



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní
Ústav letecké dopravy

**Integrace digitalizované technické dokumentace
leteckého provozovatele**

**Integration of Digitalized Technical Documentation of
Air Transport Operator**

Diplomová práce

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích

Studijní obor: Provoz a řízení letecké dopravy

Vedoucí práce: doc. Ing. Andrej Lališ, Ph.D.

Mgr. Miroslav Blaško, Ph.D.

Bc. Karel Mündel

Praha 2022

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

děkan

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K621.....Ústav letecké dopravy

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Karel Mündel

Studijní program (obor/specializace) studenta:

navazující magisterské –PL– Provoz a řízení letecké dopravy

Název tématu (česky): **Integrace digitalizované technické dokumentace
leteckého provozovatele**

Název tématu (anglicky): **Integration of Digitalized Technical Documentation
of Air Transport Operator**

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cílem práce je vytvořit konceptuální model propojení základní digitalizované technické dokumentace leteckého provozovatele, který umožní vyhledávání dat z navzájem odlišných datových zdrojů.
- Analyzujte datové zdroje digitalizované technické dokumentace leteckých provozovatelů
- Analyzujte technologie sémantického webu pro anotování a vyhledávání v dokumentech
- Vytvořte datový vzorek hlavních digitalizovaných technických dokumentů leteckého provozovatele
- Navrhněte integrovaný konceptuální model digitalizované technické dokumentace leteckého provozovatele
- Navržené řešení ověřte a vyhodnoťte



Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího diplomové práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Arlow J. a Neustadt, I. UML 2 a unifikovaný proces vývoje aplikací: objektově orientovaná analýza a návrh prakticky. 2. edice. Computer Press, 2007.
SKOS Simple Knowledge Organization System Primer: W3C Working Group Note 18. World Wide Web Consortium (W3C), 2009.

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Andrej Lališ, Ph.D.

Mgr. Miroslav Blaško, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce:

16. července 2021

(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce:

16. května 2022

- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.
vedoucí
Ústavu Ústav letecké dopravy



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Karel Mündel
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....16. července 2021



Abstrakt

Předmětem této diplomové práce s názvem „Integrace digitalizované technické dokumentace leteckého provozovatele“ je vytvoření a ověření obecného konceptuálního modelu pro zpracování technické dokumentace letadla. Cílem bylo pomocí softwaru Protégé navrhnout obecný konceptuální model a na základě vytvořených dotazů jazykem SPARQL nad datovým vzorkem provozních dat provést jeho validaci. Na základě tohoto modelu pak specifikovat jeho výhody a nevýhody po jeho implementaci do provozu.

Klíčová slova

Technická dokumentace, Letecký provoz, Údržba letadel, UML, SPARQL Protégé.



Abstract

The topic of this thesis called „Integration of the technical documentation in digital format at an aircraft operator“ is to introduce the steps of design of a general conceptual model of processing of the operational technical data and documentation used in aircraft operation and its verification. The goal was to propose a general conceptual model using the Protégé software to enable the SPARQL language to query the sample of the operational data in order to validate it. Finally, based on the results of validation, the thesis will specify the pros and contras for its implementation in aircraft operation.

Key words

Technical documentation, Air transport, Aircraft maintenace, UML, SPARQL, Protégé



Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji panu Doc. Ing. Andrejovi Lališovi, Ph.D., panu Mgr. Miroslavu Blaškovi, Ph.D. a panu Ing. Bogdanovi Kostovovi za odborné vedení a konzultování diplomové práce a za rady, které mi poskytovali po celou dobu mého studia. Dále bych pak chtěl poděkovat společnosti Smartwings za umožnění přístupu k mnoha důležitým informacím a materiálům. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat svým rodičům a blízkým za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.



Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Integrace digitalizované technické dokumentace leteckého provozovatele* vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k diplomové práci.

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

Praze dne 16. května 2022

.....
Podpis



Obsah

Seznam obrázků	10
Seznam tabulek	11
Seznam použitých zkratk	12
Úvod	1
1 Současný stav	2
1.1 Předpisy technické dokumentace	2
1.2 Technická dokumentace provozovatele	3
1.2.1 Kniha letů	4
1.2.2 Kniha závad	5
1.2.3 Seznam minimálního vybavení	8
1.2.4 Kniha odložených závad	9
1.3 Software pro zpracování technické dokumentace	10
1.3.1 Systém EFA	11
1.3.2 Systém AIMS	13
1.3.3 Systém OASES	14
1.4 Electronic Technical LogBook	16
1.5 Limitace současného stavu	16
2 Metodika	18
2.1 UML	18
2.1.1 Objekty jazyka UML	18
2.1.2 Základní pojmy jazyka	19
2.1.3 Mechanismy rozšiřitelnosti	20
2.2 Protégé	21
2.2.1 Třídy modelu	21
2.2.2 Vlastnosti objektů	22
2.2.3 Vlastnosti dat	22
2.2.4 Data	23



2.3	GraphDB	24
2.3.1	Vytváření dotazů pomocí jazyka SPARQL	25
3	Výsledky	28
3.1	Obecná architektura systému	28
3.2	Integrovaný konceptuální model	29
3.2.1	Technologie integrovaného modelu	30
3.2.2	UML schéma integrovaného konceptuálního modelu	30
3.3	Validace integrovaného konceptuálního modelu	32
3.3.1	Validace konceptuálního modelu v Protégé	33
3.3.2	Validace konceptuálního modelu pomocí SPARQL	36
3.4	Praktická implementace modelu	45
3.4.1	Základní moduly aplikace	45
3.4.2	Fleet manager a Overview	46
3.4.3	Technická dokumentace	48
3.4.4	Vyhledávač technických dat	52
3.5	Ekonomická rozvaha	54
3.5.1	Náklady na oddělení zpracování technické dokumentace	54
3.5.2	Náklady na zavedení digitalizované technické dokumentace	54
4	Závěr	56



Seznam obrázků

Obrázek 1 - Kniha letů	5
Obrázek 2 - Kniha závad	6
Obrázek 3 - Kniha závad v kabině	7
Obrázek 4 - MEL 24-01 [MEL].....	9
Obrázek 5 - Kniha závad v kabině.....	10
Obrázek 6 – Současný stav zpracování technické dokumentace	11
Obrázek 7 - Fleet status v systému EFA [EFA]	12
Obrázek 8 - Odložené závady [EFA]	13
Obrázek 9 - Moduly systému OASES	14
Obrázek 10 – Příklad statického (objektového diagramu)	19
Obrázek 11 – stručný popis relací jazyka UML	19
Obrázek 12 – Modul Třídy modelu v systému Protége	21
Obrázek 13 - Modul Vlastnosti objektů v systému Protége	22
Obrázek 14 – Modul Vlastnosti dat v systému Protége	23
Obrázek 15 – Datový modul v systému Protége	24
Obrázek 16 - vytvoření repozitáře v softwaru GraphDB	25
Obrázek 17 - nahrávání dat do systému GraphDB	26
Obrázek 18 - Vytvořený dotaz na data objektu.....	27
Obrázek 19 – Obecná architektura systému	28
Obrázek 20 - UML schéma Integrovaného konceptuálního modelu	31
Obrázek 21 - Struktura tříd konceptuálního modelu v Protégé	33
Obrázek 22 – Vytvořené vazby konceptuálního modelu v Protégé	34
Obrázek 23 – Vlastnosti dat konceptuálního modelu v Protégé.....	34
Obrázek 24 - Datový vzorek konceptuálního modelu	35
Obrázek 25 - Úvodní stránka aplikace	46
Obrázek 26 –základní rozhraní s názvem Fleet Manager	47
Obrázek 27 – Uživatelské rozhraní s názvem Overview	47
Obrázek 28 - Uživatelské rozhraní technické dokumentace	48
Obrázek 29 –Rozhraní s názvem Status.....	49
Obrázek 30 -Uživatelské rozhraní s názvem Flight.....	50
Obrázek 31 – uživatelské rozhraní s názvem Arrival fluids	50
Obrázek 32 – Uživatelské rozhraní s názvem Maintenance	51
Obrázek 33 – Uživatelské rozhraní s názvem Open Defect.....	52
Obrázek 34 – Uživatelské rozhraní pro vyhledávání technických dat.....	53
Obrázek 35 – Výsledek požadovaného dotazu.....	53



Seznam tabulek

Tabulka 1 - výsledek dotazu na Aktuální stav flotily	37
Tabulka 2 - výsledek dotazu na Provedený Daily Check a jeho data	39
Tabulka 3 - výsledek dotazu na Provedený Weekly Check a jeho data	40
Tabulka 4 - výsledek dotazu na Opakovanou závadu	41
Tabulka 5 - výsledek dotazu na aktivní odložené závady na letadle	42
Tabulka 6 - výsledek dotazu historie závad na konkrétním letadle	43



Seznam použitých zkratk

AOC	Airline Operation Certificate	Provozní certifikát společnosti
AOG	Aircraft On Ground	Provozně neschopné letadlo
APU	Auxiliary Power Unit	Pomocná motorová jednotka
BCAR	British Civil Airworthiness Requirements	Britské letecké předpisy
CAA	Civil Aviation Authority	Britský letecký vládní úřad
CL	Cabin Logbook	Kniha závad v kabině
DD	Deferred Defect Logbook	Kniha odložených závad
DL	Defect Logbook	Kniha závad
DY	Daily Check	Pravidelná denní prohlídka
ELB	Electronic LogBook	Elektronický logbook
ETLB	Electronic Technical Logbook	Elektronický logbook
FAA	Federal Aviation Administration	Americký letecký vládní úřad
FAR	Federal Aviation Regulation	Americké letecké předpisy
JAA	Joint Aviation Authorities	Evropský letecký úřad
JAR	Joint Aviation Requirements	Sjednocené letecké předpisy
JL	Journey Logbook	Kniha letů
MCC	Maintenance Control Center	Technický dispečink
MEL	Minimum Equipment listopad	Seznam minimálního vybavení
MMEL	Master Minimum Equipment List	Seznam minimálního vybavení
UML	Unified Modeling Language	Unifikovaný modelovací jazyk
WY	Weekly Check	Pravidelná týdenní prohlídka



Úvod

V dnešní letecké dopravě hraje nejdůležitější roli čas. Každý provozovatel civilní letecké dopravy se tak vždy snaží, o co nejefektivnější zapojení svého letadlového parku do provozu. Přesto, že letectví neoddiskutovatelně patří mezi nejmodernější odvětví naší společnosti, je zde stále mnoho cest, kterými se můžeme vydat s cílem razantní optimalizace.

Jednou z takovýchto cest je nahrazování papírové technické dokumentace letadla její elektronickou verzí, která má za úkol integrovat a strukturalizovat tato data k následnému využití v provozu. Mnoho leteckých společností dnes zavádí tzv. Electronic LogBook, (ELB), tedy systém, který je schopen alespoň částečně převést, provozní dokumentaci letadla do elektronického formátu. Představme si však systém, který by byl schopen odstranit veškerou provozní technickou dokumentaci a zároveň by automaticky integroval a strukturovaně ukládal tato data do všech interních systémů společnosti k jejich následnému zpracování. Díky takto nastavenému systému, by měli provozovatelé aktuální informace o stavu veškerých svých letadel. Zároveň by tato data, byla napřímo spojena s konkrétním letadlem díky čemuž by byla lehce přenositelná a vyhodnotitelná pro případného nového zájemce o konkrétní letoun. Takto strukturovaná a především lehce dostupná data by byla velkým přínosem i pro posádky letadel a pro údržbové organizace, které se starají o zachování letové způsobilosti letadla.

Hlavním úkolem této práce je tak vytvoření obecného modelu digitalizace technické dokumentace leteckého provozovatele aplikovatelného pro jakéhokoliv provozovatele letecké dopravy, s cílem a poukázat na výhody, které by s sebou přechod na takto nastavený systém přinesl. Tato diplomová práce vznikla ve spolupráci s českým leteckým dopravcem Smartwings, jenž má za cíl přejít na takovýto systém z důvodu optimalizace interních provozních postupů a redukce nákladů s tím spojených.



1 Současný stav

V této kapitole se zabývám obecným popisem technické dokumentace a jejím účelem v provozu letadlové techniky. Zaměřuji se především na informace, které nám technická dokumentace poskytuje a následné procesy pro reprodukci technických dat. Analyzuji zde také současný stav používaných softwarů pro zpracování a uchování těchto dat. V poslední části se zaměřuji na současná omezení v procesu zpracování a využívání technických dat letadla v provozu a naznačuji možné způsoby jejich optimalizace.

1.1 Předpisy technické dokumentace

Mezi první letecké předpisy patří British Civil Airworthiness Requirements (BCAR), které byly vydávány britským úřadem Civil Aviation Authority (CAA) a předpisy Federal Aviation Regulation (FAR) vydávané americkým úřadem Federal Aviation Administration (FAA). Tyto původní letecké předpisy byly později přijaty a sjednoceny pod Joint Aviation Requirements (JAR), které byly vydávány dřívějším evropským úřadem Joint Aviation Authorities (JAA).

V současnosti byl tento institut nahrazen evropskou organizací EASA (European Aviation Safety Agency), s dalšího zdokonalení standardizace leteckých předpisů v rámci EU. Tato organizace je v první řadě zodpovědná za bezpečnost civilního letectví na území evropských států, zpracovává společné standardy a dohlíží na jejich jednotnou aplikaci. Druhotným cílem je pak mezinárodní prosazování těchto standardů pro zlepšování standardizace celosvětového civilního letectví.

Z pohledu údržby letadlové techniky je nejdůležitějším evropským dokumentem Nařízení Komise (EU) č. 1321/2014, které se zabývá předpisy pro zachování letové způsobilosti letadel a leteckých výrobků, letadlových částí a zařízení a schvalování organizací a personálu zapojených do těchto úkolů. Nařízení jako takové dále obsahuje čtyři přílohy obsahující společné technické požadavky a administrativní postupy [1].

- Příloha I Část M (Part M) – Požadavky na zachování letové způsobilosti.
- Příloha II Část 145 (Part 145) – Oprávnění organizace k údržbě.
- Příloha III Část 66 (Part 66) – Osvědčující personál.
- Příloha IV Část 147 (Part 147) – Požadavky na výcvikové organizace.



Z pohledu technické dokumentace je pak tímto nařízením přesně definováno, co za konkrétní doklady musí být na palubě letadla během jeho provozu. Vedle dokladů jako jsou:

- provozní příručka
- letová příručka obsahující údaje o výkonnosti a ostatní údaje nutné pro provoz
- platné mapy
- osvědčení o zápisu do leteckého rejstříku
- osvědčení letové a hlukové způsobilosti
- povolení palubní radiostanice
- doklady o pojištění zákonné odpovědnosti

musí být na palubě i potvrzení o provedené údržbě společně s palubním deníkem nebo technickým deníkem letadla, který obsahuje informace o technickém stavu letadla.

1.2 Technická dokumentace provozovatele

Údržba letadel je vysoce regulovanou činností, kde každý zásah musí být plně dokumentován, prověřen a musí být vykonán certifikovaným mechanikem používající schválené nářadí, postupy i náhradní díly [2].

V údržbě letadlové techniky můžeme říct, že každý krok má svou stopu. Touto stopou máme na mysli záznam o provedeném postupu, či provedené výměně, a to jak na letadle tak na letadlovém celku. Z legislativy víme, že pro zajištění bezpečného provozu letadla, jsou vyžadovány různé druhy údržby, které mají za úkol snížit výskyt poruchových stavů letadla v provozu. V tomto případě tak definujeme především plánovanou, neplánovanou a v poslední době stále se rozvíjející preventivní údržbu letadla. Plánovaná údržba se na letadle provádí v různých, výrobcem předem stanovených periodách, a to podle počtu dnů, nalétaných hodin nebo cyklů. Neplánovaná údržba pak reaguje na vzniklé závady v provozu. Jejím úkolem je tak identifikace vzniklého problému a jeho následné odstranění.

Technická dokumentace zajišťuje přehled o provedené práci na konkrétním letadle. Uchovává historii závad vzniklých za provozu letadla, anebo záznamy o provedených plánovaných pracích, vycházejících z plánované údržby. Vedle informací o odstranění samotné závady, či provedení určitého postupu pak tato dokumentace obsahuje informace o tom, zda tyto práce byly provedeny dle stanovených a platných příruček a postupů, mapuje historii měněných dílu dle příslušných výrobních a sériových čísel



a v poslední řadě i informace o správné kvalifikaci technika, který práci na konkrétním letadle vykonal.

Takto nastavené postupy vychází převážně z historické zkušenosti letectví, v níž můžeme nalézt řadu katastrof, které byly způsobeny nesprávně dodrženým postupem v údržbě letadla. Je tedy zřejmé, že údržba letadla musí být prováděna přesně dle těchto stanovených postupů a procesů, aby bylo vždy zajištěno bezpečné uvolnění letadla zpět do provozu.

Základním dokumentem, který osvědčuje letadlo schopné provozu je certifikát o letové způsobilosti. Tento certifikát doplňuje Typový certifikát a je vydáván příslušným úřadem na základě předložení dokladů o zajištění předepsané údržby letadla. Provozovatel dále musí zajistit a na žádost příslušného úřadu doložit historii prováděné údržby letadla. Tyto informace dokládá správně vedenou technickou dokumentací letadla. Pod pojmem technická dokumentace se tak v této práci budu zabývat daty z dokumentů jako je kniha letů *Journey Logbook* (JL), dále pak kniha závad *Defect Logbook* (DL) a s v některých případech s tím související knihou závad v kabině *Cabin Logbook* (CL) a jejich funkcí v procesu údržby. Souvisejícím technickým dokumentem je pak kniha odložených závad *Deferred Defect Logbook* (DD) a s ním související seznam minimálního vybavení *Minimum Equipment List* (MEL).

1.2.1 Kniha letů

Kniha letů neboli JL je dokument, který musí být veden pro každé letadlo používané v mezinárodní letecké dopravě. Tento dokument, včetně informací v něm byl původně definován v roce 1944 jako součást Chicagské úmluvy a následně byl upřesněn v Anexu 6. Tento dokument musí obsahovat minimálně tyto základní informace:

- Datum letu
- Státní příslušnost a registraci letadla
- Jména členů posádky a jejich úkolů
- Místo odletu a příletu
- Čas odletu a příletu
- Účel letu
- Podpis velícího pilota



Date of Origin: <input type="text"/>		smartwings		B737 / CE-680/700		A/C Reg: <input type="text"/>		Journey log No. *J237801																	
Daily Check		Weekly Check		Service Check		Station		Date		UTC		* RELEASE TO SERVICE													
AMM Rev.:		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		Auth No		Signature											
Leg No 1 PREFLIGHT			Leg No 2 PREFLIGHT			Leg No 3 PREFLIGHT			Leg No 4 PREFLIGHT			Date / Time													
A/C Ready for ETOPS			MECH (ID No, Sign)			A/C Ready for ETOPS			MECH (ID No, Sign)			A/C Ready for ETOPS			MECH (ID No, Sign)										
SECURITY SEARCH PERFORMED (date/time)			DEST (prev.)			MECH/PILOT (ID No, Sign)			SECURITY SEARCH PERFORMED (date/time)			DEST (prev.)			MECH/PILOT (ID No, Sign)										
COMMANDER (ID No, Sign)			COMMANDER (ID No, Sign)			COMMANDER (ID No, Sign)			COMMANDER (ID No, Sign)			COMMANDER (ID No, Sign)			COMMANDER (ID No, Sign)										
UTC commencement			De-icing or Anti-icing Type			Fluid / Water			UTC commencement			De-icing or Anti-icing Type			Fluid / Water										
DL No			- NIL			DL No			- NIL			DL No			- NIL										
* RELEASE TO SERVICE			Oil Quantity Refilled Mech IDNo,Sign			GENL GENR			* RELEASE TO SERVICE			Oil Quantity Refilled Mech IDNo,Sign			GENL GENR										
Date			UTC			APU			ENGL ENGR			Date			UTC			APU			ENGL ENGR				
Leg		Date		Flight No		Leg From To		Departure UTC Block		Arrival UTC Take off		Agent Code		Delivery Sheet No		Fuelling Refuelled Quantity		Quantity at Kgs Depart		Pax AD+CH		LVO Train		Landing Real	
1.																									
2.																									
3.																									
4.																									
Crew						Crew						Remarks of flight													
Comp		Name		Personal No		Comp		Name		Personal No															
Signature of Commander: _____																									

* Certifies that the Work specified except as otherwise specified was carried out in accordance with PART - 145 and in respect to that work the aircraft/aircraft component is considered ready for release to service. Certifies that general verification has been carried out to ensure that the aircraft is clear of all tools, equipment and any extraneous parts or material, and that all access panels removed have been refitted.

Journey Logbook page **White**: Remains in Log **Pink**: Remove Pink Copy/Pilot's Copy **Blue**: Remove Blue Copy and return to Tech Div. **Yellow**: Remove Yellow Copy/Depart Station

Obrázek 1 - Kniha letů [3]

Každý JL má své konkrétní číslo se kterým jsou následně spojeny i lety, které jsou v něm zapsány. Skládá se z originálu, do kterého vypisuje požadované informace posádka, většinou kapitán. Za originálem následují čtyři kopie na žlutém papíře (na jeden JL je totiž obvykle možno uskutečnit 4 lety). Žlutá kopie musí být vždy na každém odletu odevzdána odbavující společnosti, a slouží jako základní informace o posledním technickém stavu letadla. Tento dokument můžeme vidět na obrázku 1.

1.2.2 Kniha závad

Kniha závad je dalším nezbytným dokumentem pro provoz letadla v obchodní letecké dopravě. Kniha má za úkol udržovat přehled o aktuálním stavu a historii závad na konkrétním letadle. Před každým letem musí být tato kniha kontrolována posádkou. Ta kontroluje, zda byly veškeré závady na letadle odstraněny a letoun uvolněn do provozu certifikovaným technikem, nebo zda byly odloženy dle MEL, tedy seznamu minimálního vybavení. Na následujícím obrázku 2 můžeme vidět jeden z listů knihy závad.



smartwings		Defect Logbook		A/C - Reg.	
DL No.	D * 158601	JL Refer.	J *		Station
COMPLAINT:					
Flight crewmember/MECH/others, SIGN and ID No.:				Date:	
References DL/LDD				MEL/CDL Deferred Defect/Canceled	
ACTION:					
				Item MEL	
				Category A B C D	
				Limit date	
				PN off:	
				sn off:	
				PN on:	
				sn on:	
Maintenance Data					
Document (e.g. AMM)	Revision	Task			
Authorisation No.:	Name:	Signature:			
*Release to service					
Part 145 Approval Cert.	Date	UTC	Commander's Acceptance		

* Certifies that the Work specified except as otherwise specified was carried out in accordance with PART - 145 and in respect to that work the aircraft/aircraft component is considered ready for release to service.
 Certifies that general verification has been carried out to ensure that the aircraft is clear of all tools, equipment and any extraneous parts or material, and that all access panels removed have been refitted.

