



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

MAREK ŠUDOMA

**Let v podmínkách se sníženou viditelností
(Chování VFR pilotů po vletu do IMC)**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2015



K621..... Ústav letecké dopravy

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Marek Šudoma

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – PIL – Profesionální pilot

Název tématu (česky): **Chování VFR pilotů po vletu do IMC**

Název tématu (anglicky): VFR Pilots Behaviour in IMC

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Úvod
- Definice a nebezpečí IMC
- Lidské vnímání
- Praktická část- zkoumání reálného chování pilotů na leteckém simulátoru
- Vyhodnocení praktické části
- Závěr

Rozsah grafických prací: dle pokynu vedoucího bakalářské práce

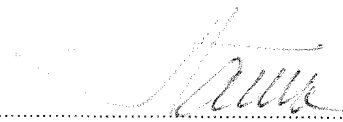
Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

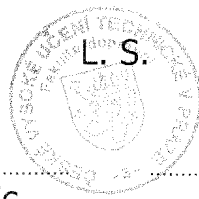
Seznam odborné literatury: MUDr. PhDr. Ľubomír Háčik, CSc.: Lidská výkonnost a omezení
Milan Vacík, Karel Zitko: Učebnice létání, 2011
Letecký předpis L 2

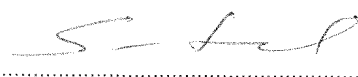
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Frynta**
Ing. Bc. Jakub Hospodka, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: **24. října 2014**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

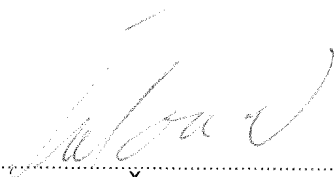
Datum odevzdání bakalářské práce: **24. srpna 2015**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia


doc. Ing. Daniel Hanus, CSc.
vedoucí
Ústavu letecké dopravy




prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.


Marek Šudoma
jméno a podpis studenta

V Praze dne 24. října 2014

Poděkování

Děkuji všem, kteří mi pomáhali nebo mě podporovali při tvorbě méj závěrečné práce. Cením si pomoci pana Ing. Jiřího Frynty při tvorbě osnov testování na simulátoru i pozdější konstruktivní diskuze při vyhodnocování výsledků a formulování závěrů práce. Oceňuji rovněž pomoc a ochotu pana Ing. Bc. Jakub Hospodky, Ph.D. Velice děkuji panu Prof. Dr. Ing. Miroslavu Pokornému za odbornou pomoc při statistickém vyhodnocování naměřených dat.

Své rodině děkuji za zázemí a pochopení, které mi poskytovala nejen při tvorbě závěrečné práce, ale i po čas celého studia.

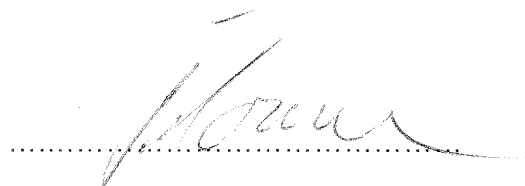
Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

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

V Praze dne 24. srpna 2015



Podpis

Abstrakt

Autor: Marek Šudoma

Název: Let v podmínkách se sníženou viditelností (Chování VFR pilotů po vletu do IMC)

Škola: České vysoké učení technické v Praze

Fakulta: Fakulta dopravní

Rok vydání: 2015

Vedoucí práce: Ing. Jiří Frynta
Ing. Bc. Jakub Hospodka, Ph.D.

Klíčová slova: podmínky letu podle přístrojů, vyhodnocení odchylek v letu, úpravy osnov výcviku PPL(A)

Cílem práce „Let v podmínkách se sníženou viditelností“ bylo ověřit, jaká rizika s sebou nese vlet pilota, který k tomu není oprávněn ani vycvičen, do oblasti se sníženou viditelností. Dále se pokusím prověřit stávající osnovy výcviku k získání licence PPL(A) a na základě výsledků bakalářské práce zvážím navrhnout jejich případných změn.

Abstract

Author: Marek Šudoma

Title: A flight in reduced visibility conditions (VFR pilot's behaviour in IMC)

University: Czech technical university in Prague

Faculty: Faculty of Transportation Sciences

Year of publication: 2015

Thesis advisors: Ing. Jiří Frynta
Ing. Bc. Jakub Hospodka, Ph.D.

Key words: instrument meteorological conditions, flight deviation assessment,
PPL(A) training structure amendments

The subject of the bachelor thesis „A flight in reduced visibility conditions“ is to examine the risks of such conditions for a pilot who is neither permitted nor trained to fly in them. Based on the results of the thesis I will assess current structure of PPL(A) training and consider appropriate amendments to it.

Seznam zkratek:

ADF	Automatic Direction Finder
AMSL	Above Mean Sea Level
ATPL	Airline Transportation Pilot Licence
CAVOK	Ceiling And Visibility OK
DME	Distance Measuring Equipment
ICAO	International Civil Aviation Organization
IMC	Instrument Meteorological Conditions
IFR	Instrument Flight Rules
NDB	Non Directional Beacon
PPL(A)	Private Pilot Licence (Airplane)
s.r.o.	společnost s ručením omezeným
VFR	Visual Flight Rules
VMC	Visual Meteorological Conditions
V_a	maximální manévrovací (obratová) rychlost
V_{fe}	maximální rychlost pro vysunutí klapek
V_{ne}	nepřekročitelná rychlost
V_{no}	maximální konstrukční cestovní rychlost
V_r	rychlost rotace, nadzvednutí předového kola
V_{s0}	pádová rychlost s klapkami
V_{s1}	pádová rychlost bez klapek

Obsah

Obsah	6
1. Úvod.....	8
1.1. Simulátor Cessna 182 RG.....	9
2. Osnova PPL(A) výcviku.....	10
3. Podmínky IMC.....	10
3.1. Definice IMC/VMC.....	10
3.2. Příčiny vlétnutí do IMC	11
3.3. Nebezpečí letu v IMC	11
3.4. Principy letu v IMC	13
4. Osnova testování	14
4.1. 1. Fáze - VMC	15
4.2. 2. Fáze - IMC ₁	17
4.3. 3. Fáze - IMC ₂	17
4.4. Metoda vyhodnocení – Krabicový graf.....	17
5. Vyhodnocení testování.....	19
5.1. Horizontální let.....	20
5.1.1. Výška	20
5.1.2. Kurz	21
Závěr	21
5.2. Ladění při horizontálním letu	22
5.2.1. Ladění.....	22
5.2.2. Výška	22
5.2.3. Kurz	23
Závěr	24
5.3. Točení ve stálé výšce.....	25
5.3.1. Výška	25
5.3.2. Kurz	26
Závěr:	26
5.4. Stoupání při stálém kurzu.....	27
5.4.1. Výška	27
5.4.2. Kurz	28
Závěr	29
5.5. Klesání a točení	30

5.5.1.	Výška	30
5.5.2.	Kurz	31
	Závěr	32
5.6.	Porucha indikace množství paliva	33
5.6.1.	Závěr	34
5.7.	Porucha Variometru	34
5.7.1.	Výška	34
5.7.2.	Kurz	35
	Závěr	35
5.8.	Porucha Umělého horizontu	36
5.8.1.	Výška	36
5.8.2.	Kurz	39
5.8.3.	Závěr	40
6.	Zhodnocení výsledků Bakalářské práce	40
6.1.	Nebezpečné situace	40
6.2.	Vyhodnocení hypotéz	41
7.	Doporučení pro úpravu osnov výcviku PPL(A)	42

1. Úvod

Nejen v poslední době jsme čas od času svědky incidentů, kdy pilot, který není zvyklý, oprávněný ani vycvičený k letu podle přístrojů, vletne v rámci výcvikového, navigačního nebo jiného letu do oblačnosti a následně se potýká s obtížemi při pilotáži letounu. Kvůli velké odlišnosti v nárocích na řízení letadla oproti principům letu za vidu pak taková situace může vést ke ztrátě orientace, schopnosti koncentrace a případně i kontroly nad letadlem. Z toho důvodu jsem se ve své Bakalářské práci zaměřil na výše zmíněnou problematiku. Prozkoumal jsem standardní osnovy výcviku k získání kvalifikace PPL(A), o kterých budu hovořit později, a vytvořil postup, podle něhož jsem následně na školním leteckém simulátoru ověřoval, jaké následky s sebou přinese neúmyslný vlet pilota létajícího v podmínkách letu za vidu do oblasti se sníženou viditelností. Letecký simulátor poskytuje dostatečné zázemí pro simulaci letu v oblasti snížené viditelnosti, neboť je vybaven dataprojektorem a instruktorským stanovištěm, ze kterého lze nastavit libovolné meteorologické podmínky. Celkem sedmáct mladých pilotů, převážně studentů Dopravní fakulty na ČVUT v Praze provádějících Integrovaný ATPL výcvik, se zúčastnilo testování na simulátoru v praktické části Bakalářské práce.

Cílem práce bylo zjistit, zdali a v jakém rozsahu může vletnutí do oblasti se sníženou viditelností ovlivnit bezpečnost a přesnost letu a navrhnout případná opatření, jak snížit riziko s tím spojené. Na začátku jsem vyslovil tři hypotézy. Cílem práce bylo je prověřit a potvrdit, nebo vyvrátit. A sice;

- V podmínkách letu za vidu (VMC) nebude studentovi pilotáž letounu činit větší potíže
- Meteorologické podmínky letu podle přístrojů (IMC) budou studentovi činit potíže a povedou ke zhoršení přesnosti pilotáže
- Po teoretické instruktáži principů letu podle přístrojů (IMC₂) bude poučený student dosahovat při letu v IMC lepších výsledků, než byl-li nepoučený

Vzhledem k historické zkušenosti jsem vstupoval do testování s předpokladem, že se studenti při změně meteorologických podmínek budou potýkat s problémy, neměl jsem však přesnější představu o nárůstu nepřesností pilotáže a reakci pilotů na změnu počasí. Výsledky, kterých studenti dosáhli, se lišily podle jejich letových zkušeností, schopností adaptovat se na ovládání školního simulátoru a přirozených předpokladů k létání, neboť, jak se ukázalo, i dva studenti s podobným náletem dosahovali notně odlišných výsledků. Z toho

důvodu nemohly být předchozí zkušenosti jednotlivců kritériem pro jejich rozdělení do výkonnostních skupin a jejich následné oddělené vyhodnocování, jak jsem zprvu předpokládal. Uchýlil jsem se proto k vytvoření jediné skupiny zahrnující všechny testované osoby, jejichž výsledky se pokusím přehlednou a úplnou formou prezentovat a vyvodit z nich patřičné závěry.

Poněvadž jsem praktickou část prováděl na školním simulátoru Cessny 182 RG, zaměřil jsem se i v testování pouze na kategorii letounů a vyhodnocoval letové schopnosti pilotů létajících na letounech. Jeden ze studentů se věnoval pouze bezmotorovému létání, zbylých 16 lidí toho času pravidelně usedalo za řízení motorizovaných strojů.

