého životního cyklu.
Evidence provozních údajů	Evidence provozních údajů je služba pro obhospodařování záznamů o zásadních provozních údajích automobilu. Služba nabízí zapisování nových záznamů a prohlížení již existujících.
Evidence pravidelných prohlídek	Evidence pravidelných prohlídek je služba pro obhospodařování záznamů o všech pravidelných prohlídkách automobilu dle Digitálního servisního plánu. Služba nabízí zapisování nových záznamů a prohlížení již existujících.
Evidence garančních servisních úkonů	Evidence garančních servisních úkonů je služba pro obhospodařování záznamů o všech garančních servisních úkonech provedených na automobilu v rámci záruky od automobilky. Služba nabízí zapisování nových záznamů a prohlížení již existujících.
Evidence nezáručních servisních úkonů	Evidence nezáručních servisních úkonů je služba pro obhospodařování záznamů o všech servisních úkonech provedených na automobilu bez uplatnění záruky od automobilky. Služba nabízí zapisování nových záznamů a prohlížení již existujících.
Evidence pojistných událostí	Evidence pojistných událostí je služba pro obhospodařování záznamů o všech pojistných událostech, ve kterých se daný automobil vyskytuje. Služba nabízí zapisování nových záznamů a prohlížení již existujících.

<b>Název business služby</b>	<b>Popis</b>
Evidence výrobní konfigurace auta	Evidence výrobní konfigurace auta je služba pro obhospodařování záznamů popisující vlastnosti automobilu, tak jak jej automobilka vyrobila, ale také modifikace, které by tyto vlastnosti zásadním způsobem měnili, například přestavba veterána, tuning nebo kempingová vestavba do dodávky. Služba nabízí zapisování nových záznamů a prohlížení již existujících.
Evidence protokolů o krádeži auta	Evidence protokolů o krádeži auta je služba pro obhospodařování záznamů o kradených automobilech. Služba nabízí zapisování nových záznamů a prohlížení již existujících.
Evidence kontrol STK	Evidence kontrol STK je služba pro obhospodařování záznamů o všech prohlídkách automobilu na Stanicích technické kontroly. Služba nabízí zapisování nových záznamů a prohlížení již existujících.

Tabulka 5.3: Přehled business služeb

Business vrstva obsahuje dále šestnáct business funkcí, které lze rozdělit do dvou skupin. Business funkce zajišťující zápis a funkce zajišťující prohlížení jednotlivých záznamů. Jednotlivé business funkce jsou blíže představeny v následující tabulce 5.4 Přehled business funkcí.

<b>Název business funkcí</b>	<b>Popis</b>
Prohlížení provozních údajů	Business funkce Prohlížení provozních údajů realizuje vyhledání již existujících záznamů provozních údajů automobilu. Spolu s business funkcí Zapisování provozních údajů tvoří business službu Evidence provozních údajů.
Prohlížení pravidelných prohlídek	Business funkce Prohlížení pravidelných prohlídek realizuje vyhledání již existujících záznamů pravidelných prohlídek automobilu. Spolu s business funkcí Zapisování pravidelných prohlídek tvoří business službu Evidence pravidelných prohlídek.
Prohlížení garančních servisních úkonů	Business funkce Prohlížení garančních servisních úkonů realizuje vyhledání již existujících záznamů garančních servisních úkonů na automobilu. Spolu s business funkcí Zapisování garančních servisních úkonů tvoří business službu Evidence garančních servisních úkonů.
Prohlížení nezáručních servisních úkonů	Business funkce Prohlížení nezáručních servisních úkonů realizuje vyhledání již existujících záznamů nezáručních servisních úkonů na automobilu. Spolu s business funkcí Zapisování nezáručních servisních úkonů tvoří business službu Evidence nezáručních servisních úkonů.

<b>Název business funkcí</b>	<b>Popis</b>
Prohlížení pojistných událostí	Business funkce Prohlížení pojistných událostí realizuje vyhledání již existujících záznamů pojistných událostí, ve kterých se daný automobil vyskytuje. Spolu s business funkcí Zapisování pojistných událostí tvoří business službu Evidence pojistných událostí.
Prohlížení výrobních konfigurací aut	Business funkce Prohlížení výrobních konfigurací aut realizuje vyhledání již existujících záznamů výrobních konfigurací aut. Spolu s business funkcí Zapisování výrobních konfigurací aut tvoří business službu Evidence výrobní konfigurace auta.
Prohlížení protokolů o krádežích aut	Business funkce Prohlížení protokolů o krádežích aut realizuje vyhledání již existujících záznamů protokolů o krádežích aut. Spolu s business funkcí Zapisování protokolů o krádežích aut tvoří business službu Evidence protokolů o krádeži auta.
Prohlížení kontrol STK	Business funkce Prohlížení kontrol STK realizuje vyhledání již existujících záznamů o kontrolách auta na Stanici technické kontroly. Spolu s business funkcí Zapisování kontroly STK tvoří business službu Evidence kontrol STK.
Zapisování provozních údajů	Business funkce Zapisování provozních údajů realizuje vznik nových záznamů provozních údajů automobilu. Spolu s business funkcí Prohlížení provozních údajů tvoří business službu Evidence provozních údajů.
Zapisování pravidelných prohlídek	Business funkce Zapisování pravidelných prohlídek realizuje vznik nových záznamů pravidelných prohlídek automobilu. Spolu s business funkcí Prohlížení pravidelných prohlídek tvoří business službu Evidence pravidelných prohlídek.
Zapisování garančních servisních úkonů	Business funkce Zapisování garančních servisních úkonů realizuje vznik nových záznamů garančních servisních úkonů na automobilu. Spolu s business funkcí Prohlížení garančních servisních úkonů tvoří business službu Evidence garančních servisních úkonů.
Zapisování nezáručních servisních úkonů	Business funkce Zapisování nezáručních servisních úkonů realizuje vznik nových záznamů nezáručních servisních úkonů na automobilu. Spolu s business funkcí Prohlížení nezáručních servisních úkonů tvoří business službu Evidence nezáručních servisních úkonů.
Zapisování pojistných událostí	Business funkce Zapisování pojistných událostí realizuje vznik nových záznamů pojistných událostí, ve kterých se daný automobil vyskytuje. Spolu s business funkcí Prohlížení pojistných událostí tvoří business službu Evidence pojistných událostí.

<b>Název business funkcí</b>	<b>Popis</b>
Zapisování výrobních konfigurací aut	Business funkce Zapisování výrobních konfigurací aut realizuje vznik nových záznamů výrobních konfigurací aut. Spolu s business funkcí Prohlížení výrobních konfigurací aut tvoří business službu Evidence výrobní konfigurace auta.
Zapisování protokolů o krádežích aut	Business funkce Zapisování protokolů o krádežích aut realizuje vznik nových záznamů protokolů o krádežích aut. Spolu s business funkcí Prohlížení protokolů o krádežích aut tvoří business službu Evidence protokolů o krádeži auta.
Zapisování kontroly STK	Business funkce Zapisování kontroly STK realizuje vznik nových záznamů o kontrolách auta na Stanici technické kontroly. Spolu s business funkcí Prohlížení kontrol STK tvoří business službu Evidence kontrol STK.

Tabulka 5.4: Přehled business funkcí

Na business vrstvě byl identifikován jeden hlavní a osm dílčích business objektů. Hlavní business objekt Servisní a provozní historie agreguje všechny dílčí business objekty. Jednotlivé business objekty jsou blíže představeny v následující tabulce 5.5 Přehled business objektů.

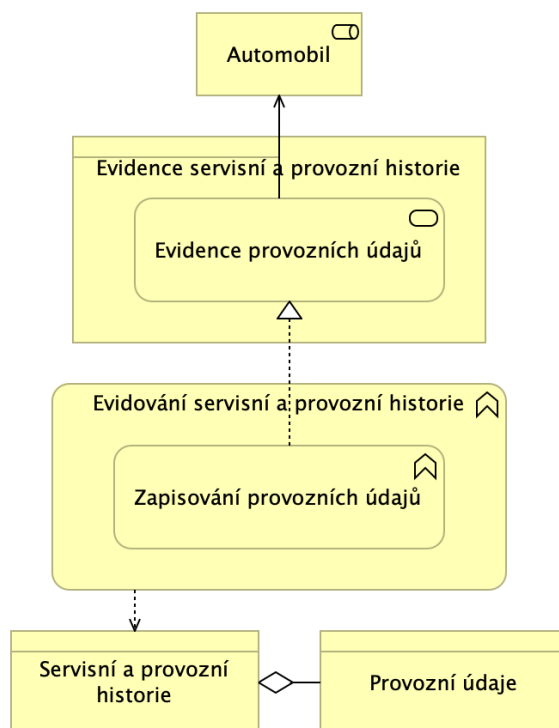
<b>Název business objektu</b>	<b>Popis</b>
Servisní a provozní historie	Servisní a provozní historie je ucelená sada všech významných skutečností a událostí, které vznikly v průběhu celého životního cyklu automobilu.
Provozní údaje	Objekt Provozní údaje představuje snímek provozních údajů automobilu k určitému okamžiku. Provozními údaji se rozumí výstup z autodiagnostiky vygenerované pomocí řídicí jednotky automobilu a obsahuje údaje jako je stav tachometru nebo seznam chybových hlášení.
Pravidelná prohlídka	Objekt Pravidelná prohlídka reprezentuje informaci o provedení pravidelné prohlídky, včetně jednotlivých dílčích kontrol dle digitálního servisního plánu. Ten stanovuje automobilka pro potřeby garantování záruky na automobil.
Garanční servisní úkon	Objekt Garanční servisní úkon popisuje informaci o servisním úkonu vyplývajícím z uplatnění záruky na automobil poskytované automobilkou. Tyto servisní úkony pořizuje výhradně autorizované autoservisy pro potřeby automobilky.

Název business objektu	Popis
Nezáruční servisní úkon	Objekt Nezáruční servisní úkon popisuje informaci o servisním úkonu nevyplyvajícím ze záruky na automobil poskytované automobilkou. Tyto servisní úkony může pořizovat libovolná osoba, nejčastěji pak autoservisy včetně nezávislých, a pro potřeby řidiče či vlastníka automobilu.
Výrobní konfigurace auta	Objekt Výrobní konfigurace auta reprezentuje informaci o vlastnostech automobilu, tak jak jej automobilka vyrobila. Těmito informacemi mohou být identifikátory karoserie a motoru, seznam prvků výbavy automobilu, standardní i doplňkové. Výrobní konfigurací jsou myšleny i významné modifikace zásadním způsobem měnící vlastnosti automobilu. Může se jednat o nesériové úpravy pohonného ústrojí nebo rozšíření doplňkové výbavy například o parkovací senzory.
Pojistná událost	Objekt Pojistná událost reprezentuje informaci o vzniklé pojistné události. Záznam vystavuje pojišťovna a může obsahovat například informace jako je podrobnější popis toho co se stalo, rozsah poškození, výše plnění, policejní protokol v případě, že byla událost vyšetřována anebo stav likvidace pojistné události.
Protokol o krádeži auta	Objekt Protokol o krádeži auta reprezentuje informaci o neoprávněném odcizení automobilu, protokol vystavuje Policie České republiky a může obsahovat například informace jako je datum a místo odcizení automobilu.
Kontrola STK	Objekt Kontrola STK reprezentuje informaci o provedení kontroly na Stanici technické kontroly. Součástí mohou být například informace o identifikovaných závadách nebo měření emisí.

Tabulka 5.5: Přehled business objektů

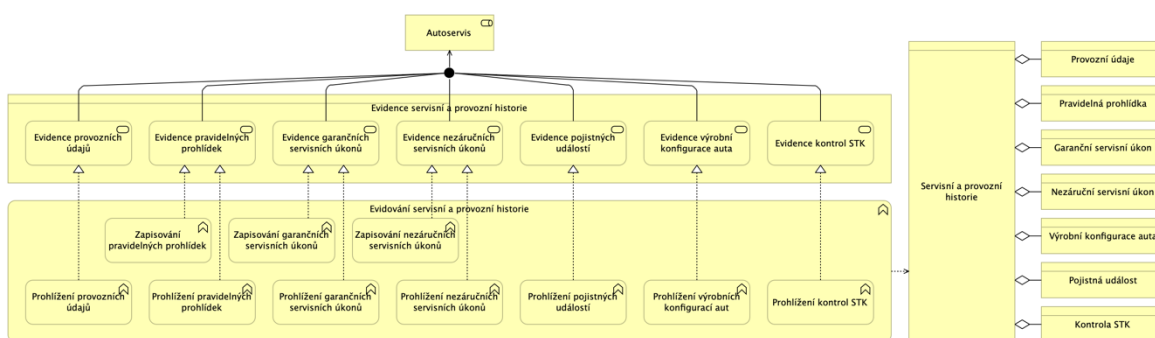
Protože pohled o2. Business vrstva neposkytuje dostatečný detail, které business role využívají jednotlivé business služby, vznikly samostatné detailní pohledy za jednotlivé role. Konkrétně se jedná se o pohledy o5. až 12. V textu této práce detailněji představím několik hlavních business rolí.

Business role Automobil je unikátním tím, že se jedná o jedinou roli, která je pouze zdrojem informací a ze systému sama žádné informace nekonzumuje. Business role Automobil zastupuje všechny automobily připojené k síti. Jedná se o automobily odpovídající koncepci IoT a connected car, tedy auta trvale připojená k internetu. Tyto automobily autonomně v pravidelných intervalech 1x měsíčně zapisují své provozní údaje, vygenerované pomocí autodiagnostiky v řídicí jednotce na palubě auta. Objekt Provozní údaje tedy představuje snímek provozních údajů automobilu k určitému okamžiku. Provozními údaji se rozumí například údaje jako je stav tachometru nebo seznam chybových hlášení.