Defect Logbook page White Original; Remains in Log White; Remove White Copy and return to Tech Div Green; Remove Green Copy and Return to Tech Div

Obrázek 2 - Kniha závad [3]


Ve vrchní části tohoto dokumentu je prostor na zápis nalezené závady na letadle. Toto pole tak vyplňuje kapitán, obvykle po letu, během něhož byla závada identifikována, nebo certifikovaný technik. Spodní strana tohoto dokumentu následně slouží jako zdroj informace o vyřešení závady. Vyřešením závady může být buď její odstranění závady úspěšně provedeným testem daného systému nebo provedením výměny letadlového celku. Při provedené výměně pak v pravé části dokumentu certifikovaný technik zapíše sériová a výrobní čísla měněných komponent pro dodržení postupu



mapování měněných dílů na letadle. V případě, že závadu nelze odstranit, může být odložena dle příslušného MEL a to buď posádkou, nebo certifikovaným technikem. Informace o odložené závadě, tedy dle jakého MEL je závada odložena a do kdy, musí být zapsána v pravé části tohoto dokumentu. U obou těchto zápisů je samozřejmě nezbytné vyplnit i datum, jméno, podpis a firemní identifikační číslo pilota, nebo technika který zápis provedl.

1.2.2.1 Kniha závad v kabině

Kniha závad v kabině je podobným dokumentem jako je DL. V tomto případě se však jedná o zápisy závad, týkajících se výhradně kabiny letadla. Zápis o závadě tak v tomto případě provádí většinou vedoucí kabiny, v případě závad na nouzovém vybavení je konkretizuje kapitán letadla. I tato kniha je kontrolována techniky a posádkou před každým letem. Stejně jako v DL i zde musí být veškeré závady odepsány certifikovaným technikem, a to na základě vyřešení závady nebo odložením dle příslušného MEL. Příklad listu z knihy závad v kabině můžeme vidět na obrázku 3. Každý z dokumentů JL, DL a CL je rovněž vybaven šesticiferným identifikačním číslem, který je pro každý zápis unikátní a má za úkol jednoduše mapovat jednotlivé závady v provozu.

 Cabin Log No. CL		* 104751	A/C – REG
Complaint Describe exactly location		Deferred defect Part required: PN quantity: IPC ref. :	Station Part 145 Approval Cert. DATE [dd/mm/yy] d d m m y y UTC [hh:mm] h h m m *RELEASE TO SERVICE AUTH No. SIGN REMARKS:
Date Cabin crew/ MECH/ other/ NAME SIGN and ID No: d d m m y y			
Final Action			Station Part 145 Approval Cert. DATE [dd/mm/yy] d d m m y y UTC [hh:mm] h h m m *RELEASE TO SERVICE AUTH No. SIGN
Maintenance Data Document (e.g. AMM) Revision Task			

* Certifies that the Work specified except as otherwise specified was carried out in accordance with PART – 145 and in respect to that work the aircraft/aircraft component is considered ready for release to service.
Certifies that general verification has been carried out to ensure that the aircraft is clear of all tools, equipment and any extraneous parts or material, and that all access panels removed have been refitted.

Obrázek 3 - Kniha závad v kabině [3]



Nutno dodat, že tento dokument není definován a vyžadován žádnou legislativou. V tomto případě se jedná o dokument zřízený čistě v rámci letecké společnosti z důvodu oddělení závad na letadle jako takovém a na závad interiéru a vybavení kabiny, na které se často vztahují velké časové limity pro odložení a neovlivňují tak napřímo provozní stav letadla. Vzhledem ke konceptu, který v této práci představuji se tímto dokumentem již nebudu dále zabývat.

1.2.3 Seznam minimálního vybavení.

MEL tedy seznam minimálního vybavení je jasně stanovený provozní dokument, který definuje závady, které je možné dle tohoto dokumentu tzv. odložit a letadlo s nimi uvolnit do provozu. Tento dokument vychází z dokumentu *Master Minimum Equipment List* (MMEL), který je definovaný výrobcem letadla. Na základě tohoto dokumentu pak každá společnost vytváří svůj vlastní MEL, který musí obsahovat pouze vybrané závady, které definuje MMEL a které je společnost ochotna v provozu tolerovat s cílem zvýšit své provozní standardy

Závady jsou v MEL rozděleny podle kategorií A, B, C a D. Tyto kategorie definují maximální možnou dobu, kterou může letadlo s touto závadou operovat. Standardně jsou pro tyto kategorie definována následující časová období:

Kategorie A – časové období u této kategorie si definuje sám operátor

Kategorie B – závada označená touto kategorií musí být odstraněna do tří (3) po sobě jdoucích kalendářních dnů

Kategorie C – závada označená touto kategorií musí být odstraněna do deseti (10) po sobě jdoucích kalendářních dnů

Kategorie D – závada označená touto kategorií musí být odstraněna do sto dvaceti (120) po sobě jdoucích kalendářních dnů

Každá závada v MEL může být rovněž označena písmeny O, M a nebo jejich kombinací. V takovém případě pak písmeno O znamená *Operation procedure*. Posádce se tak oznamuje, že je letadlo zbaveno některých funkcí určitého systému, nebo jsou sníženy běžné výkony letadla. V případě použití písmena M se pak jedná o *Maintenance procedure*. To znamená, že pro uvolnění letadla do provozu dle příslušného MEL je potřeba zásah certifikovaného technika, který musí provést technickou proceduru popsanou dle platného *Aircraft Maintenance Manual* (AMM). Na následujícím obrázku 4 uvádím ukázkou aplikace položky MEL 24-01 na odpojení generátoru střídavého proudu na motoru pro letoun Boeing 737-700/800/900ER.



24 ELECTRICAL POWER

24-01 Engine Driven Generator Systems 24-01-02 -700/-800/-900ER

Interval	Installed	Required	Procedure
B	2	1	(M)(O)

Except for ER operations, may be inoperative provided APU generator operates normally and is used throughout flight.

OPERATION NOTE: OFP shall be adjusted to comply with the requirement of MEL (O).
(TVS entry)

MAINTENANCE (M): Perform appropriate task listed in AMM 24-00-00 /901.

OPERATIONS (O)

Use the APU generator to power the bus associated with the inoperative engine driven generator system.

NOTE: For APU operation during flight, refer to the Boeing Flight Planning and Performance Manual (FPPM) for additional fuel flow allowances. With the generator disconnected, the ELEC light will illuminate during Master Caution recall and will extinguish when reset.

Obrázek 4 - MEL 24-01 [4]

1.2.4 Kniha odložených závad

Poslední knihou je pak kniha odložených závad. Tento dokument slouží k uvolnění letadla do provozu v případě využití možnosti odložení závady dle MEL. V takovém případě musí být do knihy zapsáno dle jaké položky příslušného MEL je letadlo do provozu uvolněno. Vedle informací jako jsou imatrikulace letadla, datum a číslo zápisu o závadě která nebyla odstraněna, obsahuje tento dokument přesné informace o položce MEL, podle které je letadlo uvolněno do provozu. Tedy číslo MEL, kategorie dané položky a datum, do kterého musí být závada odstraněna. Pod polem pro popis závady na letadle dále najdeme pole pro doplnění operačních limitů letadla v případě, že příslušný MEL takovéto limity stanovuje. Podle typu položky MEL může letadlo uvolnit do provozu buď sám kapitán letadla, nebo certifikovaný technik. Na následujícím obrázku 5 nalezneme příklad tohoto dokumentu.



smarwings

A/C Reg	DEFERRED DEFECT			Form Tracking Number L * 035451	
DATE d d m m y y	DESCRIPTION OF DEFECT:				
TLB No					
Reason for deferring					
MEL * or CDL * item Category A B C D					
Remove defect to date: d d m m y y					
Aircraft dispatched by:	A/C servisable: * ETOPS	A/C servisable: * CAT II/IIIA	OTHER RESTRICTIONS:		
Date of defect removal:					
DL No. of defect removal:					
Record closed by:				Name	Auth No

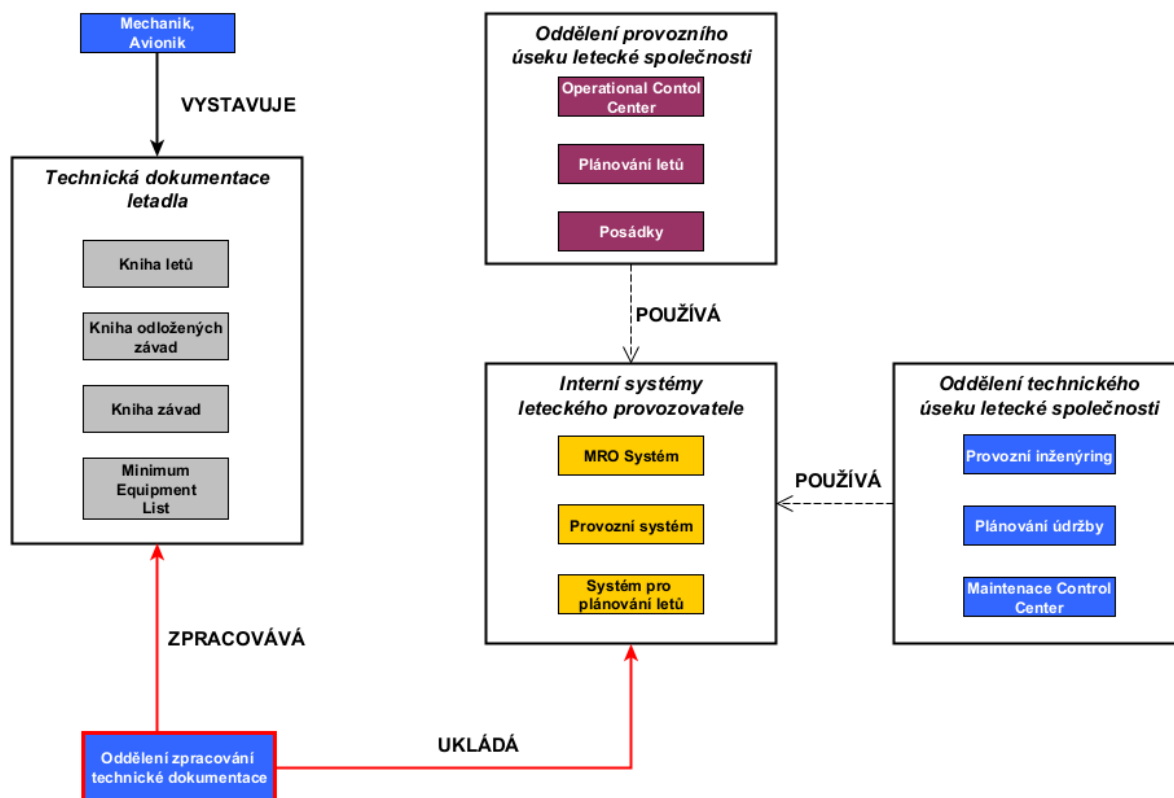
* cross out what is necessary

Obrázek 5 - Kniha závad v kabině [3]

1.3 Software pro zpracování technické dokumentace

V oblasti zpracování technické dokumentace je na počátku třeba definovat k čemu a jakými procesy tuto dokumentaci zpracováváme. Vzhledem k tomu, že v dnešní době stále převažuje technická dokumentace v papírovém formátu musí být z ní data fyzicky přepisována do interních systémů společnosti pracovníky technického úseku příslušné CAMO organizace. Tato technická data jsou důležitá jak pro technický úsek, tak pro provozní úsek provozovatele. Vzhledem k tomu, že tato data vždy obsahují informace o aktuálním stavu letadla, tedy jestli je nebo není provozuschopné, případně s jakými omezeními, jedná se o zcela zásadní podklady pro provozní úsek provozovatele. Provozní úsek tak především využívá systémy, které zobrazují aktuální provozní stav flotily a porovnává je se systémy, které zobrazují aktuální letový řád společnosti. Z pohledu technického úseku jsou pak tato data důležitá pro analýzu stavu flotily, anebo pro rychlou reakci na vzniklé závady v provozu. Technický úsek tak většinou využívá stejné softwarové vybavení jako provozní úsek a na základě technických dat z provozu neustále aktualizuje provozní stav flotily. Zároveň však využívá i některý z tzv. Maintenance Repair and Operations (MRO) systémů, které zpracovávají a uchovávají, veškerá technická data flotily provozovatele. Na základě

těchto vstupních informací je tak jasné, že zrychlením toku výše popsaných informací můžeme výrazně optimalizovat mnoho procesů týkající se provozu a údržby letadla. Současný stav zpracování papírově vedené technické dokumentace můžeme vidět na obrázku 6.



Obrázek 6 – Současný stav zpracování technické dokumentace

Zpracování technické dokumentace a následný přenos dat představují na procesech společnosti Smartwings, včetně základního popisu systémů, které pro toto zpracování společnost využívá.

1.3.1 Systém EFA

Systém EFA slouží jako základní interní informační systém pro celou společnost Smartwings. V tomto systému tak lze získat informace o veškerých řídicích dokumentech společnosti, interní dokumentaci a procesech. Dále pak lze zpřístupnit provozní dokumentaci, osobní profil přihlášeného zaměstnance, informace o absolvovaném, nebo plánovaném e-learningu nebo přehled o aktuálním stavu flotily letadel. Vzhledem k tématu mé diplomové práce se v této části zabývám pouze funkcemi tohoto systému, které jsou důležité pro práci technického a provozního úseku.



1.3.1.1 Fleet status

Fleet status je funkce systému EFA, která dává společnosti aktuální přehled o stavu flotily. V této části systému je tak přehledně zobrazen aktuální stav všech letadel, včetně konkrétní informace o typu letadla, jeho vybavení, provozní výkonosti, případně v jakém je aktuálním technickém stavu, tedy je-li provozuschopné, v režimu Stand-By, v plánované údržbě, dlouhodobě parkované nebo z technických důvodů ve stavu Aircraft On Ground (AOG). Na obrázku 7 je zobrazena část softwaru popisující tzv. *fleet status*.

☑	Reg	Model	ETOPS	Station	Cabin	LVO	Events	Condition
☑	OK-SWA	B38M	YES 180min	PRG	189Y	CAT IIIA	1 events	Serviceable
☑	OK-SWB	B38M	YES 180min	PRG	189Y	CAT IIIA	2 events	Serviceable
☑	OK-SWC	B38M	YES 180min	WAW	189Y	CAT IIIA	1 events	Serviceable
☑	OK-SWD	B38M	YES 180min	BTS	189Y	CAT IIIA	2 events	Serviceable
☑	OK-SWE	B38M	YES 180min	KTW	189Y	CAT IIIA	0 events	AV check
☑	OK-SWF	B38M	YES 180min	PRG	189Y	CAT IIIA	3 events	Serviceable
☑	OK-SWM	B38M	YES 180min	PRG	189Y	CAT IIIA	1 events	Serviceable
☑	HA-LKG	B738	YES 180min	PRG	189Y	CAT IIIA	1 events	Storage
☑	OK-TSD	B738	YES 180min	PRG	189Y	CAT IIIA	2 events	AOG
☑	OK-TSE	B738	YES 180min	MKE	180Y	CAT IIIA	1 events	Serviceable
☑	OK-TSF	B738	NO	PRG	189Y	CAT IIIA	1 events	Line maintenance

Obrázek 7 - Fleet status v systému EFA [5]

1.3.1.2 Aktuální odložené závady na flotile

Asi nejdůležitější v tomto systému, z pohledu této práce, je zobrazení konkrétních odložených závad DD na základě MEL. Některé tyto odložené závady často obsahují i provozní limity daného letadla, jakými může být například snížení hladiny, snížení navigační výkonosti na přiblížení nebo omezení některých funkcí letadlových systémů. Tyto informace se proto automaticky propisují do výpočtů používaných navigačním oddělením, a měly by tak být v aktuálním stavu pro přípravu pro posádky před plánovaným letem. Příklad odložených závad na konkrétním letadle je zobrazen na obrázku 8.



OK-SWF B38M 1J021 SERVICEABLE
PRG, 189Y, ETOPS: YES 180min, CAT IIIA

Overwater: No, HF: 2, FMS: 2, MCD: Installed - move by
Tech, DLK: ATN, ACARS: Ops, WiFi: No, SATCOM: No, ELT: 1x
fixed, 2x portable, Entertainment: , Spare Wheel: No, ADS-
B address: 49D418, MagVar Error Tables: 2015

Station: contracted or own mtce coverage - "meet and greet" concept on every arrival

Status	Category	Number	Type	Name	Reference	Start / Expiry
OPEN	MEL	20-NSRIL-3	A	Non Safety - coating	DD022835	2022-02-16 2023-02-16
Description: Nose Radome Protective Cover damage						
OPEN	MEL	25-10-02	D	Equipment	DD022833	2022-01-24 2022-05-24
Description: Missing water boiler at AFT Galley in 407 position.						
OPEN	MEL	25-NSRIL-B	A	25 NSRIL	DD022829	2021-12-29 2022-12-29
Description: CARPET TORN IN SEAT 13ABC AND CENTRAL LANE						

Obrázek 8 - Odložené závady [5]

Tyto informace se do systému dostávají ručně, zadáním pracovníka Maintenance Control Center (MCC) poté, co získá technickou dokumentaci o odložené závadě z provozu. Nutno dodat, že díky papírové dokumentaci nastávají v provozu situace, kdy se informace o odložené závadě dostává do systému i s několika hodinovým zpožděním. Díky tomu tak může docházet k situacím, kdy následující posádka během své přípravy nemá nejaktuálnější informace o technickém stavu letadla. Tento přenos může rovněž podstatně prodloužit samotné řešení závady. Z mého pohledu je tak zde velice důležitý co nejrychlejší přenos takto významné provozní informace. V případě správně nastavené integrace dat a s využitím digitalizované dokumentace, by se tato databáze mohla udržovat aktuální, v reálném čase.

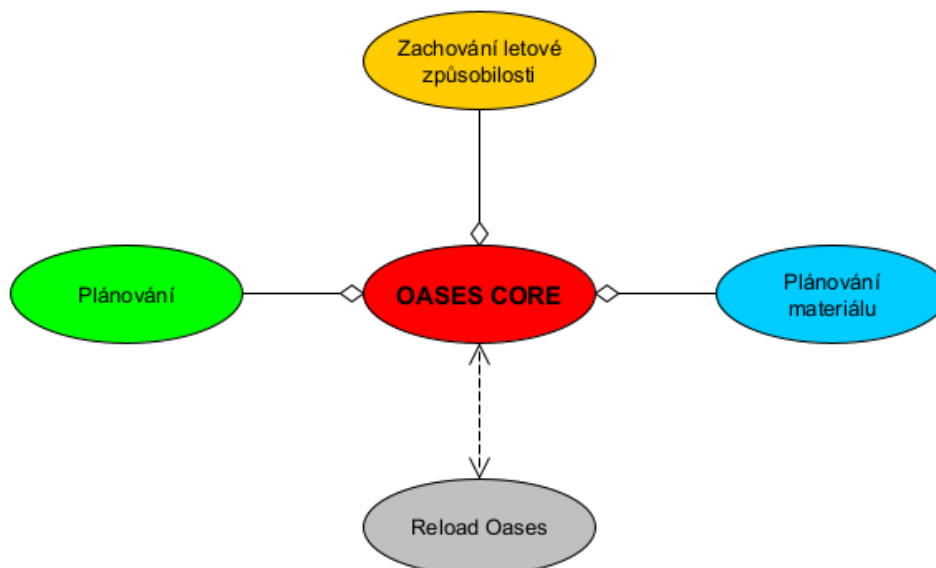
1.3.2 Systém AIMS

Systém AIMS je jedním ze světově nejrozšířenějších softwarů pro letecké společnosti, který se specializuje na komerční plánování, plánování letů a plánování posádek. V systému tak má společnost velice přehledně zpracovaný kompletní letový řád pro každé letadlo ve flotile. V tomto letovém řádu je vidět vše, co které letadlo čeká. Tedy plánované lety, údržba, parkování nebo případně i jeho momentální AOG status. Tento systém je pro technický úsek zásadní pro přípravu plánované údržby na flotile. Plánování údržby tak do tohoto systému vyznačuje termíny údržby, aby provozní úsek věděl, kdy s letadlem může a naopak nemůže počítat do provozu. Pro účel této práce je nutné zdůraznit, že veškeré informace z provozu je nutné do systému zadávat ručně

čímž opět může docházet, na základě vnějších vlivů, ke zpoždování toku důležitých informací.

1.3.3 Systém OASES

Systém OASES *Open Aviation Strategic Engineering System* je MRO systémem technického úseku společnosti Smartwings. Tento systém je vyvíjený ve Spojeném Království společností Commssoft a řadí se k jednomu z nejrozšířenějších MRO systémů na světě. Je založen na myšlence individuálního nastavení pro každého koncového uživatele. Prakticky je systém složen z několika modulů, které využívají především oddělení Plánování, Plánování materiálu, Logistiky, MCC a Engineeringu. Vzhledem k možnosti vysoce komplexního nastavení tohoto systému pro každého zákazníka, věnuji se v této práci základnímu nastavení systému u společnosti Smartwings, a to zejména těm modulům a jejich částem, které přímo souvisejí s tématem mé diplomové práce. Detaily nastavení z důvodu citlivosti těchto dat v této práci nezmiňuji. Na obrázku 9. můžeme vidět tři základní moduly systému OASES a to konkrétně modul pro zachování letové způsobilosti, modul plánování a plánování materiálu [6]. Poslední částí systému OASES je pak interně vytvořený systém Reload OASES.



Obrázek 9 - Moduly systému OASES související s tématem práce u společnosti Smartwings

1.3.3.1 Modul Zachování letové způsobilosti

Tento modul systému OASES poskytuje veškeré potřebné nástroje pro řízení procesů zachování letové způsobilosti, což dává provozovateli jistotu, že organizace dodržuje veškeré předpisy a závazky. Na základě správně doplněných provozních dat je



system schopen udržovat, hlásit a automaticky generovat spolehlivostní analýzy, a to jak na úrovni letadla, nebo letadlového celku, tak pro samotné komponenty. Díky schopnosti systému rozlišovat letadlové celky a komponenty dle označení kódy ATA mohou být tyto analýzy velice detailní a přesné. Uživatel si může rovněž založit vlastní skupinu letadlových celků nebo dílů, které systém dále monitoruje. Velice užitečnou potenciální schopností tohoto modulu je pak sledování a definice upozorňování na opakující se závady. Pro reálnou využitelnost těchto funkcí a analýz a je však velice důležité správné zpracování provozních dat.

1.3.3.2 Modul Plánování

Hlavními funkcemi modulu plánování jsou především predikce veškerých plánovaných úkonů údržby, modifikací a limitů poruch. Tyto funkce tak oddělení plánování snadno umožňují integraci zmíněných informací do jednotlivých pracovních karet, anebo automatické generování celých balíčků těchto pracovních karet pro větší plánované revize. Velice důležitou funkcí tohoto systému je pak automatické sledování letových hodin a cyklů u jednotlivých letadel ve flotile. Na základě těchto dat je následně systém schopen sledovat intervaly jednotlivých úkonů a upozorňovat na ty, které na letadle musí být bezprostředně provedeny.

1.3.3.3 Modul Plánování materiálu

Posledním modulem, který souvisí s tématem této práce je modul plánování materiálu. Tento modul slouží především jako přehledový systém o stavu náhradních dílů na domácích, nebo zahraničních bázích. Další výhodou je možnost vytvoření kompletních kontraktů s jednotlivými prodejci či opravárenskými organizacemi. Tyto kontrakty lze pak jednoduše využívat pro komunikaci a objednávky materiálu.