1.1. Simulátor Cessna 182 RG

Pro praktické testování jsem zvolil školní simulátor Cessny 182 RG imatrikulace OK-KLD, jednopilotního jednomotorového letounu, který se nachází v prostorech katedry Letecké dopravy v ulici Horská, Dopravní fakulty ČVUT v Praze. Simulátor je vybaven dataprojektorem a funguje na základu hry Microsoft Flight Simulator 2003. Umožňuje nastavení libovolného letiště, převládajících meteorologických jevů včetně směru a síly větru, typu a charakteristik oblačnosti. Zahrnuje rovněž možnost simulace poruchy letounu v průběhu letu či sledování polohy letounu z instruktorského stanoviště umístěného za zády letícího studenta. Základní rychlostní charakteristiky simulátoru jsou následující;

- $v_{ne} = 182$ KIAS
- $v_{no} = 143$ KIAS
- $v_a = 112$ KIAS
- $v_{fe} = 140$ KIAS (10°) / 95 KIAS ($20^\circ - 30^\circ$)
- $v_{s1} = 54$ KIAS
- $v_{s0} = 50$ KIAS
- $v_r = 55$ KIAS

Vztlakové klapky lze vysunout do polohy 10° , 20° a 30° . Podvozek letounu je zatahovací. Simulátor je vybaven panelem pro nastavení radiových a navigačních frekvencí. K dispozici jsou dvě radia s aktivní a záložní frekvencí pro hlasovou komunikaci, stejně jako dva panely pro nastavení aktivní a záložní frekvence radionavigačního zařízení. K dispozici je rovněž DME a NDB přijímač. Systém autopilota nebyl pro potřeby bakalářské práce použit. Dále je možné ovládat bohatost směsi a úhel natočení vrtulí.

2. Osnova PPL(A) výcviku

Před započítáním praktické části na školním simulátoru jsem s laskavým svolením letecké školy F-air s.r.o. nahlédl do jejich osnov výcvikového kurzu PPL(A), neboť se jedná o jednu z předních škol poskytujících Integrovaný ATPL výcvik studentům ČVUT v Praze. Při prostudování osnov jsem zjistil, že před prvním sólo navigačním letem, při kterém je pravděpodobnost vletnutí do oblasti se sníženou viditelností větší než při předcházejících sólo letech po okruhu, by měl student mít celkový nálet minimálně 28,5 hodin. Do té doby by měl v letadle rovněž absolvovat základy letu podle přístrojů o rozsahu do jedné letové hodiny a dvě hodiny základů radionavigace absolvované kombinovaně na simulátoru a v letounu. K simulaci IMC podmínek se využívají speciálně upravené brýle, které studentovi brání v pohledu mimo kokpit, přičemž je po něm požadována základní pilotáž letounu pohybujícího se v podmínkách VMC. Základními úkony je stabilizace letadla, změna výšky případně kurzu letu a vybírání nezvyklých poloh.

Ať už pilot ve výcviku či čerstvě po vydání kvalifikace PPL(A), přičemž především na tyto skupiny pilotů jsem se v rámci testování zaměřil, je zvyklý, vycvičený a oprávněný k létání podle Pravidel letu za vidu (VFR) v Meteorologických podmínkách letu za vidu (VMC). V současné době je takový pilot jen hrubě obeznámen s principy letu podle přístrojů (IFR). Pokud se však student při některém z následných sólo letů úmyslně či neúmyslně dostane do oblasti se sníženou viditelností (IMC), nemá předchozí reálnou zkušenost s letem v takových podmínkách. To se projevilo v rámci testování jako nedostatek.

Na základě vyhodnocení výsledků praktické části zvážím navržení možné úpravy osnovy výcviku PPL(A), pakliže se teoretická instruktáž principů letu podle přístrojů, o které budu hovořit v kapitole 4.3. Principy letu v IMC, ukáže jako přínosná a povede k prokazatelnému zvýšení přesnosti pilotáže.

3. Podmínky IMC

3.1. Definice IMC/VMC

Meteorologické podmínky mohou být označovány jako VMC nebo IMC. Termín Visual Meteorological Conditions (dále VMC) zahrnuje hodnoty dohlednosti, vzdálenosti od oblačnosti a výšky základny oblačnosti, které nabývají stejných nebo lepších hodnot než jsou

stanovená minima. Instrument Meteorological Conditions (dále IMC) jsou takové podmínky, které jsou horší než stanovená minima. [2]

3.2. Příčiny vlétnutí do IMC

Obecně lze předpokládat tři příčiny, proč se pilot dopustí vlétnutí do IMC, s výjimkou případu, kdy tak učiní úmyslně. Při navigačním letu, dojde-li ke ztrátě orientace, může pilot věnovat přílišnou pozornost například navigačním přístrojům na palubě letadla (GPS, iPad...) na úkor sledování svého okolí. V okamžiku vlétnutí do IMC nemá situační přehled a zvyšuje tak riziko spojené s již nastalou situací. Kromě svého bezpečí tak při letu například v prostoru třídy E, pakliže nemá vizuální, radarové nebo radiové spojení s řídicím letového provozu, může ohrozit i bezpečnost okolního IFR provozu. [1]

Za další příčinu vlétnutí do IMC lze považovat podcenění meteorologických podmínek. Stane se tak, pokud pilot z jakéhokoli důvodu dojde k závěru, že pro něj není výhodné ani vhodné vyhýbat se oblačnosti, nebo v rámci předletové přípravy podcení například vliv meteorologické fronty, která mu neumožní řešit situaci jiným způsobem, než snahou proletět danou oblačnost. Ke vlétnutí do IMC tak dojde úmyslně, pilot se však nevyhne nebezpečím spojeným s letem, na který nebyl vycvičen. [1]

Třetí nejčastější příčinou vlétnutí do IMC je přecenění vlastních schopností. Typickým příkladem je snaha proletět oblačnost, která se zprvu zdá snadno prostupná, avšak pilot již nemusí vidět hustší, původně skryté, vrstvy mraků. [1]

3.3. Nebezpečí letu v IMC

Jedním z největších nebezpečí letu v IMC mohou být, kromě snížené dohlednosti a jejího možného dopadu na schopnost pilota ovládat letoun, meteorologické jevy, jako vznik námrazy, turbulence, silný vítr či bouřky. Pro účel bakalářské práce jsem tyto jevy pokryl vybídnutím studenta k zapnutí ohřevu Pitotovi trubice a další pozornost věnoval spíše psychologickým a jiným dopadům změny meteorologických podmínek na studenta.

Nebezpečí spojené s letem v IMC, které je předmětem této práce, představují iluze, jež vznikají neshodou informací přijatých smyslovými orgány. Často mohou vést k poruchám či ztrátě prostorové orientace. Nejnebezpečnějším jevem je tak zvaná „neuvědomovaná prostorová desorientace“, která spočívá v přesvědčení pilota, že jeho verze vnímání reality je ta správná. Postihne-li pilota, i přes opakované vjemy vyvracející či zpochybňující jeho verzi

vnímání skutečnosti (pokles působící gravitační síly, změna jejího směru...) nedochází ke změně představy o situaci, v jaké se letoun nachází. [1]

Jelikož přibližně 80 % informací získává pilot zrakovým orgánem, ovlivnění zrakovou iluzí s sebou přináší největší rizika. K rychlé ztrátě nejen prostorové orientace může dojít při letu v mracích, v noci či v jiných podmínkách se sníženou viditelností, zejména nemá-li pilot vizuální kontakt s přirozeným horizontem. Následkem zrakové iluze nemusí být pilot schopen správně vyhodnotit velikost, vzdálenost a rychlost pohybu okolních předmětů. [1]

Somatogravická iluze spočívá v záměně vnímání lineárního zrychlení ve vodorovném směru za zrychlení ve směru svislém. Prudké zrychlení letadla při špatné dohlednosti s nejasně viditelným horizontem je pocíťováno jako zvýšení úhlu stoupání. [3]

Pokládá-li pilot letounu šikmou linii oblačnosti za horizont, podlehe již zmiňované neuvědomované desorientaci, kdy si nepřipouští vlastní omyl. Okulogyrální nebo somatogyrální iluzi charakterizuje pocit vzniku náhlé rotace jako následek rychlého vyrovnání náklonu po ukončení pomalého točení. Pilot se v danou chvíli domnívá, že letoun točí na opačnou stranu, ačkoli letí stálým kurzem. [1]

Pokud jsou při letu v oblasti se sníženou viditelností rozsvícena například přistávací světla nebo výstražný maják, může se jejich odraz dostávat od rotující vrtule do očí posádky. Následné „flicker vertigo,“ neboli závrať z blikání, může v krajních případech vést ke stavu zúženého vědomí nebo epileptickému záchvatu. [1]

Coriolisova iluze vzniká v průběhu déle trvajícího ustáleného rotačního pohybu (dlouhá zatáčka), kdy kinetický orgán tento pohyb přestane vnímat jako rotaci a začne jej považovat za normální stav. K podráždění orgánu dojde teprve při změně polohy hlavy, což vyvolá pocit náhle vzniklé rotace. Orientace v prostoru pomocí smyslových vjemů je proto vždy nespolehlivá a údaje palubních přístrojů mají absolutní přednost. [1]

Obecně lze konstatovat, že iluze snižují schopnost pilota správně vyhodnocovat a řešit nastalé situace. Vjemy, které pilot získává pod vlivem iluzí, mohou být zavádějící, nemusejí odpovídat realitě, nebo jí mohou přímo odporovat a představovat riziko pro bezpečnost letu. Každý letec by měl mít povědomí o existenci smyslových iluzí, příčinách jejich vzniku i jejich následcích. Dále by měl být schopen je rozpoznat a znát způsoby, jak minimalizovat jejich možný dopad. Z toho důvodu jsem zúčastněné studenty poučil o jejich existenci, projevech a nebezpečí.

3.4. Principy letu v IMC

Mezi druhou a třetí fází letu na simulátoru, jejichž popis je uveden v kapitole 4. Osnova testování, jsem studenta seznámil se základními principy letu podle přístrojů, jak se je pokusím nastínit v následujících odstavcích.

Nastane-li situace, kdy pilot, který k tomu není řádně vycvičen, vlétne do oblasti se sníženou viditelností, ze všeho nejdříve musí stabilizovat své letadlo a přejít na orientaci podle palubních přístrojů. Primárním letovým přístrojem se pro něj stává Umělý horizont (UH), kterému se doporučuje věnovat až 80 % pozornosti. Pro další pilotáž by měl dostatečně pravidelně sledovat i ostatní přístroje, vždy se však pohledem vracet přes UH. Obrázek 4.3 IMC zachycuje čtveřici palubních přístrojů, které pilotovi nabízejí dostatek informací ke stabilizování letounu a k letu stálým kurzem ve stálé výšce vhodnou rychlostí, za předpokladu spolehlivě pracující pohonné jednotky letounu a zajištění bezpečné vzdálenosti od okolního provozu či jiných překážek.

obr. 4.3 IMC - Schéma primárních letových přístrojů pro stabilizaci letounu v IMC



Jednou z výhod letu podle přístrojů je možnost ověření informace určité povahy více přístroji; například zatáčení letounu lze zjistit indikací příčného sklonu na UH, indikací točení na zatáčkoměru a změnou kurzu letu na směrovém setrvačnicku. Dalším faktorem napomáhajícím situačnímu přehledu je vnímání sil v řízení, neboť klesá-li rychlost letounu, stává se řízení „měkčím“ a vyžaduje od pilota provádění větších výchylek.