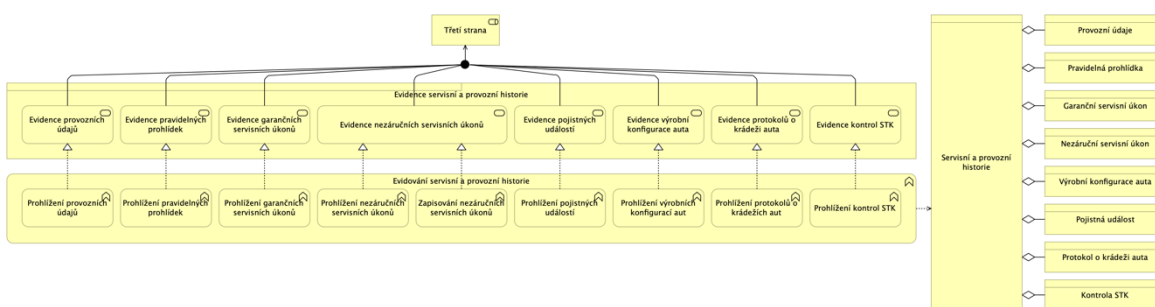
Obrázek 5.6: Detailní pohled na business roli Automobil

Business role Autoservis, spolu s Automobilem, jsou primárními zdroji informací. Na rozdíl od Automobilu však Autoservis je současně jedním z primárních konzumentů informací uchovaných v systému. Business role Autoservis zastupuje všechny autorizované autoservisy. Přístup k historickým záznamům o autě umožňuje servisním technikům poskytovat kvalifikovanější doporučení svým zákazníkům ohledně servisování jejich aut. Historické záznamy jsou zde reprezentované business objektem Servisní a provozní historie, respektive jednotlivými dílčími business objekty jako je například Pravidelná prohlídka, Garanční servisní úkon nebo Výrobní konfigurace auta.



Obrázek 5.7: Detailní pohled na business roli Autoservis

Business role Třetí strana je souhrnné označení pro různé subjekty, které mohou provozní a servisní záznamy automobilů využít v široké škále business modelů. Největší skupinou jsou nezávislé autoservisy, ale do této role mohou spadat dále také autopůjčovny nebo společnosti provozující carsharing. Předpokládá se, že třetí strany budou záznamy převážně konzumovat. S tvorbou nových záznamů se počítá prakticky pouze u nezávislých autoservisů. Nelze přesně předvídat jaké informace budou konkrétní konzumenti využívat, proto model předpokládá přístup ke všem informacím obsaženým v business objektu Servisní a provozní historie.

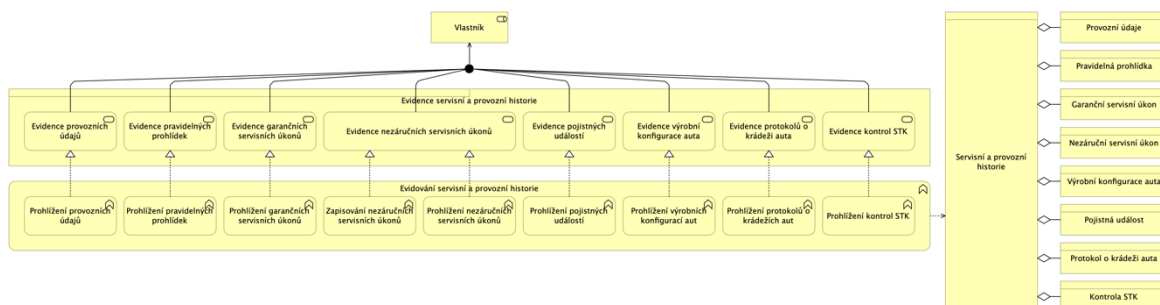


Obrázek 5.8: Detailní pohled na business roli Třetí strana

Poslední klíčovou business rolí je Řidič, respektive Vlastník. Na základě doporučení expertů během konzultací, mi bylo doporučeno o těchto dvou rolích uvažovat samostatně. Identifikoval jsem, ale že pro potřeby mnou navrhovaného modelu se tyto role nijak neliší. Business role Vlastník zastupuje vlastníky automobilů, kterými mohou být fyzické, ale i právnické osoby. Vlastník má přístup ke zcela všem záznamům o vozidle, tak aby mohl činit informované rozhodnutí o údržbě v průběhu životního cyklu automobilu. Dále má možnost evidovat nezáruční servisní úkony, které mohl provést svépomocí, například výměnu motorového oleje apod. Business role Řidič zastupuje přímo řidiče automobilů



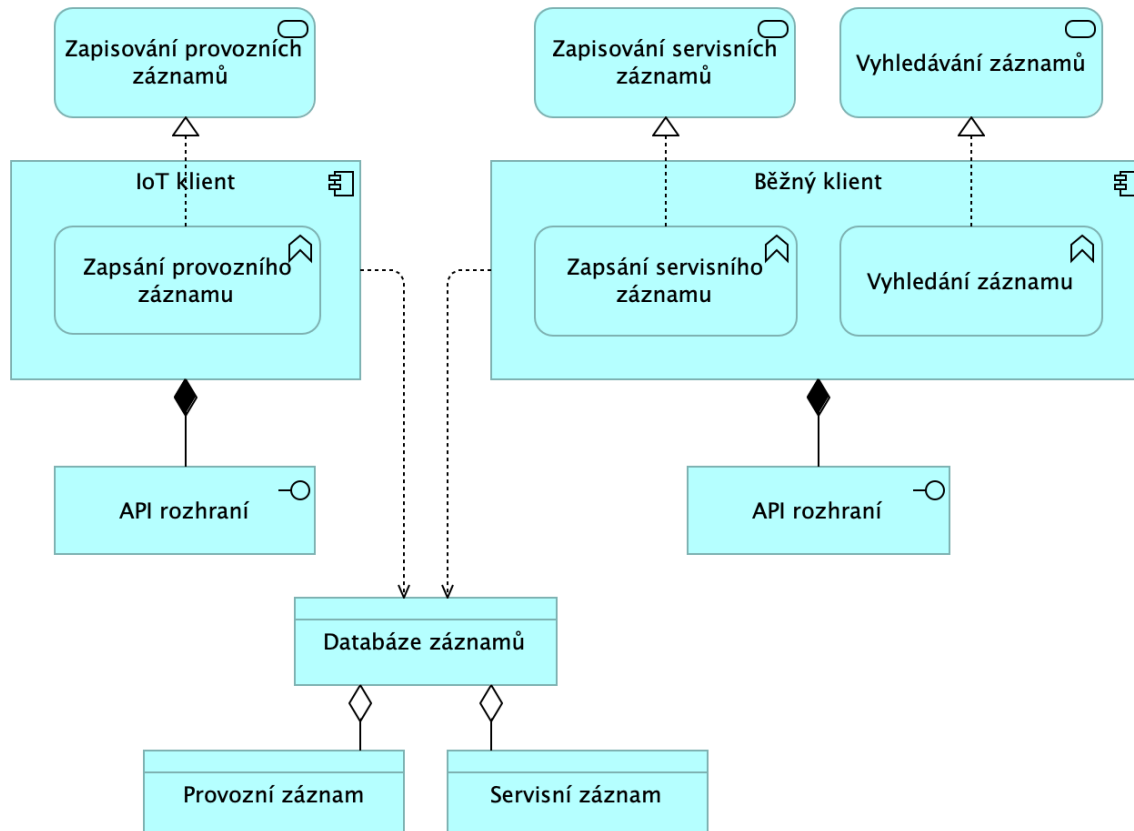
a vždy se jedná o fyzickou osobu. Řidič se primárně potřebuje informovat před započítím jízdy o provozuschopnosti automobilu a případně evidovat incidenty, například defekt pneumatiky, vzniklé během samotné jízdy. Obě role tak potřebují přístup ke kompletní historii automobilu a současně evidují pouze nezaruční servisní úkony, přesněji opravy, které provedly svépomocí bez návštěvy autoservisu.



Obrázek 5.9: Detailní pohled na business roli Vlastník

## 5.2.2 Aplikační vrstva

Na aplikační vrstvě bylo identifikováno celkem 12 elementů. Jsou zde popsány aplikační služby a aplikační komponenty, které tyto služby realizují. Pro jednotlivé komponenty jsou uvedeny dále aplikační funkce a datové objekty se kterými manipulují.



Obrázek 5.10: Pohled na aplikační vrstvu

Všechny funkce popsané na business vrstvě lze obsloužit pomocí tří aplikačních funkcí. Těmi jsou Zapisování provozních záznamů, Zapisování servisních záznamů a Vyhledání záznamů. Realizaci těchto aplikačních služeb mají na starosti dvě aplikační komponenty. IoT klient je jednoúčelová komponenta, která obsahuje aplikační funkci Zapsání provozního záznamu. Druhou komponentou je Běžný klient, který obsahuje náročnější aplikační funkce Zapsání servisního záznamu a Vyhledání záznamu. Obě tyto komponenty následně komunikují s technologickou vrstvou skrze API rozhraní. Obě komponenty přistupují k Databázi záznamů, která agreguje datové objekty Provozní záznam a Servisní záznam. Všechny tyto elementy aplikační vrstvy jsou popsány v tabulce 5.6. Přehled elementů aplikační vrstvy.

Název elementu	Typ elementu	Popis
Zapisování provozních záznamů	Aplikační služba	Zapisování provozních záznamů je aplikační služba, která slouží business funkci Zapisování provozních údajů a umožňuje tak zápis provozních údajů ve standardizovaném formátu v pravidelných intervalech do jednotlivých provozních záznamů.
Zapisování servisních záznamů	Aplikační služba	Zapisování servisních záznamů je aplikační služba, která slouží všem business funkcím zapisujícím informace v nestandardizovaném formátu, tedy všem s výjimkou business funkce Zapisování provozních údajů a umožňuje tak zápis nestandardizovaných informací do jednotlivých servisních záznamů.
Vyhledávání záznamů	Aplikační služba	Vyhledávání záznamů je aplikační služba, která slouží všem business funkcím zajišťující prohlížení servisní a provozní historie automobilu.
IoT klient	Aplikační komponenta	IoT klient je jednoúčelová aplikační komponenta, obsahující jedinou aplikační funkci Zapisování provozního záznamu. IoT klient komunikuje s databází záznamů, kam jsou zapisovány provozní záznamy.
Běžný klient	Aplikační komponenta	Běžný klient je komplexní aplikační komponenta, obsahující aplikační funkce Zapisování servisního záznamu a Vyhledávání záznamu. Běžný klient komunikuje s databází záznamů, kam jsou zapisovány servisní záznamy. Běžný klient umožňuje také v databázi záznamů vyhledávat provozní a servisní záznamy.

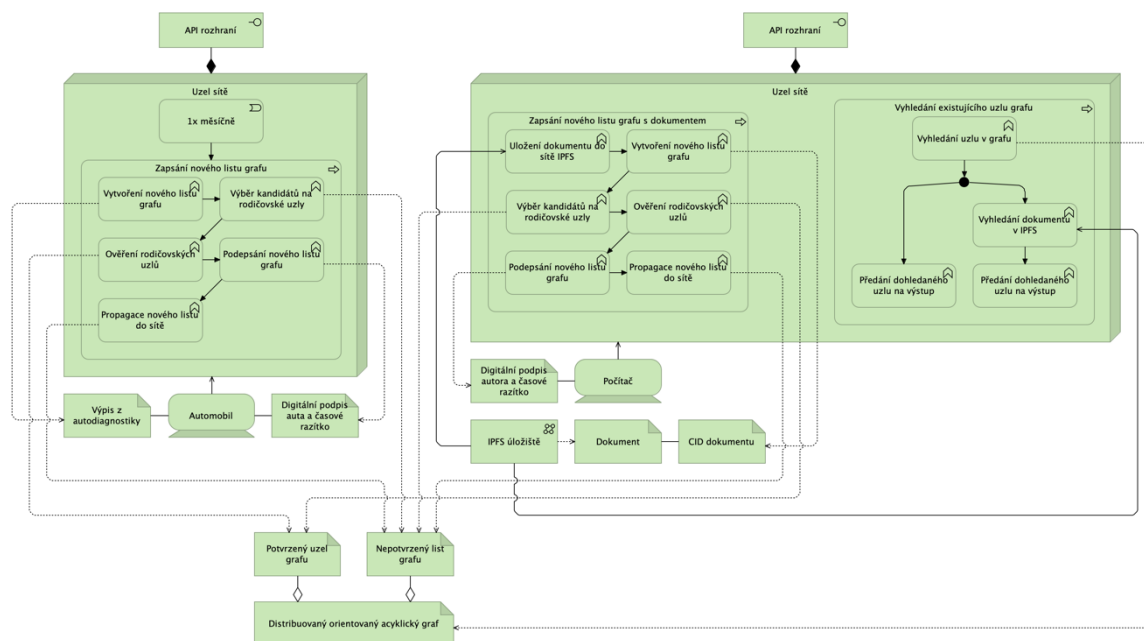
Název elementu	Typ elementu	Popis
Zapsání provozního záznamu	Aplikační funkce	Zapsání provozního záznamu je aplikační funkcí, která realizuje zápis jednotlivých provozních záznamů, tak jak jej popisuje aplikační služba Zapisování provozních záznamů. Jedná se o jedinou funkci aplikační komponenty IoT klient.
Zapsání servisního záznamu	Aplikační funkce	Zapsání servisního záznamu je aplikační funkcí, která realizuje zápis jednotlivých servisních záznamů, tak jak jej popisuje aplikační služba Zapisování servisních záznamů. Spolu s Vyhledáváním záznamu tvoří funkcionalitu aplikační komponenty Běžný klient.
Vyhledání záznamu	Aplikační funkce	Vyhledání záznamu je aplikační funkcí, která realizuje vyhledání jednotlivých provozních a servisních záznamů, tak jak jej popisuje aplikační služba Vyhledávání záznamů. Spolu se Zapsáním servisního záznamu tvoří funkcionalitu aplikační komponenty Běžný klient.
API rozhraní	Aplikační rozhraní	API rozhraní abstrahuje aplikační služby vystavené vůči business vrstvě realizované pomocí aplikačních funkcí od konkrétního technického řešení.
Databáze záznamů	Datový objekt	Databáze záznamů uchovává všechny provozní a servisní záznamy. Přístup k databázi mají IoT i Běžní klienti, kteří v databázi mohou zapisovat nové záznamy a vyhledávat již existující.
Provozní záznam	Datový objekt	Provozní záznam představuje snímek provozních údajů automobilu k určitému okamžiku a v předem stanovené struktuře, který byl vytvořen pomocí IoT klienta.
Servisní záznam	Datový objekt	Servisní záznam představuje datový objekt v nestandardizované podobě, který popisuje nějakou servisní skutečnost, a který byl vytvořen pomocí Běžného klienta.