1.3.3.4 Reload OASES

Tento společností interně vyvinutý modul je nedílnou součástí plánování práce a lidských zdrojů pro jednotlivé směny v údržbě na domácí bázi na letišti Praha. Systém OASES ve svém aktuálním nastavení u společnosti Smartwings tuto funkci neumožňuje, a tak byl vytvořen tento modul díky několika zaměstnancům z oddělení engineeringu. Je napojený na databázi systému OASES a automaticky generuje pro každou směnu rozpis prací, které je třeba během služby provést společně se seznamem techniků, kteří by měli být na směně. Pro účely této práce však tento systém nemá výraznější vliv na optimalizaci procesů a z toho důvodu se jím nebudu v další části více zabývat.



1.4 Electronic Technical LogBook

System elektronické dokumentace je v dnešní době leteckými společnostmi relativně rozsáhle využíváný. Díky hned několika světově známým softwarovým firmám mají letecké společnosti na výběr z řady takovýchto systémů. Mezi nejzajímavější systémy z pohledu této práce můžeme zmínit elektronický logbook od společnosti Conduce, nebo od firmy Thales. Všechny tyto aplikace fungují jako aplikace pro tablety, kterými jsou dnes vybavovány prakticky všechny posádky dopravních letadel. Důležitým faktorem je však limitace využití takové elektronické dokumentace.

Asi nejrozšířenějším nastavením je elektronická evidence záznamů letů, tedy elektronický JL společně s elektronickým MEL ve formátu pdf. Společnosti využívající toto nastavení tak mají zaručený tok informací provozního charakteru. Takto nastavené procesy však stejně musí zachovat v kokpitu fyzicky knihu závad společně s knihou odložených závad, čímž se dostáváme opět do stavu, ve kterém musí být zajištěno fyzické přepisování technických dat o letadle do interního informačního systému.

Méně se vyskytujícím nastavením je kompletní zapojení elektronické dokumentace do procesů společnosti. V takovém případě se tedy skutečně jedná o systém, který v sobě obsahuje elektronickou evidenci závad i odložených závad. Přenos dat mezi ELB aplikací a interním systémem však nevyužívá automatické integrace těchto dat do interních systémů a zpět. Po uvolnění letadla do provozu tak technik musí vyplnit záznam v aplikaci používané na palubě letadla, aby zde existoval fyzický záznam o provedené údržbě na letadle a zároveň má k těmto datům přístup pouze v interním systému. Tento záznam tak musí provádět duplicitně i v interním MRO systému a informovat ostatní oddělení na technickém úseku o případných provozních omezeních na příslušném letadle. Jedním z článků zabývajících se touto problematikou je například [7]

1.5 Limitace současného stavu

Mezi hlavní limitace současného stavu tak řadím především velice pomalý proces vytváření a zpracování technické dokumentace v provozu, který výrazně ovlivňuje provozní flexibilitu leteckých společností. Limitujícím prvkem těchto procesů je i paradox, kdy certifikovaný technik po provedení specializované práce na letadle provede technický záznam do dokumentace a tyto dokumenty odevzdá na oddělení zpracování technické dokumentace, kde v mnoha případech odborná specializace není potřeba. Díky tomuto faktu může docházet ke vzniku značných nesrovnalostí



v technické dokumentaci, které mohou být zjištěny dozorujícím úřadem při některém z pozdějších auditů a reportovány v podobě nálezu I, nebo II. Kategorie. Díky těmto nálezům může v nejhorším možném případě dojít i k pozastavení činnosti letecké společnosti odebráním jejího *Airline Operation Certificate* AOC. V této práci se tak zaměřuji na návrh realizace myšlenky rychlého, efektivního a strukturovaného přenosu výše popisovaných technických dat přímo z letadla směrem k technickému úseku a naopak.



2 Metodika

V této kapitole se zabývám postupy a metodami, které lze využít pro obecnou tvorbu konceptuálního modelu jakéhokoliv systému. Zaměřím se především na využití unifikovaného jazyka UML, dále pak softwarem Protégé a na závěr sémantickým dotazovacím jazykem SPARQL.

2.1 UML

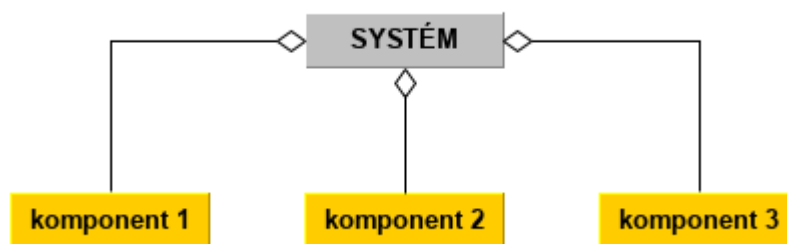
Unifikovaný jazyk UML využívám v této diplomové práci především pro přehledné zobrazení konceptuálního modelu navrhovaného systému. Tento jazyk je velice vhodným nástrojem pro takové zobrazení struktury systému, případně jeho funkce. Sestavené diagramy pak lze přehledně prezentovat a využívat pro popis technické struktury systému způsobem srozumitelným pro ostatní členy vývojového týmu.

Jazyk UML jako takový, je unifikovaný univerzální jazyk pro modelování struktury či funkce systému. Nejčastěji se využívá v podobě objektového modelování systému, avšak díky svým zabudovaným mechanismům může být využíván mnohem komplexněji. V této diplomové práci využívám právě objektové modelování systému, které má za úkol poskytnout jednoduchou orientaci a pochopení struktury systému pro softwarového inženýra.

2.1.1 Objekty jazyka UML

Základním předpokladem použití jazyka UML je skutečnost, že umožňuje modelování pracovního postupu pro vývoj softwaru, stejně jako dalších systémů v podobě souborů spolupracujících objektů. Tento předpoklad pak zcela zřejmě zapadá a funguje stejně spolehlivě i v obchodních, výrobních či podnikatelských procesech.

Pomocí jazyka UML lze strukturu systému popisovat staticky, tedy jako objekty, které jsou pro modelování systému důležité a jejich vzájemné souvislosti. Dynamická struktura pak popisuje životní cyklus objektů ze statické struktury a způsob jejich spolupráce, s cílem vyjádřit požadovanou funkci popisovaného systému. Pro účely této diplomové práce se tak v následující části budu věnovat především tvorbě a popisu statické tvorby struktury systému, neboť pro návrh takovéhoho nedynamického konceptu statická struktura systému postačuje. Příklad statického diagramu můžeme vidět na obrázku 10.

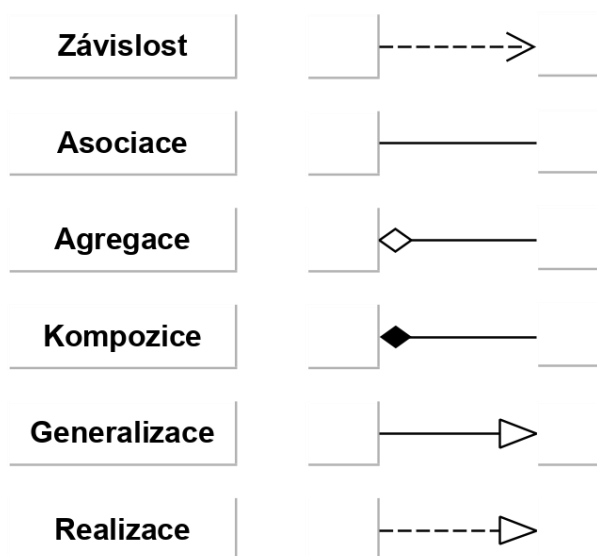


Obrázek 10 – Příklad statického (objektového) diagramu

2.1.2 Základní pojmy jazyka

Mezi základní pojmy jazyka UML patří především tzv. Předměty (Things), které představují samotné objekty modelu. Tyto objekty můžeme dále dělit na strukturní objekty, tedy podstatná jména modelu UML. Jednotlivé objekty tak vyjadřují statickou část systému. Další jednotkou jazyka je pak chování, které označujeme jako jeho slovesa, neboť vyjadřují interakce a stavy v dynamické části modelu. Poslední součástí je pak seskupení, které popisujeme jako tzv. balíčky. Ty používáme pro seskupení významově souvisejících prvků modelu.

Dalším základním pojmem jazyka jsou tzv. Vztahy (Relations). Tyto prvky nám do systému zavádí logiku spojování jednotlivých objektů mezi sebou. Do modelu tak tyto vztahy přidávají sémantickou informaci, která popisuje vztahy mezi jeho jednotlivými objekty. Tyto definované relace jsou nejdůležitější součástí sloužící ke správnému pochopení modelu vytvořený jazykem UML. Přehled relací definovaných jazykem UML zobrazují v následujícím obrázku 11.



Obrázek 11 – stručný popis relací jazyka UML



2.1.3 Mechanismy rozšiřitelnosti

Při vývoji jazyka UML si autoři uvědomovali, že uspokojení potřeb všech uživatelů je prakticky nemožné. Z tohoto důvodu tak byly do tohoto jazyka zahrnuty tři základní mechanismy, umožňující jeho rozšiřitelnost.

2.1.3.1 Atributy

Mechanismus atributů, slouží jako základní rozlišovací rys mezi určitými objekty. V případě modelování v jazyce UML takovýto rozšiřující mechanismus určuje podstatnou část konkrétního objektu, nebo data, které určitý objekt obsahuje. Tento mechanismus do modelu zobrazujeme jako prostý text pod čarou, který odděluje název objektu a jeho atributy.

2.1.3.2 Omezení

Podmínka omezení popisuje jednoduchý textový řetězec uzavřený do složených závorek {-}. Tento text má za úkol specifikovat určitou podmínku nebo pravidlo týkající se prvku modelu, které musí být vyhodnoceno jako pravda. Můžeme také říci, že takovýmto způsobem omezujeme podmínky chování daného prvku.

2.1.3.3 Stereotypy

Hlavním úkolem stereotypu je zastoupení určité varianty v daném modelu existujícího prvku, který má sice stejnou podobu, ale používá se jiným záměrem. Umožňují tak vytvářet nové prvky modelu, založené na existujících prvcích modelu. Název stereotypu vkládáme do dvojitých lomených závorek <<->>, přičemž každý model může obsahovat nanejvýš jeden stereotyp.

2.1.3.4 Označené hodnoty

Za vlastnost se v jazyce UML považuje jakákoli hodnota připojená k prvku modelu. Většina prvků má mnoho předdefinovaných vlastností, kde některé lze zobrazit v diagramech a jiné jsou zase součástí sémantického podkladu příslušného modelu. UML tak umožňuje rozšiřovat vlastnosti prvku pomocí označených hodnot. Hodnota je založena na jednoduché myšlence, tedy klíčovém slově s přidruženou hodnotou. Označené hodnoty do modelu zapisujeme takto: *{tag1=hodnota1, tag2=hodnota2.....tagN=hodnotaN}*.

Jazyk UML využívám v této práci pro vytvoření snadno pochopitelného konceptuálního modelu, se kterým chci v této práci nadále pracovat. Pro detailnější pochopení jazyka UML můžeme nalézt řadu podrobných publikací, jako například [8] [9].

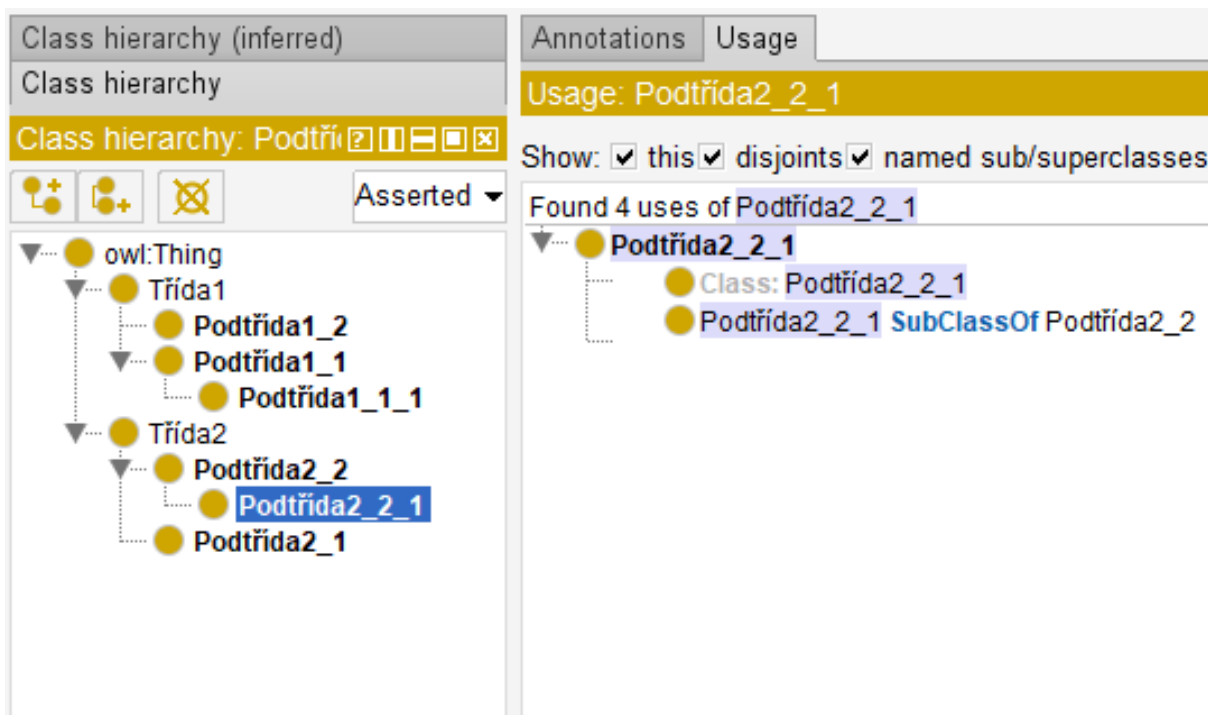
2.2 Protégé

Software Protégé je volně dostupným ontologickým editorem, který pracuje s formátem Ontology Web Language (OWL) s RDF/XML formátováním. Software byl vyvinut na Stanfordské univerzitě již v roce 1999. Výhodou tohoto softwaru je především komplexní práce s konceptuálními modely či ontologiemi a také to, že data vytvořená v tomto softwaru mohou být dále zpracovávána dalšími aplikacemi. Pomocí tohoto softwaru lze tak jednoduše převést zpracovaný UML model do konkrétního formátu, který se můžeme dále strojově zpracovat.

V této kapitole se zaměřuji na obecný způsob využití a funkce tohoto softwaru pro účely této diplomové práce.

2.2.1 Třídy modelu

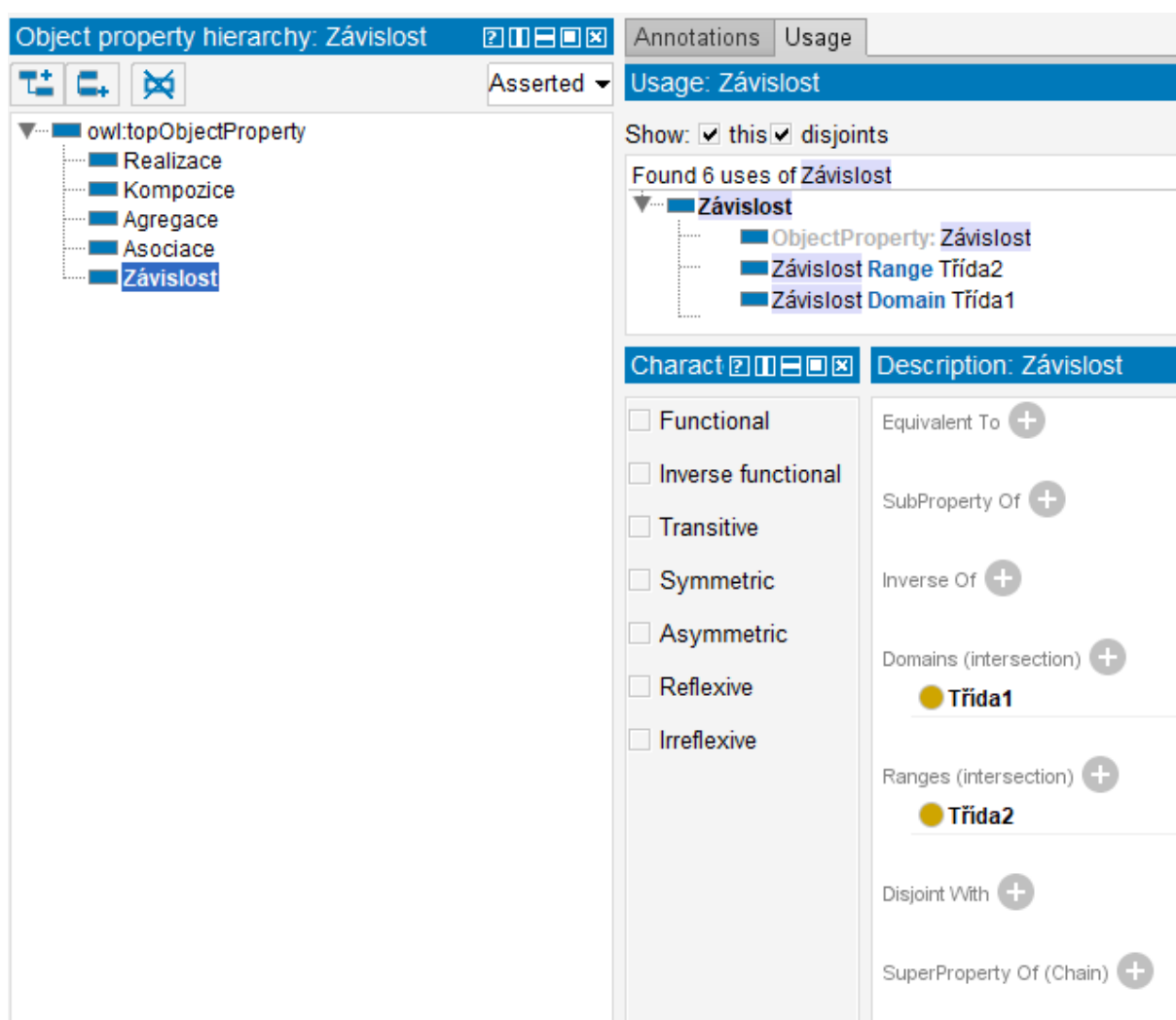
V systému Protégé modul třídy modelu umožňuje vytvořit strukturu základních stavebních prvků konceptuálního modelu. Tyto třídy nám umožňují vytvářet fyzické prvky modelu a prvky, které jsou jejich součástí. V případě převádění UML diagramu do systému Protégé si pod těmito třídami můžeme představit výše zmiňované objekty, kterými je základní struktura diagramu definována. Vztah, který vzniká mezi modelovanými objekty v tomto modulu pak představuje vztah tzv. generalizace, který ukazuje na obrázek 11. Obrázek číslo 12 pak zobrazuje modul tříd v systému Protégé společně s ukázkou vytvořených tříd modelu.



Obrázek 12 – Modul Třídy modelu v systému Protégé

2.2.2 Vlastnosti objektů

Modul vlastnosti objektů vytváří a definuje jednotlivé vztahy mezi objekty vytvořenými v modulu *Třídy modelu*. Výhodou Protégé je, že díky tomuto modulu můžeme popsat prakticky jakýkoliv druh vztahu mezi objekty nás napadne a tím tak vytvářet přehledný koncept celkového modelu. Pokud se opět zaměříme na převedení UML diagramu do systému Protégé, pak nám tento modul poslouží pro vytvoření vazeb mezi objekty, které nám definují základní strukturu modelu. Tento modul s příkladem základních UML vazeb můžeme vidět na obrázku 13. V pravém dolním rohu obrázku 13 můžeme rovněž vidět vazbu, tedy vlastnost objektu s názvem *Závislost* mezi Objektem *Třída1* a *Třída2*. Takto nastavený vztah nám tedy říká, že *Třída1* je závislá na objektu *Třída2*.

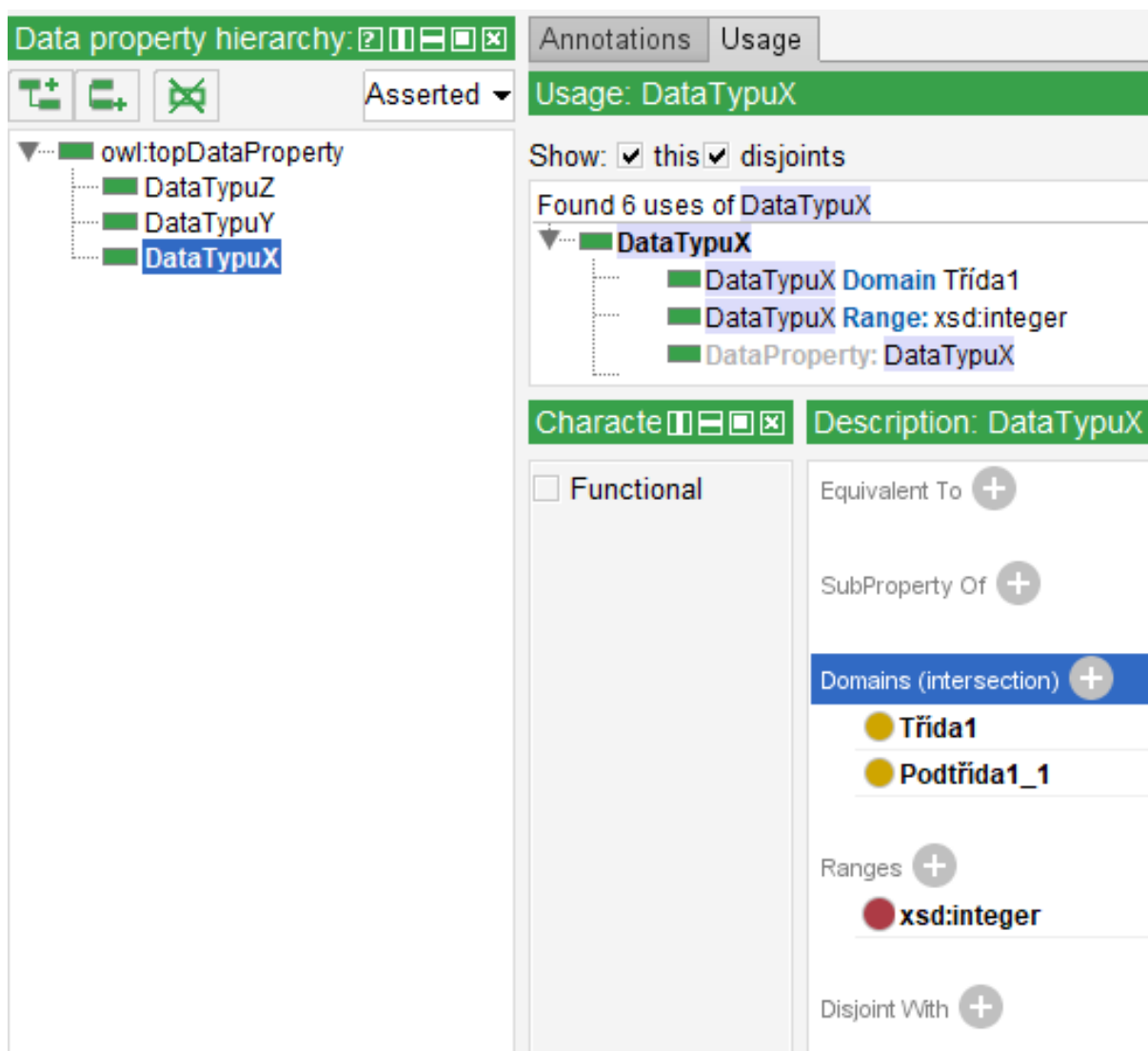


Obrázek 13 - Modul Vlastnosti objektů v systému Protégé

2.2.3 Vlastnosti dat

Definice modulu s názvem Vlastnosti dat vychází z jeho názvu. Pomocí tohoto modulu nastavujeme vlastnosti datových zdrojů, se kterými budeme v systému později

pracovat. Z pohledu UML se jedná o data, která v diagramu představují mechanismy rozšiřitelnosti, konkrétně mechanismus atributů.