Po stabilizaci letounu má pilot možnost pokusit se vylétnout z oblasti se sníženou viditelností, například změnou kurzu o 180°, zváží-li nebezpečí možných překážek v okolí letounu. Proto

se rovněž doporučuje na území České republiky stoupat do výšky 4 000 stop AMSL, neboť vyjma Krkonošských hor a Šumavy nedosahuje žádná překážka na našem území větší výšky. Vrchol nejvyšší hory České republiky Sněžky se nachází v 5 255 stopách. Pro sledování zvolené tratě lze rovněž využít navigační zařízení umístěné na palubě letounu. Teprve v okamžiku, kdy je letoun stabilizovaný a plně pod kontrolou pilota, měl by být kontaktován příslušný pracovník letového provozu na aktuální, nouzové či jiné vhodné frekvenci s informací o nastalé situaci. Ten může následně pilota vektorovat mimo oblačnost za předpokladu, že má k dispozici příslušný radar nebo podrobné informace o podobě a charakteru oblačnosti.

Po vletu do oblasti se sníženou viditelností by se pilot, který na to není zvyklý, oprávněný ani vycvičený, měl řídit poučkou „*fly, navigate, communicate*“ (*leť, naviguj, komunikuj*) a nespoléhat se pouze na spojení s pracovníkem letového provozu.

4. Osnova testování

Průběh praktického testování studentů na leteckém simulátoru byl nastaven tak, aby pokud možno komplexně postihnul a zhodnotil vliv meteorologických podmínek na přesnost a bezpečnost pilotáže letounu. Samotnému letu předcházelo vyplnění předletového dotazníku, který měl za úkol zachytit předchozí letovou praxi testovaného studenta. Dále se student usadil do kokpitu, načež jsem jej seznámil se schopnostmi, výkony a omezeními letového simulátoru, včetně popsání přístrojové desky, umístění letových a motorových přístrojů, ovladačů polohy klapek a podvozku a smyslu jejich indikace. Rovněž byl seznámen s významem sledování motorových přístrojů a rozsah požadovaných provozních hodnot. Z důvodu osnovy letu jsem poukázal na umístění indikátoru množství paliva pod základními letovými přístroji, jehož viditelnost neovlivňuje žádná z komponent simulátoru.

Z důvodu jejich pozdější simulace uvádím průvodní jevy poruch dvou palubních přístrojů. Porucha ukazatele množství paliva v nádržích letounu se projevuje jeho pozvolným poklesnutím na nulovou hodnotu. Při závadě UH jeho indikace do dvaceti sekund od zavedení poruchy plynule přejde do přibližně 50° náklonu a klesání. Právě postupné selhávání UH může studenty nejvíce mást, neboť indikace se zprvu zdá bezchybná. Porucha Variometru se projevuje zastavením ukazatele vertikální rychlosti na hodnotě v okamžiku, kdy byla porucha „zavedena“. Indikace výškoměru funguje bezchybně.

Student byl rovněž seznámen s radionavigačním vybavením letounu a jeho ovládáním. Zmínil jsem i hodnoty standardního točení úhlovou rychlostí $3^\circ/\text{s}$ případně s náklonem 25° , podle toho co vyžaduje menší náklon, a standardní rychlost klesání či stoupání $500 \text{ ft}/\text{min}$.

Testování probíhalo v okolí letiště Leonardo da Vinci International Airport (Fiumicino, LIRF) na západním pobřeží Itálie. Letiště nacházející se 4 metry nad hladinou moře jsem zvolil kvůli jeho poloze, neboť jsem chtěl mít v každou chvíli přesnou informaci o výšce letadla nad terénem, tedy vodní hladinou, a chtěl jsem, aby ji měl i testovaný student. Vítr měl po celou dobu stálý směr z 280° a rychlost 10 uzlů. Po vzletu z dráhy 34L provedl student levou stoupavou zatáčku do kurzu 270° a pokračoval do prostoru nad moře. Zde probíhala vlastní část letového testování, včetně simulace podmínek se sníženou viditelností.

Let na simulátoru byl rozdělen do tří fází, z nichž každá obsahovala sedm úkonů. První fáze probíhala v podmínkách letu za vidu (dále VMC). Pro druhou fázi došlo ke změně počasí tak, aby odpovídalo pravidlům letu podle přístrojů (dále IMC₁). Třetí, poslední, fázi předcházela teoretická instruktáž principů letu podle přístrojů a probíhala rovněž v meteorologických podmínkách odpovídajících pravidlům letu podle přístrojů (dále IMC₂).

Jako první se student blíže seznámil s ovládáním simulátoru. V podmínkách letu za vidu (VMC) provedl vzlet z letiště, levou zatáčku do kurzu 270° , stoupání do 2 000 stop a pokračoval podle vlastního uvážení horizontálním letem. Cílem bylo, aby si student osvojil ovládání simulátoru dříve, než jsme přistoupili k vlastnímu testování. Tento let trval přibližně pět až deset minut.

4.1. 1. Fáze - VMC

Následovala první fáze samotného testování, která probíhala ve VMC a zahrnovala celkem sedm úkonů. Úkony měly za cíl postihnout řadu letových aspektů, jako let v horizontu, provádění jednoduchých úkonů uvnitř kokpitu, točení, stoupání s následným simultánním klesáním a točením a simulaci poruch letových i motorových přístrojů. Dohlednost byla větší než 10 kilometrů, podmínky CAVOK, vítr z 280° o síle 10 uzlů.

- První úkon spočíval v horizontálním letu stálým kurzem ve stálé výšce. V průběhu byly zaznamenávány odchylky od požadovaného kurzu a výšky. Cílem bylo ujistit se o schopnosti studenta ovládat simulátor. Tato část trvala 3-5 minut.

- Druhý úkon od studenta vyžadoval naladění požadované frekvence v průběhu horizontálního letu. V jeho průběhu byl zaznamenán čas potřebný k naladění frekvence a odchylky od předepsaného kurzu a výšky letu, kterých se student v průběhu ladění dopustil.
- Třetí úkon obsahoval provedení zatáčky o 45° při dodržování stálé výšky 2 000 stop AMSL. Byl měřen čas potřebný k zatočení s pozdějším vyhodnocením odchylky od doby točení v případě, že by student točil standardní úhlovou rychlostí 3°/s, tedy 15 sekund. Dále jsem sledoval odchylky od požadované výšky 2 000 stop a hodnoty úhlů, o které student zatáčku nedotočil nebo naopak přetočil.
- Čtvrtý úkon spočíval ve stoupání 500 stop do výšky 2 500 stop AMSL. Byl měřen čas potřebný k nastoupání s pozdějším určením odchylky od času stoupání v případě, že by student stoupal standardní vertikální rychlostí 500 ft/min, tedy 1 minuty. Dále jsem vyhodnocoval odchylky od požadovaného kurzu a hodnoty výšky, o kterou student požadovanou výšku nedostoupal nebo naopak přestoupal.
- Pátý úkon byl kombinací dvou předchozích. Po studentovi jsem požadoval sklesání o 500 stop do výšky 2 000 stop AMSL a simultánní provedení zatáčky pro změnu kurzu o 45°. V průběhu byla měřena doba potřebná ke sklesání 500 stop s pozdějším vyhodnocením odchylky od času klesání v případě, že by student klesal standardní vertikální rychlostí 500 ft/min, hodnoty odchylek v kurzu, pokud student nedotočil, případně přetočil požadovaný kurz a odchylka od stanovené výšky pro klesání.
- Šestý úkon sestával ze simulací dvou poruch v podmínkách VMC a IMC₁. Nejprve byla simulována porucha indikace množství paliva v nádržích. Cílem simulace poruchy indikace množství paliva v nádržích letounu bylo ověřit, zdali student věnuje dostatečnou pozornost sledování motorových přístrojů v různých podmínkách letu. Tento ukazatel byl vybrán, neboť je umístěn pod primárními letovými přístroji a jeho viditelnosti nebrání žádná z komponent simulátoru.

Jako druhá byla simulována porucha Umělého horizontu (UH), načež následoval dvouminutový horizontální let. Nejprve byla porucha simulována jako poslední z úkonů první fáze bakalářské práce (VMC), kdy měl student již představu o nárocích na pilotáž letounu. Následně jsem studenta instruoval k horizontálnímu letu ve stálé výšce 2 000 stop AMSL stálým kurzem a sledoval odchylky v letu po dobu dvou

minut. Experimentálně bylo zjištěno, že do této doby si student udrží kontrolu nad letadlem, po případné ztrátě ji opět získá a obnoví horizontální let nebo dojde ke kontaktu letounu se zemí. Podruhé byla porucha indikace UH simulována na konci třetí části letu na simulátoru, tedy v podmínkách IMC₂, rovněž po dobu dvou minut

- Poslední úkon první fáze a oba předposlední úkony zbylých dvou fází spočívaly v simulování poruchy ukazatele vertikální rychlosti (Variometru) s následným provedením zatáčky o 90°. V jejím průběhu jsem vyhodnocoval dobu potřebnou k zatočení s pozdějším určením odchylky od času točení v případě, že by student točil standardní úhlovou rychlostí 3°/s, tedy 30 sekund. Zároveň byly zaznamenávány odchylky od požadované výšky 2 000 stop AMSL.

4.2. 2. Fáze - IMC₁

Druhou fází praktického testování na simulátoru byl let v podmínkách letu podle přístrojů. Meteorologické podmínky odpovídaly pokrytí oblohy oblačností z 8/8- tak zvaný overcast. Typ oblačností byl Cumulus se základnou ve výšce 400 stop AMSL. Dohlednost (visibility) byla nastavena na 1 statutární míli. Mezi první (VMC) a druhou (IMC₁) fází nedošlo k zastavení simulátoru, student byl nicméně na náhlou změnu počasí upozorněn. První tři minuty letu v IMC₁ sloužily k tomu, aby se student přizpůsobil rozdílným meteorologickým podmínkám před započítáním vlastního měření. Další struktura a uspořádání letových úkonů ve druhé části odpovídaly první části, pouze porucha Umělého horizontu nebyla simulována. Byly sledovány i stejné parametry letu a později srovnávány s výsledky dosaženými při letu za VMC a IMC₂.