Tabulka 5.6: Přehled elementů aplikační vrstvy

Na základě zpětné vazby v kapitole 6.2. Hodnocení architektury experty došlo k přejmenování aplikačních komponent Minimální klient na IoT klient a Plný klient na Běžný klient. Tyto změny jsou v této kapitole již promítnuty.

### 5.2.3 Technologická vrstva

Na technologické vrstvě bylo identifikováno celkem 26 elementů. Jsou zde popsány uzly, ale zejména technologické procesy, které popisují posloupnost technologických funkcí. Technologické procesy jsou návrhem pro specifické řešení aplikační funkcí pomocí technologie DAG. Kromě technologických procesů jsou zde popsány i klíčové artefakty využívané jednotlivými technologickými funkcemi.



Obrázek 5.11: Pohled na technologickou vrstvu

Představení technologické vrstvy modelu je doplněno o popis jednotlivých elementů ve tabulkách 5.7 Přehled technologických funkcí, 5.8. Přehled artefaktů a 5.9 Přehled elementů technologické vrstvy (bez technologických funkcí a artefaktů).

Název technologické funkce	Popis
Uložení dokumentu do sítě IPFS	Uživatel na vstupu vloží dokument popisující servisní záznam. Ten je následně uložen do IPFS úložiště, které vrátí CID uloženého dokumentu, a ten se následně předává následujícímu procesnímu kroku.
Vytvoření nového listu grafu	Vytvoření nového listu grafu představuje činnost, během které je vytvořena struktura nové listu grafu. Do ní je současně vložen obsah daného záznamu, kterým může být výpis z autodiagnostiky nebo CID dokumentu.
Výběr kandidátů na rodičovské uzly	Z DAG jsou vybrány dva kandidátské rodičovské uzly. Kandidátem mohou být jiné nepotvrzené listy grafu.

Název technologické funkce	Popis
Ověření rodičovských uzlů	U všech kandidátů na rodičovské uzly jsou formálně ověřeny digitální podpisy. U kandidátských uzlů grafu, které obsahují provozní záznamy je provedeno navíc věcné ověření vůči předem známým business pravidlům. Například zda udávaný stav tachometru nepoklesl vůči poslednímu potvrzenému provoznímu záznamu. Tímto způsobem jsou rodičovské uzly nezávisle ověřeny.
Podepsání nového listu grafu	Finalizovaný obsah nového listu grafu včetně odkazů na dva ověřené rodičovské uzly je digitálně podepsaný s pomocí asymetrické kryptografie.
Propagace nového listu do sítě	Nově vytvořený nepotvrzený list grafu ve své finalizované podobě je hromadně rozeslán ostatním uzlům sítě, kteří si jej uloží do své kopie DAG.
Vyhledání uzlu v grafu	Uzel je vyhledán v DAG dle vstupních parametrů zadaných uživatelem.
Vyhledání dokumentu v IPFS	Dokument je vyhledán v IPFS na základě CID dokumentu, který je obsažen v uzlu dohledaném v předchozím procesním kroku.
Předání dohledaného uzlu na výstup	Dohledaný uzel sítě je předán uživateli, který jej vyhledal. Předány jsou potvrzené uzly, ale i nepotvrzené listy, kterou jsou na výstupu opatřeny příznakem o nižší důvěryhodnosti.

Tabulka 5.7: Přehled technologických funkcí

Název artefaktu	Popis
Výpis z autodiagnostiky	Výpis z autodiagnostiky je datový objekt tvořící klíčovou součást každého provozního záznamu. Výpis z autodiagnostiky obsahuje snímek provozních údajů automobilu k určitému okamžiku v čase. Původce je řídicí jednotka automobilu.
Digitální podpis auta a časové razítko	Digitální podpis auta a časové razítko jsou datové objekty obsažené v každém uzlu grafu. Digitální podpis automobilu je unikátní pro každý automobil. Oba využívají asymetrickou kryptografii pro zajištění důvěryhodnosti každého uzlu grafu.

Název artefaktu	Popis
Digitální podpis autora a časové razítko	Digitální podpis autora a časové razítko jsou datové objekty obsažené v každém uzlu grafu. Digitální podpis autora je unikátní pro každého uživatele, který zapisuje nový záznam. Oba využívají asymetrickou kryptografii pro zajištění důvěryhodnosti každého uzlu grafu.
CID dokumentu	CID dokumentu neboli Content ID dokumentu je unikátní hash dokumentu uloženého v IPFS úložišti. CID je pro každý dokument vygenerovaný v okamžiku jeho uložení do IPFS. Pomocí unikátního CID se lze dotázat IPFS a tím zpětně získat hledaný dokument.
Dokument	Dokument je datový objekt v nestandardizované podobě a uložený v IPFS úložišti. Může se jednat o libovolný multimediální soubor, který obsahuje popis nějaké servisní skutečnosti. Takový dokument vzniká zcela vně navrhované architektury, která obstarává pouze jeho důvěryhodné uchování.
Distribuovaný orientovaný acyklický graf	Distribuovaný orientovaný acyklický graf, zkráceně DAG, představuje konkrétní technické řešení databáze záznamů. Obsahuje nepotvrzené listy a potvrzené uzly grafu.
Potvrzený uzel grafu	Potvrzený uzel grafu je technický datový objekt, který je agregovaný v DAG. Jednotlivé potvrzené uzly tvoří jádro DAG a potvrzenými, důvěryhodnými uzly se stávají ve chvíli, kdy na ně odkazují minimálně dva potomci. Každý potvrzený uzel grafu obsahuje odkaz na své dva předchůdce, u kterých ověřil jejich pravost. Každý potvrzený uzel grafu vznikl neodvolatelným ověřením nepotvrzeného listu grafu.
Nepotvrzený list grafu	Nepotvrzený list grafu je technický datový objekt, který je agregovaný v DAG. Jednotlivé nepotvrzené listy jsou uzly na samotném okraji DAG, na které odkazuje jen jeden nebo žádný potomek. Každý nepotvrzený list grafu obsahuje odkaz na své dva předchůdce, u kterých ověřil jejich pravost. Nepotvrzený list se může neodvolatelně přeměnit na potvrzený uzel grafu.

Tabulka 5.8: Přehled artefaktů

Název elementu	Typ elementu	Popis
API rozhraní	Technologické rozhraní	API rozhraní abstrahuje konkrétní technické řešení samotných uzlů sítě od aplikační vrstvy, kde jsou popsány konceptuální aplikační komponenty a jejich aplikační funkce.
Uzel sítě	Uzel	Uzel sítě představuje elementární, myšleno nejmenší nedělitelnou jednotku sítě. I v případě degradace sítě není nijak omezena funkčnost zápisu nových záznamů. V případě vyhledávání již existujících záznamů je vyhledávání omezeno až v krajních situacích.
Automobil	Zařízení	Automobilem se rozumí výpočetní prostředí automobilu, ve kterém je spuštěný uzel sítě. Automobil uzlu sítě poskytuje též své výpočetní prostředky, lokální úložiště a síťovou konektivitu.
Počítač	Zařízení	Počítačem se rozumí výpočetní prostředí běžného osobního počítače či dedikovaného serveru, na kterém je spuštěný uzel sítě. Počítač uzlu sítě poskytuje též své výpočetní prostředky, lokální úložiště a síťovou konektivitu.
Zapsání nového listu grafu	Technologický proces	Technický proces Zápis nového listu grafu popisuje postup při vzniku nového nepotvrzeného listu grafu pro potřeby uchovávání provozních záznamů. Tento proces je realizovaný pomocí uzlu sítě v pravidelných intervalech.
Zapsání nového listu grafu s dokumentem	Technologický proces	Technický proces Zápis nového listu grafu s dokumentem popisuje postup při vzniku nového nepotvrzeného listu grafu s využitím IPFS úložiště, pro potřeby uchovávání servisních záznamů. Tento proces je realizovaný pomocí uzlu sítě.
Vyhledání existujícího uzlu grafu	Technologický proces	Technický proces Vyhledání existujícího uzlu grafu popisuje postup při vyhledání uzlu grafu včetně rozhodovací logiky o vyhledání dokumentu v IPFS úložišti. Tento proces je realizovaný pomocí uzlu sítě.

Název elementu	Typ elementu	Popis
1x měsíčně	Technologická událost	Na základě dotazníku mezi řidiči byl zvolen pravidelný interval, v jakém by se měly pořizovat snímky provozních údajů automobilu. Jedná se o arbitrární časový interval, který může být dále v odůvodněných případech změněn.
IPFS úložiště	Komunikační síť	InterPlanetary File System je decentralizované úložiště, kde jsou uchovávány nestandardizované multimediální dokumenty, které obsahují samotné servisní záznamy, například záznamy o pravidelných prohlídkách nebo garančních a nezáručních servisních úkonech. CID dokumentu identifikuje právě dokument uložený v IPFS.

Tabulka 5.9: Přehled elementů technologické vrstvy (bez tech. funkcí a artefaktů)

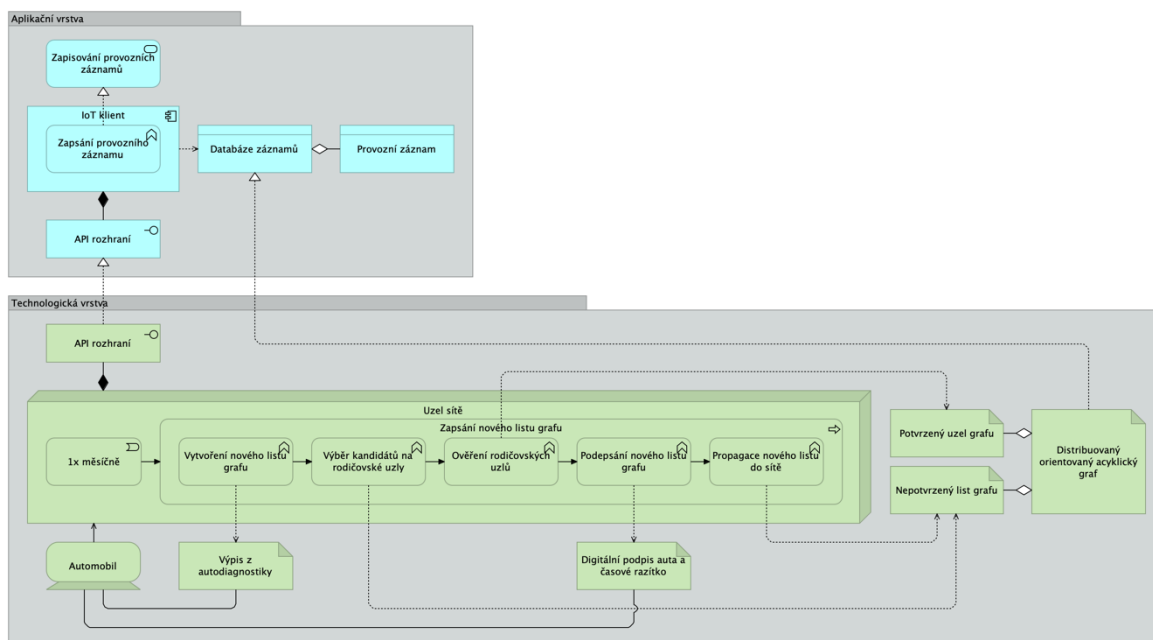
## 5.2.4 Detail provozního záznamu

Tato podkapitola detailněji popisuje provozní záznam a manipulaci s ním. Respektive sleduje aplikační komponentu IoT klient a její technickou implementaci s využitím technologie distribuované účetní knihy. IoT klient má jedinou aplikační funkci a slouží jediné aplikační službě Zapisování provozních záznamů. Na technologické vrstvě tuto komponentu představuje Uzel sítě. Ten běží v rámci aplikačního prostředí automobilu. Uzel sítě obsahuje jediný technologický proces Zapsání nového listu grafu.

Proces Zapsání nového listu grafu je automaticky spuštěn jednou měsíčně. Interval je zvolen na základě definovaných požadavků, ale jeho změna může být předmětem diskuse. Technologický proces sleduje posloupnost několika technologických funkcí. Nejprve je vytvořena struktura nového listu grafu, do které je současně vložen Výpis z autodiagnostiky dodaný řídicí jednotkou Automobilu. Uzel sítě následně vybere z DAG dva kandidáty na rodičovské uzly grafu. Kandidátem mohou být jiné nepotvrzené listy grafu. Následně uzel sítě u všech kandidátů na rodičovské uzly formálně ověří digitální podpisy. U kandidátských uzlů grafu, které obsahují provozní záznamy je provedeno navíc věcné ověření vůči předem známým business pravidlům, například zda udávaný stav tachometru nepoklesl vůči poslednímu potvrzenému provoznímu záznamu. Tímto způsobem jsou rodičovské uzly nezávisle ověřeny a v případě že se na ně odkazují alespoň dva potomci, se stávají potvrzenými uzly grafu. Nový list grafu, který obsahuje provozní záznam a odkazy na dva ověřené rodičovské uzly je následně digitálně podepsaný s pomocí privátního klíče automobilu a opatřený časovým razítkem. Takto finalizovaný nový nepotvrzený list grafu je hromadně rozeslán ostatním uzlům sítě, kteří si jej uloží do své kopie DAG.



Na základě zpětné vazby v kapitole 6.2. Hodnocení architektury experty došlo v diagramu, respektive obrázku 5.12 Detailní pohled na Provozní záznam k doplnění ohrazení, které jasně vymezuje přechod mezi aplikační a technologickou vrstvou. Tyto změny jsou v této kapitole již promítnuty.