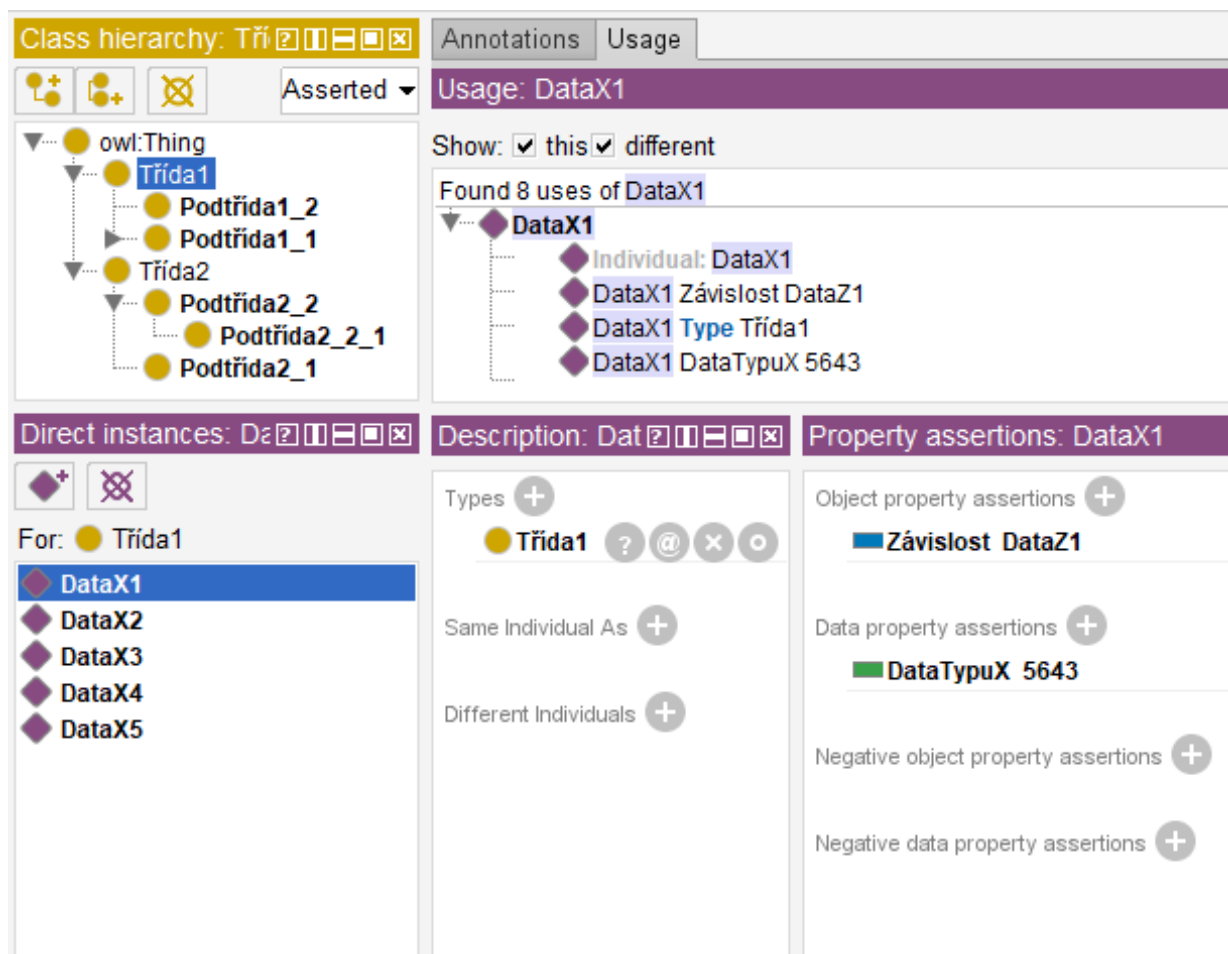
Obrázek 14 – Modul Vlastnosti dat v systému Protégé

Příklad na obrázku 14 nám zobrazuje nastavení tří typů vlastností používaných dat. Takto nastavený model nám tedy říká, že *DataTypuX* jsou atributem *Třída1*. V popisu s názvem *Ranges* také lze definovat stav dat, které budeme pod tyto vlastnosti vkládat. V tomto příkladu využívám stav dat *integer*, což znamená, že vkládaná data budou čísla.

2.2.4 Data

Posledním modulem, který v této práci využívám pro vytvoření integrovaného konceptuálního modelu digitalizované technické dokumentace je datový modul. V tomto modulu do systému vkládáme data, které lze třídit podle předem nastavených vlastností, vytvořených v modulu *Vlastnosti dat* a zároveň nastavujeme jejich vazby

mezi jednotlivými třídami. Na následujícím obrázku 15 můžeme vidět datový vzorek, vytvořený jako příklad pro popis tohoto modulu.



The screenshot displays the Protégé software interface with several panels:

- Class hierarchy:** Shows a tree structure starting from `owl:Thing`. It includes classes `Třída1`, `Podtřída1_2`, `Podtřída1_1`, `Třída2`, `Podtřída2_2`, `Podtřída2_2_1`, and `Podtřída2_1`.
- Usage: DataX1:** Shows 8 uses of the `DataX1` property. The uses listed are:
 - Individual: `DataX1`
 - `DataX1` `Závislost DataZ1`
 - `DataX1` `Type Třída1`
 - `DataX1` `DataTypuX 5643`
- Direct instances: DataX1:** Lists instances `DataX1` through `DataX5`. The instance `DataX1` is selected.
- Description: DataX1:** Shows the types `Třída1` and various logical constraints like `Same Individual As` and `Different Individuals`.
- Property assertions: DataX1:** Shows object property assertions, including `Závislost DataZ1` and `DataTypuX 5643`.

Obrázek 15 – Datový modul v systému Protégé

V tomto případě vkládám data s vlastnostmi `DataTypuX` s názvem `DataX1`. V pravém dolním rohu můžeme vidět hodnotu těchto dat, tedy `5643` a jejich nastavenou závislost na datech z třídy `Třída2` s názvem `DataZ1`.

Tyto moduly používám v této práci pro vytvoření návrhu konceptuálního modelu sémantického webu systému digitalizované technické dokumentace. Systém Protégé však umožňuje daleko širší využití pro vytváření ontologií a sémantických webů. Pro detailnější pochopení funkce tohoto softwaru a jeho modulů můžeme využít následující odkaz [10].

2.3 GraphDB

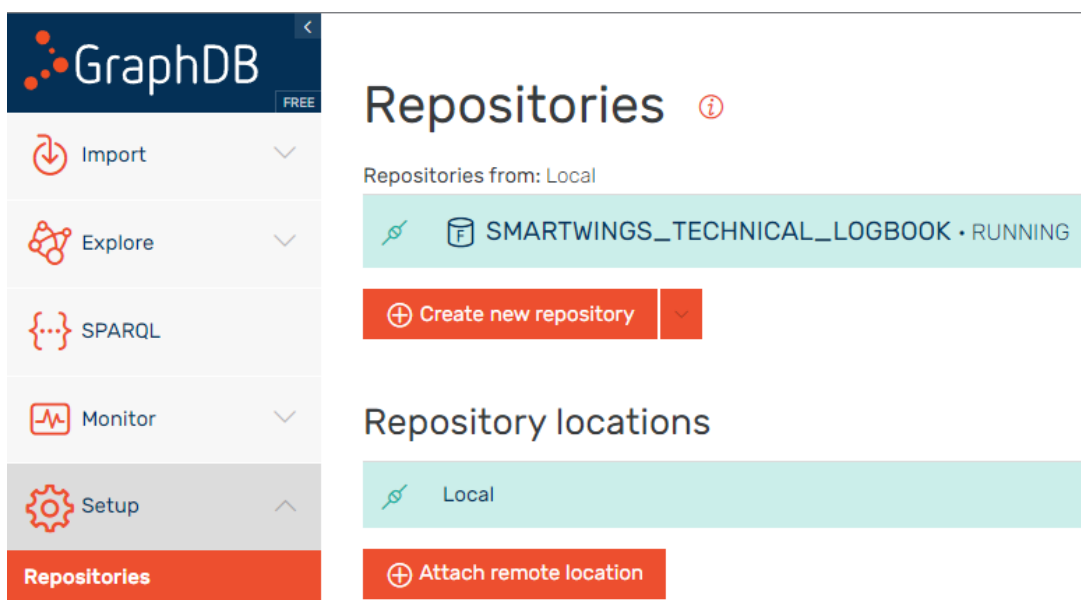
Pro validaci správné funkce navrhovaného konceptu využívám v praktické části této práce software GraphDB. Tento software využívám pro validaci konceptuálního modelu vytvořeného v systému Protégé. Software GraphDB nám umožňuje nahrát

data vytvořené struktury systému a následně se pomocí jazyku SPARQL nad těmito daty dotazovat. Tímto postupem tak lze dokázat, že systém je navržen správně a že je zaručena dostupnost těchto dat pro uživatele systému.

2.3.1 Vytváření dotazů pomocí jazyka SPARQL

Jazyk SPARQL nám umožňuje vytváření zmiňovaných dotazů nad objekty, vztahy mezi objekty a daty těchto objektů, které obsahuje námi navržený konceptuální model. Pro využití tohoto nástroje existuje hned několik dostupných softwarů, které tuto funkci umožňují. Jedním z příkladů je i systém Protégé, zmiňovaný v kapitole 2.2, do kterého je tato funkce rovněž implementována. Pro účely této diplomové práce však využívám uživatelsky přívětivější software GraphDB, který je stejně jako systém Protégé volně dostupný. V této kapitole popisuji především uživatelské využití tohoto softwaru, pro účely této práce. Pro detailnější studium softwaru GraphDB lze využít [11] a jazyka SPARQL [12].

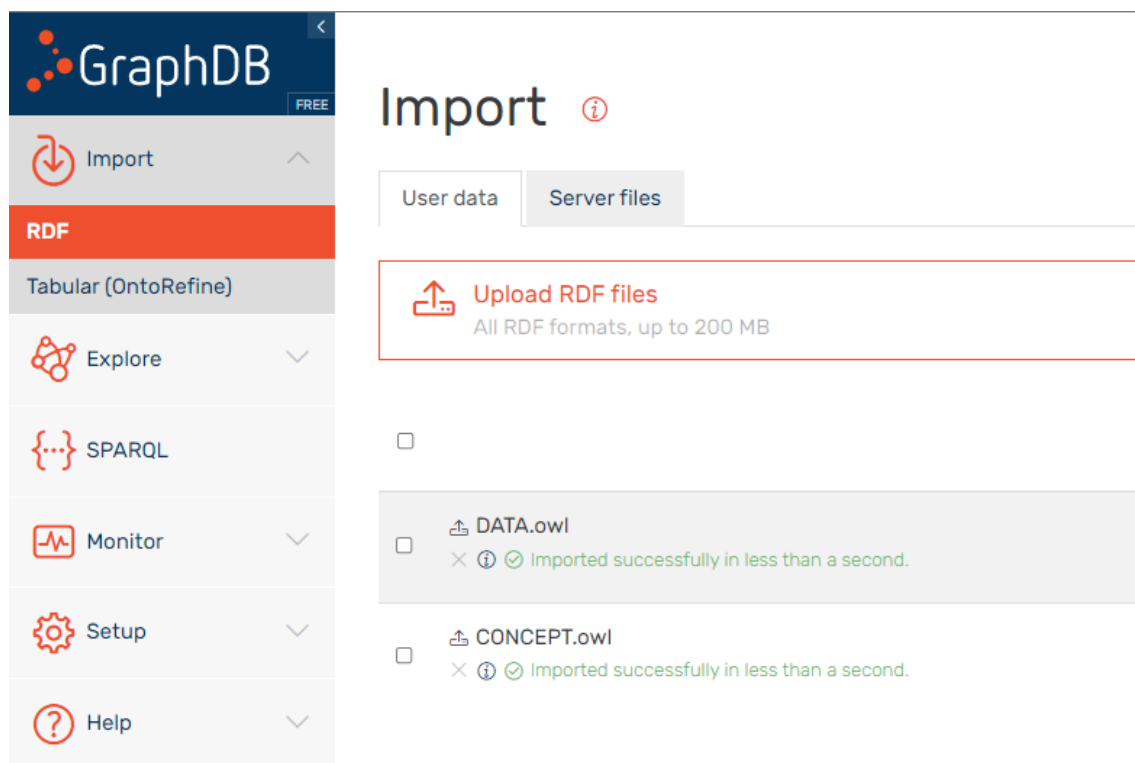
Při vytváření dotazů je v první řadě nutné v softwaru GraphDB vytvořit repozitář, ve kterém následně budeme pracovat se soubory, obsahující strukturu navrženého konceptuálního modelu a soubory s datovým vzorkem. Na obrázku 16 zobrazuji vytvořený repozitář s názvem „SMARTWINGS_TECHNICAL_LOGBOOK“.



Obrázek 16 - vytvoření repozitáře v softwaru GraphDB

V systému můžeme mít založeno i více repozitářů. Pro práci je však vždy využíván pouze jeden z nich a to ten, který je zobrazen zeleně a se zapojeným konektorem elektrické sítě.

Nahrávání dat ze systému Protégé je v tomto systému uživatelsky jednoduše přístupné. Pokud máme v systému Protégé dobře sestavenou strukturu konceptuálního modelu stačí tento soubor pouze uložit ve formátu *.OWL*. Systém GraphDB pak nahraje a rozpozná jednotlivé objekty, jejich vzájemné relace i uložená data. Nahrávání souborů do systému GraphDB můžeme vidět na obrázku 17.



Obrázek 17 - nahrávání dat do systému GraphDB

Pokud máme vytvořený repozitář a také nahrána data, můžeme začít s vytvářením jednotlivých dotazů. V tomto případě je pak hned na úvod velice důležité ověřit tzv. Uniform Resource Identifier (URI) a to u všech analyzovaných dat. Tato URI slouží jako cesta, po které se je systém schopný dotazovat na konkrétní vztah, či data objektů. URI nám rovněž slouží k vytváření tzv. *Prefixů*, které nám značně usnadňují stavbu kódu dotazu.

Pro následný popis dotazu uvádím jako příklad jednoduchý dotaz z mnou navrženého konceptuálního modelu. Jako příklad tak uvádím tvorbu dotazu na aktuální stav flotily. V tomto případě se tedy ptáme jediného objektu na data která obsahuje. Vytvořený dotaz, který následně detailněji popisují můžeme vidět na obrázku 18.

```
▼ 1 PREFIX atd: <https://www.fd.cvut.cz/AIRCRAFT_TEHNICAL_DOCUMENTATION_ONTOLOGY#>
2
▼ 3 select ?IMATRIKULACE ?TYP ?PROVOZNI_STAV where {
4     ?LETADLO atd:TYP ?TYP.
5     ?LETADLO atd:IMATRIKULACE ?IMATRIKULACE.
6     ?LETADLO atd:PROVOZNI_STAV ?PROVOZNI_STAV.
7 } limit 100
```

Obrázek 18 - Vytvořený dotaz na data objektu konceptuálního modelu s názvem *letadlo*

V řádku číslo 1 můžeme vidět předem definovaný prefix, který v tomto případě vyjadřuje substituci celé URI datového vzorku za *atd:*. V řádku číslo 4 se pak ptáme objektu s názvem *Letadlo* na data uložena pod vlastnostmi dat s názvem *Typ*. Výsledkem tohoto řádku by pak byla tabulka s výpisem těchto dat. V následujícím řádku 5 a 6 se pak ptáme stejného objektu na data s rozdílnými vlastnostmi objektu. Výsledky tohoto dotazu uvádím v následující kapitole s názvem *výsledky*.

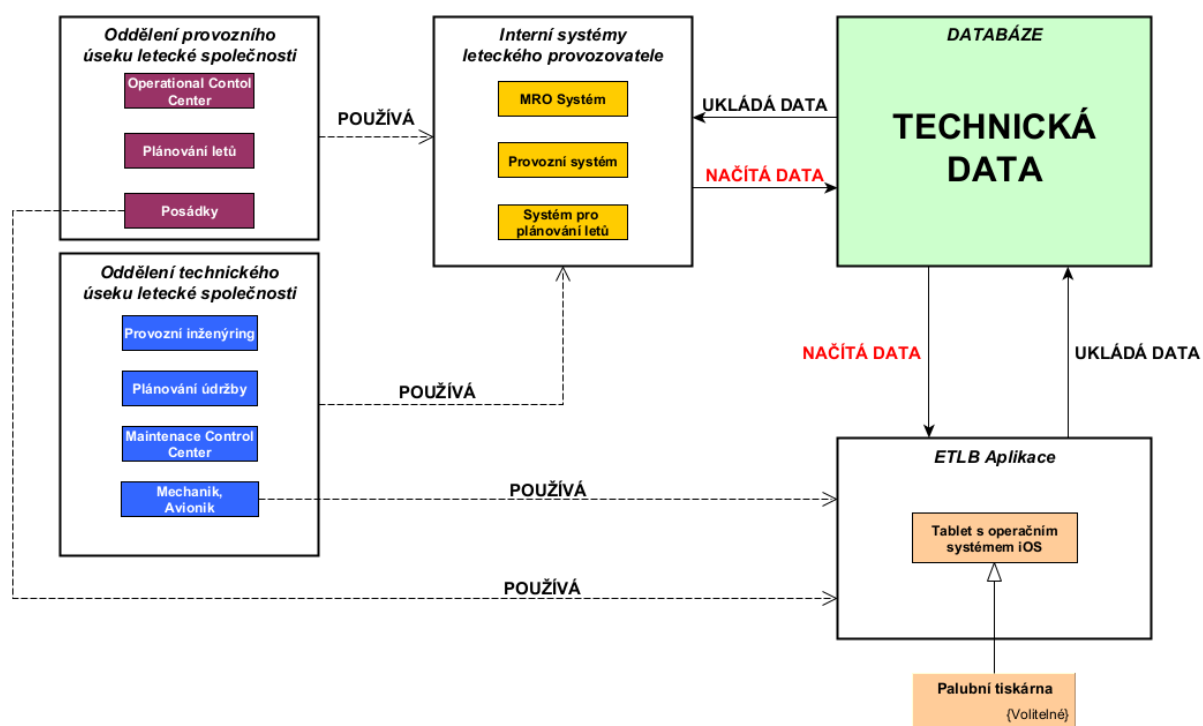
Využitím dotazování nad strukturou a datovým vzorkem modelu můžeme ověřit návrh konceptuálních modelů. Pokud na předem stanovené dotazy dostaneme očekávané výsledky, lze konstatovat, že je systém správně navržen a jeho data jsou pro uživatele dostupná. Tento proces validace konceptuálního modelu využívám v následující kapitole této práce.

3 Výsledky

V této kapitole prezentuji návrh ontologie sémantického webu pro vytvoření integrovaného konceptuálního modelu digitalizované technické dokumentace u konkrétního leteckého provozovatele. Finální model zajišťuje integraci vstupních i výstupních dat, aby tato data byla organizovaná a významově jednoznačná.

3.1 Obecná architektura systému

Architektura konceptuálního modelu je navržena tak, aby umožnila optimalizaci toku dat z technické dokumentace do interních systémů provozovatele, a i do zaváděné Electronic Technical LogBook (ELTB) aplikace. Cílem návrhu je tedy strukturovaný zápis těchto dat do databáze, která data uchovává a poskytuje je jak pro samotnou ELTB aplikaci, tak pro ostatní interní systémy provozovatele. Tuto obecnou strukturu můžeme vidět na obrázku 19.



Obrázek 19 – Obecná architektura systému

Kooperací navrhované integrované a strukturované databáze technických dat společně se zavedením ETLB aplikace lze dosáhnout optimalizace interních postupů, ale především redukce pozic zodpovídajících za přenos a kvalitu technických dat v jednotlivých odděleních leteckého provozovatele. Z obrázku 19 můžeme vidět, že takto nastavený systém umožňuje rychlou dostupnost technických dat pro všechna oddělení se zodpovědností za plynulý provoz leteckého dopravce.



Uskupení s názvem Oddělení provozního úseku letecké společnosti zobrazuje všechna oddělení, která mají na starosti vlastní provoz letecké společnosti, nebo se ho napřímo účastní. Práce těchto oddělení je závislá na využívání základních interních systémů společnosti. Rychlý přenos technických dat z provozu je tak pro tato oddělení velice zásadní pro rozhodování při provádění změn v letovém plánu. Jako příklad můžeme uvést přenos informace o odložené závadě na určitém letadle se zásadními operačními limity pro provoz. Provozní úsek by tak při využití tohoto konceptu mohl ihned po odložení závady pracovat s aktuálními informacemi o stavu konkrétního letadla.

Oddělení technického úseku letecké společnosti představuje oddělení, která se věnují zachování letové způsobilosti flotily. Pro optimalizaci a fungování této části letecké společnosti je přenos technických dat zcela nejdůležitější. Na základě zrychleného procesu přenosu technických dat z provozu pro oddělení technického úseku lze zaručit rychlejší reakce neplánované údržby, tedy odstraňování závad vzniklých v provozu.

Tok technických dat skrze Interní systémy leteckého provozu ovlivňuje reakce veškerých oddělení společnosti. Tímto koncepčním návrhem digitalizací technické dokumentace a její automatizací přenosu technických dat z provozu lze docílit zrychlení těchto reakcí.

Vedlejším, ale velice důležitým přínosem takto nastaveného systému je i jednoduchá integrace technických dat letadla. V případě, zájmu prodeje nebo nákupu nového letadla mezi dopravci, či pronajímateli s takto stejně nastavenými systémy by přenos a analýza technických dat konkrétního letadla probíhala také výrazně optimalizovanou cestou.

3.2 Integrovaný konceptuální model

V této části kapitoly představuji mnou navrhovaný integrovaný konceptuální model pro zpracování technické dokumentace. V první části představuji návrh technologii tohoto konceptuálního modelu pomocí diagramu a jazyka UML. V další části představuji zpracování tohoto modelu v systému Protége, v poslední části se věnuji validaci tohoto návrhu pomocí dotazů zpracovaných jazykem SPARQL v systému GraphDB. Cílem je tedy vytvořit obecný model, aplikovatelný u jakéhokoliv leteckého provozovatele v případě jeho rozhodnutí o přechodu na digitalizovaný elektronický logbook, tedy ETLB, a validovat jeho funkčnost.