4.3. 3. Fáze - IMC₂

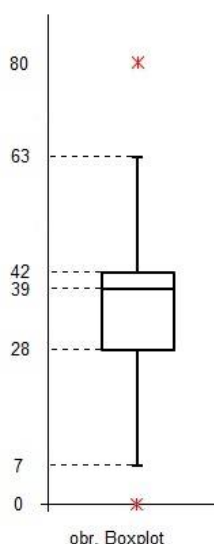
Před třetí fází byl simulátor zastaven a studentovi jsem vysvětlil základní principy letu podle přístrojů, jak jsou uvedeny v kapitolách 4.1. Příčiny vlétnutí do IMC, 4.2. Nebezpečí letu v IMC a 4.3. Principy letu v IMC. Úkony třetí fáze opět odpovídaly struktuře předchozích fází, pouze jako šestý úkon byla provedena 90° zatáčka s poruchou Variometru, porucha indikace množství paliva nebyla zařazena mezi testované jevy a porucha Umělého horizontu byla simulována jako poslední úkon s následným dvouminutovým letem.

4.4. Metoda vyhodnocení – Krabicový graf

Pro vyhodnocení naměřených hodnot jsem použil metodu statistického vyhodnocování využívající tzv. Krabicový graf - Boxplot. Jedná se o komplexní graf, který umožňuje souhrnně znázornit všechny podstatné vlastnosti rozdělení naměřených dat.

Na obrázku Boxplot je uveden příklad vyhodnocení naměřených údajů pomocí tak zvaného krabicového grafu. Tabulka hodnot obsahuje vypočtené hodnoty, na jejichž základě je graf konstruován. Graf včetně hodnot byl vytvořen v programu Boxplot - Excel.

✖ Min Outlier ✖ Max Outlier



Tabulka hodnot

	Zpracované hodnoty
Min	0
Q ₁	28
Median	39
Q ₃	42
Max	80
I _{QR}	14
Horní odlehlé	1
Spodní odlehlé	1

Obrázek Boxplot zachycuje obdélník rozprostírající se mezi vertikálními hranicemi hodnot 28 až 42. Tento interval je označován jako Interkvartilové rozpětí (I_{QR}) a je charakteristické tím, že obsahuje 50 % všech naměřených hodnot. I_{QR} má v tomto případě hodnotu 14. Umístění mediánové hodnoty v rámci obdélníku pozorovateli poskytne hrubou představu o symetrii naměřených hodnot. Úsečky vybíhající ze dvou protilehlých stran obdélníku, hodnot na úrovni 25 % a 75 % v řadě naměřených dat, zahrnují vybočující hodnoty plně zahrnuté do vyhodnocení. Jejich hranice (zde hodnoty 7 a 63) jsou vypočteny jako hodnota konce obdélníku zvětšená o 1,5násobek I_{QR}. Za koncem tohoto prvního intervalu se nacházejí tak zvané Odlehlé hodnoty, jejichž zahrnutí do vyhodnocení dat závisí na míře odlehlosti od konce prvního intervalu a podléhají subjektivnímu posouzení. Interval odlehlých hodnot sahá až do hodnoty konce obdélníku zvětšeného o 3násobek I_{QR}, dále se nacházejí Extrémní hodnoty, které nejsou zahrnuty do statistického vyhodnocení naměřených dat. Extrémní hodnoty mohly vzniknout jednorázovou nepozorností studenta a není u nich pravděpodobné, že by se opakovaly u většího počtu testovaných osob v obdobné situaci. [4], [5]

Každý graf vyhodnocovaný touto metodou je doplněn o Tabulku hodnot, která obsahuje cenné hodnoty týkající se vlastností grafu. Tyto tabulky zahrnují minimální a maximální naměřenou hodnotu (Min, Max), mediánovou hodnotu (Median) včetně hranic

Interkvartilového rozpětí I_{QR} (Q_1 a Q_3). Dále v nich najdeme počet odlehlých či extrémních hodnot, které jsou v grafu naznačeny červenou hvězdičkou.

Hodnoty nad osou „x“ v grafech zabývajících se vyhodnocením výšky značí odchylky nad předepsanou výšku, pod osou „x“ jsou zobrazeny odchylky pod předepsanou výšku. Na pravé straně od osy „y“ v grafech vyhodnocujících dodržování kurzu jsou zachyceny odchylky doprava, analogicky na levé straně jsou odchylky od předepsaného kurzu doleva. Zkratka VMC, IMC_1 a IMC_2 značí, ke které letové fázi daný graf náleží.

5. Vyhodnocení testování

Před samotným letem jsem každého studenta vybídnul k vyplnění „Předletového dotazníku“, po ukončení testování obdržel druhý, „Poletový dotazník“, pro získání zpětné vazby o průběhu letu. Oba dotazníky jsou zahrnuty v přílohách k Bakalářské práci.

Z prvního dotazníku jsem zjistil, že 4 z testovaných studentů byli držitelé kvalifikace GLD a 7 PPL(A), přičemž jeden ze studentů byl držitelem obou licencí. Průměrný nálet se pohyboval na hranici 66 hodin. Deset z testovaných studentů mělo předchozí zkušenosti ať už se skutečným, nebo jen simulovaným, letem v IMC. Simulace probíhala nejčastěji ve formě použití speciálně upravených brýlí zamezujících pohledu mimo kabinu letounu.

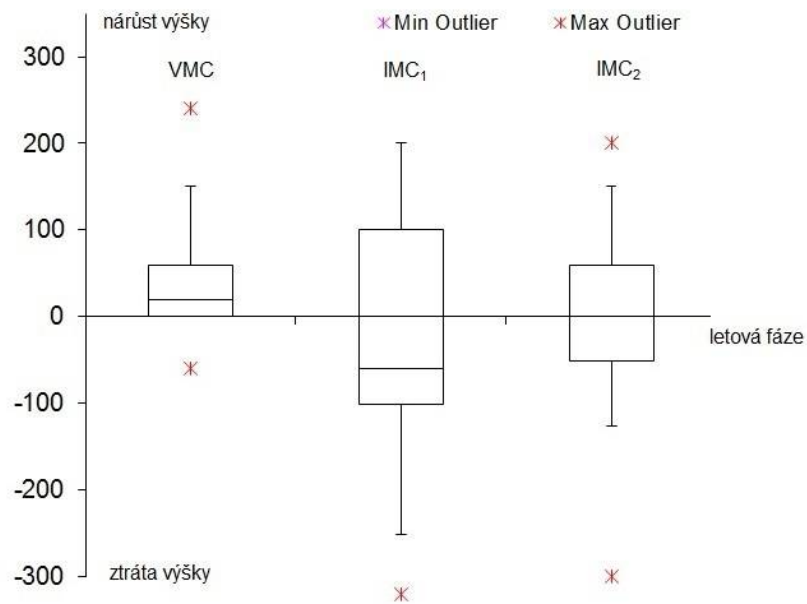
Ačkoli se některým studentům řízení zpočátku nejevilo jako přirozené, většina si na něj podle vyjádření v Poletovém dotazníku brzy zvykla a nebylo pro ně překážkou v pilotáži letounu. Jen jeden student uvedl, že mu porucha UH při letu ve VMC činila potíže, naproti tomu 11 studentů tuto odpověď zvolilo, týkala-li se otázka letu v IMC. Celkem 14 ze 17 studentů uvedlo, že teoretická instruktáž principů letu podle přístrojů, jak je popsána v kapitole 4.3. Principy letu v IMC, pro ně byla přínosná.

Jedná-li se o vyhodnocení praktické části Bakalářské práce, dosažené výsledky všech studentů při určitém úkonu v daných meteorologických podmínkách jsem označil jako jeden datový soubor a porovnával jej s výsledky při odlišných meteorologických podmínkách. Při vyhodnocování vlivu meteorologických podmínek na schopnost studentů letět stálým kurzem ve stálé výšce jsem tudíž získal celkem tři datové soubory; let v podmínkách letu za vidu (VMC), v podmínkách letu podle přístrojů (IMC_1) a v podmínkách letu podle přístrojů po teoretické instruktáži (IMC_2). Výsledky takto získaných tří skupin jsem vzájemně porovnával.

5.1. Horizontální let

5.1.1. Výška

Náplní prvního úkonu byl horizontální let stálým kurzem ve stálé výšce. Obr. 1.1. Výška představuje krabicový graf zachycující odchylky od výšky, jakých se studenti dopustili v různých fázích letu.



obr. 1.1. Výška

Tabulka hodnot pro vykreslení grafu získaná z programu Excel - Box Plot. Zobrazuje rovněž počet výsledků vyhodnocených jako odlehlé; jejich konkrétní hodnoty jsou uvedeny v příloze Naměřené hodnoty.

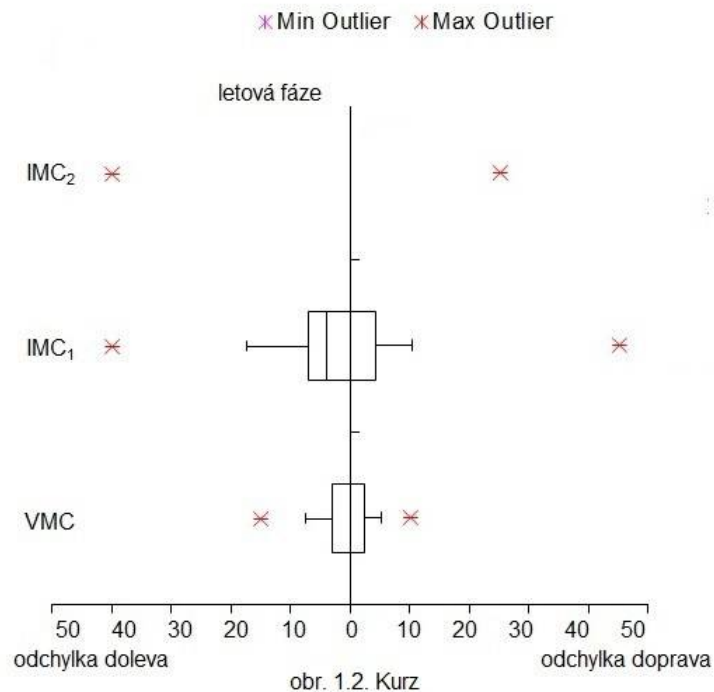
Tabulka hodnot

	Nárůst výšky			Ztráta výšky		
	VMC	IMC ₁	IMC ₂	VMC	IMC ₁	IMC ₂
Min	0	0	0	0	0	0
Q ₁	0	0	0	0	0	0
Median	20	0	0	0	60	0
Q ₃	60	100	60	0	100	50
Max	240	200	200	60	320	300
IQR	60	100	60	0	100	50
Odlehlé hodnoty	2	0	2	4	1	4

Z grafu 1.1. Výška lze vyčíst, že po vlétnutí do IMC narostla nepřesnost pilotáže; zatímco při letu ve VMC se 75 % studentů nedopustilo odchylky od předepsané výšky větší než 60 stop, v IMC tento rozptyl narostl na 100 stop. Po instruktaži principů letu v IMC (IMC₂) dosáhli studenti v případě odchylky nad předepsanou výšku 40% zlepšení, v případě ztráty výšky dokonce 50% zlepšení ve srovnání s letem před instruktaží.