Obrázek 5.12: Detailní pohled na Provozní záznam

### 5.2.5 Detail servisního záznamu

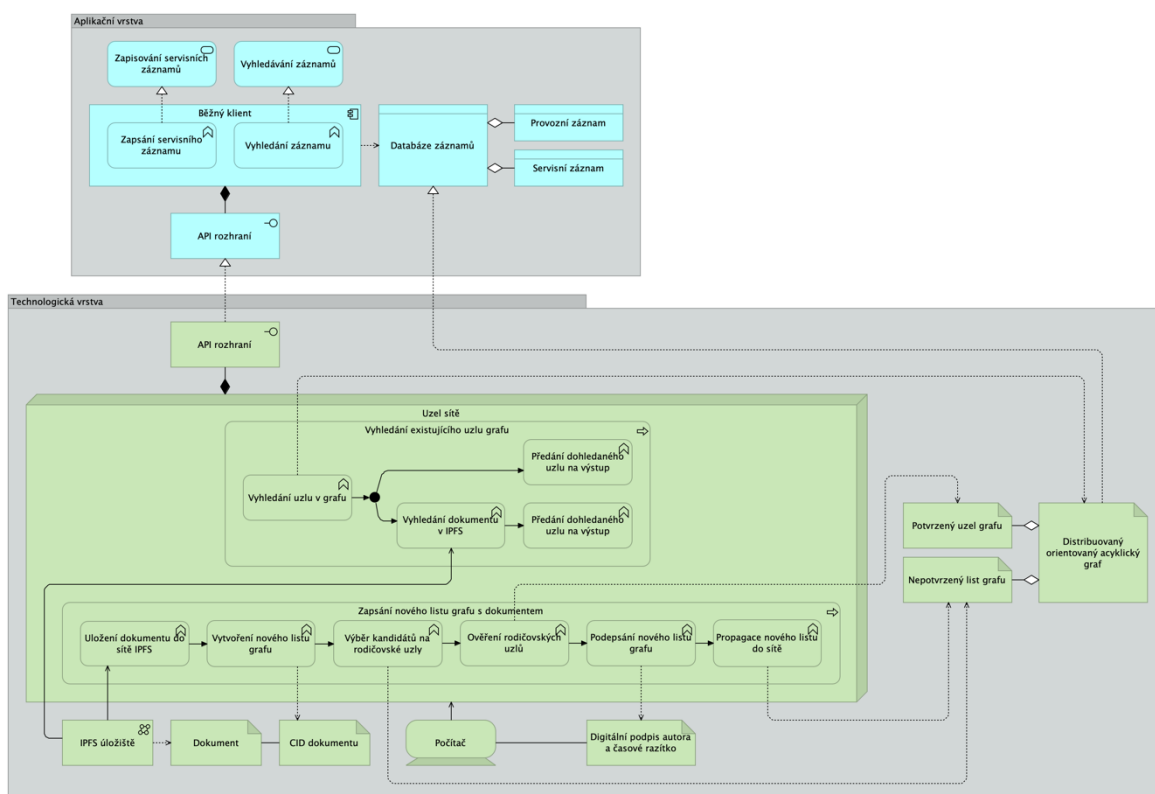
Tato podkapitola detailněji popisuje servisní záznam a manipulaci s ním. Respektive sleduje aplikační komponentu Běžný klient a její technickou implementaci s využitím DLT. Běžný klient zajišťuje dvě aplikační funkce a slouží dvěma aplikačním službám, Zapisování servisních záznamů a Vyhledání záznamu. Na technologické vrstvě tuto komponentu představuje Uzel sítě. Ten běží v rámci aplikačního prostředí počítače. Uzel sítě obsahuje dva technologické procesy Zapsání nového listu grafu s dokumentem a Vyhledání existujícího uzlu grafu.

Proces Zapsání nového listu grafu s dokumentem je iniciován ze strany uživatele, který se rozhodne uložit nový servisní záznam. Tento technologický proces rozšiřuje proces Zapsání nového listu grafu (bez dokumentu), a také sleduje posloupnost několika technologických funkcí. V tomto případě celý proces začíná uložením dokumentu do IPFS úložiště, které vrátí CID uloženého dokumentu, který se následně předává následujícímu procesnímu kroku. Následně je vytvořena struktura nové listu grafu, do které je současně vložen CID dokumentu. Zbytek procesu je identický s procesem Zapsání nového listu grafu (bez dokumentu).

Proces Vyhledání existujícího uzlu grafu je iniciován ze strany uživatele, který se rozhodne pro vyhledání záznamu o automobilu. Technologický proces sleduje posloupnost několika technologických funkcí. V prvním kroku je uzel grafu vyhledán v DAG dle vstupních parametrů zadaných uživatelem. Nalezený uzel je identifikován jako provozní nebo servisní.

V případě provozního záznamu je uzel rovnou předaný na výstup uživateli. Naopak v případě servisních záznamů je nejprve z uzlu grafu načten CID dokumentu, pomocí kterého je vyhledán v IPFS samotný dokument. Následně je samotný uzel grafu a dokument předán na výstup uživateli. V případě provozních i servisních záznamů jsou předány potvrzené uzly, ale i nepotvrzené listy, které jsou ale na výstupu opatřeny příznakem o nižší důvěryhodnosti.

Na základě zpětné vazby v kapitole 6.2. Hodnocení architektury experty došlo v diagramu, respektive obrázku 5.13 Detailní pohled na Servisní záznam k doplnění ohraničení, které jasně vymezuje přechod mezi aplikační a technologickou vrstvou. Tyto změny jsou v této kapitole již promítnuty.



Obrázek 5.13: Detailní pohled na Servisní záznam

## 5.2.6 Datový model

Systém primárně řeší uchování záznamů, proto je důležité si blíže představit datový model, který popisuje jednotlivé záznamy napříč všemi třemi vrstvami modelovacího jazyka ArchiMate.

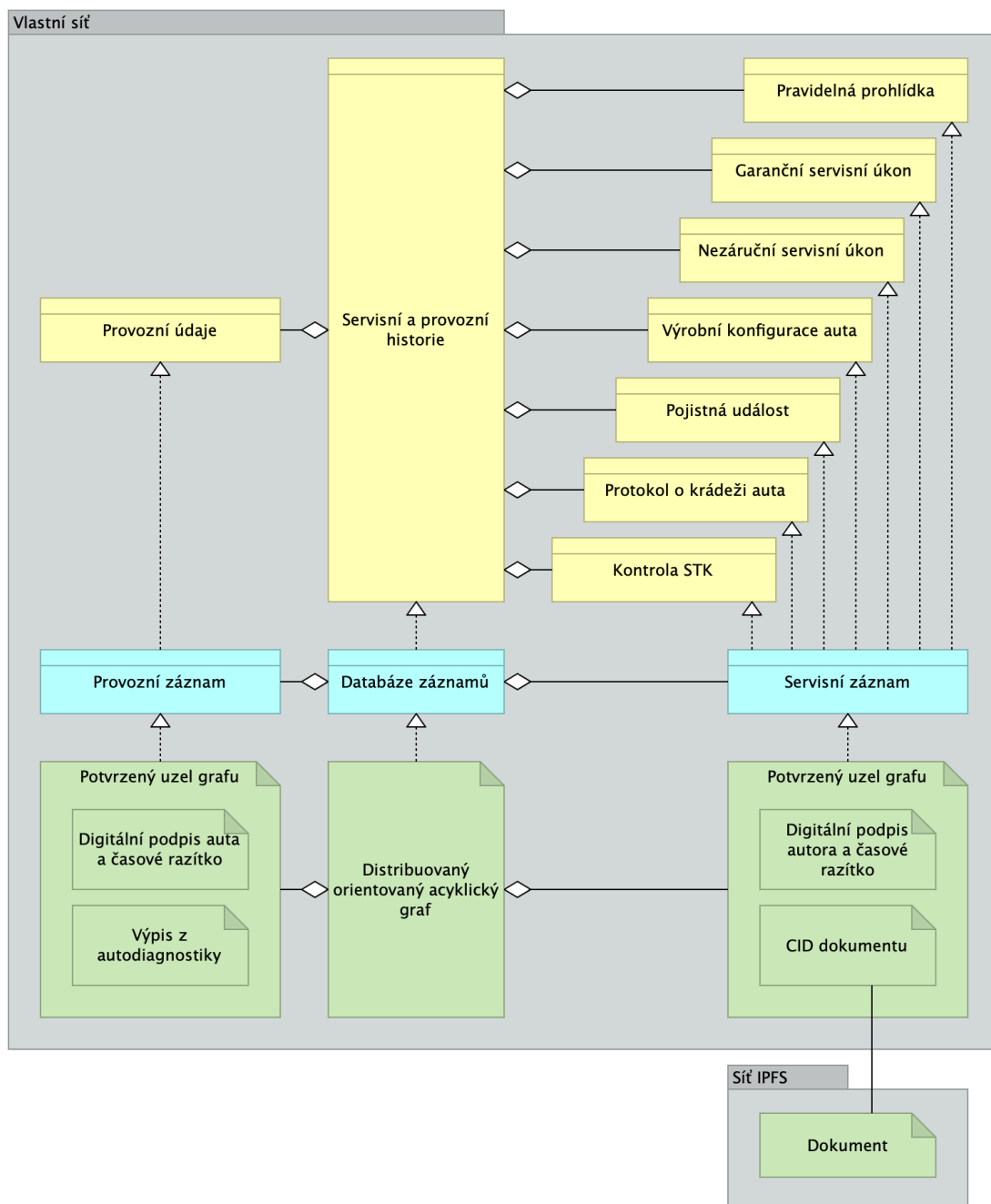
Z pohledu businessu je klíčovým objektem Servisní a provozní historie, ta představuje ucelenou sadu všech významných skutečností a událostí, které vznikly v průběhu celého životního cyklu automobilu. V modelu je dále popsáno osm nejběžnějších typů informací, které jsou v Servisní a provozní historii agregovány. Pohled businessu vůbec nestanovuje podobu těchto informací ani skutečnost, zda jsou či nejsou uchovávány. Zda jsou informace uchovávány v elektronické podobě nebo pomocí které konkrétní technologie. Naopak se zaměřuje na věcný obsah jednotlivých druhů informací. Nejedná se o zcela vyčerpávající seznam všech druhů informací o vozidle, protože v závislosti na ohraničení systému takový seznam mohl být limitně nekonečně dlouhý. Model obsahuje pouze ty druhy informací, které byly identifikovány na základě sběru požadavků v třetí kapitole.

Na úrovni aplikační vrstvy jsou již jednotlivé druhy informací analyzovány pro potřeby elektronického uchování těchto informací formou Databáze jednotlivých záznamů. Aplikační úroveň již pracuje s obecnými informatickými koncepty, ale ještě stále abstrahuje od konkrétního technického řešení. Jednotlivé druhy informací jsou kategorizovány dle toho, zda u nich je předem známa forma, respektive zda lze záznamy validovat vůči nějakému schématu. Ty, které mají předem známou formu, tvoří Provozní záznamy. Naopak informace s neustálenou formou tvoří Servisní záznamy. Konkrétně je forma předem známa pouze u Provozních údajů, které jako jediné tvoří Provozní záznamy. Zatímco všechny ostatní druhy informací tvoří Servisní záznamy. Provozní a Servisní záznamy jsou na aplikační úrovni agregovány do hlavní Databáze záznamů.

Technologická úroveň se již zabývá konkrétním technologickým řešením uchování záznamů. Dopředu bylo známo, že bude využito řešení pomocí některé DLT. Nakonec byl vybrán Distribuovaný orientovaný acyklický graf, který tak představuje konkrétní implementaci aplikační Databáze záznamů. DAG obsahuje Potvrzené uzly a Nepotvrzené listy. Nepotvrzené listy jsou však v datovém modelu zamlčeny. Každý uzel grafu obsahuje hlavičku, ve které jsou obsaženy metadata o daném uzlu. V modelu jsou zmíněny digitální podpis auta či autora uzlu a časové razítko, kdy byl uzel vytvořen, protože tyto dvě informace jsou pro dané řešení zvlášť významné. Při implementaci lze ale očekávat že hlavička bude obsahovat i další atributy. Kromě hlavičky obsahuje každý uzel také tělo, ve kterém je uložen samotný záznam.

V případě Provozních záznamů, obsahuje tělo uzlu Výpis z autodiagnostiky automobilu. Protože výpis má předem známou strukturu, obsahuje pouze text a je strojově čitelný, lze jej uložit přímo do těla uzlu. Celá informace je tak zapouzdřena v tomto jednom uzlu grafu.

U Servisních záznamů je to složitější, ty mohou nabývat mnoha podob a může se jednat o nejrůznější multimediální soubory. Servisní záznam v libovolné podobě je místo toho uložen jako dokument do IPFS úložiště, které akceptuje rozmanité typy souborů, různé velikosti. A do těla uzlu grafu je uložen pouze CID dokumentu uloženého v IPFS. CID, který má pohodu hashe již splňuje podmínky, že dopředu známe formát, a že se jedná pouze o prostý text. Pomocí CID lze zpětně vyhledat uložený dokument v IPFS úložišti.



Obrázek 5.14: Pohled na datový model architektury

Tato kapitola shrnuje výsledky druhé poloviny praktické části této práce. Byly zde představeny hlavní výstupy této práce, konkrétně navrhovaný model architektury. Model byl představen ze všech hlavních pohledů a byly popsány všechny elementy obsažené v modelu.

## 6 Evaluace navržené architektury

V poslední části práce je mnou navržená architektura evaluována. Byli zvoleny dva přístupy hodnocení. Nejprve je zkontrolováno naplnění identifikovaných požadavků po formální stránce. A následují rozhovory s experty, konkrétně odborníkem na kryptoměny, zástupcem businessu automobilky a zkušeným softwarovým architektem, kteří ohodnotí architekturu z věcného aspektu.

### 6.1 Vlastní hodnocení naplnění požadavků

#### **FP\_o1 Zápis provozních záznamů**

V modelu architektury je popsán datový objekt Provozní záznam a aplikační služba pro jeho zápis. Na technologické vrstvě je popsán též technologický proces zajišťující samotný zápis, a to celé za dodržení ostatních požadavků definovaných v kapitole 3.4 Shrnutí a vyhodnocení požadavků.

#### **FP\_o2 Zápis servisních záznamů**

V modelu architektury je popsán datový objekt Servisní záznam a aplikační služba pro jeho zápis. Na technologické vrstvě je popsán též technologický proces zajišťující samotný zápis, a to celé za dodržení ostatních požadavků definovaných v kapitole 3.4 Shrnutí a vyhodnocení požadavků.