3.2.1 Technologie integrovaného modelu

Návrh tohoto konceptuálního modelu v první řadě zahrnuje zpracování popisu toku nejdůležitějších provozních technických dat která musí provozní technická dokumentace obsahovat. Základní vstupy jsou shrnuty v úvodní kapitole *Technická dokumentace provozovatele*. Takto nastavené uspořádání zároveň umožňuje velice intuitivní přístup při vystavování této technické dokumentace v provozu a zároveň tato technická data strukturuje do stavu, který vyžadují navazující interní systémy leteckého provozovatele.

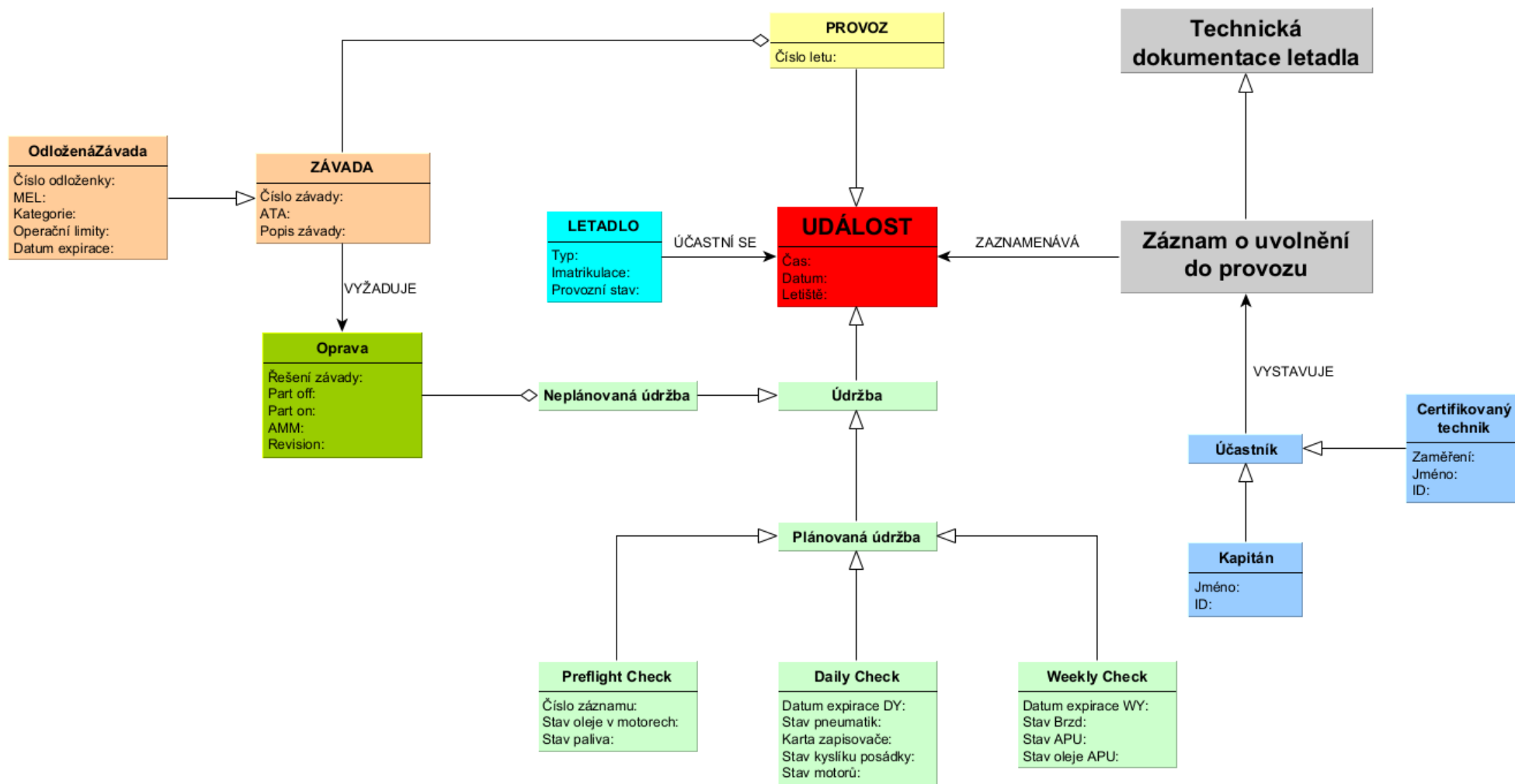
Cílem této navrhované technologie konceptuálního modelu je zahrnout v sobě veškeré vazby a vztahy mezi vstupujícími provozními daty. Sekundárním cílem, který úzce koreluje s primárním cílem, je pak optimalizovat a automatizovat tvorbu technické dokumentace a s tím související záznamy o uvolnění letadla zpět do provozu.

3.2.2 UML schéma integrovaného konceptuálního modelu

Na obrázku 20 zobrazují diagram tříd, který představuje návrh konceptuálního modelu digitalizované technické dokumentace u leteckého provozovatele. Základním bodem tohoto schéma je červený objekt s názvem *Událost*. *Událost* v tomto schématu představuje veškeré dění v provozu. Všechny informace v technickém logbooku spojují vždy stejná základní data, a to *Datum*, *Čas* a *místo*, tedy *Letiště*, kde k zápisu došlo. Tato data jsou tedy vložena jako atributy objektu *Událost*. *Událost* však může obsahovat další zpřesňující data, která jsou k dodržení správných vazeb mezi provozními technickými daty nezbytně důležitá, proto tato *Událost* ve schéma obsahuje další podtřídy, které spojuje UML vazba generalizace.

První zpřesňující podtřídou objektu *Událost* je žlutý objekt, v horní části schématu, s názvem *Provoz*. Objekt *Provoz* obsahuje jako zpřesňující atribut data s názvem *Číslo letu* a to z toho důvodu, že jakákoliv vzniklá závada v provozu letadla je vždy spojována s letem, na kterém se tato závada projevila.

Dalšími zpřesňujícími podtřídami je pak podtřída s názvem *Údržba*, která se dále dělí na objekt *Neplánovaná údržba* a *Plánovaná údržba*. Toto dělení je opět velice důležité z důvodu rozlišení vazeb a toku technických dat. Zatímco objekt *Neplánovaná údržba* musí být napojen na vzniklé, tedy neplánované závady v provozu, objekt *plánovaná údržba* musí zahrnovat, veškeré plánované události na letadle, které jsou pro provoz letadla nezbytné.



Obrázek 20 - UML schéma Integrovaného konceptuálního modelu



Světle zelený objekt v dolní části schéma s názvem *Plánovaná údržba* se tedy dále dělí na podtřídy *Preflight Check*, *Daily Check* (DY) a *Weekly Check* (WY). Všechny tyto podtřídy zobrazují provozně důležité plánované události, o kterých musí být vždy proveden záznam. Tento záznam obsahuje data, která jsou vepsána do atributů každé této podtřídy.

Oranžový objekt s názvem *Závada* není veden jako podtřída události, neboť tato samostatná třída vzniká mimo třídu *Událost*. Třída *Závada* je však napojena vazbou agregace, tedy že je součástí objektu *Provoz*. Tato vazba je zde vytvořena z již zmíněného důvodu, a to že *Závada* vzniká v události *Provoz*. Třída *Závada* zároveň obsahuje podtřídu *Odložená závada*, která vypovídá o události v provozu, na které došlo k závadě, a která následně byla odložena dle příslušného MEL a tím letadlo uvolněno zpět do provozu. Veškerá data potřebná pro vytvoření tohoto záznamu jsou opět uvedena v attributech obou těchto objektů.

Tmavě zelený objekt s názvem *Oprava*, který je propojen vazbou *Vyžaduje* s objektem *Závada* nám ukládá data o provedené *Neplánované údržbě*, čímž došlo k odstranění závady, či odložené závady.

Světle modrý objekt s názvem *Letadlo* zobrazuje představuje konkrétní letadlo, společně s jeho atributy, které jsou napřímo propojeny vazbou *Účastní se* s objektem *Událost*. A to z toho důvodu, že každá událost je vždy spojena s konkrétním letadlem.

Další částí tohoto diagramu jsou pak tmavě modré objekty, konkrétně třída a její dvě podtřídy s názvem *Účastník*, *Certifikovaný technik* a *Kapitán*. Tyto dvě podtřídy představují účastníky provozu, kteří musí být v záznamu uvedeni, podle svých pravomocí pod zápisem o uvolnění letadla do provozu.

Šedé objekty s názvem *Záznam o uvolnění do provozu* a *Technická dokumentace letadla* zobrazují poslední objekty tohoto schéma. Podtřída *Záznam o uvolnění do provozu* zaznamenává veškeré vzniklé události a zpracovává jejich data. Tento záznam vždy vyžaduje podpis, v tomto případě vazbu *Vystavuje* od příslušného účastníka provozu. Objekt s názvem *Technická dokumentace letadla* v tomto diagramu funguje jako výstup pro zápis dat do databáze.

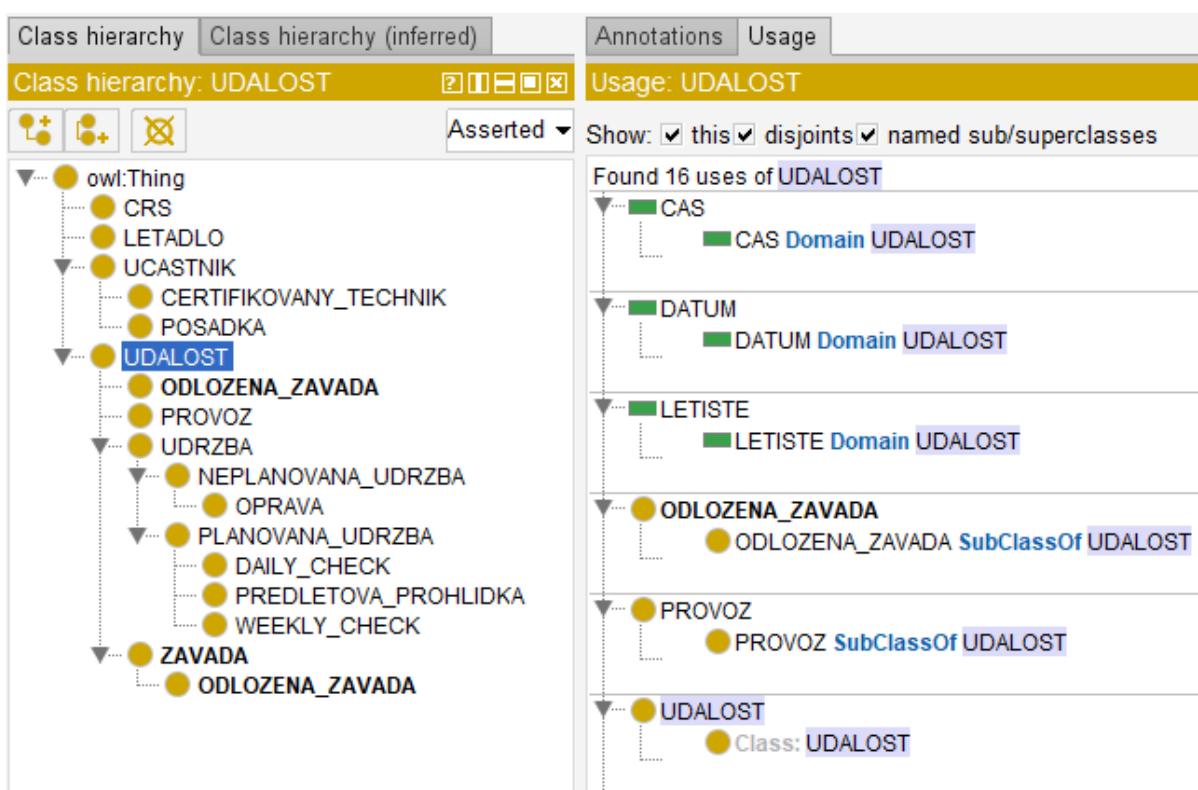
3.3 Validace integrovaného konceptuálního modelu

Pro validaci UML schématu konceptuálního modelu využívám v teoretické části představený software Protégé, který slouží pro vytvoření datového vzorku struktury tohoto schématu a v něm obsažených provozních dat.

3.3.1 Validace konceptuálního modelu v Protégé

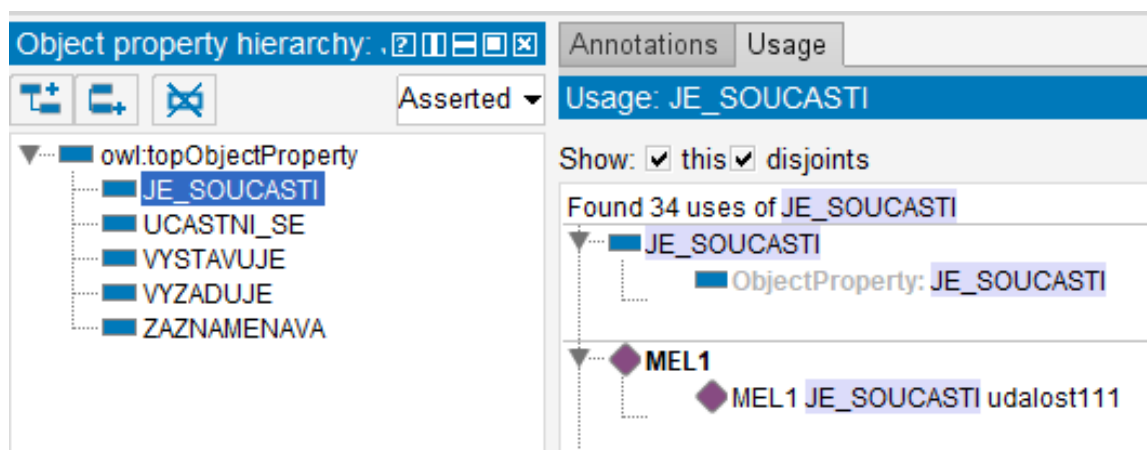
Vytvoření a následnou validaci konceptuálního modelu obecně popisují v kapitole 2.2 *Protégé*. Tento popsaný postup dodržují i v této praktické implementaci UML schématu do uvedeného softwaru. Pro vytvoření celkového konceptu byly připraveny dva soubory. První s názvem *Concept* obsahuje základní strukturu konceptuálního modelu, tedy třídy modelu, vlastnosti objektů a vlastnosti dat. Druhý soubor s názvem *Data* načítá strukturu souboru vytvořeného modelu a následně jsou do něj vložena vzorová provozní data.

Obrázek 21 zobrazuje strukturu vazeb tříd a podtříd dle představeného UML schéma. V pravé části v záložce *usage* můžeme vidět některé závislosti, ve kterých je třída *Udalost* obsažena.



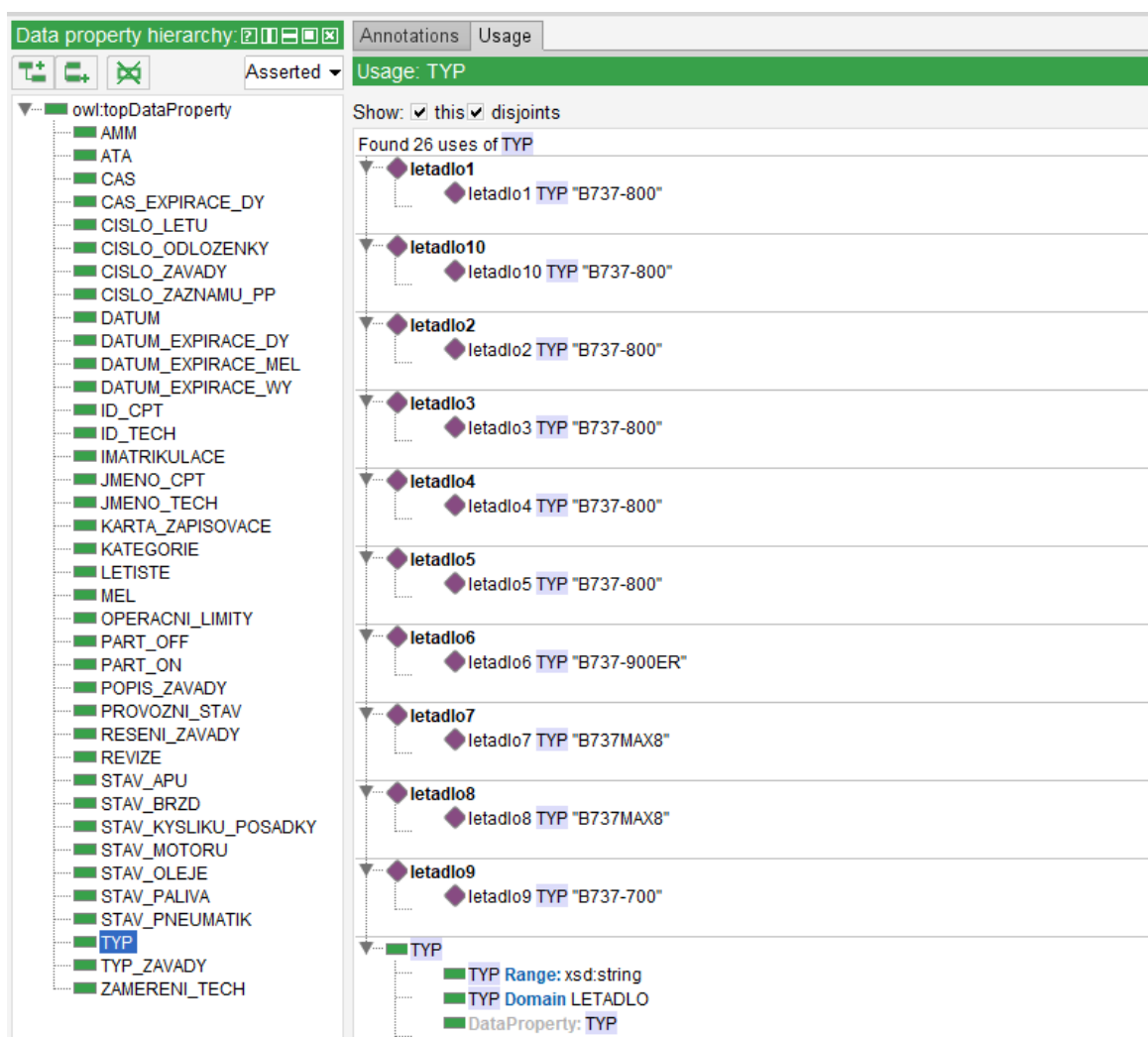
Obrázek 21 - Struktura tříd konceptuálního modelu v Protégé

Na obrázku 22 můžeme dále vidět vytvořené vazby, které rovněž obsahuje představené UML schéma. V pravé části obrázku můžeme opět vidět závislosti, ve kterých jsou tyto vazby obsaženy a zároveň příklad propojení nahraných dat v datovém modulu softwaru Protégé,



Obrázek 22 – Vytvořené vazby konceptuálního modelu v Protégé

Posledním obrázkem ze souboru *Concept* je obrázek 23. Na tomto obrázku můžeme vidět vlastnosti veškerých dat, které jsou do softwaru nahrány a nad kterými se v další části této práce dotazují pro validaci tohoto modelu.

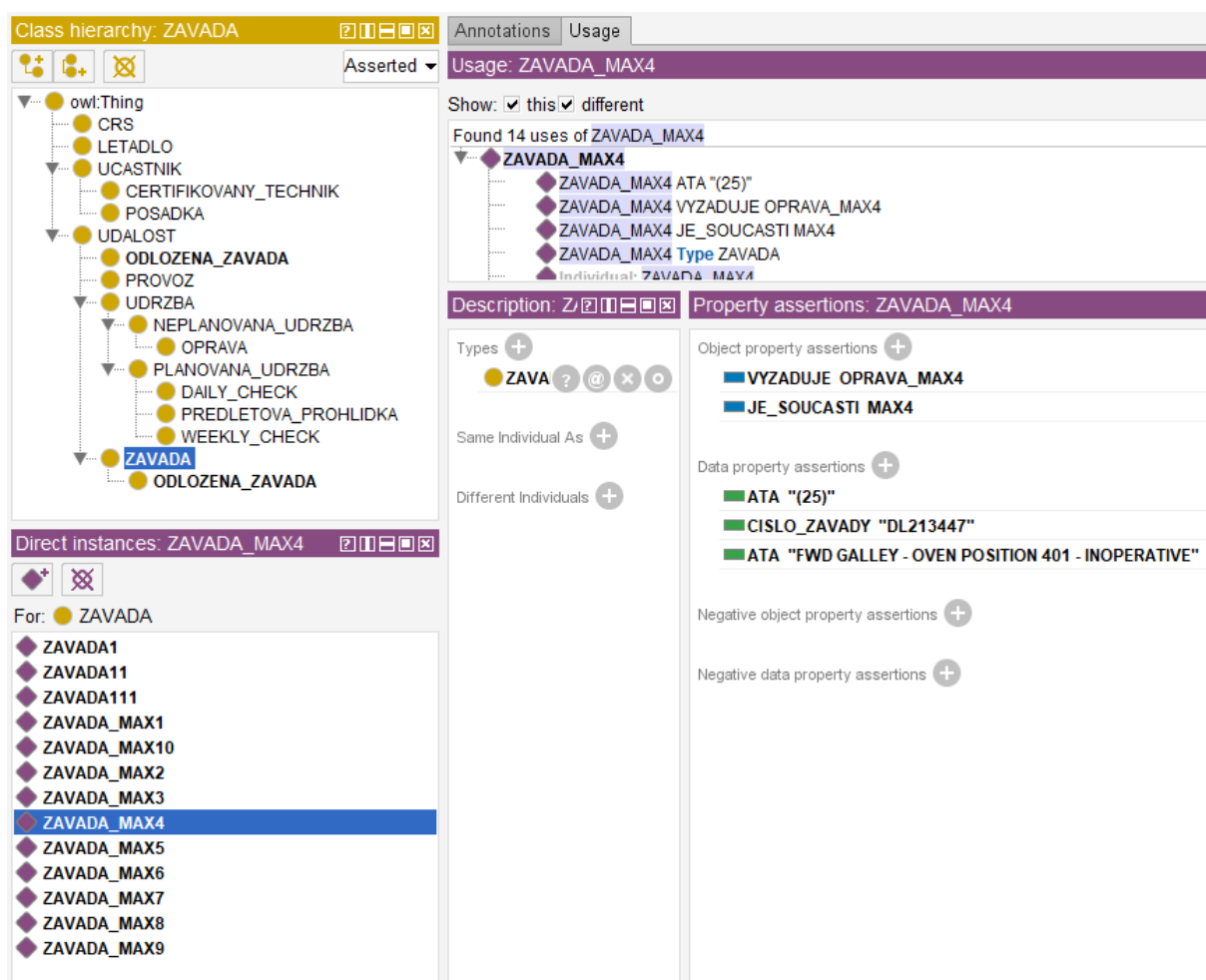


Obrázek 23 – Vlastnosti dat konceptuálního modelu v Protégé

Druhý soubor s názvem *Data* tedy načítá soubor *Concept* kde po jeho načtení obsahuje i výše představenou strukturu konceptuálního modelu. Tímto postupem je tedy zaručeno oddělení samotné struktury modelu a nahrávaných dat.