5.1.2. Kurz

Graf 1.2. Kurz zachycuje odchylky od požadovaného kurzu, jakých se studenti dopustili v průběhu horizontálního letu ve stálé výšce v podmínkách VMC, IMC₁ a IMC₂.



Tabulka hodnot 2. Kurz uvádí zpracované naměřené hodnoty použité pro vykreslení obr. 1.2. Kurz.

Tabulka hodnot 2. Kurz

	Změna kurzu doleva			Změna kurzu doprava		
	VMC	IMC ₁	IMC ₂	VMC	IMC ₁	IMC ₂
Min	0	0	0	0	0	0
Q ₁	0	0	0	0	0	0
Median	0	4	0	0	0	0
Q ₃	3	7	0	2	4	0
Max	15	40	40	10	45	25
I _{QR}	3	7	0	2	4	0
Odlehle hodnoty	4	1	3	2	3	2

Podíváme-li se na obrázek 1.2. Kurz, zjistíme, že se v podmínkách VMC 75 % studentů nedopustilo větší odchylky než 3° doleva a 2° doprava. Při vletu do IMC₁ tyto hodnoty narostly na 7° doleva a 4° doprava. Po teoretické instruktáži došlo k prokazatelnému zlepšení přesnosti pilotáže letounu, neboť více než 75 % studentů se nedopustilo žádné odchylky od požadovaného kurzu, objevily se jen ojedinělé odchylky v řádu několika desítek stupňů, které však nelze vnímat jako relevantní údaje, neboť se neopakovaly u většího počtu studentů.

Závěr

Ze získaných hodnot lze vypočítat, že po vletu studenta do podmínek IMC₁ se zhoršila jeho schopnost udržovat požadovaný kurz a narostly odchylky od stanovené výšky 2 000 stop AMSL. Při porovnání s výsledky v IMC₂ lze vyvodit, že teoretická instruktáž principů letu podle přístrojů má prokazatelně pozitivní dopad na přesnost pilotáže letounu. Zároveň se ověřil předpoklad, že vodorovný let, zejména v podmínkách VMC, nečinil studentům obtíže a ovládání simulátoru nebylo faktorem jakkoli pozměňujícím výsledky letů.

5.2. Ladění při horizontálním letu

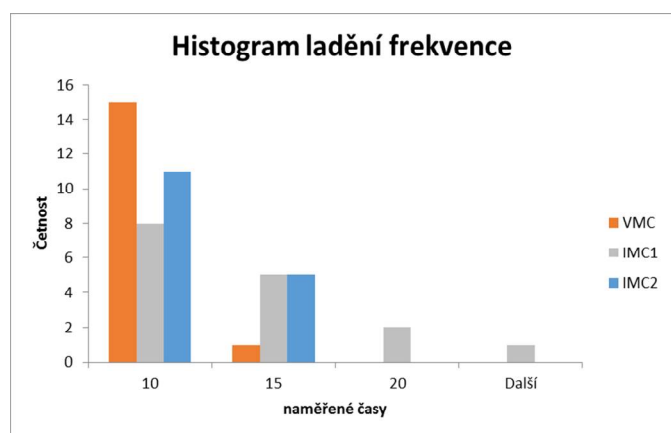
Cílem druhého úkonu bylo ověřit možný vliv meteorologických podmínek na schopnost studenta vykonávat činnosti v prostoru kokpitu, tedy prověřit případy, kdy vnější podmínky zdánlivě nesouvisí s vykonávanou činností. Jejich vliv se dá předpokládat jako převážně psychologický.

5.2.1. Ladění

Při horizontálním letu stálým kurzem ve stálé výšce byl student požádán o naladění radiové frekvence. Byl zaznamenáván čas, který k tomu student potřeboval a odchylky v letu, kterých se dopustil.

Při letu ve VMC byla průměrná doba potřebná k naladění frekvence 7,5 sekund, v IMC₁ tento časový úsek narostl na 12,8 sekund a v IMC poklesl na 9,4 sekundy.

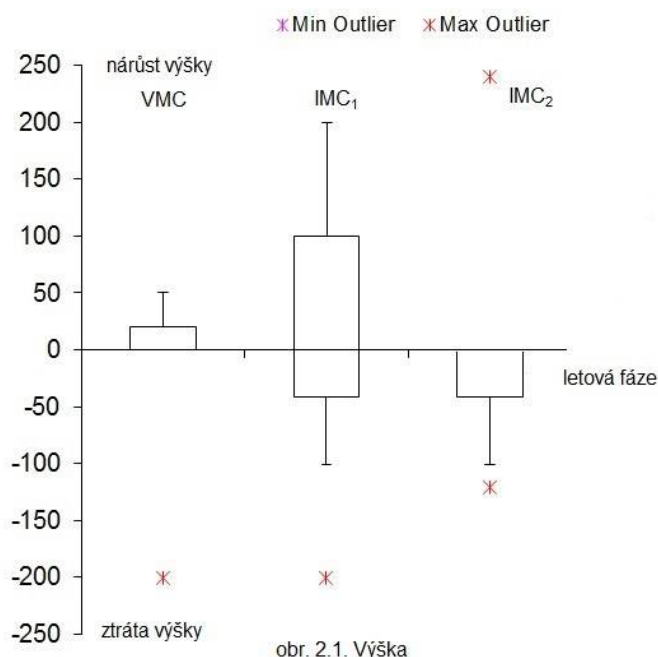
Histogram ladění frekvence porovnává četnost časů potřebných k naladění požadované frekvence v různých fázích



letu. Obecně lze konstatovat, že kratší časový úsek je výhodnější, než-li delší. Rozdělíme-li získané časy do 10vteřinových intervalů, zjistíme, že nejvyšší četnost v prvním intervalu byla naměřena při letu ve VMC následovaná letem v IMC₂.

5.2.2. Výška

V průběhu ladění frekvence jsem sledoval odchylky od předepsané výšky, kterých se studenti dopustili. Krabicový graf na obrázku 2.1. Výška přehledně zobrazuje, že se při vletu do IMC₁ rozptýl zaznamenaných odchylek prokazatelně zvětšil, teoretická instruktáž vedla v následném letu v IMC₂ ke zlepšení přesnosti pilotáže.



Tabulka hodnot 1. Výška obsahuje data využitá pro konstrukci krabicového grafu. Ačkoli největší odchylka byla naměřena při letu ve VMC (600 stop), I_{QR} pro nárůst výšky je roven dvaceti stopám, protože byla daná odchylka vyloučena.

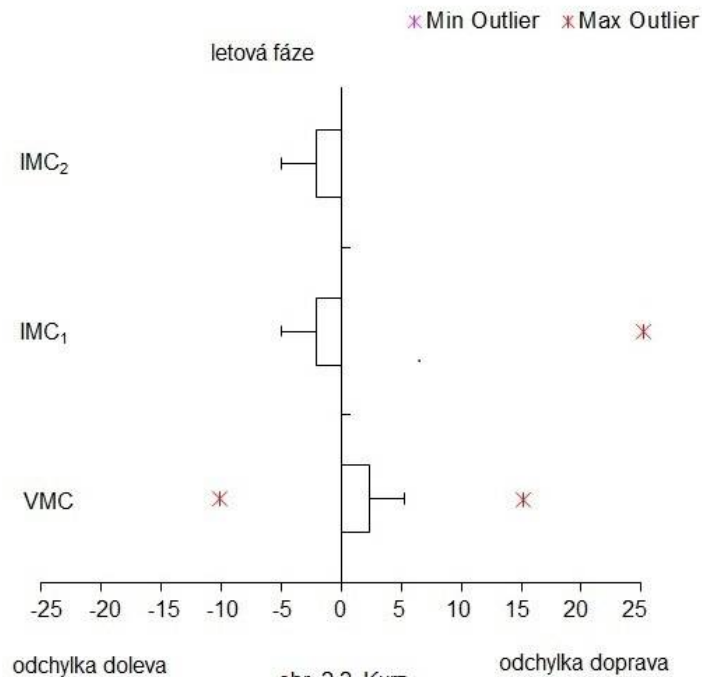
Tabulka hodnot 1. Výška

	Nárůst výšky			Ztráta výšky		
	VMC	IMC ₁	IMC ₂	VMC	IMC ₁	IMC ₂
Min	0	0	0	0	0	0
Q ₁	0	0	0	0	0	0
Median	0	0	0	0	0	0
Q ₃	20	100	0	0	40	40
Max	600	200	240	200	200	120
I_{QR}	20	100	0	0	40	40
Odlehlé hodnoty	3	0	4	4	2	1

Při vytváření grafu nebyly brány v potaz některé hodnoty, konkrétně nárůst výšky 600 stop ve VMC, ztráta 200 stop v IMC₁ a nárůst 240 stop a ztráta 120 stop ve IMC₂. Tyto hodnoty byly vyhodnoceny jako odlehlé vzhledem k ostatním výsledkům měření.

5.2.3. Kurz

Obrázek 2.2. Kurz zachycuje rozptyl nepřesností v udržování požadovaného kurzu letu v průběhu ladění frekvence. Po vyloučení odlehlých hodnot, které jsou uvedeny v Tabulce hodnot 2. Kurz, se vyhodnocením naměřených dat nepodařilo prokázat, že by zhoršené meteorologické podmínky měly vliv na schopnost studenta držet požadovaný kurz v průběhu ladění, či jiných podobně časově nepříliš náročných činností v rámci kokpitu.



Přehled hodnot potřebných k vykreslení grafu odchylek od předepsaného kurzu letu se nachází v Tabulce hodnot 2. Kurz.

Tabulka hodnot 2. Kurz

	Změna kurzu doleva			Změna kurzu doprava		
	VMC	IMC ₁	IMC ₂	VMC	IMC ₁	IMC ₂
Min	0	0	0	0	0	0
Q ₁	0	0	0	0	0	0
Median	0	0	0	0	0	0
Q ₃	0	2	2	2	0	0
Max	10	110	5	15	25	0
I _{QR}	0	2	2	2	0	0
Odlehlé hodnoty	3	3	0	2	4	0

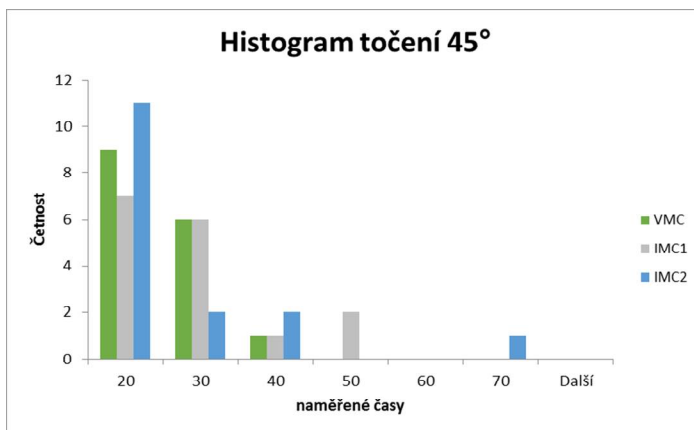
Závěr

Z Histogramu časových úseků lze usuzovat, že podmínky letu za snížené viditelnosti (IMC) mají negativní vliv na dobu potřebnou k naladění frekvence. Rovněž odchylky od požadované výšky doznaly nárůstu, například I_{QR} nad předepsanou výškou mezi lety ve VMC a IMC₁ narostly pětinasobně. Let ve VMC byl podle naměřených hodnot nejpřesnější, následoval jej let v IMC₂ a největších odchylek se studenti dopouštěli v IMC₁. Na druhou stranu v průběhu testování nebyl pozorován ať už negativní nebo pozitivní dopad na schopnost studenta udržovat požadovaný kurz letu.