#### **FP\_o3 Čtení servisních a provozních záznamů**

Model obsahuje aplikační službu vyhledání záznamů, pro kterou je na technologické vrstvě popsán technologický proces vyhledání jednotlivých záznamů

#### **FP\_o4 Verzování servisních záznamů**

V předchozích kapitolách bylo vysvětleno, proč není vhodné umožňovat jednotlivé záznamy zpětně upravovat. Na místo toho je v modelu obsažena funkcionality verzování servisních záznamů, která je obsažena v aplikační službě Zapisování servisních záznamů.

#### **NP\_o1 Systém bude dostupný 100 % času**

Architektura je navržena s využitím konceptu distribuovaného orientovaného acyklického grafu, a tudíž podporuje 100 % dostupnost systému, jelikož výpadek kteréhokoliv uzlu sítě neovlivňuje fungování ostatních uzlů.

### **NP\_02 Klient musí zvládnout jednotky zápisů denně**

V modelu jsou klienti rozděleny na dva typy. IoT klient, u kterého se počítá se zápisy provozních záznamů jednou měsíčně, ale teoreticky nic nebrání vyšší frekvenci zápisu. Druhým typem je Běžný klient, který je od začátku zamýšlený tak, aby splňoval požadavek jednotek, ale spíše nižších desítek zápisů nových záznamů a jejich vyhledání.

### **NP\_03 U systému se nepředpokládají časté aktualizace**

Architektura je modelována jako otevřená, a tudíž umožňuje i případnou aktualizaci popisovaného systému.

### **NP\_04 Systém ignoruje nevalidní záznamy**

Model architektury popisuje, že u provozních i servisních záznamů probíhá kontrola jejich formální správnosti. Provozní záznamy jsou navíc kontrolovány i věcně proti sadě business pravidel. Záznamy porušující formální nebo věcná pravidla se díky kontrole ostatních uzlů sítě nemohou stát ověřenými uzly grafu a navždy zůstávají neověřenými listy grafu.

### **RO\_01 Uživatelská rozhraní nejsou součástí navrhované architektury systému**

Návrh architektury nepopisuje žádná uživatelská rozhraní. Otevřenost architektury poskytuje možnost zapojení systému do mnoha již existujících aplikací, které jsou specifické pro jednotlivé skupiny uživatelů.

### **RO\_02 Aplikační rozhraní pro implementaci klienta v rámci větší aplikace**

Tento požadavek přímo navazuje na požadavek RO\_01. A jak bylo výše popsáno, tak se předpokládá implementace této architektury jako součást větší aplikace. Architektura proto popisuje API rozhraní, které takovou implementaci umožňuje.

### **RO\_03 Kompatibilita aplikačního rozhraní se softwarem automobilu**

Požadavek vysoké frekvence zápisu provozních záznamů si vyžádal, aby byly tyto záznamy zapisovány automatizovaně samotným autem. Tuto funkcionalitu konkrétně zajišťuje aplikační komponenta IoT klient, který je navržen tak, aby umožňoval běh v aplikačním prostředí automobilu.

### **OP\_01 Vyhledávání záznamů není zpoplatněno**

Model architektury zohledňuje požadavek, aby data byla zdarma přístupná. Kdokoliv může zprovoznit vlastní uzel sítě, čímž získává neomezený přístup k informacím obsaženým v systému.

### **OP\_02 Zápis záznamu není zpoplatněn**

Model architektury zohledňuje požadavek, aby bylo možné zapisovat nová data zdarma. Kdokoliv může zprovoznit vlastní uzel sítě, čímž získává přístup ke službě zápisu servisních záznamů do systému.

### **OP\_03 Souhlas zainteresovaných stran se zveřejněním dat**

Model architektury přímo nepopisuje proces získání souhlasu zainteresovaných stran se zveřejněním dat. Architektura tento souhlas ale přejímá jako implicitní předpoklad pro fungování obdobného systému.

### **OP\_04 Provozní záznam obsahuje validní data**

U provozních záznamů dochází kromě formální také k věcné kontrole. Během ní jsou údaje obsažené v záznamu validovány vůči sadě business pravidel, které lze automatizovaně kontrolovat, například že novější záznam neobsahuje nižší celkový stav tachometru oproti předchozímu staršímu provoznímu záznamu.

### **OP\_05 Provozní záznam je generován 1x měsíčně**

V modelu je popsán interval spouštění technologického procesu Zápis nového listu grafu. Na základě odpovědí respondentů v dotazníku je tento interval arbitrárně zvolen jednou měsíčně.

### **SO\_01 Architektura je modelovaná v CASE nástroji Archi**

Tento implicitní požadavek byl naplněn, model architektury je vytvořen v modelovacím CASE nástroji Archi. Model je dostupný ke stažení z veřejně přístupného repozitáře.

### **SO\_02 Architektura je namodelována v modelovacím jazyce Archimate**

Tento implicitní požadavek byl naplněn, model architektury je vytvořen pomocí vizuálního modelovacího jazyka ArchiMate.

### **SO\_03 Systém je postavený na architektuře DAG**

Návrh architektury v souladu s požadavky využívá koncept distribuovaného orientovaného acyklického grafu.

### **SO\_04 Klient musí být výkonově nenáročný**

Požadavek výkonové nenáročnosti klientů byl vyřešen tím způsobem, že byly definovány dva druhy klientů. IoT klient, který běží v aplikačním prostředí automobilu a podporuje pouze zápis provozních záznamů, díky čemuž má nízké požadavky na výkon hostujícího zařízení. Naopak výkonnostně náročnější operace jsou realizovány pomocí Běžného klienta, který není omezen výpočetním výkonem hostujícího zařízení.

### **SO\_05 Klient musí být komunikačně úsporný**

Obdobně jako u požadavku SO\_04, i zde bylo řešením definovat dva typ klientů. IoT klient podporuje zápis pouze Provozních záznamů, které mají čistě textovou podobu a jsou tak výrazně méně datově náročné. Zápis datově náročnějších Servisních záznamů zajišťuje Běžný klient, který není tak významně omezován datovým připojením.

## **RS\_01 Architektura je publikovaná pod MIT licencí**

Architektura systému je publikovaná pod MIT licencí. Informace o použité licenci je explicitně uvedena v repositáři spolu s dokumentací architektury.

## **PD\_01 Dokumentace je veřejně dostupná**

Celý model architektury včetně dokumentace je veřejně dostupný na webové adrese [friedmannmartin.github.io/servisni\\_a\\_provozni\\_historie/](https://friedmannmartin.github.io/servisni_a_provozni_historie/). Pro zveřejnění jsem využil službu GitHub Pages. Na této webové stránce je ke stažení samotný model ve formátu Archi projektu. Lze si zde stáhnout exportovaný model také ve všech formátech, které nástroj Archi nabízí. Stejně tak je zde zveřejněna dokumentace, opět ve všech formátech, které Archi poskytuje.

## **6.2 Hodnocení architektury experty**

Skupina expertů se skládala z Mgr. Ing. Jakuba Jedlinského, Ph.D., který na VŠE vyučuje předměty *Kryptoměny a další alternativní měnová řešení ve světové praxi* a *Bitcoin and blockchain - praktický seminář* (InSIS 2022b). Je jednatelem a technologický ředitelem v poradenské společnosti Altlift, která se specializuje na oblast kryptoměn (Altlift 2020). Jako zástupce businessu automobilky jsem oslovil Ing. Pavla Hurta, se kterým jsem vedl interview i během fáze identifikace požadavků. Pan Hurt se historicky podílel na vzniku elektronických servisních knížek v ŠKODA AUTO a v současnosti se věnuje problematice záruk, které jsou garantovány právě na základě servisních záznamů. A jako třetí hodnotitel byl osloven Ing. Slavoj Písek, který na VŠE vyučuje předmět *Softwarové architektury* (InSIS 2022a). Těmto hodnotitelům byla vždy předem zaslána dokumentace k individuálnímu prostudování. Následoval hodinový workshop, během kterého jsem všem představil záměr a východiska návrhu. Následovalo krátké představení samotné dokumentace architektury. Většina času však vždy byla věnována samotné diskusi, jejímuž shrnutí je věnována tato kapitola. Hodnotitelé byli hned v úvodu také informováni o tom, že diskuse je nahrávaná a výstup bude publikován v této práci, s čímž všichni souhlasili. Veškeré prezentované informace byly následně hodnotiteli i autorizovány k publikování.



Shrnutí je rozděleno do několika oblastí, respektive hodnotících kritérií, u kterých jsem se volně inspiroval z knihy *Tvorba informačních systémů: Principy, metodiky, architektury* (Bruckner et al. 2012, s. 238). Některá v knize popsaná kritéria v tomto případě nelze zcela aplikovat anebo se k nim hodnotitelé nevyjádřili. Proto je některým kritériím věnována větší pozornost a některá jsou sloučena do skupin. Nakonec tak vzniklo celkem pět hodnotících kritérií.

- Efektivita a soulad se standardy
- Nástroj komunikace
- Finanční a časová nákladnost tvorby, údržby a provozu
- Rizika, kvalita a bezpečnost
- Flexibilita a škálovatelnost

### 6.2.1 Efektivita a soulad se standardy

Pan Hurt, jako zástupce businessu hodnotí návrh pozitivně a konstatuje, že hezky shrnuje témata diskutovaná během fáze sběru požadavků. Dle jeho názoru je návrh na poměrně obecné úrovni, ale současně z 90-95 % pokrývá realitu. Dodává že na návrhu, snad až na jeden bod, není příliš co rozporovat. Tím jedním bodem, a současně i ústředním bodem všech tří workshopů byla otázka úplného zveřejnění záznamů a případné dopady a alternativy pomocí kterých by se zveřejnění dalo realizovat.

K tomuto bodu byl nejméně kritický pan Písek, který vidí úplné zveřejnění všech záznamů jako neprůchozí, ale současně akceptuje, že tento bod dopředu uvádím jako předpoklad celé práce, bez kterého by nebylo co modelovat a současně souhlasí s potenciálními přínosy, takového zveřejnění. Pan Písek se k business požadavků dále nevyjádřil, protože nedisponuje hlubšími znalostmi řešených business procesů.

Pan Hurt upozornil na problematiku legislativního rámce. Shodli jsme se, že zveřejněné záznamy mohou umožnit nové business modely jako je například Pay-Per-Use pojištění automobilu. Na druhou stranu je potřeba vždy identifikovat vlastníka jednotlivých záznamů a nechat si jím zveřejnění odsouhlasit. Pan Hurt se obává, že požadavek úplného zveřejnění je prakticky neprůchozí. Státní správa může, respektive musí obdobné informace požadovat pouze na základě platné legislativy. Ostatní komerční subjekty, automobilky, autoservisy a pojišťovny, mohou dle zákona s takovými záznamy operovat pouze se souhlasem vlastníka, na základě smluvního vztahu anebo na základě oprávněného zájmu. Podle pana Hurta může být obtížné získat takový souhlas, protože zákazníci jsou na toto téma velice citliví. Dodává, že by bylo potřeba velmi přesvědčivě prezentovat výhody zákazníkům, kteří by uvažovali o automobilu zapojeném do takového projektu. U zájemců o ojeté automobily, by byla argumentace snazší, ale hlavním zákazníkem automobilky jsou zájemci o nové automobily. Obdobně firemní zákazníci, kteří provozují větší vozové parky, jsou již dnes zvyklí využívat Fleet management nástroje, které mají částečně shodnou funkcionalitu jako mnou navrhovaný systém.

Pan Hurt konstatuje, že můj návrh je idealistický, když předpokládá, že by veřejně přístupné záznamy automobilů, odstranily některé problémy na trhu s auty. To, že pojišťovna bude znát všechny záznamy o vozidle, ještě nemusí znamenat, že se to proporcčně propíše do ceny pojištění. Toto může analogicky platit i pro jiné business modely. Stejně tak řada vlastníků aut může být odrazena, protože dokáží lépe využít současné situace, využít informační asymetrie a prodat nebo koupit ojetý automobil výhodněji. Podobných příkladů je více. Pan Hurt tak uvažuje, zda je můj návrh, ač technicky možný, skutečně prospěšný. Z jeho pohledu je určitě prospěšný pro konzumenty informací, kteří však z pravidla nemají žádný právní nárok na tyto informace, a naopak vlastník nemusí mít vždy zájem ani povinnost takové informace sdílet.

I pan Jedlinský je skeptický k požadavku na úplné zveřejnění všech záznamů. Domnívá se, že nelze skutečně důsledně oddělit informace o automobilu a jeho vlastníkově, a proto vždy budou záznamy obsahovat údaje použitelné k analyzování nejen automobilu, ale hlavně jeho majitele. Akceptuje můj příklad paralely s veřejným katastrem nemovitostí, ale poukazuje na to, že pak se již nejedná o technologický problém, nýbrž legislativní. Dle jeho názoru by záznamy měli být uchovávány šifrované s tím, že by vlastníci záznamů měli možnost řídit oprávnění jejich čtení. Toto jsem v průběhu návrhu architektury zvažoval, ale dospěl k závěru, že je to technicky neslučitelné s mnou využívanými technologiemi DLT, ale pan Jedlinský mě přesvědčil o opaku, že to technicky možné je. Dle jeho návrhu by u každého záznamu šlo zvolit, zda je soukromý, veřejný anebo umožnit čtení jednotlivým uživatelům. Stejně tak by šlo převádět vlastnictví záznamů mezi uživateli. Zájemce o ojetý automobil by si tak mohl vybrat, zda si pořídí samotné auto či od prodejce zakoupí i všechny nebo jen některé provozní a servisní záznamy. A to celé navíc s možností zapojení mikroplateb za jednorázové zpřístupnění anonymizovaných záznamů například pro výzkumné účely. Osobně zatím nejsem zcela přesvědčen o této variantě s řízením přístupu k jednotlivým záznamům. Významně by se tím proměnila dynamika monetizace celé architektury, kde doposud byly jediným platidlem sami uchovávané informace, ke kterým mají všichni stejný přístup. Ve chvíli, kdy do toho budou zapojeny finanční transakce, výrazně tím naroste komplexita vztahů mezi uživateli sítě, a zatím nemám domyšleno, jaké důsledky by to mělo. Ale jsem této variantě otevřen například v rámci možného rozšíření této práce.