Datový vzorek, který obsahuje soubor *Data* využívá reálná provozní data společnosti Smartwings. Pro lepší orientaci v těchto datech jsem se zaměřil na data, která popisují různé provozní situace a na kterých lze jednoznačně vysvětlit důležitost jejich rychlé migrace mezi interními systémy společnosti.

Obrázek 24 zobrazuje nahraná data pro třídu *Závada*. V pravém dolním rohu můžeme vidět veškeré detaily těchto dat a zároveň vztahy se kterými právě tato konkrétní data souvisí a spolupracují.



The screenshot displays the Protégé interface for the *ZAVADA* class. On the left, the class hierarchy shows *ZAVADA* as a subclass of *owl:Thing*. The right panel shows the usage of *ZAVADA_MAX4*, including object property assertions like *VYZADUJE OPRAVA_MAX4* and *JE_SOUCASTI MAX4*, and data property assertions like *ATA "(25)"*, *CISLO_ZAVADY "DL213447"*, and *ATA "FWD GALLEY - OVEN POSITION 401 - INOPERATIVE"*.

Obrázek 24 - Datový vzorek konceptuálního modelu

Tímto je tedy ukončeno zpracování UML schéma pomocí Protégé. V dalším kroku pro validaci modelu jsou tyto dva soubory *Concept* a *Data* nahrány do softwaru GraphDB, kde se následně nad těmito daty budeme dotazovat pomocí dotazovacího jazyku SPARQL.



3.3.2 Validace konceptuálního modelu pomocí SPARQL

V této části práce popisují a zobrazují výsledky z validace konceptuálního modelu pomocí dotazovacího jazyka SPARQL. Cílem je ukázat, že takto sestavená struktura modelu je validní, tedy že veškerá data jsou dostupná pro koncového uživatele. Pro tuto validaci jsem určil a využil sedm nejzásadnějších dotazů, které by v případě využití v reálném provozu významně optimalizovaly provozní procesy a usnadnily rozhodování posádky, nebo certifikovaného technika.

Tyto dotazy jsou:

- Jaký je aktuální status flotily?
- Informace o provedeném Daily Checku a jeho datu platnosti
- Informace o provedeném Weekly Checku a jeho datu platnosti
- Jde o opakovanou závadu na konkrétním systému?
- Jsou aktivní odložené závady na konkrétním letadle?
- Jaká je historie závad na konkrétním letadle?
- Provedení kontroly rovnoměrné spotřeby oleje na motorech

V následujících bodech popisují a zobrazují výsledky těchto ukázkových dotazů společně s popisem jejich praktické využitelnosti v provozu.

3.3.2.1 Aktuální status flotily

Prvním dotazem je dotaz na informace o aktuálním stavu flotily. Pomocí jazyka SPARQL se v tomto případě jedná o velice jednoduchý dotaz, kde se ptáme na data z třídy letadlo, tedy *Imatrikulace*, *Typ* a *Provozní Stav*. Sestavený dotaz můžeme vidět v následujícím textu:

```
PREFIX atd: <https://www.fd.cvut.cz/AIRCRAFT_TEHNICAL_DOCUMENTATION_ONTOLOGY#>

select

?IMATRIKULACE ?TYP ?PROVOZNI_STAV

where {

    ?LETADLO atd:TYP ?TYP.

    ?LETADLO atd:IMATRIKULACE ?IMATRIKULACE.

    ?LETADLO atd:PROVOZNI_STAV ?PROVOZNI_STAV.

} limit 100
```




Výstupem tohoto dotazu je pak tabulka obsahující veškerá data, která byla dotazem nalezena. Pro zjednodušení tvorby těchto dotazů je využíváno tzv. *Prefixů*, které nám ulehčují jejich tvorbu, neboť fungují jako substituce URI adresy konkrétního objektu.

Tabulka 1 - výsledek dotazu na Aktuální stav flotily

IMATRIKULACE	TYP	PROVOZNÍ STAV
"OK-TSE"	"B737-800"	"SERVICEABLE"
"OM-TSG"	"B737-800"	"SERVICEABLE"
"OK-TVW"	"B737-800"	"AV CHECK"
"OK-TVO"	"B737-800"	"SERVICEABLE"
"OK-TSS"	"B737-800"	"STORAGE"
"OK-TSM"	"B737-900ER"	"SERVICEABLE"
"HA-LKG"	"B737-800"	"AOG"
"OK-SWM"	"B737MAX8"	"SERVICEABLE"
"OK-SWF"	"B737MAX8"	"SERVICEABLE"
"OK-SWW"	"B737-700"	"SERVICEABLE"

Z provozního hlediska se jedná o velice důležitý dotaz jak pro operační kontrolu, či posádky, tak pro techniky, a to z důvodu rychle dostupné a aktuální informace o provozním stavu flotily. Pokud se zaměříme na řádek 7 v tabulce 1, můžeme zde vidět letadlo Imatrikulace HA-LKG, které je v současné době AOG. V procesech společnosti Smartwings stojí, že AOG vyhledává oddělení MCC na základě informace od technika, který tuto informaci zjistil na základě nálezu. Pracovník MCC následně vyplní tabulku o důvodu uzemnění letadla a následně tuto informaci rozešle do ostatní oddělení. V případě, že by tato informace šla přímo z ETLB aplikace z letadla, výrazně by se tak zkrátila doba šíření této pro provoz zásadní informace.

3.3.2.2 Provedený Daily Check a jeho data

Informace o provedení Daily Checku, případně dohledání konkrétních dat, které Daily Check, obsahuje jsou téměř každodenní potřebou na technickém úseku i provozním úseku leteckého provozovatele. Z těchto dat lze jednoduše dohledat informace o hloubce vzorku a tlaku v pneumatikách na jakémkoliv letadle ve flotile, tlaku kyslíkové lahve pro posádky, či informace o stavu motorů (chybové hlášky z Engine Electronic Control (EEC)), nebo o výměně paměťové karty zapisovače letových dat. Na základě rychlé analýzy těchto dat za několik posledních dní tak lze velice rychle určit například únik z kyslíkové lahve posádky, historii chybových zpráv na motorech, tedy zda se opakují nebo se jedná o tzv. *intermittent fault*, tedy závada, která byla samotným systémem určena jako neaktivní. Vytvoření takového dotazu vyžaduje dotazování se jak na konkrétní letadlo, pro které nás tato data zajímají, tak na konkrétní události,



tedy na všechny provedené Daily Checky. Výsledkem takového dotazu je pak kompletní zpráva o datech z posledních provedených Daily Checků.

```
PREFIX atd: <https://www.fd.cvut.cz/AIRCRAFT_TEHNICAL_DOCUMENTATION_ONTOLOGY#>
```

```
Select
```

```
?IMATRIKULACE ?TYP ?DATUM_EXPIRACE ?CAS_EXPIRACE ?KYSLIK ?KARTA_ZAPISOVACE  
?PNEUMATIKY ?MOTORY
```

```
where {
```

```
    ssw:letadlo2 atd:IMATRIKULACE ?IMATRIKULACE.
```

```
    ssw:letadlo2 atd:TYP ?TYP.
```

```
    ssw:letadlo2 atd:UCASTNI_SE ?DAILY_CHECK.
```

```
    ?DAILY_CHECK atd:CAS_EXPIRACE_DY ?CAS_EXPIRACE.
```

```
    ?DAILY_CHECK atd:DATUM_EXPIRACE_DY ?DATUM_EXPIRACE.
```

```
    ?DAILY_CHECK atd:STAV_KYSLIKU_POSADKY ?KYSLIK.
```

```
    ?DAILY_CHECK atd:KARTA_ZAPISOVACE ?KARTA_ZAPISOVACE.
```

```
    ?DAILY_CHECK atd:STAV_PNEUMATIK ?PNEUMATIKY.
```

```
    ?DAILY_CHECK atd:STAV_MOTORU ?MOTORY.
```

```
} limit 100
```

Z pohledu vytvoření tohoto dotazu pomocí dotazovacího jazyka SPARQL se jedná o poněkud složitější dotaz než je popisováno v předchozí podkapitole. V tomto dotazu se ptáme jak na data určitých objektů, tak na vazby, které nám tyto objekty spojují. Díky zakomponování těchto konkrétních bodů do dotazu tak můžeme v tomto případě jednoduše spojit konkrétní data z provedeného Daily Checku s letadlem na kterém byla tato údržba provedena. Výsledky z výše uvedeného dotazu můžeme vidět v následující tabulce 2. Nejzajímavější zjištěním v těchto výsledcích je informace v sloupci s názvem *Kyslík posádky*. Z tohoto vzorku získaných dat můžeme například rozpoznat únik v kyslíkovém systému. V tomto případě došlo 11.3.2022 k výměně kyslíkové lahve pro posádku. V následujících provedených DY můžeme vidět, že tlak kyslíkové lahve klesá a tedy, že dochází k úniku v kyslíkovém systému. Na základě usnadnění přístupu k informacím lze tento nepříznivý provozní jev při kontrole dat relativně včas odhalit a následně odstranit.



Tabulka 2 - výsledek dotazu na Provedený Daily Check a jeho data

IMATRIKULACE	DATUM EXPIRACE	ČAS EXPIRACE	KYSLÍK POSÁDKY	KARTA ZAPISOVAČE	PNEUMATIKY	MOTORY
"OM-TSG"	"14.03.2022"	"10:00"	"1500 psi"	"OFF: 1111 ON: 1765"	"Tire pressure: NLG#1 195 psi NLG#2 198 psi MLG#1 205 psi MLG#2 200 psi MLG#3 198 psi MLG#4 205 psi Tire depth: NLG#1 3mm NLG#2 4mm MLG#1 4mm MLG#2 8mm MLG#3 6mm MLG#4 10mm"	"ENG#1: 79-5643 ENG#2: --"
OM-TSG"	"13.3.2022"	"06:30"	"1800 psi"	"OFF: 1234 ON: 2765"	"Tire pressure: NLG#1 199 psi NLG#2 198 psi MLG#1 205 psi MLG#2 205 psi MLG#3 205 psi MLG#4 205 psi Tire depth: NLG#1 3mm NLG#2 8mm MLG#1 5mm MLG#2 6mm MLG#3 7mm MLG#4 12mm"	"ENG#1: 79-5643 ENG#2: --"
"OM-TSG"	"12.03.2022"	"10:00"	"1750 psi"	"OFF: 1234 ON: 2765"	"Tire pressure: NLG#1 200 psi NLG#2 200 psi MLG#1 205 psi MLG#2 200 psi MLG#3 200 psi MLG#4 205 psi Tire depth: NLG#1 5mm NLG#2 7mm MLG#1 5mm MLG#2 6mm MLG#3 5mm MLG#4 12mm"	"ENG#1: -- ENG#2: --"
"OM-TSG"	"11.03.2022"	"05:30"	"2000 psi"	"OFF: 1212 ON: 1345"	"Tire pressure: NLG#1 205 psi NLG#2 205 psi MLG#1 205 psi MLG#2 205 psi MLG#3 205 psi MLG#4 205 psi Tire depth: NLG#1 8mm NLG#2 8mm MLG#1 10mm MLG#2 5mm MLG#3 10mm MLG#4 4mm"	"ENG#1: -- ENG#2: 72-2345, 72-4577"
"OM-TSG"	"10.03.2022"	"12:00"	"2000 psi"	"OFF: 1122 ON: 1616"	"Tire pressure: NLG#1 200 psi NLG#2 198 psi MLG#1 198 psi MLG#2 203 psi MLG#3 202 psi MLG#4 205 psi Tire depth: NLG#1 10mm NLG#2 9mm MLG#1 6mm MLG#2 6mm MLG#3 6mm MLG#4 8mm"	"ENG#1: -- ENG#2: --"
"OM-TSG"	"09.03.2022"	"02:45"	"1100 psi"	"OFF: 1940 ON: 2453"	"Tire pressure : NLG#1 200 psi NLG#2 200 psi MLG#1 205 psi MLG#2 200 psi MLG#3 200 psi MLG#4 205 psi Tire depth: NLG#1 5mm NLG#2 7mm MLG#1 5mm MLG#2 6mm MLG#3 5mm MLG#4 12mm"	"ENG#1: -- ENG#2: --"

V následujících dotazech prezentuji již pouze výsledky dotazů bez specifikace stavby celého dotazu v jazyce SPARQL. Vytvořené a specifikované dotazy můžeme najít v příloze 1 která je součástí této práce.

3.3.2.3 Provedený Weekly Check a jeho data

Se stejnou důležitostí dotazu o provedeném DY můžeme hovořit i v případě provedeného WY. Tato pravidelná a vždy plánovaná údržba obsahuje důležité informace pro provoz letadla. Mezi hlavní technická data, která při této údržbě sledujeme a ke kterým by bylo dobré mít rychlý přístup, patří *Datum expirace*, Stav Auxiliary Power Unit (APU), tedy chybové hlášky z řídicí jednotky APU a především *Stav brzd*, konkrétně data o naměřené tloušťce brzdového obložení, které je nutné pravidelně sledovat. Na základě této informace, o naměřených limitních nebo



podlimitních hodnotách, je třeba následně celou brzdou vyměnit pro její správnou funkci v provozu.

Tabulka 3 - výsledek dotazu na Provedený Weekly Check a jeho data

IMATRIKULACE	TYP	DATUM EXPIRACE	APU	STAV BRZD
"OK-TVO"	"B737-800"	"28.03.2022"	"APU: --"	"BRK#1 10mm BRK#2 4mm BRK#3 8mm BRK#4 5mm"
"OK-TVO"	"B737-800"	"20.03.2022"	"APU: 49-6543"	"BRK#1 1mm BRK#2 5mm BRK#3 10mm BRK#4 5mm"
"OK-TVO"	"B737-800"	"12.03.2022"	"APU: 49-6543"	"BRK#1 3mm BRK#2 5mm BRK#3 7mm BRK#4 6mm"
"OK-TVO"	"B737-800"	"04.03.2022"	"APU: --"	"BRK#1 6mm BRK#2 9mm BRK#3 7mm BRK#4 7mm"
"OK-TVO"	"B737-800"	"26.02.2022"	"APU: 49-6543"	"BRK#1 10mm BRK#2 11mm BRK#3 9mm BRK#4 10mm"
"OK-TVO"	"B737-800"	"15.02.2022"	"APU: --"	"BRK#1 15mm BRK#2 11mm BRK#3 13mm BRK#4 12mm"

Ze vzorku představených dat, lze například vyčíst, že při WY provedeném 20.3.2022 bylo letadlo uvolněno s brzdou s limitní hodnotou na brzdě číslo 1. V takovém případě přispíváme ke zvýšení rizika, kdy bude muset být brzda vyměněna v následujících dnech provozu tohoto konkrétního letadla a tím tak může být narušena plynulost provozu spojená se zpožděním a s tím spojenými kompenzacemi pro cestující.

3.3.2.4 Opakovaná závada na konkrétním systému

Velice důležitou informací pro certifikovaného technika, který má za úkol řešení konkrétní závady na letadle je, zda se tato závada na letadle opakuje či ne. Získat tuto informaci z papírově vedeného palubního deníku letadla může být velice složitou a časově náročnou činností a to situaci, kdy se konkrétní technik má věnovat především technickému stavu letadla. V případě využití navrhovaného konceptu by se tak mohl technik pomocí ETLB aplikace dotázat přímo na konkrétní systém a jeho závady v posledních dnech, týdnech či měsících. Tato informace mu pak velice usnadní rozhodování, či případnou diskuzi s pracovníkem MCC, nebo inženýringu zda již není lepší případný komponent zcela vyměnit. Tuto situaci můžeme vidět v následujícím vzorku dat, na který byl vytvořen další dotaz.



Tabulka 4 - výsledek dotazu na Opakovanou závadu
konkrétního systému na konkrétním letadle

IMATRIKULACE	ČÍSLO LETU	LETIŠTĚ	ČAS	DATUM	ATA	POPIS ZÁVADY	ŘEŠENÍ ZÁVADY
"OK-TSE"	"TVS2488"	"LKPR"	"12:30"	"15.02.2022"	"21"	"L/H PACK – ON RECALL"	"L/H PACK CONTROLLER – BITE TEST PASSED"
"OK-TSE"	"TVS1001"	"LKPR"	"06:00"	"25.2.2022"	"21"	"L/H PACK – ON RECALL"	"L/H PACK CONTROLLER - BITE TEST PASSED"
"OK-TSE"	"TVS4436"	"LKPR"	"19:00"	"01.03.2022"	"21"	"L/H PACK – INOPERATIVE"	"L/H (TCV) TEMPERATURE CONTROL VALVE – REPLACED"

Výsledkem dotazu na opakovanou závadu na konkrétním letadle v tabulce 4 tak můžeme vidět dotaz vnesený na systém klimatizace ATA 21. Závada se na letadle v posledních dnech projevila již dvakrát, v tomto případě, že levá část systému funguje v režimu *Stand by* (STBY). Po provedení testů však systém svou chybu neukázal, a tak bylo letadlo uvolněno vždy zpět do provozu na základě validních testů systému. Třetí závada se však projevila jako závada na celé levé části klimatizačního systému a následně musel být proveden hlubší, ale v tomto případě tzv. *reaktivní troubleshooting* pro detekování této závady. Tato neplánovaná údržba opět vyžaduje specifický čas, kdy letadlo nemůže být využito v provozu a tím je opět narušena plynulost provozu. V tomto případě tak lze navrhnout scénář, kdy technik při druhém odstranění této závady pomocí validního testu a zjištění informace, že se závada na konkrétním letadle opakuje, informuje oddělení inženýringu, které v následujících dnech naplánuje *plánovaný troubleshooting*, který je slučitelný s provozem v následujících dnech.

3.3.2.5 Aktivní odložené závady na konkrétním letadle

Další informací, která by vysoce optimalizovala provozní procesy v údržbě letadla je informace o aktuálním stavu odložených závad a jejich operačních limitech. V tomto případě se také jedná o relativně jednoduše zpracovaný dotaz. Největší výhodou této informace je především rychlá migrace těchto dat z letadla do interních systémů, a to zejména pro oddělení plánování letů nebo pro posádky. Jako příklad můžeme uvést situaci, kdy letadlo přilétá na bázi, kde se na další let mění posádka a kde letadlo čeká dvouhodinové stání před dalším letem. Letadlo však přilétá se závadou stěrače okna tzv. *windshieldu* na kapitánské straně. Vzhledem k tomu, že výměna stěrače



vyžaduje hlubokou rozebírku palubní desky není možné tuto závadu odstranit. Letadlo je tak uvolněno dle MEL, který však říká, že v tomto případě musí být snížena výkonost na přiblížení, a to na *CAT I*. Certifikovaný technik tak uvolňuje toto letadlo dle příslušného MEL s pomocí ETLB aplikace a tím je tak informace ihned dostupná pro všechny účastníky v provozu. V nejlepším možném případě tak tuto informaci následující posádka dostává ještě na předletovém *briefingu* a tím se tak může lépe připravit na toto snížení výkonosti letadla. Pro technický úsek je v tomto případě především důležitá informace o expiraci této odložené závady. Na základě této informace tak lze včas připravit potřebný materiál a vytvořit potřebný prostoje na konkrétního letadla v provozu pro odstranění této závady. Výsledky dotazu, který získáme dotazováním na data o aktuálním stavu aktivních odložených závad na konkrétním letadle můžeme vidět v tabulce 5.

Tabulka 5 - výsledek dotazu na aktivní odložené závady na letadle

IMATRIKULACE	POPIS ZÁVADY	MEL	KATEGORIE MEL	EXPIRACE_MEL	OPERAČNÍ LIMITY
"OK-TVW"	"R/H BLEED INOPERATIVE"	"36-05 Pressure Regulator and Shut Off Valve (M)(O)"	"C"	"22.04.2022"	"FL250 + NO ICING CONDITIONS"
"OK-TVW"	"CPT WIPER INOPERATIVE"	"30-13 Windshield Wiper System (M)(O)"	"C"	"23.05.2022"	"CAT I ONLY"

3.3.2.6 Historie závad na konkrétním letadle

Podobně jako informace o aktuálním stavu odložených závad je i historie veškerých závad na konkrétním letadle velice častým dotazem v provozu. Tato informace v podobě strukturovaných a tím tedy přehledně zpracovaných technických dat letadla, může být velice užitečná pro pracovníky inženýringu. Na základě takového seznamu lze velice zjistit historii všech vzniklých závad v provozu a tím například zmapovat a dohledat které díly, byly a za které díly vyměněny dle výrobního a sériového čísla *Part Number (P/N)* a *Serial Number (S/N)*. Takto tvořená a seřazená data by se dala rovněž velice jednoduše vyhodnocovat například pro část oddělení inženýringu, která se zabývá spolehlivostí. Výsledky dotazu pro získání těchto konkrétních dat můžeme vidět v tabulce 6.



Tabulka 6 - výsledek dotazu historie závad na konkrétním letadle

IMATRIKULACE	TYP	ČÍSLO ZÁVADY	LETIŠTĚ	DATUM	ČAS	ATA	POPIS ZÁVADY	ŘEŠENÍ ZÁVADY	PART_OFF	PART_ON
"OK-SWM"	"B737MAX8"	"DL213450"	"LKPR"	"10.5.2022"	"10:30"	"34"	"(ISFD) INTEGRATED STANDBY FLIGHT DISPLAY - INOPERATIVE"	"(ISFD) INTEGRATED STANDBY FLIGHT DISPLAY - REPLACED"	"P/N: 12-345 S/N: 3122"	"P/N: 12-345 S/N: 5432"
"OK-SWM"	"B737MAX8"	"DL213449"	"LKPR"	"20.4.2022"	"03:30"	"34"	"(TCAS) TRAFFIC AND COLLISION AVOIDANCE SYSTEM - INOPERATIVE"	"(TCAS) BITE TEST FAIL {LOWER ANTENNA INOPERATIVE} REPLACED TESTS PASSED"		
"OK-SWM"	"B737MAX8"	"DL213448"	"LKPR"	"10.3.2022"	"03:00"	"27"	"(SCE) SPOILER CONTROL ELECTRONICS - INOPERATIVE"	"(SCE) SPOILER CONTROL ELECTRONICS - REPLACED TESTS PASSED"	"P/N: 101-20 S/N: 90243-4"	"P/N: 101-20 S/N: 90856-1"
"OK-SWM"	"B737MAX8"	"DL213446"	"EPWA"	"28.2.2022"	"15:30"	"38"	"FWD - LAVATORY A - INOPERATIVE"	"LAVATORY ASSY A - REPLACED"	"P/N: LAV12-3 S/N: 1425-23"	"P/N: LAV12-3 S/N: 1965-1"
"OK-SWM"	"B737MAX8"	"DL213445"	"EPWA"	"20.2.2022"	"10:00"	"34"	"L/H GPS - INOPERATIVE"	"(MMR) MULTI MODE RECEIVER 1 - REPLACED TESTS PASSED"	"P/N: 401-432 S/N: 22-MMR-45"	"P/N: 401-432 S/N: 21-MMR-74"
"OK-SWM"	"B737MAX8"	"DL213443"	"LFPG"	"20.1.2022"	"12:35"	"33"	"L/H - LANDING LIGHT - INOPERATIVE"	"L/H - LANDING LIGHT ASSY - REPLACED"	"P/N: 2365-2 S/N: 3456"	"P/N: 2365-2 S/N: 1124"
"OK-SWM"	"B737MAX8"	"DL213442"	"LFPG"	"10.12.2021"	"14:10"	"33"	"R/H - WING EMERGENCY LIGHT - INOPERATIVE"	"R/H EMERGENCY LIGHT ASSY - REPLACED"	"P/N: F432L-87 S/N: 4532"	"P/N: F432L-87 S/N: 1243"
"OK-SWM"	"B737MAX8"	"DL213441"	"LPMA"	"18.11.2021"	"17:15"	"32"	"MLG#4 - CUT OUT OF LIMIT"	"MLG#4 - REPLACED"	"P/N: 101-00001-R15 S/N: 14-56"	"P/N: 101-00001-R15 S/N: 23-45"
"OK-SWM"	"B737MAX8"	"DL213440"	"LKPR"	"21.10.2021"	"12:45"	"34"	"R/H (ILS) INSTRUMENT LANDING SYSTEM - INOPERATIVE"	"(MMR) MULTI MODE RECEIVER 2 - BITE TEST PASSED"		



3.3.2.7 Kontrola rovnoměrné spotřeby oleje na motorech

Posledním dotazem je dotaz tvořený na základě dat získaných během *after flight* a *preflight checku*. V obou těchto případech probíhá vizuální inspekce stavu oleje v obou motorech. Vždy po přeletu Certifikovaný technik zapisuje, zda bylo potřeba olej do motoru dolévat a případně kolik, a to v jednotkách počtu plechovek. Tento dotaz považují rovněž za velice zásadní a to v situaci, kdy do motorů během *after flight checku* doléváme nesouměrné množství oleje.