5.3. Točení ve stálé výšce

V průběhu třetího úkonu prováděl student zatáčku o 45° při letu ve stálé výšce. Po dobu točení byly zaznamenávány odchylky od předepsané výšky a doba potřebná ke změně kurzu.

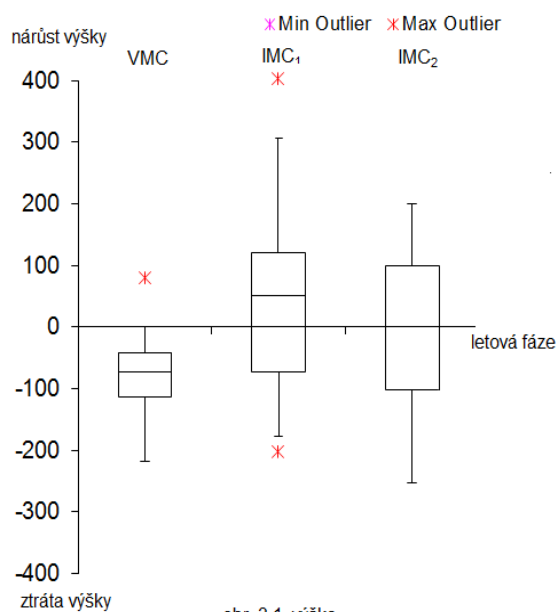
Ačkoli si studenti byli vědomi rychlosti standardního točení 3°/s a tedy 15 sekund potřebných na změnu kurzu o 45°, ne všichni z nich tuto rychlost dodržovali. Průměrná časová hodnota pro zatočení ve VMC 21,8 sekund narostla při přechodu do IMC₁ o bezmála 20 % na 26,1 sekundy, po teoretické



instruktáži mírně poklesla na 25,0 sekund. Z toho lze vyvodit zvýšenou opatrnost studentů při letu v podmínkách IMC a nezvyk na točení podle Umělého horizontu, poněvadž jsou studenti zvyklí získávat referenci ohledně klonění na základě přirozeného horizontu.

5.3.1. Výška

Obr. 3.1. Výška zachycuje odchylky od předepsané výšky, kterých se studenti dopustili v průběhu provádění 45° točení. V následující Tabulce hodnot 1. Výška vidíme hodnoty potřebné pro vykreslení a popsání grafu výšky.



obr. 3.1. výška

V Tabulce hodnot 1. Výška jsou uvedeny hodnoty pro zkonstruování krabicového grafu obrázku 3.1. Výška.

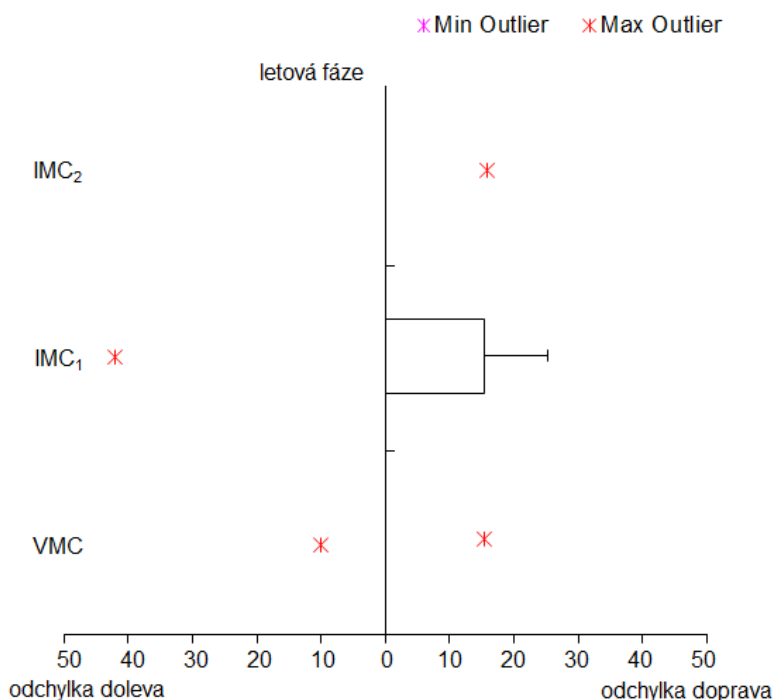
Tabulka hodnota 1. Výška

	Nárůst výšky			Ztráta výšky		
	VMC	IMC ₁	IMC ₂	VMC	IMC ₁	IMC ₂
Min	0	0	0	0	0	0
Q ₁	0	0	0	40	0	0
Median	0	50	0	70	0	0
Q ₃	0	120	100	110	70	100
Max	80	400	200	500	200	250
I _{QR}	0	120	100	70	70	100
Odlehlé hodnoty	3	1	0	3	1	0

Při letu ve VMC se nejvíce studentů potýkalo se ztrátou výšky, kde mediánová hodnota dosáhla 70 stop. Hodnoty 500 stop pro maximální ztrátu výšky za VMC, nárůst 400 stop a ztráta 200 stop pro IMC₁ nebyly při vyhodnocování vzaty v úvahu, neboť se jednalo o hodnoty, které byly vyhodnoceny jako odlehlé. Ve druhé a třetí fázi letu (IMC₁ a IMC₂) nepatrně poklesly hodnoty výškové ztráty, na druhou stranu narostly hodnoty odchylek nad předepsanou výškou.

5.3.2. Kurz

Obrázek 3.2. Kurz zobrazuje zaznamenané nedotočení nebo přetočení požadovaného kurzu.



obr. 3.2. Kurz

Závěr:

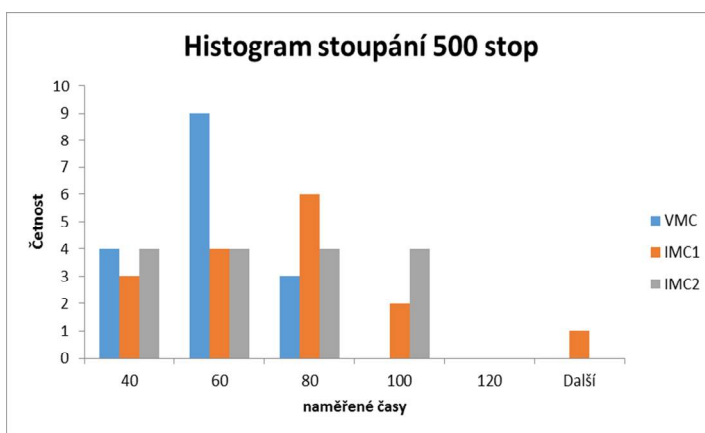
Z nárůstu doby potřebné k naladění požadované frekvence při vletu do IMC lze usuzovat zvýšenou opatrnost a pomalejší jednání studentů v horších meteorologických podmínkách.

Po teoretické instruktáži došlo v dodržování výšky jen k mírné korekci nepřesností, kdy 50 % studentů nedosáhlo větší odchylky od předepsané výšky než 100 stop. Zhoršené meteorologické podmínky vedly k růstu nepřesností v pilotáži letounu, tento trend se ovšem teoretickou instruktáží nepodařilo zvrátit a přesnější dodržování výšky v průběhu točení pravděpodobně vyžaduje rozsáhlejší zkušenost, než pouhé teoretické znalosti letu v IMC.

S výjimkou letu za IMC₁ více než 75 % studentů letoun dotočilo do požadovaného kurzu, v němž jej následně stabilizovalo a nedopouštělo se dalších odchylek ve směru letu. Vlétnutím do IMC se tedy zvýšila doba potřebná k naladění frekvence o 20 %, s výjimkou jednoho studenta průměrně narostly odchylky od požadované výšky a snížila se schopnost přesného dotočení kurzu za podmínek IMC₁.

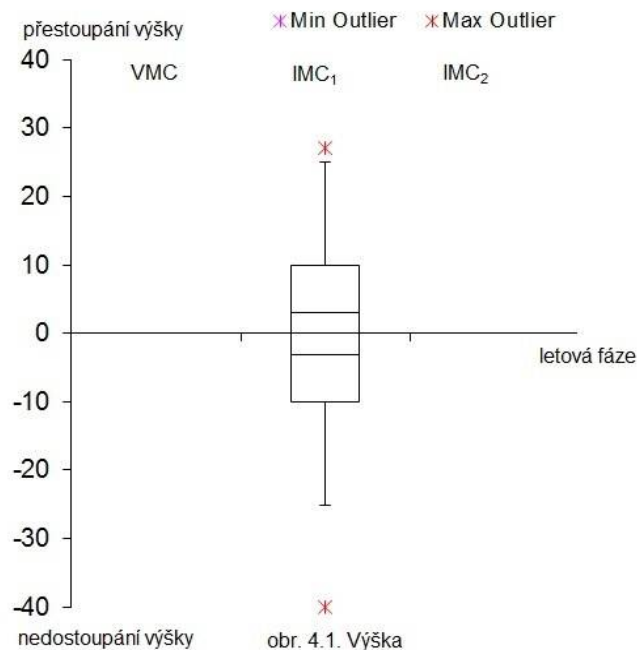
5.4. Stoupání při stálém kurzu

V této letové části student prováděl stoupání za různých viditelností, přičemž měl udržovat stálý kurz letu. Měřil jsem čas potřebný k nastoupení 500 stop výšky a případné odchylky v kurzu, kterých se student v průběhu dopustil. Při dodržování vertikální rychlosti 500 stop/min by se celková doba stoupání měla pohybovat okolo 60 sekund. Histogram časů potřebných k nastoupení 500 stop výšky zobrazuje rozdělení průměrných časových hodnot z jednotlivých letových fází do 20sekundových intervalů.



5.4.1. Výška

Obrázek 4.1. Výška zobrazuje chyby, jakých se studenti dopustili při ukončení stoupání v předepsané výšce. Jediná fáze, ve které se alespoň 50 % studentů dopustilo chyby, a tudíž je součástí grafu nenulová mediánová hodnota, je let za IMC₁.