## 6.2.2 Nástroj komunikace

Po prostudování architektury pan Písek navrhnul dva body zlepšení čitelnosti architektury. Tím prvním bylo pojmenování aplikačních komponent Minimální a Plný klient na aplikační vrstvě. Pan Písek argumentuje, že je matoucí, když Plný klient neobsahuje funkčnost Minimálního klienta. Na základě této výtky byla aplikační komponenta Minimální klient přejmenována na IoT klient a Plný klient přejmenován na Běžného klienta. Druhý návrh na zlepšení se týkal pohledů 13. Detail provozního záznamu a 14. Detail servisního záznamu, kde nebyl dostatečně odlišen přechod mezi aplikační a technologickou vrstvou. Matoucí byly zejména dva sousedící elementy se shodným jménem API rozhraní, oba popisují stejnou věc, ale každý z jiného pohledu. Jeden z pohledu aplikační vrstvy a druhý z pohledu technologické vrstvy. Proto zde bylo dodatečně přidáno ohrazení jasně vymezující jednotlivé vrstvy.

Pan Písek klade důraz na to, aby se během návrhu architektury vždy evidovali jednotlivá architektonická rozhodnutí. V kapitole 3.4. Shrnutí požadavků na architekturu jsou popsány jednotlivé požadavky, právě včetně toho, jakým způsobem, respektive na základě, čeho tyto požadavky vznikly. Toto pan Písek považuje za dostatečný způsob popisu architektonických rozhodnutí pro potřeby této práce.

Zvolené nástroje hodnotí pánové Hurt a Písek jako bezvadné, přehledné, splňující požadavky na komunikaci směrem k uživateli architektury. Pan Písek oceňuje přehlednou strukturu repositáře na GitHubu. Pan Jedlinský pozitivně hodnotí, že dokumentace není jen strohý technický popis, ale je vizuálně atraktivní, tak aby dobře sama sebe prodala cílenému publiku.

### **6.2.3 Finanční a časová nákladnost tvorby, údržby a provozu**

Náklady tvorby v této fázi neznám a nedokáži je triviálně odhadnout. S panem Pískem se shodujeme, že provozní nákladnost pro automobilku by byla stejná nebo nižší, protože již dnes automobilka vynakládá nemalé prostředky na provoz současných systémů. Pan Písek současně akceptuje moje vysvětlení, že celkové náklady na údržbu a provoz systému mohou být vyšší než u současných řešení. Avšak díky distribuovanému decentralizovanému charakteru architektury jsou náklady rozmělněny mezi všechny uživatele zapojené do systému, kteří tak jednotlivě mají nižší náklady. Tyto vlastnosti činí architekturu více neefektivní, a tudíž celkově nákladnější. Celkově vyšší nákladnost je však dále kompenzována unikátními vlastnostmi systému, kterých lze jen obtížně dosáhnout jinými způsoby a umožní také zcela nové business modely, které se mohou stát zcela novými zdroji příjmů. S panem Pískem jsme se také shodli, že časové kritérium nelze v tento moment relevantně ohodnotit. Pan Písek tak nákladnost návrhu hodnotí neutrálně a ostatní hodnotitelé se k tomuto kritériu nevyjádřili.

### **6.2.4 Rizika, kvalita a bezpečnost**

Podle pana Jedlinského je diskutabilní volba DAG. Akceptuje moje vysvětlení, že dostatečného počtu uzlů sítě, bude dosaženo instalací IoT klientů do jednotlivých automobilů. Považuje tak moje rozhodnutí použít DAG za filozoficky, teoreticky správné. Ale současně zde vidí obrovské riziko, protože chybí skutečně funkční praktická implementace DAG. Příklady reálných využití DAG, kterými jsou projekty jako IOTA, Nano anebo Obyte, se dle jeho názoru v praxi ukazují jako přinejmenším problematické. Například projekt IOTA, který uzavřel partnerství dokonce hned s několika automobilkami včetně Volkswagenu, dle tvrzení pana Jedlinského obsahuje kritické bezpečnostní chyby, a i samotná partnerství s automobilkami považuje za dosti pochybná.

Pan Jedlinský považuje za teoreticky správné, ale v praxi problematické rozhodnutí využít decentralizované úložiště IPFS. Souhlasí, že IPFS se v komunitě těší největší popularitě, ale současně dodává, že je zde problematická monetizace. Filecoin, největší projekt postavený na protokolu IPFS skončil obrovským neúspěchem. Pan Jedlinský částečně akceptuje mou argumentaci, že v mnou navrženém systému je monetizaci zajištěna pomocí dat. Data samotná mají vysokou hodnotu a provozovatelům jednotlivých uzlů je odměnou právě přístup k uchovávaným datům, a proto zde nejsou zapotřebí další finanční transakce. Pan Jedlinský doporučuje nahradit IPFS za alternativní decentralizované úložiště, konkrétně zmiňuje projekt Arweave, který se dle jeho odborného názoru v praxi ukazuje lépe funkční.

Dále pan Jedlinský rozporoval způsoby uchovávání záznamů, ale následně souhlasil s vysvětlením, že provozní záznamy, v čistě textové podobě, lze bez problémů s kapacitou ukládat přímo do jednotlivých uzlů grafu. Přijal také vysvětlení, že nestačí ukládat kopii servisních záznamů v lokální paměti automobilu nebo na centralizovaném úložišti automobilky s tím, že by se decentralizovaně uchovali pouze hashe těchto záznamů. Protože to by servisní záznamy ochránilo pouze před neoprávněnými změnami, ale stále by zde hrozilo záměrné smazání záznamů, což by činilo decentralizované hashe bezcennými. A proto architektura využívá kombinaci DAG, a právě decentralizovaného úložiště, které drží kopie na více nezávislých místech.

Během rozhovoru pan Jedlinský dále upozorňuje na problém bobtnání DLT. To znamená, že s přibývajícimi záznamy roste celková velikost DLT. Množství dat, které musí uchovávat každý uzel se může stát pro jednotlivce neudržitelným. Uzly by potřebovaly velká disková pole, které si mohou dovolit pouze větší instituce což by mohlo ohrozit princip decentralizace. Pan Jedlinský, ale akceptuje, že v mém návrhu si každý uzel sítě drží pouze tu část DAG, která je pro něj relevantní. Každý automobil si drží primárně své záznamy, autoservisy a pojišťovny primárně drží záznamy svých zákazníků a pouze automobilka nebo státní správa by držely naprostou většinu nebo úplně všechny záznamy, což by se pro ně, ale kapacitní náročností příliš nelišilo od současných řešení, kdy jsou všechny záznamy automobilkou uchovávány centralizovaně.

Během workshopu jsem panu Jedlinskému vysvětlil požadavek a návrh mého řešení zápisu provozních záznamů samotnými automobily, respektive IoT klientem, který by běžel v rámci aplikačního prostředí automobilu. Zmínil jsem potřebu zajistit, že nebude manipulováno se IoT klientem, že tento software nebude nijak neoprávněně měněn. Načež mi bylo doporučeno pro tento účel zapojit některý z nástrojů jako jsou Radix, Holochain nebo Optimism Rollup, které umožňují nezávisle kontrolovat, že na zařízení nedošlo k neoprávněné manipulaci se softwarem.

Celkové hodnocení pana Jedlinského u kritéria rizikovosti, kvality a bezpečnosti návrhu, lze rozdělit na dvě části. Pan Jedlinský pozitivně hodnotí teorii mého návrhu, ale má obavy z praktické implementace. Zbylí dva hodnotitelé, nemají hlubší znalosti o DLT, a proto se k tomuto kritériu nevyjádřili.

### 6.2.5 Flexibilita a škálovatelnost

Pan Písek toto kritérium hodnotí pozitivně a doplňuje, že díky aplikaci principů distribuované decentralizované architektury, je navržený systém velice flexibilní a umožňuje velmi dobrou škálovatelnost. Rozdělení infrastruktury do mnoha uzlů je, dle jeho tvrzení, v souladu s požadavky na vysokou flexibilitu a škálovatelnost. Upozorňuje, že u takovýchto architektur je klíčová dobře navržená synchronizace mezi jednotlivými uzly. Doplňuje, že modularita jednotlivých uzlů umožňuje snadné horizontální škálování výkonu. Ostatní hodnotitelé nemají hlubší znalost tvorby softwarových architektur, proto se zde nevyjádřili.

## 6.3 Shrnutí evaluace

Tato kapitola sumarizovala výsledky evaluace navržené architektury. U architektury jsem provedl vlastní zhodnocení naplnění požadavků a následně proběhlo hodnocení experty.

Dle vlastního zhodnocení jsem v návrhu formálně naplnil všechny identifikované požadavky tak jak jsou popsány v kapitole 3.4 Shrnutí a vyhodnocení požadavků.

Experti se obecně shodli že architektura adresuje identifikované požadavky, a alespoň teoreticky správně aplikuje DLT. Všichni potvrdili, že je architektura vhodným způsobem zdokumentována. Pan Jedlinský celkově uznává přínos práce a její poznatky. Dle jeho názoru se však jedná spíše o primární výzkum na úrovni diplomové práce, a nikoliv okamžitě implementovatelné řešení. Oceňuje množství vlastních vstupů a pokus o převedení teoretických konceptů do praktického řešení. Pan Hurt konstatuje, že návrh stojí na velmi závažných předpokladech, které by bylo velice obtížné z pohledu business splnit. Ale když se odmyslí tento filozofický problém, tak architektura, do míry, kterou dokáže posoudit, zohledňuje všechny body diskutované během sběru požadavků a po technické stránce považuje projekt života schopný. Pan Písek zhodnotil návrh architektury a její dokumentaci za promyšlenou, přehlednou a na úrovni diplomové práce. Jím nalezené nedostatky v čitelnosti dokumentace byly marginální a jejich opravy jsou zapracovány do finální verze dokumentace. Pan Písek ocenil, že jsem si vědom limitů mého návrhu a schopnosti argumentovat dílčí architektonická rozhodnutí.

Evaluaci tak lze považovat celkově za pozitivní. Všechny dříve identifikované požadavky byly vyřešeny. Ale během hodnocení se objevili i nové otevřené body, které jsou základem pro možná rozšíření práce v budoucnu. Zveřejnění hodnocení autorizovali všichni dotazovaní experti.

# Závěr

V zadání této práce jsou stanoveny čtyři cíle. Na základě těchto cílů jsem v úvodu této práce stanovil jeden hlavní cíl práce, kterým byl návrh architektury systému vyživající DLT pro uchovávání servisní historie automobilu, protože současné metody vykazují závažné nedostatky. Návrh se zaměřuje na řidiče a automobily značky ŠKODA AUTO, v kontextu České republiky. Pro dosažení hlavního cíle byli v úvodu práce naplánovány tři konsekventní dílčí cíle.

Prvním cílem v zadání práce bylo představení a analyzování současných metod uchovávání servisní historie automobilů, což je obsaženo v kapitole 1. Rešerše literatury. Mediálně velice popularizované jsou neoprávněné manipulace se stavem tachometru, falzifikace záznamů servisních úkonů a případy, kdy tyto záznamy automobilu zcela chybí. To je problematické zejména v případě prodeje ojetých automobilů. Ale i vlastnictví nových automobilů je komplikované tím, že řidiči většinou nemají snadný přístup k servisním záznamům. Tato práce se pokouší navrhnout systém, který by byl řešením těchto problémů.

Druhým cílem v zadání byl popis možností využití technologie blockchain. Toto je popsáno v kapitolách 1. Rešerše literatury a 2. Představení základních konceptů a artefaktů z oblasti DLT. Zde jsou vysvětleny vybrané kryptografické primitiva, nejpoblárnější technologie distribuované účetní knihy, některé mechanismy konsensu a další pojmy, které se používají v tomto prostředí.

Třetí cíl dle zadání práce, analýza požadavků na systém uchovávající servisní historii automobilů, byl v úvodu práce transformován do prvního dílčího cíle samotného návrhu architektury. Dosažení tohoto cíle je popsáno v kapitole 3. Požadavky na systém, kde představuji a interpretuji výsledky vlastního primárního kvantitativního a kvalitativního výzkumu. Formou dotazníkového on-line šetření jsem zjišťoval požadavky řidičů na navrhovaný systém. Výsledky jsou prezentovány v kapitole 3.2 Požadavky řidičů a vlastníků. Paralelně jsem provedl sérii interview s vybranými zástupci autoservisu, businessu a infromatických oddělení automobilky. Tyto interview jsou zpracovány v kapitole 3.3 Požadavky automobilky a autoservisu. V kapitole 3.4 Shrnutí a vyhodnocení požadavků jsou výstupy tohoto výzkumu vyhodnoceny pomocí matice, ve které jsou odpovědi mapovány k požadavkům. Takto identifikované požadavky jsou následně blíže popsány.

Čtvrtým cílem v zadání této práce byl návrh architektury. Tento cíl byl v úvodu práce transformován do druhého dílčího cíle. K samotnému návrhu architektury systému jsem přistoupil na základě identifikovaných požadavků v předchozí kapitole. V kapitole 4. Modelovací jazyk ArchiMate jsou představeny v modelu používané elementy jazyka ArchiMate a členění do business, aplikační a technologické vrstvy, dle architektonického rámce ArchiMate Core. Následuje kapitola 5. Návrh architektury, kde je představen můj návrh vytvořený v CASE nástroji Archi. V kapitole 5.2 Pohledy na architekturu jsou detailněji vysvětleny procesy vzniku jednotlivých provozních i servisních záznamů a závěrem je pomocí datového modelu objasněna také struktura samotných záznamů. Dokumentace celé architektury je veřejně publikována na internetu a prezentována v adekvátní podobě vzhledem k očekávaným uživatelům dokumentace.