Tabulka 7 - kontrola rovnoměrné spotřeby oleje na motorech

IMATRIKULACE	TYP	CISLO ZAZNAMU	PALIVO	OLEJ
"OK-TSM"	"B737-900ER"	"JL213541"	"AFTER ARRIVAL L: 1500 CTR: 0 R: 1500 BEFORE DEPARTURE L: 3860 CTR: 2700 R: 3860"	"ENG#1: 2 ENG#2: 0"
"OK-TSM"	"B737-900ER"	"JL213540"	"AFTER ARRIVAL L: 1500 CTR: 0 R: 1500 BEFORE DEPARTURE L: 3860 CTR: 2700 R: 3860"	"ENG#1: 3 ENG#2: 1"
"OK-TSM"	"B737-900ER"	"JL213539"	"AFTER ARRIVAL L: 2900 CTR: 0 R: 2880 BEFORE DEPARTURE L: 3860 CTR: 5000 R: 3860"	"ENG#1: 4 ENG#2: 2"
"OK-TSM"	"B737-900ER"	"JL213538"	"AFTER ARRIVAL L: 2900 CTR: 0 R: 2880 BEFORE DEPARTURE L: 3860 CTR: 5000 R: 3860"	"ENG#1: 1 ENG#2: 1"
"OK-TSM"	"B737-900ER"	"JL213537"	"AFTER ARRIVAL L: 2200 CTR: 0 R: 2150 BEFORE DEPARTURE L: 3860 CTR: 3500 R: 3860"	"ENG#1: 0 ENG#2: 0"
"OK-TSM"	"B737-900ER"	"JL213536"	"AFTER ARRIVAL L: 1500 CTR: 0 R: 1500 BEFORE DEPARTURE L: 3860 CTR: 2700 R: 3860"	"ENG#1: 0 ENG#2: 1"



Datový vzorek, na který jsem následně vytvořil dotaz obsahuje přesně takovýto stav. Zaznamenáním skutečnosti o rozdílné spotřebě oleje v motoru včas, lze opět předcházet neplánované odstávce konkrétního letadla z provozu díky troubleshootingu a v nejhorším případě díky výměně celého motoru. Výsledky tohoto dotazu můžeme vidět v tabulce 7.

Všechny tyto vytvořené dotazy jsou konkretizovány pro provozní účely. Obecně samozřejmě platí, že data lze získávat a filtrovat jak pro určitý letoun, tedy imatrikulaci, tak pro konkrétní typ, konkrétní závadu, letadlový systém dle příslušného ATA, zkrátka dle jakéhokoliv datového typu uvedeného v konceptuálním modelu, společně se jejich vazbami mezi sebou. Ve výsledcích, které v této kapitole představují jsou rovněž vidět data, která v textu nepopisují. Tyto data však zobrazují jako celkový průřez mezi ukládanými daty a tím dokazují validitu konceptuálního modelu, tedy že veškerá data jsou dostupná pro koncového uživatele.

3.4 Praktická implementace modelu

V části praktické implementace popisují návrh na vhodné funkce ETLB aplikace, která by na základě navrhovaného konceptuálního modelu plnohodnotně fungovala na palubě letadla a tím nahradila veškerou technickou dokumentaci v provozu. Tato aplikace je tvořena pomocí metody *Wireframing*, tedy funkčním spojováním vytvořených obrázků pro lehkou a efektivní prezentaci designu a funkce vyvíjené aplikace. Pro tento účel využívám software s názvem Figma [13]. V této části práce tak zobrazují jednotlivé moduly této mnou navržené aplikace pro společnost Smartwings. Nejvhodnějším způsobem implementace takovéto aplikace do společnosti Smartwings by bylo využití hardwaru a softwaru od společnosti Apple, které jsou v dnešní době naprosto standardním vybavením posádek letadla, ale i certifikovaných techniků. Vzhledem k tomu, že se jedná o prototyp určený především pro vizuální prezentaci hlavní myšlenky tohoto konceptu zaměřuji se v této práci především na moduly, které souvisí s tématem této práce.

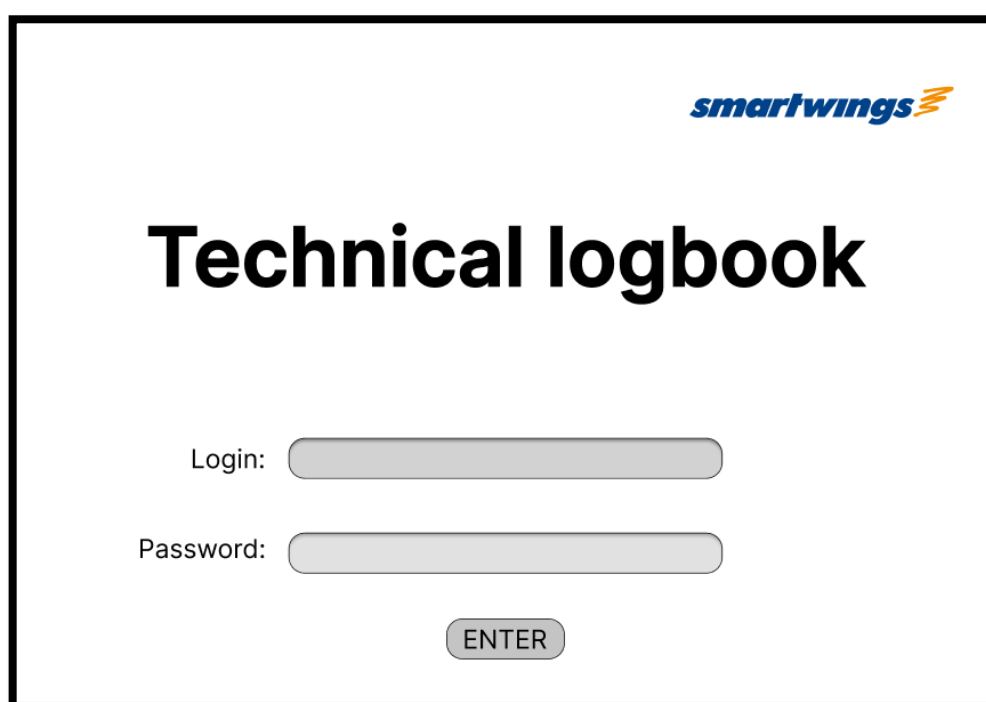
3.4.1 Základní moduly aplikace

Základními funkcemi této ETLB aplikace jsou především zápis, vedení a dostupnost technické dokumentace letadla. Dále pak informace o aktuálním stavu veškerých letadel ve flotile, modul pro zobrazení technických dat letadla, modul pro zápis vzniklé závady, pro odstranění této závady a následné uvolnění do provozu. Nejdůležitější částí je však zabudovaný vyhledávač technických dat, který je schopen na základě externích vstupů uživatele hledat v uložených datech a tím implementovat hlavní

přínos této aplikace, tedy neustálý přístup k jakýmkoliv těmto datům v provozu. V této části práce se tak věnuji především funkcím těm funkcím, které tuto aplikaci odlišují od již existujících ETLB aplikací.

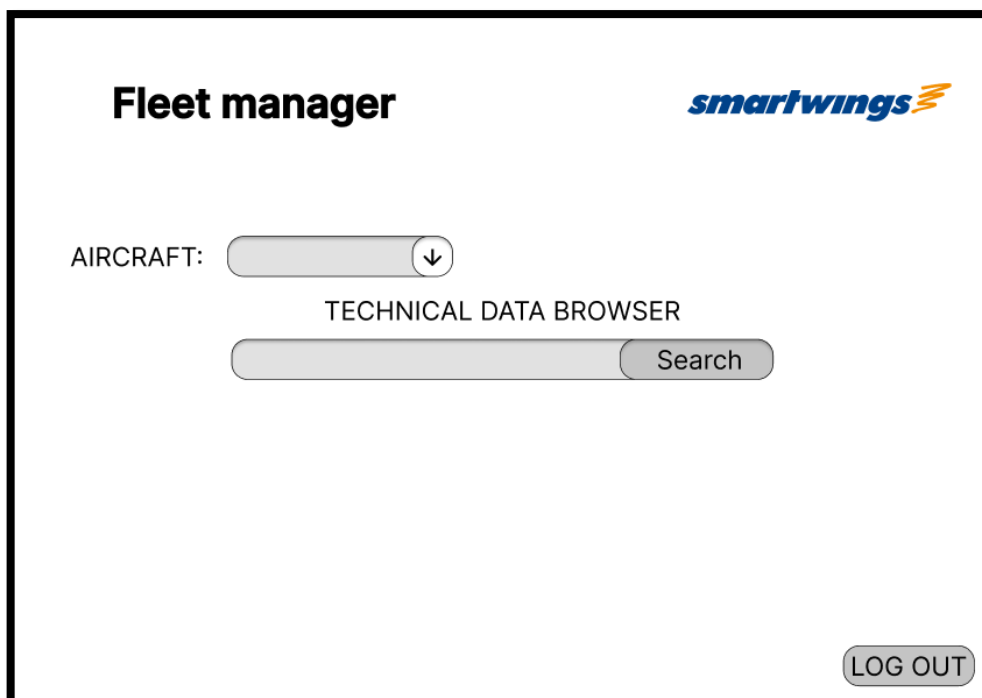
3.4.2 Fleet manager a Overview

Modul s názvem *Fleet manager* slouží jako základní stránka této aplikace. Na úvodní straně tak můžeme nalézt rozklikávací seznam všech letadel ve flotile společně se zabudovaným vyhledávačem technických dat, který pracuje na obecném konceptuálním modelu představeném v předchozí kapitole. Úvodní stránku aplikace můžeme vidět na obrázku 22.



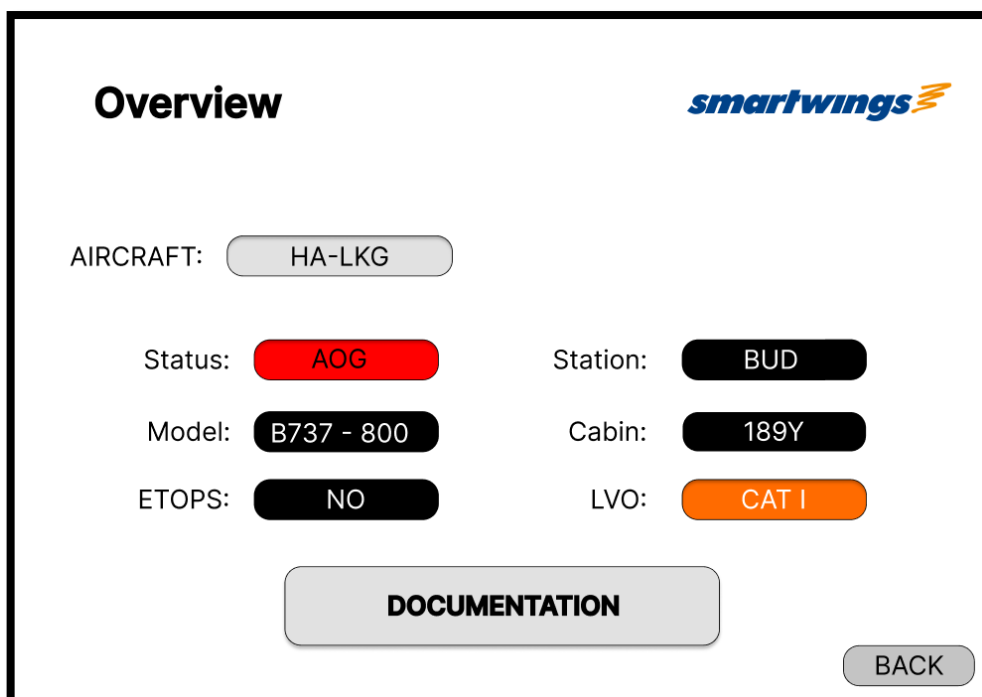
Obrázek 25 - Úvodní stránka aplikace

Po přihlášení na úvodní stránce do této aplikace se uživatel dostane na základní rozhraní s názvem *Fleet manager*. Na této stránce uživatel nalezne rozklikávací seznam, kde si může vybrat jakékoliv letadlo ve flotile, na základě jeho imatrikulace. Na této stránce můžeme rovněž nalézt vyhledávač technických dat, který díky přímému náhledu do strukturované databáze technických dat může rychle vyhledat požadované informace z provozu. Tento modul představuji a popisuji níže v této práci. Na obrázku 26 můžeme vidět návrh základního rozhraní s názvem *Fleet Manager*.



Obrázek 26 –základní rozhraní s názvem Fleet Manager

Vybráním jednoho z letadel v rozhraní s názvem *Fleet Manager* přeskočíme na konkrétní letadlo do části s názvem *Overview*. Tato část má za úkol zobrazit základní provozní informace o letadle, a to v reálném čase.

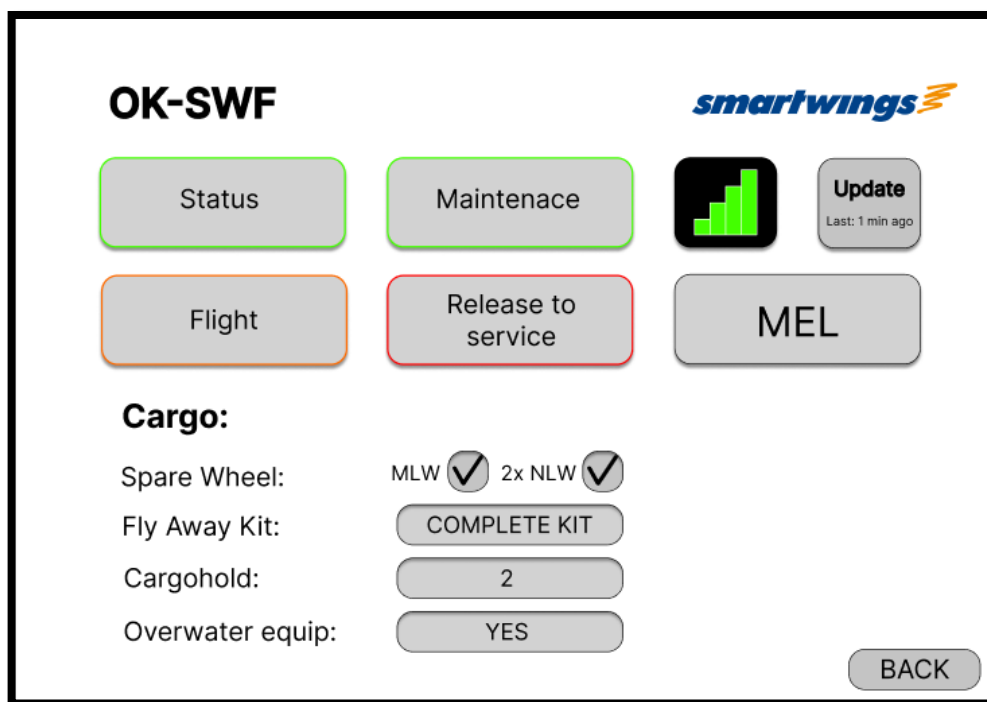


Obrázek 27 – Uživatelské rozhraní s názvem Overview

Díky tomuto nastavení tak má každý účastník, s přístupem do této aplikace, aktuální přehled o provozním stavu flotily. Na obrázku 27 můžeme vidět letadlo imatrikulace HA-LKG, které je momentálně ve stavu AOG a díky operačním limitům na odložené závadě je na letounu snížena kategorie pro přiblížení na CAT I. Při jakékoliv změně těchto základních informací o letadle, se tyto informace automaticky promítnou v tomto rozhraní. Editaci těchto dat by následně umožňoval modul Status, který popisují níže.

3.4.3 Technická dokumentace

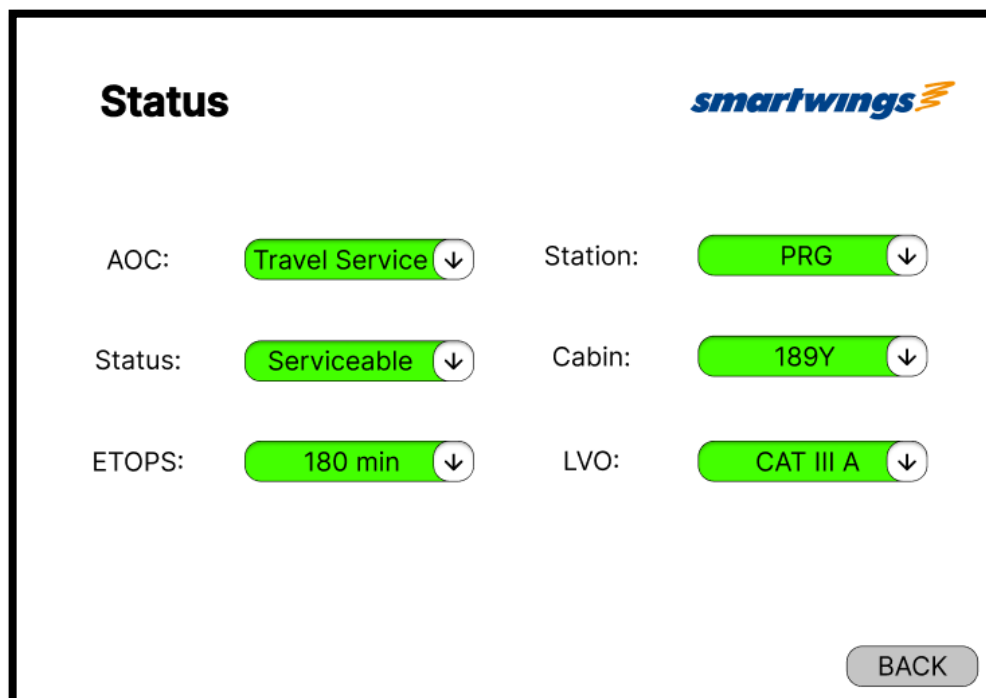
Hlavní myšlenkou tvorby technické dokumentace pomocí této aplikace je velice jednoduchý a intuitivní přístup v zadávání těchto informací do aplikace. Při návrhu vycházím z myšlenky, že technik pracující na letadle má být plně soustředěn především na prováděnou práci na letadle. V současné době se velice často stává, že pozornost technika ovlivňuje starost o správné vyplnění technické dokumentace, tedy zda bude letadlo uvolněno dle stanovených procesů a standardů definovaných úřadem.



Obrázek 28 - Uživatelské rozhraní technické dokumentace

Aplikace přizpůsobená tak, že pracuje se strukturovanými texty a přednastavenými událostmi, které uživatel pouze vybírá na základě provedené práce na letadle je podle mého názoru řešením, jak snížit pracovní zatížení certifikovaného technika, nebo

posádky při vykonávání své práce. Na obrázku 28 můžeme vidět základní rozhraní v modulu *Technické dokumentace* a na obrázku 29 rozhraní s názvem *Status*.