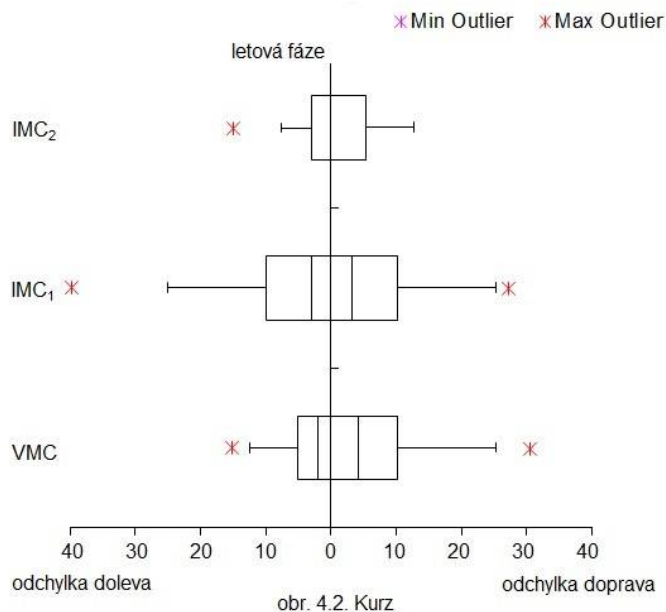
V Tabulce hodnot 4.1 jsou mimo jiné uvedeny odlehlé hodnoty, které do vykreslení grafu nebyly započteny. Jedná se o nedostoupání výšky o 200 stop při letu ve VMC a IMC₂, čehož se shodou okolností dopustil stejný student.

Tabulka hodnot 4.1

	Nárůst výšky			Ztráta výšky		
	VMC	IMC ₁	IMC ₂	VMC	IMC ₁	IMC ₂
Min	0	0	0	0	0	0
Q ₁	0	0	0	0	0	0
Median	0	3	0	0	3	0
Q ₃	0	10	0	0	10	0
Max	0	27	0	200	40	200
I _{QR}	0	10	0	0	10	0
Odlehlé hodnoty	0	1	0	1	1	1

5.4.2. Kurz

V průběhu stoupání jsem sledoval případné odchylky od předepsaného kurzu. Výsledky vyhodnocení přehledně zobrazuje graf 4.2. Kurz složený ze tří krabicových grafů, jednoho pro každou letovou fázi. Doprovodné hodnoty jsou pak zobrazeny v Tabulce hodnot 4.2.



Tabulka hodnot 4.2 obsahuje hodnoty pro vykreslení grafu na obrázku 4.2. Kurz včetně počtu zaznamenaných extrémních hodnot.

Tabulka hodnot 4.2

	Nárůst výšky			Ztráta výšky		
	VMC	IMC ₁	IMC ₂	VMC	IMC ₁	IMC ₂
Min	0	0	0	0	0	0
Q ₁	0	0	0	0	0	0
Median	2	3	0	4	3	0
Q ₃	5	10	3	10	10	5
Max	15	40	15	30	27	45
IQR	5	10	3	10	10	5
Odlehle hodnoty	2	1	3	1	1	2

V součtu 15° interkvartilové rozpětí při letu ve VMC narostlo na 20° při letu v IMC₁ a po vyhodnocení letu v IMC₂ pokleslo na hodnotu 8°. Opět byly vyloučeny odlehle hodnoty. Lze říci, že při zhoršení meteorologických podmínek se studenti dopouštěli větších nepřesností při pilotáži letounu, přičemž po teoretické instruktáži došlo ke zmírnění těchto nepřesností. Toto konstatování potvrzuje obrázek 4.2. Kurz a Tabulka hodnot 4.2, obě vytvořené na základě naměřených hodnot.

Závěr

I přes znalost standardní vertikální rychlosti pro stoupání 500 stop/min, a tedy stoupání do předepsané výšky po dobu 1 minuty, průměrná doba při letu ve VMC dosáhla 48,2 sekund, naproti tomu v IMC₁ narostla o 27 % na 61,4 sekund a při letu v IMC₂ poklesla standardních 60,2 sekund. Z toho lze usuzovat zvýšenou opatrností studentů při letu v podmínkách se zhoršenou viditelností, kdy teprve při primární orientaci podle UH dodržovali standardní rychlost stoupání.

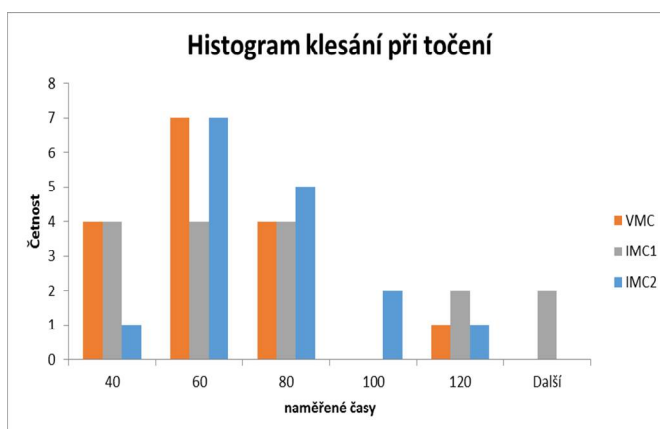
Doba potřebná pro zatočení po vletu do IMC v průměru narůstala stejně jako doba potřebná k nastoupení výšky 500 ft. Z toho lze usuzovat, že žák, který není zvyklý létat podle UH, neumí nastavit stejný podélný či příčný úhel letounu jako v případě, kdy má vizuální referenci přirozeného horizontu. Jeden ze studentů přivedl letadlo v průběhu stoupání do pádu, neboť před jeho započítáním nezvýšil výkon motoru.

Podíváme-li se na shodný nárůst času potřebného ke změně kurzu o 45°, lze usuzovat, že při zhoršených meteorologických podmínkách narůstá doba potřebná k provedení letového úkonu, ať už jde o stoupání nebo změnu kurzu letounu.

5.5. Klesání a točení

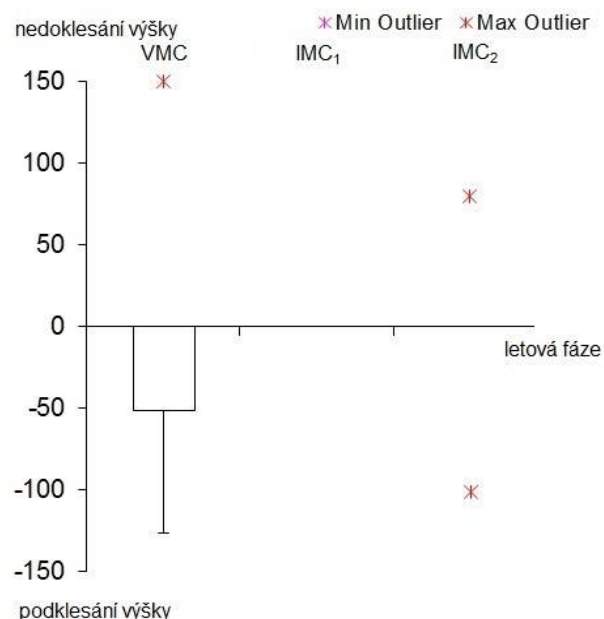
Účelem současného snížení výšky letu o 500 stop a změny kurzu o 45° bylo posoudit vliv meteorologických podmínek na přesnost pilotáže v průběhu koordinovaného provádění více úkonů v jednom okamžiku. Opět byly sledovány hodnoty odchylek od požadované výšky, čas potřebný pro sklesání 500 stop a odchylky od dotočení letounu do daného kurzu letu.

Histogram klesání při točení zobrazuje porovnání naměřených časových hodnot potřebných pro sklesání 500 stop výšky v průběhu točení v různých fázích letu na simulátoru. Stejně jako u úkonu zahrnujícího samotné klesání i zde lze pozorovat nárůst doby z původních 51,9 sekund ve VMC, konkrétně o 35 %, na 69,9 sekund v IMC₁, načež i nyní následuje pokles, konkrétně na 63,8 sekund pro IMC₂. Teprve průměrná hodnota pro let v IMC₂ po teoretické instruktaži se přiblížila standardním 60 sekundám.



5.5.1. Výška

Při současné změně kurzu a letové výšky jsem vyhodnocoval nepřesnosti při dosažení předepsané výšky 2 000 stop. Obrázek 5.1. Výška prezentuje naměřená data týkající se nepřesností při sklesání a udržování předepsané výšky.



obr. 5.1. Výška

Graf 5.1. Výška ukazuje, že po zhoršení meteorologických podmínek došlo ke zvýšení přesnosti pilotáže, ačkoli o celém měření se na základě souhrnných naměřených dat dá prohlásit, že odchylky, kterých se studenti dopouštěli, byly více či méně náhodné. Zatímco při letu ve VMC se podklesání stanovené výšky dopustila jen třetina studentů, odchylky v jiných fázích letu, byť v menším počtu, nabývaly o to větších hodnot.

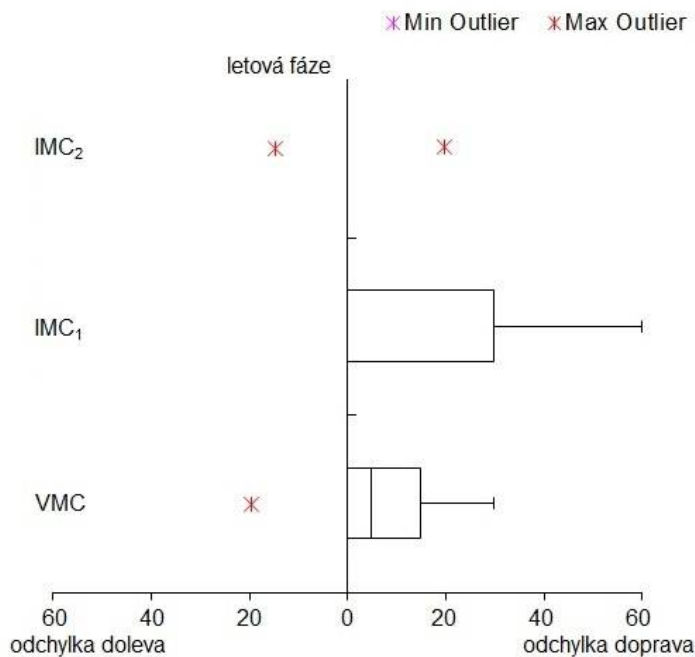
Tabulka hodnot 5.1

	Nedoklesání výšky			Podklesání výšky		
	VMC	IMC ₁	IMC ₂	VMC	IMC ₁	IMC ₂
Min	0	0	0	0	0	0
Q ₁	0	0	0	0	0	0
Median	0	0	0	0	0	0
Q ₃	0	0	0	50	0	0
Max	150	200	80	300	1000	100
IQR	0	0	0	50	0	0
Odlehlé hodnoty	1	3	1	3	4	2

Tabulka hodnot 5.1 zachycuje mimo jiné data, která k vykreslení grafu nebyla použita, neboť se jedná o odlehlé hodnoty. To lze pozorovat například u studenta, který v podmínkách IMC₁ stanovenou hladinu podklesal o 1 000 stop.