Evaluace navrženého systému, nebyla definována jako jeden z cílů v zadání práce, ale v úvodu se stala třetím dílčím cílem. Vypracovaný návrh byl představen expertům, jejichž hodnocení a komentáře jsou prezentovány v kapitole 6. Evaluace navržené architektury. Celkově hodnotí návrh pozitivně, ale mají několik připomínek, které by bylo potřeba vyřešit předtím, než by se kdokoli pustil do realizace mého návrhu. Upozorňují na, od počátku známý a velice závažný, předpoklad úplného zveřejnění všech informací obsažených v systému. Splnit tento předpoklad by bylo velice obtížné, ale pokud jej budeme pro akademické potřeby považovat za splněný, tak lze říci že návrh splňuje všechny identifikované požadavky. Návrh zcela odstraňuje problém, kdy majitelé aut mají komplikovaný přístup k servisním záznamům vlastního auta. Zcela odstraňuje problém, kdy lze úmyslně i neúmyslně ztratit záznamy. Částečně odstraňuje problém nepravdivých servisních záznamů. Přesněji zcela odstraňuje problém stočených tachometrů a problém neoprávněných zpětných úprav záznamů. Nepovedlo se ale přijít s řešením problému orákula, situace, kdy je do systému záměrně zadán nový falešný Servisní záznam. Tento problém je ošetřen pouze tím, že u každého záznamu je přesně znám autor. To může pomoci při zpětném vyšetřování, ale danému problému nepředchází. Druhá připomínka směřovala na konkrétní zvolené technologie DAG a IPFS, u kterých chybí praxí ověřené příklady užití. Na teoretické úrovni je jejich volba správná a odůvodněná, ale při praktické realizaci se může vyjevit jako problematická. Experti se, ale shodli že návrh, i se svými limitacemi jako primární akademický výzkum, splňuje jejich očekávání.

Všechny cíle v zadání práce, i hlavní a dílčí cíle práce stanovené v úvodu byly splněny. Postup jejich naplnění je popsán zde v závěru diplomové práce.

## Možná rozšíření práce

Již nyní vidím několik oblastí, kde by se dalo na tuto práci navázat a dále rozvést. Jednou takovou oblastí je rozšíření architektury o další specifické typy záznamů. V současné podobě jsou definované pouze Provozní záznamy a vše ostatní spadá pod Servisní záznamy. Provozní záznam je specifický tím, že má předem známou strukturu. Jedná se o strojově čitelné textové záznamy, nad kterými lze provádět obsahovou kontrolu oproti sadě business pravidel. Pro Servisní záznamy obecně platí, že u nich není dopředu známá struktura. To se ale může změnit. Například se mohou pojišťovny plošně dohodnout na jednotném formátu záznamů o pojistných událostech. Pokud by takový formát splňoval stejné předpoklady jako Provozní záznam, lze jej také kontrolovat a ukládat přímo do uzlů grafu namísto externího IPFS úložiště. To by nadále pomáhalo snižovat riziko výše zmíněného problému orákula.

Během hodnocení mého návrhu, padlo hned několik doporučení, které lze interpretovat jako možná rozšíření mého návrhu. Jedním možným rozšířením práce je nahrazení IPFS, za Arweave. Dále například doplnění, respektive zkonkretizování způsobu ochrany neoprávněné manipulace s IoT klientem, například pomocí navržených nástrojů Radix, Holochain nebo Optimism Rollup. Hlavním doporučením, ale bylo obohatit návrh o řízení přístupových práv k jednotlivým záznamům.

Nakonec jak již bylo naznačeno v předchozím odstavci, možným rozšířením této práce je samotná implementace mého návrhu a jeho ověření praxí.



# Použitá literatura

AKERLOF, GEORGE A., 1978. The Market for Lemons: Quality Uncertainty and the Market Mechanism. In: PETER DIAMOND a MICHAEL ROTHSCILD, ed. *Uncertainty in Economics* [online]. B.m.: Academic Press, s. 235–251 [vid. 2022-01-22]. ISBN 978-0-12-214850-7. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-214850-7.50022-X

ALTLIFT, 2020. Historie společnosti Altlift a náš tým. *Altlift.cz* [online] [vid. 2022-11-13]. Dostupné z: <https://www.altlift.cz/o-nas/>

BAUER, Ingrid, Zavolokina LIUDMILA a Schwabe GERHARD, 2020. Is there a market for trusted car data? *Electronic Markets* [online]. **30**(2), 211–225. ISSN 10196781. Dostupné z: doi:<http://dx.doi.org/10.1007/s12525-019-00368-5>

BAUMANN, Joachim, Liudmila ZAVOLOKINA a Gerhard SCHWABE, 2021. Dealers of Peaches and Lemons: How Can Used Car Dealers Use Trusted Car Data to create value? In: *Proceedings of the 54th Hawaii International Conference on System Sciences* [online]. s. 5409 [vid. 2022-01-22]. ISBN 978-0-9981331-4-0. Dostupné z: doi:10.24251/HICSS.2021.658

BAUMGAERTEL, Hartwig, Hans EHM, Sabine LAAOUANE, Jan GERHARDT a Anna KASPRZIK, 2018. Collaboration in supply chains for development of CPS enabled by semantic web technologies. In: *Proceedings of the 2018 Winter Simulation Conference*. Gothenburg, Sweden: IEEE Press, s. 3627–3638. WSC '18. ISBN 978-1-5386-6572-5.

BEAUVOIR, Phillip a Jean-Baptiste SARRODIE, 2022. About. *Archi - archimate modelling* [online] [vid. 2022-10-30]. Dostupné z: <https://www.archimatetool.com/about/>

BERGER, Christian, Birgit PENZENSTADLER a Olaf DRÖGEHORN, 2018. On using blockchains for safety-critical systems. In: *Proceedings of the 4th International Workshop on Software Engineering for Smart Cyber-Physical Systems* [online]. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, s. 30–36 [vid. 2022-01-20]. SEsCPS '18. ISBN 978-1-4503-5728-9. Dostupné z: doi:10.1145/3196478.3196480

BINANCE, 2020. *Binance Smart Chain White Paper* [online]. 15. červen 2020. B.m.: Binance. [vid. 2022-02-11]. Dostupné z: <https://github.com/bnb-chain/whitepaper/blob/12237099ad5e7d2e33641445531a3f25dc1ebe78/WHITEPAPER.md>

BMW, 2019. How blockchain is changing mobility. *BMW.com* [online] [vid. 2021-11-07]. Dostupné z: <https://www.bmw.com/en/innovation/blockchain-automotive.html>

BMW, 2022. *Nová aplikace My BMW* [online] [vid. 2022-01-17]. Dostupné z: <https://www.bmw.cz/cs/topics/offers-and-services/my-bmw-app-overview.html>

BMW GROUP, 2022. *AOS: Start - AOS* [online] [vid. 2022-01-17]. Dostupné z: <https://aos.bmwgroup.com/web/oss/start>

BOTOREK, Jan, Pavel HURT, Štěpán TOŠOVSKÝ, Veronika MAREČKOVÁ, Stanislav MALEC a Jiří BOČEK, 2021. Neformální diskuze na téma uchování servisní historie.

BREIDENBACH, Lorenz, Christian CACHIN, Benedict CHAN, Alex COVENTRY, Steve ELLIS, Ari JUELS, Farinaz KOUSHANFAR, Andrew MILLER, Brendan MAGAURAN, Daniel MOROZ, Sergey NAZAROV, Alexandru TOPLICEANU, Florian TRAMÈR a Fan ZHANG,

2021. *Chainlink 2.0: Next Steps in the Evolution of Decentralized Oracle Networks* [online] [vid. 2022-03-18]. Dostupné z: <https://chain.link/whitepaper>

BRUCKNER, Tomáš, Voříšek JIŘÍ, Alena BUCHALCEVOVÁ, Iva STANOVSKÁ, Dušan CHLAPEK a Václav ŘEPA, 2012. Kritéria uplňovaná při posuzování architektury. In: *Tvorba informačních systémů: principy, metodiky, architektury*. Praha: Grada, s. 238. ISBN 978-80-247-4153-6.

BUTERIN, Vitalik, 2014. Ethereum Whitepaper. *ethereum.org* [online] [vid. 2022-03-18]. Dostupné z: <https://ethereum.org/en/whitepaper/>

CEBIA, 2021. Cebia SUMMARY 03 / 2021 - informace, statistiky a zajímavosti z oblasti prodeje ojetých vozidel. *Cebia.cz* [online] [vid. 2021-10-24]. Dostupné z: <https://www.cebia.cz/novinky/tiskove-zpravy/cebia-summary-03-2021-informace-statistiky-a-zajimavosti-z-oblasti-prodeje-ojetych-vozidel>

CURICHŠKÁ UNIVERZITA, 2020. *Blockchain Cardossier* [online]. B.m.: University of Zurich [vid. 2022-01-22]. Dostupné z: <http://www.ifi.uzh.ch/en/imrg/research/blockchain-research/car-dossier.html>

DARGAHI, Tooska, Hossein AHMADVAND, Mansour Naser ALRAJA a Chia-Mu YU, 2021. Integration of Blockchain with Connected and Autonomous Vehicles: Vision and Challenge. *Journal of Data and Information Quality* [online]. **14**(1), 5:1-5:10. ISSN 1936-1955. Dostupné z: doi:10.1145/3460003

EDELMAN, Gilad, 2021. What Is Web3, Anyway? *Wired* [online]. [vid. 2021-12-28]. ISSN 1059-1028. Dostupné z: <https://www.wired.com/story/web3-gavin-wood-interview/>

ERNST & YOUNG, 2019. Blockchain can have a profound impact on the automotive industry. *EY Ireland* [online] [vid. 2021-12-29]. Dostupné z: [https://www.ey.com/en\\_ie/blockchain/blockchain-can-have-a-profound-impact-on-the-automotive-industry](https://www.ey.com/en_ie/blockchain/blockchain-can-have-a-profound-impact-on-the-automotive-industry)

EVROPSKÁ KOMISE, 2018. Srovnávací přehled situace na spotřebitelských trzích z roku 2018: důvěru Evropanů v odvětví služeb je třeba dále posilovat. *European Commission - European Commission* [online] [vid. 2021-11-07]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/cs/IP\\_18\\_6085](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/cs/IP_18_6085)

EVROPSKÝ PARLAMENT A RADA, 2007. *Regulation (EC) No 715/2007 of the European Parliament and of the Council of 20 June 2007 on type approval of motor vehicles with respect to emissions from light passenger and commercial vehicles (Euro 5 and Euro 6) and on access to vehicle repair and maintenance information (Text with EEA relevance)* [online]. 20. červen 2007. [vid. 2022-01-17]. Dostupné z: <http://data.europa.eu/eli/reg/2007/715/oj/eng>

FENG, Zhe, Lijun WEI, Yuhua YANG, Jing WU a Chengnian LONG, 2021. TChain: A Privacy-Preserving Consortium Blockchain for Parking Charge Management. In: *The 3rd International Conference on Blockchain Technology* [online]. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, s. 210–216 [vid. 2022-01-19]. ICBCT '21. ISBN 978-1-4503-8962-4. Dostupné z: doi:10.1145/3460537.3460546

FORD, 2022. *Ford Account* [online] [vid. 2022-01-12]. Dostupné z: <https://www.ford.cz/servis/moje-vozidlo/ford-account>

FRAGA-LAMAS, Paula a Tiago M. FERNÁNDEZ-CARAMÉS, 2019. A Review on Blockchain Technologies for an Advanced and Cyber-Resilient Automotive Industry. *IEEE Access* [online]. **7**, 17578–17598. ISSN 2169-3536. Dostupné z: doi:10.1109/ACCESS.2019.2895302

FRANKENFIELD, Jake, 2021. What Is Tangle? *Investopedia* [online] [vid. 2022-03-18].  
Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/t/tangle-cryptocurrency.asp>

FRIEDMANN, Petr, 2021. Neformální dizkuse na téma historických metod uchování servisní historie.

GADACZ, Henry, 2021a. *Evaluation of electric mobility authentication approaches* | *Computer Science in Cars Symposium* [online] [vid. 2022-01-19].  
Dostupné z: <https://dl-acm-org.zdroje.vse.cz/doi/abs/10.1145/3488904.3493384>

GADACZ, Henry, 2021b. Evaluation of electric mobility authentication approaches. In: *Computer Science in Cars Symposium* [online]. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, s. 1–10 [vid. 2022-01-22]. CSCS '21. ISBN 978-1-4503-9139-9.  
Dostupné z: doi:10.1145/3488904.3493384

GERRITS, Luc, Cyril Naves SAMUEL, Roland KROMES, François VERDIER, Severine GLOCK a Patricia GUITTON-OUHAMOU, 2021. Experimental Scalability Study of Consortium Blockchains with BFT Consensus for IoT Automotive Use Case. In: *Proceedings of the 19th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems* [online]. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, s. 492–498 [vid. 2022-01-20]. SenSys '21. ISBN 978-1-4503-9097-2.  
Dostupné z: doi:10.1145/3485730.3493374

GITHUB INC., 2022. MIT License. *Choose a License* [online] [vid. 2022-03-16].  
Dostupné z: <https://choosealicense.com/licenses/mit/>

GOVERNMENT OFFICE FOR SCIENCE, 2016. Distributed Ledger Technology: beyond block chain. *A report by the UK Government Chief Scientific Adviser*. 88.