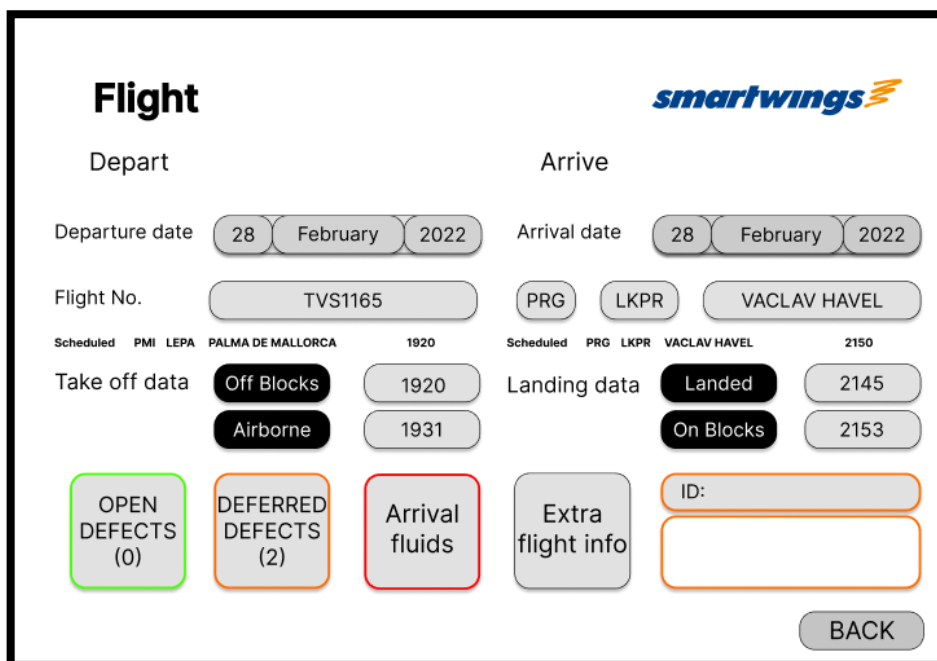
Status		smartwings	
AOC:	Travel Service ↓	Station:	PRG ↓
Status:	Serviceable ↓	Cabin:	189Y ↓
ETOPS:	180 min ↓	LVO:	CAT III A ↓

BACK

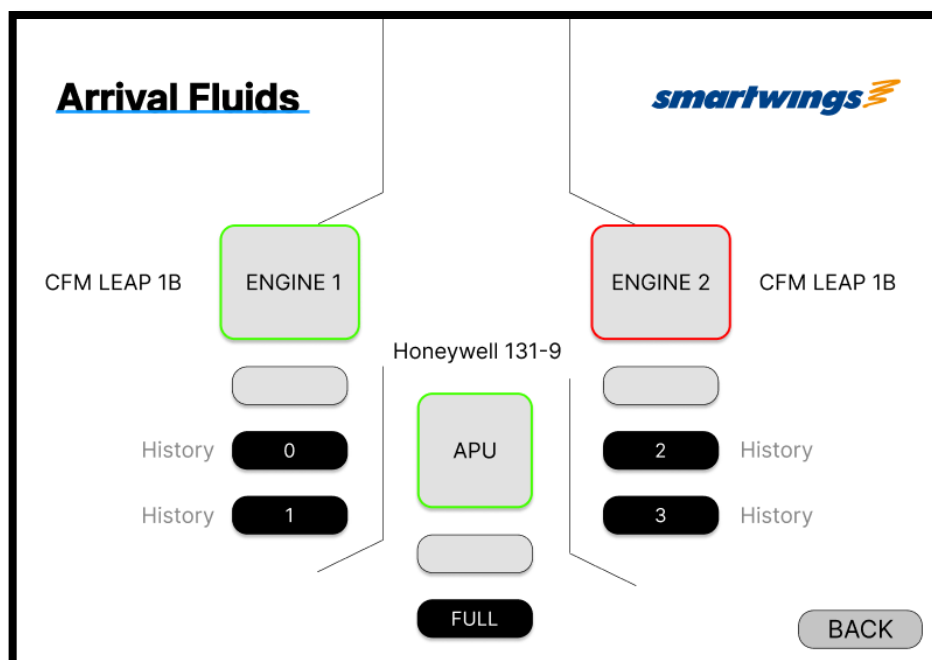
Obrázek 29 –Rozhraní s názvem *Status*

Na základní stránce tohoto rozhraní můžeme nalézt detailnější pod části tohoto rozhraní, sloužící pro sběr technických dat z provozu a zároveň sloužící k uvolnění letadla zpět do provozu. Pod částmi tohoto rozhraní jsou rozhraní *Status*, které slouží pro editaci základních provozních dat o letadle, rozhraní *Maintenance*, sloužící pro zápis vzniklých závad nebo jejich odložení dle příslušného MEL, rozhraní *Flight*, sloužící pro ukládání provozních dat z letu a informací o provedeném *Afterflight Checku* a *Preflight Checku*. Dalším rozhraním je rozhraní *Release to service*, které slouží k celkovému uvolnění letadla zpět do provozu před následujícím letem. Tato funkce aplikace úzce koreluje s barevným označením jednotlivých rozhraní. Pokud je políčko ohraničeno zelenou, znamená to, že v tomto rozhraní jsou všechna potřebná data vyplněna a, že jsou tato data validní. v případě, že je políčko ohraničeno oranžovou barvou jedná se o informaci, na kterou je třeba brát ohled. Na následujícím obrázku 30 tak můžeme vidět situaci, kde je rozhraní *Flight* již řádně vyplněno a čeká jen na elektronický podpis velícího pilota. V tomto případě, oranžové políčko s názvem *Deferred defects*, tedy odložené závady slouží jako informace, že na letadle jsou odloženy dvě závady. Po rozkliknutí tohoto políčka se uživatel dostane do rozhraní odložených závad, kde se o těchto závadách dozví více. Poslední výstražnou signalizací je pak políčko ohraničené červeně. Takto označená pole znamenají, že

musí být blíže prozkoumána a vyžadují zásah certifikovaného technika. Na obrázku 31 můžeme vidět, že na základě vkládaných provozních datech o pravidelné kontrole a plnění motorového oleje systém detekoval opakující se rozdíl mezi motory 1 a 2.



Obrázek 30 -Uživatelské rozhraní s názvem Flight

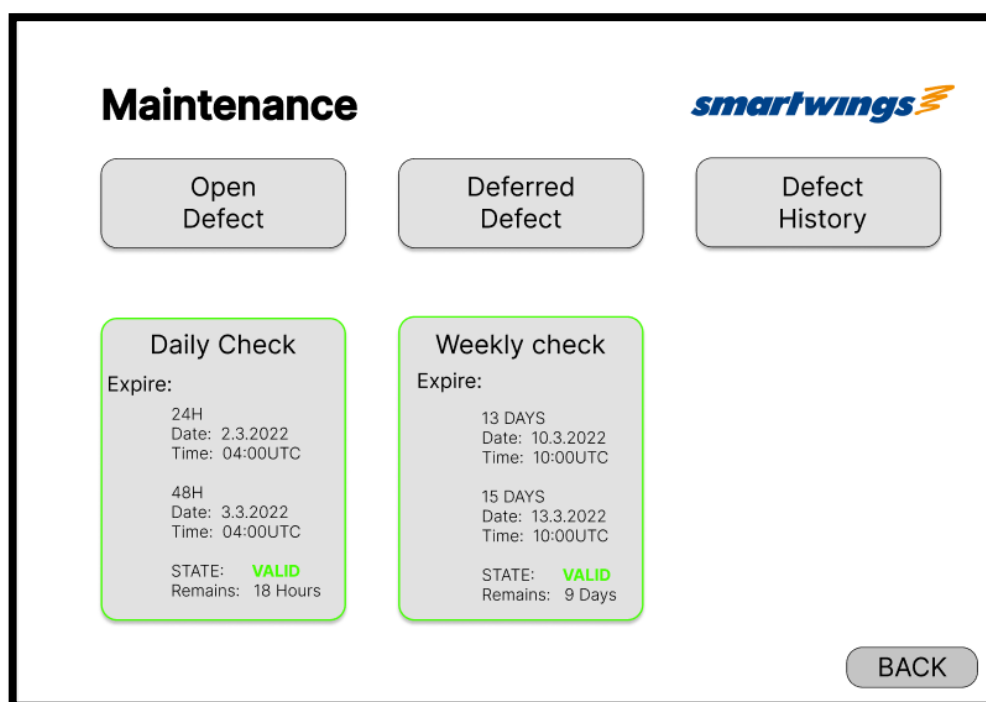


Obrázek 31 – uživatelské rozhraní s názvem Arrival fluids

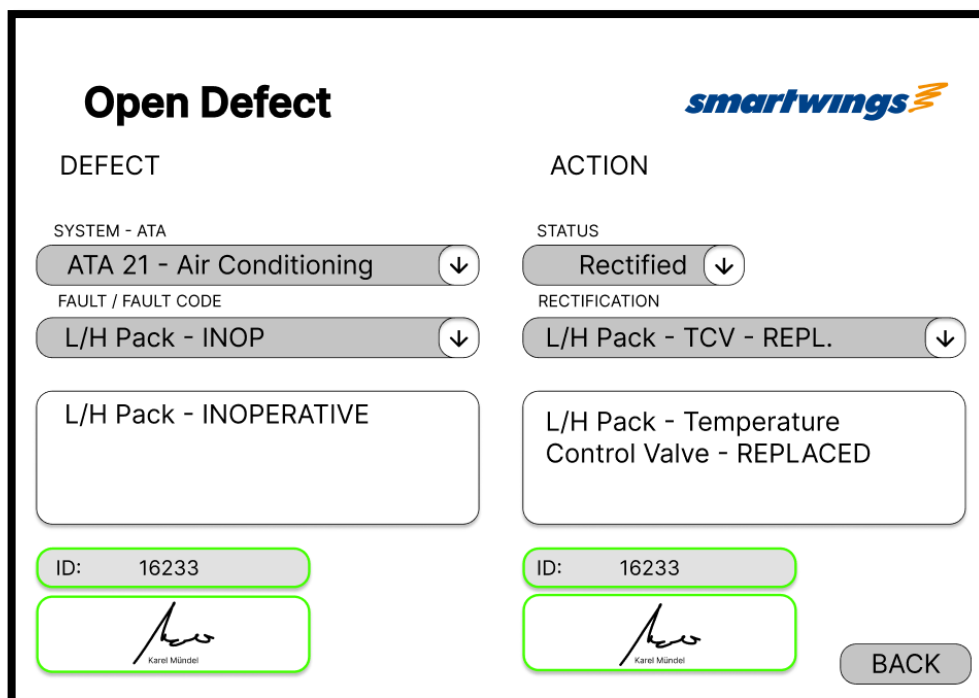




Rozhraní s názvem *Maintenace* slouží pro otevírání nových závad, vložení technických dat z DY a WY, nebo odložení závady, kterou nelze v konkrétní chvíli v provozu odstranit. Pole s názvem historie závad by v tomto případě bylo napojeno přímo na dotaz vytvořený ve validaci konceptuálního modelu a tím by byla velice rychle dostupná tato data v provozu.

Pro zmiňovanou strukturalizaci provozních dat je velice důležité interaktivní rozhraní pro otevírání nové závady, odstraňování závady a rovněž odložení závady, které můžeme vidět na obrázku 32. V tomto návrhu tak pracuji s myšlenkou rozevíracích seznamů s předdefinovanými závadami na konkrétních systémech. Uživatel by tak nic nevypisoval vlastními slovy, ale vybíral by z těchto předdefinovaných textů. Díky tomu by veškerá data o stejných závadách měla vždy stejný tvar a díky tomu by tato data byla velmi jednoduše zpracovatelná. Stejným způsobem by fungovalo i odstranění závady, nebo její odložení. Tato funkce by rovněž výrazně snížila pracovní zatížení uživatele. Tuto funkci můžeme vidět na obrázku 33. V této části je však důležité umožnit uživateli i případné doplnění této strukturované informace, a to z důvodu nestandardních a neočekávaných faktorů, které mohou výslednou práci v provozu ovlivnit.



Obrázek 32 – Uživatelské rozhraní s názvem *Maintenance*



DEFECT	ACTION
SYSTEM - ATA ATA 21 - Air Conditioning	STATUS Rectified
FAULT / FAULT CODE L/H Pack - INOP	RECTIFICATION L/H Pack - TCV - REPL.
L/H Pack - INOPERATIVE	L/H Pack - Temperature Control Valve - REPLACED
ID: 16233	ID: 16233
 Karel Múndel	 Karel Múndel

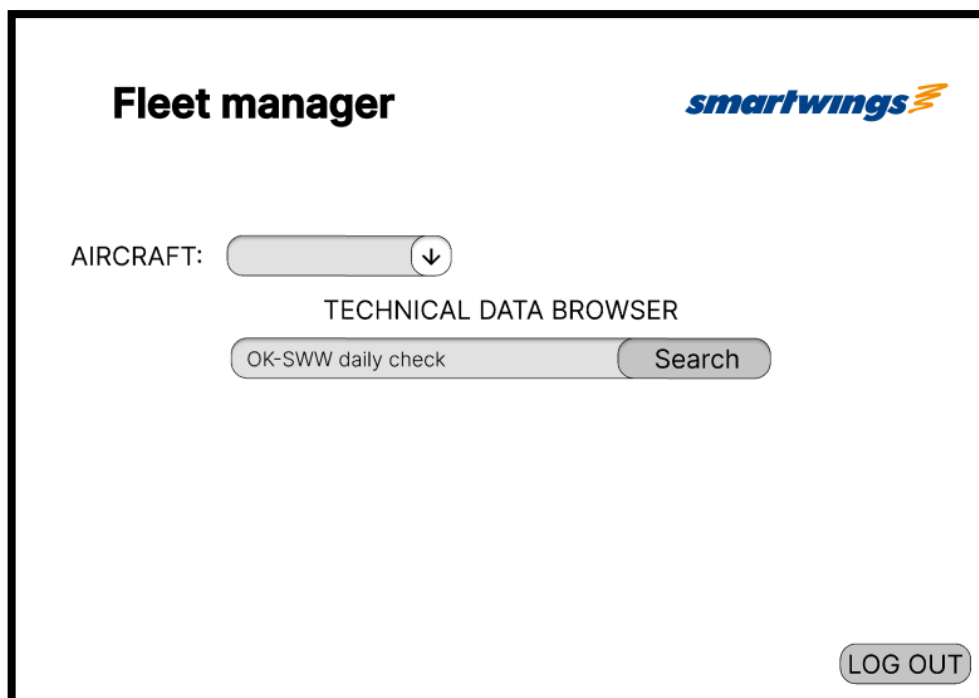
BACK

Obrázek 33 – Uživatelské rozhraní s názvem *Open Defect*

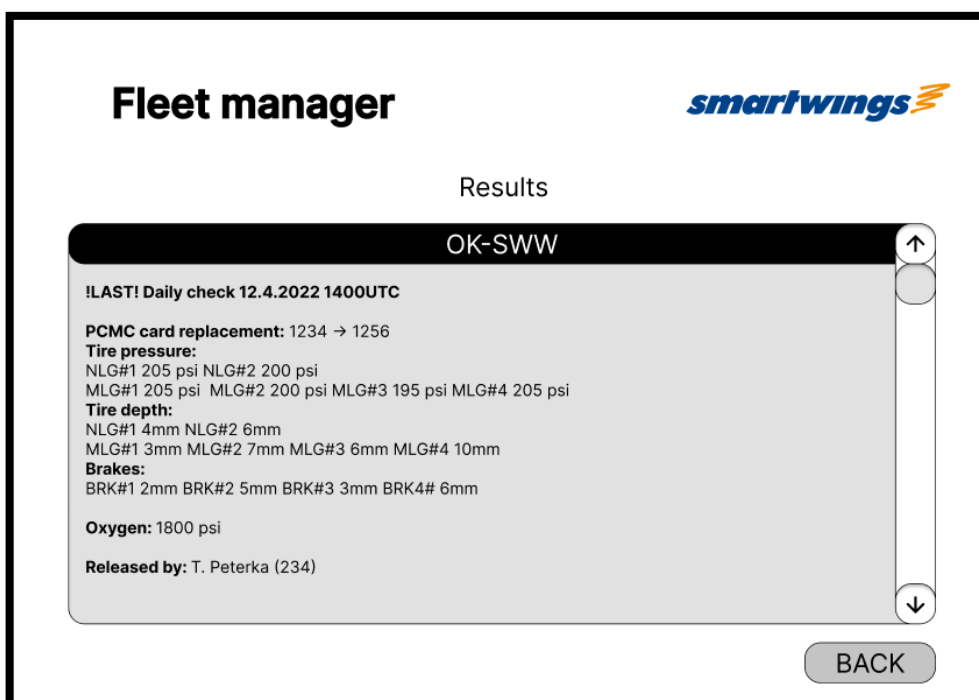
I v této části aplikace fungují zmiňovaná barevná upozornění. V případě, že se v rozhraní *Open Defect* závada pouze otevře, pole automaticky zčervená, stejně jako pole *Maintenance*. V takovém případě uživatel jasně pozná, že před uvolněním do provozu je tuto informaci potřeba vyřešit. Tyto barevné výstrahy rovněž pracují s myšlenkou redukce opomenutí o provedení zápisu. Pokud aplikace zaznamená jakékoliv červené pole v některém ze svých rozhraní, nedovolí uživateli finální uvolnění letadla zpět do provozu.

3.4.4 Vyhledávač technických dat

Nejdůležitější funkcí této aplikace je však tzv. vyhledávač technických dat, který pracuje na výše navrženém obecném konceptuálním modelu digitalizace technické dokumentace. Díky takto nastavenému systému by tak jakýkoliv uživatel této aplikace mohl dohledat veškeré informace, které by z technické dokumentace chtěl získat. Využití tohoto konceptu by mělo velký vliv na optimalizaci procesů rozhodování v provozu letadla. Jako příklad využijí výše představený dotaz na data o o provedeném DY, pokud by se tento dotaz optimalizoval na úroveň, kdy uživatel vloží pouze imatrikulaci konkrétního letadla a název dat, která chce vyhledat. Příklad tohoto vyhledávání a získaných dat popisují obrázky 34 a 35.



Obrázek 34 – Uživatelské rozhraní pro vyhledávání technických dat



Obrázek 35 – Výsledek požadovaného dotazu

Tato *wireframingová* aplikace, má sloužit především jako prezentace tohoto konceptu společnosti Smartwings, která by měla o takto nastavený koncept digitalizované dokumentace potenciální zájem. Díky této vizuální interpretaci dosažených výsledků, jednoduchému a interaktivnímu uživatelskému rozhraní, a především přínosům, které



tato aplikace přináší pro provozní procesy, využívám tohoto svého návrhu i v této diplomové práci pro lepší pochopení prezentovaných výsledků.

3.5 Ekonomická rozvaha

V této části kapitoly se zaměřuji na jednoduché ekonomické zhodnocení pro zavedení systému digitalizované dokumentace pro leteckého dopravce. Rozvaha jako taková je založena na porovnání současného stavu zpracování technické dokumentace a náklady s tím spojené. Tento současný stav porovnávám s návrhy pro zavedení ELTB od společností Thales a Conduce. Tyto návrhy byly vytvořeny přímo pro společnost Smartwings na základě firemních požadavků. Ačkoliv je tato práce vypracována na provozních datech společnosti Smartwings je nutné v této části zachování obchodního tajemství společnosti, které souvisí s konkrétními náklady na provoz zpracování technické dokumentace a rovněž s detailními částkami ohledně aplikací od zmiňovaných výrobců.

3.5.1 Náklady na oddělení zpracování technické dokumentace

Hlavními póly této úvahy jsou především náklady na oddělení technické dokumentace a zavedení konceptu digitalizované technické dokumentace do provozu. Výpočet celkový nákladů za oddělení zpracování technické dokumentace bude v tomto případě tím výrazně jednodušším. V tomto výpočtu musíme zahrnout především mzdy jednotlivých zaměstnanců tohoto oddělení, energie na provoz kanceláře a pravidelný nákup vybavení nezbytné, které je nezbytné pro jeho fungování. V tomto případě však nelze do výpočtu zahrnout zpomalený proces zpracování technické dokumentace v přímém provozu, který může, na základě příkladů uvedených v této práci, zapříčinit i výrazná zpoždění v letovém řádu provozovatele.

3.5.2 Náklady na zavedení digitalizované technické dokumentace

Do úvahy nad výpočtem nákladů pro zavedení navrhovaného konceptu digitalizované technické dokumentace musíme v první řadě započítat částku za vývoj aplikace fungující na navrhovaném konceptuálním modelu. Vývoj takovéto aplikace se může pohybovat v řádech desítek tisíc dolarů. Díky tomu se z tohoto konceptu okamžitě stává velice drahá záležitost a to především díky faktu, že její přínosy a výhody se výrazně projeví až po jejím uvedení do provozu. Další částkou může pak být například pravidelný měsíční paušál na technickou podporu. Neoddiskutovatelnou částí tohoto jednoduchého shrnutí je následně již zmiňovaný fakt, kterým je výrazné snížení pracovního zatížení účastníků letového provozu a rychlý tok technických dat



z provozu, na základě kterých lze v mnoha případech výrazně předcházet neočekávaným zpožděním v letovém řádu leteckého provozovatele.



4 Závěr

Účelem této práce je poukázat na velice zastaralý způsob zpracování dat technické dokumentace, především na limity, se kterými se tento způsob v každodenním provozu potýká. Vedení technické dokumentace v papírovém formátu limituje především zdoluhavý proces jejího zpracování. Technická data jsou však nositeli naprosto klíčových informací, které v případě rychlého zpracování a přenosu mohou výrazně optimalizovat proces provozu leteckého dopravce. Vedle radikálního snížení pracovní zátěže některých zaměstnanců při práci, která vyžaduje jejich maximální soustředění, můžeme zmínit i výrazné zvýšení přesnosti a spolehlivosti přenášených dat a snížení provozních nákladů, a to zejména díky možnosti včasného předcházení některým nečekaným odstávkám letadla z provozu. Díky rychlému a přesnému přenosu technických dat u leteckého provozovatele tak lze zvýšit jak provozní účinnost, tak bezpečnost, a to z pohledu technického, tak i provozního úseku. Hlavním cílem této práce bylo navrhnout integrovaný systém digitalizované technické dokumentace a nastínit jeho široké možnosti v optimalizaci práce s technickými daty u jakéhokoliv leteckého provozovatele.

Mezi faktory limitujícími přesnější výsledky této práce patří především nedostatek ekonomických provozních dat pro celkové ekonomické zhodnocení. Teoretická i praktická část je postavena na skutečných provozních datech společnosti Smartwings a tím lze zaručit validitu vstupních informací i odhadovaného přínosu.

Na základě výsledků dosažených v této práci věřím, že takto nastavený systém integrované digitalizované technické dokumentace by v budoucnu mohl ušetřit jak provozní náklady, tak optimalizovat široké množství provozních postupů leteckého dopravce a ve výsledku zvýšit jejich efektivitu. V konečném důsledku lze očekávat i pozitivní dopad i na letecké společnosti.

Díky současným možnostem automatizace procesů a integrace provozních informací je z mého pohledu do budoucna velice důležité, aby letečtí dopravci investovaly svůj čas i finance také při modernizaci procesů spojených s přenosem technických dat.



Seznam použité literatury

- [1] EASA: *Nařízení Komise (EU) č. 1321/2014 o zachování letové způsobilosti letadel a leteckých výrobků, letadlových částí a zařízení a schvalování organizací a personálu zapojených do těchto úkolů*. In: . Praha: ÚCL, 2014, ročník 2014, č. 1321/2014.
- [2] PRUŠA, Jiří. *Svět letecké dopravy*. Praha: Galileo CEE Service ČR, 2007. ISBN 978-80-239-9206-9.
- [3] SMARTWINGS: *Technická dokumentace*. Smartwings, 2005.
- [4] SMARTWINGS: *Minimum Equipment List, MEL NG's Fleet*,. 2022, rev: 10. Smartwings, 2005.
- [5] EFA: Smartwings. In: *Extranet Flight Application: EFA* [online]. [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://app.smartwings.net/efa/mod/login/authenticate/>
- [6] OASES Aero: *Oases modules* [online]. London, United Kingdome [cit. 2022-05-16].
- [7] STRUTT, Kirk. *AVIATION TODAY: How Electronic Technical Logbooks Enable Seamless Pilot-to-Maintenance Collaboration* [online]. In: . [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://www.aviationtoday.com/2019/12/30/electronic-technical-logbooks-enable-seamless-pilot-maintenance-collaboration/>
- [8] ARLOW, Jim a Ila NEUSTADT. *UML 2 a unifikovaný proces vývoje aplikací: objektově orientovaná analýza a návrh prakticky*. 2., aktualiz. a dopl. vyd. Brno: Computer Press, 2007. ISBN 978-80-251-1503-9.
- [9] ALESSANDRO, Birolini. *Reliability Engineering: Theory and practice*. 2017. ISBN 978-3-662-05409-3.
- [10] *Protégé* [online]. U.S.A. California: Stanford university, 1999 [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://protege.stanford.edu/>
- [11] *GraphDB: rdf database software* [online]. Bulgaria: Sigma Group Holding, 2000 [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://www.ontotext.com/products/graphdb/>



- [12] *ONTOTEXT: What the SPARQL is?* [online]. In: . [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://www.ontotext.com/knowledgehub/fundamentals/what-is-sparql/>
- [13] *Figma: the collaborative interface design tool* [online]. [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://www.figma.com/>