GUERPINAR, Tan, Gilberto GUADIANA, Philipp ASTERIOS IOANNIDIS, Natalia STRAUB a Michael HENKE, 2021. The Current State of Blockchain Applications in Supply Chain Management. In: *The 3rd International Conference on Blockchain Technology* [online]. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, s. 168–175 [vid. 2022-01-19]. ICBCT '21. ISBN 978-1-4503-8962-4. Dostupné z: doi:10.1145/3460537.3460568

HTET, Cho Cho a May HTET, 2019. A Secure Used Car Trading System based on Blockchain Technology. In: *Proceedings of the 21st International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services* [online]. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, s. 654–658 [vid. 2022-01-20]. iiWAS2019. ISBN 978-1-4503-7179-7.  
Dostupné z: doi:10.1145/3366030.3366112

HYUNDAI, 2022. Připojení Bluelink®. *Hyundai* [online] [vid. 2022-01-12].  
Dostupné z: <https://www.hyundai.com/cz/prodej/sluzby/pripojeni-bluelink>

CHEN, Jingjing, Yi RUAN, Lingling GUO a Huijuan LU, 2020. BCVehis: A Blockchain-Based Service Prototype of Vehicle History Tracking for Used-Car Trades in China. *Ieee Access* [online]. 8, 214842–214851. ISSN 2169-3536. Dostupné z: doi:10.1109/ACCESS.2020.3040229

INSIS, 2022a. *Persons at VŠE - Ing. Slavoj Písek* [online] [vid. 2022-11-13].  
Dostupné z: <https://insis.vse.cz/lide/clovek.pl?id=164915;zalozka=3>

INSIS, 2022b. *Persons at VŠE - Mgr. Ing. Jakub Jedlinský, Ph.D.* [online] [vid. 2022-11-13].  
Dostupné z: <https://insis.vse.cz/lide/clovek.pl?id=43832;zalozka=3>

ISLAM, Md Nazmul a Sandip KUNDU, 2019. Enabling IC Traceability via Blockchain Pegged to Embedded PUF. *ACM Transactions on Design Automation of Electronic Systems* [online]. 24(3), 36:1-36:23. ISSN 1084-4309. Dostupné z: doi:10.1145/3315669

JIANG, You-Ting a Hung-Min SUN, 2021. A Blockchain-Based Vehicle Condition Recording System for Second-Hand Vehicle Market. *Wireless Communications and Mobile Computing* [online]. 2021, e6623251. ISSN 1530-8669. Dostupné z: doi:10.1155/2021/6623251

KCHAOU, Amira, Ryma ABASSI a Sihem GUEMARA, 2018. Toward a Distributed Trust Management scheme for VANET. In: *Proceedings of the 13th International Conference on Availability, Reliability and Security* [online]. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, s. 1–6 [vid. 2022-01-20]. ARES 2018. ISBN 978-1-4503-6448-5. Dostupné z: doi:10.1145/3230833.3232824

KIA, 2022. Servisní aplikace. *Kia Czech* [online] [vid. 2022-01-12]. Dostupné z: <https://www.kia.com/cz/servis/mobilita/servisni-aplikace/>

KNAP, Petr a Zdeněk DUŠEK, 2021. Očekávání automobilových zákazníků při nákupu a užívání vozidel. In: [online]. B.m. [vid. 2021-12-27]. Dostupné z: [https://www.ey.com/cs\\_cz/news/2021/12/automotive-survey-i-v-krizi-cesti-ridici-pozaduji-rychle-dodani](https://www.ey.com/cs_cz/news/2021/12/automotive-survey-i-v-krizi-cesti-ridici-pozaduji-rychle-dodani)

KRONTIRIS, Ioannis, Kalliroi GRAMMENOU, Kalliopi TERZIDOU, Marina ZACHAROPOULOU, Marina TSIKINTIKOU, Foteini BALADIMA, Chrysi SAKELLARI a Konstantinos KAOURAS, 2020. Autonomous Vehicles: Data Protection and Ethical Considerations. In: *Computer Science in Cars Symposium* [online]. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, s. 1–10 [vid. 2022-01-20]. CSCS '20. ISBN 978-1-4503-7621-1. Dostupné z: doi:10.1145/3385958.3430481

LAMPORT, Leslie, Robert SHOSTAK a Marshall PEASE, 1982. The Byzantine Generals Problem. *ACM Transactions on Programming Languages and Systems* [online]. 4(3), 382–401. ISSN 0164-0925. Dostupné z: doi:10.1145/357172.357176

LITAN, Avivah, 2021. Hype Cycle for Blockchain 2021; More Action than Hype. *Gartner blog* [online]. [vid. 2021-12-27]. Dostupné z: <https://blogs.gartner.com/avivah-litan/2021/07/14/hype-cycle-for-blockchain-2021-more-action-than-hype/>

MATTHEWS, Johnny, Hector SANJUAN a Bruno Leonardo MICHELS, 2022. What is Filecoin? *Filecoin Docs* [online] [vid. 2022-03-19]. Dostupné z: <https://docs.filecoin.io/about-filecoin/what-is-filecoin/>

MERCEDES-BENZ, 2022. *Mercedes me* [online] [vid. 2022-01-12]. Dostupné z: <https://www.mercedes-benz.cz/passengercars/mercedes-benz-cars/mercedes-me>

NAKAMOTO, Satoshi, 2008. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System [online]. 9. Dostupné z: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

NIST, 2015. *Secure Hash Standard* [online]. Federal Information Processing Standard (FIPS) 180-4. B.m.: U.S. Department of Commerce [vid. 2022-11-28]. Dostupné z: doi:10.6028/NIST.FIPS.180-4

PALOVSKÝ, Radomír, 2019. Přednáška 2. In: *4SA313 – Bezpečnost informačních systémů*. B.m.

PEDROSA, Alejandro Ranchal a Giovanni PAU, 2018. ChargetUp: On Blockchain-based technologies for Autonomous Vehicles. In: *Proceedings of the 1st Workshop on Cryptocurrencies and Blockchains for Distributed Systems* [online]. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, s. 87–92 [vid. 2022-01-19]. CryBlock'18. ISBN 978-1-4503-5838-5. Dostupné z: doi:10.1145/3211933.3211949

PEFFERS, Ken, Tuure TUUNANEN, Charles GENGLER, Matti ROSSI, Wendy HUI, Ville VIRTANEN a Johanna BRAGGE, 2006. The design science research process: A model for producing and presenting information systems research. *Proceedings of First International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology DESRIST*.

PELIKÁN, Jan a Jiří HENZLER, 2008. *Matematické základy informatiky* [online]. B.m.: Oeconomica,. ISBN 978-80-245-1396-6. Dostupné z: <https://katalog.vse.cz/Record/000127100>

PREIKSCHAT, Katarina, Moritz BÖHMECKE-SCHWAFERT, Jan-Paul BUCHWALD a Carolin STICKEL, 2021. Trusted systems of records based on Blockchain technology - a prototype for mileage storing in the automotive industry. *Concurrency and Computation* [online]. **33**(1) [vid. 2022-01-17]. ISSN 1532-0626. Dostupné z: [doi:http://dx.doi.org/10.1002/cpe.5630](http://dx.doi.org/10.1002/cpe.5630)

QUANTUMMECHANIC, 2011. Proof of stake instead of proof of work. *Simple Machines Forum* [online]. Bitcoin Forum. [vid. 2022-02-08]. Dostupné z: <https://bitcointalk.org/index.php?topic=27787.0>

RAMACHANDRAN, Gowri Sankar, Xiang JI, Pavas NAVANEY, Licheng ZHENG, Martin MARTINEZ a Bhaskar KRISHNAMACHARI, 2019. Micropayments for Trusted Vehicular Services using MOTIVE (video). In: *Proceedings of the 17th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services* [online]. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, s. 701–702 [vid. 2022-01-19]. MobiSys '19. ISBN 978-1-4503-6661-8. Dostupné z: [doi:10.1145/3307334.3328592](https://doi.org/10.1145/3307334.3328592)

RATHORE, Heena, Abhay SAMANT, Murtuza JADLIWALA a Amr MOHAMED, 2019. TangleCV: Decentralized Technique for Secure Message Sharing in Connected Vehicles. In: *Proceedings of the ACM Workshop on Automotive Cybersecurity* [online]. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, s. 45–48 [vid. 2022-01-20]. AutoSec '19. ISBN 978-1-4503-6180-4. Dostupné z: [doi:10.1145/3309171.3309177](https://doi.org/10.1145/3309171.3309177)

REJNKOVÁ, Petra, 2022a. *Artifact: Požadavky* [online]. [vid. 2022-03-16]. Dostupné z: [https://spicenter.vse.cz/wp-content/uploads/metodiky/publikovana\\_MMSP/MMSP/workproducts/pozadavky\\_CEC1D40C.html](https://spicenter.vse.cz/wp-content/uploads/metodiky/publikovana_MMSP/MMSP/workproducts/pozadavky_CEC1D40C.html)

REJNKOVÁ, Petra, 2022b. *Artifact: Slovník pojmů* [online]. [vid. 2022-03-16]. Dostupné z: [https://spicenter.vse.cz/wp-content/uploads/metodiky/publikovana\\_MMSP/MMSP/workproducts/slovník\\_pojmu\\_1D80AF1E.html](https://spicenter.vse.cz/wp-content/uploads/metodiky/publikovana_MMSP/MMSP/workproducts/slovník_pojmu_1D80AF1E.html)

RENAULT GROUP, 2020. *Groupe Renault has been working on blockchain technology since 2015 to have real-time and secured transactions - Renault Group* [online] [vid. 2021-12-28]. Dostupné z: <https://www.renaultgroup.com/en/news-on-air/news/the-blockchain-transformation-vector-for-the-future-of-the-automotive-industry/>

RUBEŠ, Milan a Slávek RYDVAL, 2021. *ArchiMate® 3.1 Translation Glossary: English – Czech* [online]. B.m.: The Open Group. The Open Group Standard, C213 [vid. 2021-12-27]. ISBN 1-947754-81-2. Dostupné z: <https://publications.opengroup.org/c213>

SCHILLING, Jessica, Johnny MATTHEWS, Chris WARING, Teri CHADBOURNE, Dietrich DAROCH, a ANNA DUNSTER, 2022. *What is IPFS?* [online]. Go. 14. března 2022. B.m.: IPFS. [vid. 2022-03-18]. Dostupné z: <https://github.com/ipfs/ipfs-docs/blob/2ac1f3a500855260b6e8db563012553892d5e981/docs/concepts/what-is-ipfs.md>

SVAZ DOVOZCŮ AUTOMOBILŮ, 2021. *Statistiky* [online] [vid. 2021-11-04]. Dostupné z: <https://www.sda-cia.cz/repository-volnedostupna>

ŠEDIVÉC, Tomáš, 2022. Slovník pojmů eGovernmentu. *Architektura eGovernmentu* [online] [vid. 2022-10-29]. Dostupné z: [https://archi.gov.cz/slovník\\_egov](https://archi.gov.cz/slovník_egov)

ŠKODA, 2021. Každé čtvrté auto z dovozu je bourané. Oficiálně jen každé desáté. *ŠKODA Storyboard* [online] [vid. 2021-11-03]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/skoda-svet-cs/kazde-ctvrte-auto-z-dovozu-je-bourane-oficialne-jen-kazde-desate/>

ŠKODA, 2022. Vehicle Health Report. *Škoda* [online] [vid. 2022-01-12]. Dostupné z: <https://availability.skoda-auto.com/260/cs-cz#/service/31>

THE OPEN GROUP, 2019a. 3. *Language Structure: ArchiMate® 3.1 Specification* [online] [vid. 2022-10-29]. Dostupné z: <https://pubs.opengroup.org/architecture/archimate3-doc/chap03.html>

THE OPEN GROUP, 2019b. *ArchiMate® 3.1 Specification Reference Cards (Personal PDF Edition)* [online]. 5. listopad 2019. B.m.: The Open Group. [vid. 2021-12-27]. Dostupné z: <https://publications.opengroup.org/n190>

TOYOTA, 2022. *Toyota MyT* [online] [vid. 2022-01-12]. Dostupné z: <https://www.toyota.cz/service-and-accessories/my-toyota/myt>

VECHAIN FOUNDATION, 2022. Introduction. *VeChain Docs* [online] [vid. 2022-02-11]. Dostupné z: <https://docs.vechain.org/thor/learn/>

VOLKSWAGEN, 2022a. *Volkswagen AG erWin Online* [online] [vid. 2022-01-17]. Dostupné z: <https://erwin.volkswagen.de/erwin/showHome.do>

VOLKSWAGEN, 2022b. We Connect. *Volkswagen Česká republika* [online] [vid. 2022-01-12]. Dostupné z: <https://www.volkswagen.cz/znacka-a-technologie/mobilni-sluzby-a-pripojeni/we-connect/prehled-o-vozidle>

WEGRZYN, Kathleen a Eugenia WANG, 2021. Types of Blockchain: Public, Private, or Something in Between. *Foley & Lardner LLP* [online] [vid. 2022-03-18]. Dostupné z: <https://www.foley.com/en/insights/publications/2021/08/types-of-blockchain-public-private-between>

YANG, Yuhan, Jing WU, Chengnian LONG, Qingquan ZOU a Ji GAO, 2021. A Blockchain-based Cross-domain Authentication for Conditional Privacy Preserving in Vehicular Ad-hoc Network. In: *2021 The 3rd International Conference on Blockchain Technology* [online]. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, s. 183–188 [vid. 2022-01-20]. ICBCCT '21. ISBN 978-1-4503-8962-4. Dostupné z: doi:10.1145/3460537.3460545

ZAVOLOKINA, Liudmila, Gianluca MISCIONE a Gerhard SCHWABE, 2019. Buyers of Lemons: Addressing Buyers' Needs in the Market for Lemons with Blockchain Technology. *Hawaii International Conference on System Sciences 2019 (HICSS-52)* [online]. 10. ISSN 978-0-9981331-2-6. Dostupné z: doi:<https://hdl.handle.net/10125/59624>

ZAVOLOKINA, Liudmila, Gianluca MISCIONE a Gerhard SCHWABE, 2020. Buyers of 'lemons': How can a blockchain platform address buyers' needs in the market for 'lemons'? *Electronic Markets* [online]. 30(2), 227–239. ISSN 1422-8890. Dostupné z: doi:10.1007/s12525-019-00380-9

ZIVIC, Natasa, 2020. Distributed Ledger Technologies for Car Industry 4.0. In: *Proceedings of the 2020 International Conference on Computer Communication and Information Systems* [online]. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, s. 45–51 [vid. 2021-11-07]. CCCIS 2020. ISBN 978-1-4503-7737-9. Dostupné z: doi:10.1145/3418994.3418998

# Digitální přílohy

## **Příloha A: Dotazník**

K práci je přiložen export podoby dotazníku z aplikace Microsoft Forms, která byla využita při online dotazníku k vlastnímu průzkumu.

## **Příloha B: Výsledky dotazníku**

K práci je přiložen excelovský sešit s exportem odpovědí z aplikace Microsoft Forms, která byla využita při online dotazníku k vlastnímu průzkumu.

## **Příloha C: Protokol interview**

K práci je přiložen protokol interview, která byly součástí vlastního průzkumu během sběru požadavků.

## **Příloha D: Matice mapování odpovědí a požadavků**

K práci je přiložen excelovský sešit obsahující pomocnou matici mapování odpovědí z dotazníku a interview na identifikované požadavky na architekturu systému.

## **Příloha E: Projekt s dokumentací architektury**

K práci je přiložen Archi projekt obsahující dokumentaci architektury vytvořený pomocí CASE nástroje Archi.