5.5.2. Kurz

Obrázek 5.2. Kurz zobrazuje úhlové hodnoty, o které studenti daný kurz letu přetočili, případně nedotočili.



obr. 5.2. Kurz

Největších odchylek se testovaní piloti dopustili při letu v IMC₁ při přetočení stanoveného kurzu. Při letu v IMC₂ pak více než 75 % osob stanovený kurz dotočilo a dále se od něj neodchýlilo. I zde byly nalezeny mezi zaznamenanými daty odlehlé hodnoty. Číselné hodnoty obr. 5.2. Kurz nabízí Tabulka hodnot 5.2 Kurz, včetně maximálních odchylek od předepsaného kurzu, jaké byly v rámci měření zaznamenány.

Tabulka hodnot 5.2 Kurz

	Změna kurzu doleva			Změna kurzu doprava		
	VMC	IMC ₁	IMC ₂	VMC	IMC ₁	IMC ₂
Min	0	0	0	0	0	0
Q ₁	0	0	0	0	0	0
Median	0	0	0	5	0	0
Q ₃	0	0	0	15	30	0
Max	20	90	15	30	60	20
I _{QR}	0	0	0	15	30	0
Odlehlé hodnoty	2	3	3	0	0	2

Závěr

Při vletu do IMC₁ došlo ke třetinovému nárůstu průměrné doby potřebné pro sklesání 500 ft, stejný trend se objevil při samostatném stoupání 500 ft ve VMC a následném stoupáním v IMC₁, kdy doba narostla o přibližně 27 %. Zvýšily se rovněž hodnoty odchylek od předepsané výšky. Množství studentů, kteří v průběhu letu ve VMC nedodržovali předepsanou výšku, se ovšem od letů v IMC nelišil dostatečně na to, aby bylo možné prokazatelně říci, že zhoršené meteorologické podmínky přispěly ke zvýšení přesnosti

pilotáže letounu. V podmínkách se sníženou viditelností se chyby od předepsané výšky sice dopustilo méně studentů, jejich výchyly však byly výrazně větší.

5.6. Porucha indikace množství paliva

Cílem simulace poruchy indikace množství paliva v nádržích letounu bylo ověřit, zdali student věnuje dostatečnou pozornost sledování motorových přístrojů v různých podmínkách letu. Hodnota "1" v tabulce Porucha indikace množství paliva 1 značí, že student poruchu zpozoroval. Hodnota "0" značí, že student poruchu nezaregistroval. Celkový počet studentů, kteří poruchu zaregistrovali, je uveden na konci tabulky. Tabulka Porucha indikace množství paliva 2 dále pracuje s těmito daty a procentuálně vyjadřuje počet studentů, kteří poruchu zaznamenali v různých fázích letu, zaokrouhleně na celá procenta.

Porucha indikace množství paliva 1

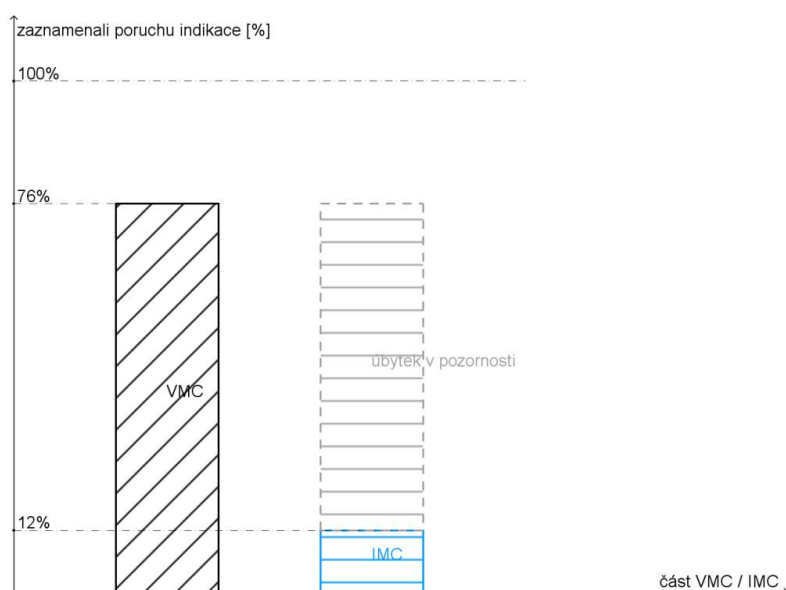
	Studenti	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	počet
Podmínky	VMC	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	13
	IMC	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2

Porucha indikace množství paliva 2

Počet studentů, kteří zaznamenali poruchu indikace množství paliva				
letová fáze	zaznamenali	počet [%]	nezaznamenali	počet [%]
VMC	13	76%	4	24%
IMC	2	12%	15	88%

Graf Sledování motorových přístrojů v grafické podobě zobrazuje procentuální úbytek počtu studentů, kteří zpozorovali poruchu po vletu do IMC.

Sledování motorových přístrojů



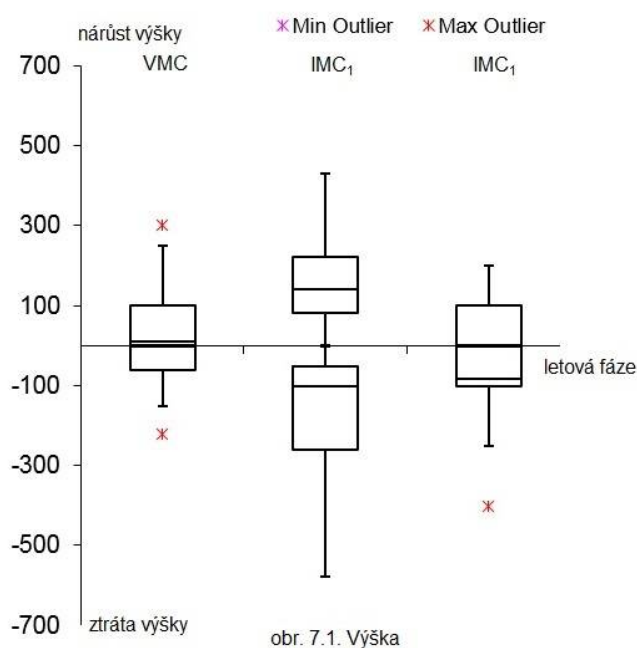
5.6.1. Závěr

Při letu za viditelnosti zpozorovalo poruchu 13 ze 17 studentů, při letu za snížené viditelnosti zpozorovali poruchu pouze 2 studenti. Došlo tedy k 64% poklesu v počtu osob, které zaregistrovaly poruchu indikace množství paliva v nádržích letounu. Z toho plyne, že ačkoli studenti prováděli let podle přístrojů a jejich pohled tudíž směřoval do kabiny letounu, věnovali pozornost letovým přístrojům spíše než motorovým, na které by obzvláště při letu v oblasti se sníženou viditelností neměli zapomínat.

5.7. Porucha Variometru

5.7.1. Výška

Při provádění zatáčky byla sledována odchylka od předepsané výšky, jíž se student dopustil mimo jiné pod vlivem poruchy přístroje indikujícího vertikální rychlost. Na obrázku 7.1. Výška lze pozorovat, že při letu v podmínkách letu za vidu (VMC) a v podmínkách letu podle přístrojů po instruktaži (IMC₂) studenti dosahovali přibližně shodných výsledků, mediánové hodnoty byly blízké nule a interkvartilové rozpětí nepřesahovalo 100 stop ani u nárůstu či ztráty výšky. Při vyhodnocování IMC₁ ovšem narostla mediánová hodnoty odchylky nad předepsanou výškou na 140 stop, respektive na 100 stop pod předepsanou výškou. Interkvartilové rozpětí u nárůstu výšky sahalo do 220 stop, u ztráty výšky 260 stop, a výrazně tak překonávalo zaznamenané nepřesnosti ve zbylých fázích letu. U ztráty výšky za IMC₁ byly rovněž zaznamenány 4 extrémní odlehle hodnoty, jmenovitě 650 stop, 1 200 stop, 1 300 stop a 1 400 stop.

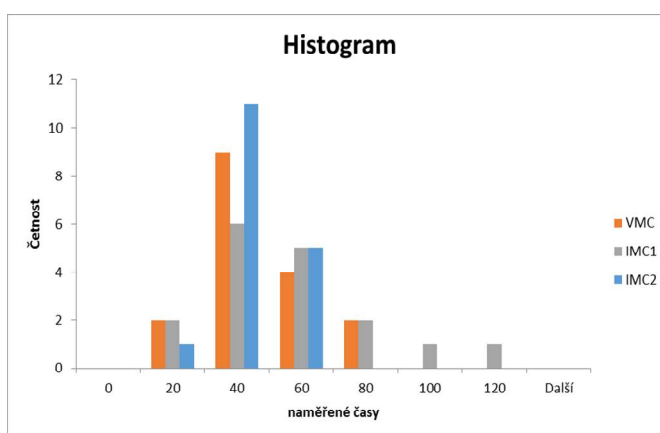


Tabulka hodnot 7.1 zachycuje hodnoty použité pro vygenerování obrázku 7.1. Výška.

Tabulka hodnot 7.1 Výška

	Nárůst výšky			Ztráta výšky		
	VMC	IMC ₁	IMC ₂	VMC	IMC ₁	IMC ₂
Min	0	0	0	0	0	0
Q ₁	0	80	0	0	50	0
Median	10	140	0	0	100	80
Q ₃	100	220	100	60	260	100
Max	300	800	200	220	1400	400
I _{QR}	100	140	100	60	210	100
Odlehle hodnoty	1	1	0	1	4	1

Tři ze studentů zpomalili letadlo v průběhu provádění zatáčky o 90° na hranici pádové rychlosti. Jeden student při komunikaci o poruše indikátoru množství paliva přetočil požadovaný kurz o 80° a sklesal 1 200 stop. Další ze studentů vlivem klesání zrychlil na nebezpečnou rychlost 143 uzlů.



5.7.2. Kurz

Sedmý úkon zahrnoval provedení změny kurzu letu o 90° se simulací závady ukazatele vertikální rychlosti letounu v různých meteorologických podmínkách. Byla zaznamenávána doba potřebná pro změnu kurzu o 90° a odchylky od předepsané výšky, kterých se student v průběhu točení dopustil. Při točení standardní rychlostí 3°/s, o jejíž hodnotě byl student poučen, by změna kurzu o 90° trvala 30 sekund. Histogram zobrazuje rozložení naměřených časových úseků při různých fázích letu na simulátoru ve dvacetisekundových intervalech. Lze pozorovat, že nejbližší se hranici 30 sekund studenti blížili při letu v IMC₂, kdy průměrná doba potřebná pro zatočení dosáhla 35,5 sekundy. Při IMC₁ byla průměrná doba 47,2 sekundy, při letu za vidu pak 38,1 sekund, jak lze vyčíst v příloze Naměřené hodnoty.

Závěr

Z Histogramu časových hodnot a průměrných hodnot lze vyčíst nárůst doby potřebné ke změně kurzu o 90°, z grafu 7.1. Výška a doprovodné Tabulky hodnot 7.1 Výška vyplývá

nárůst nepřesností v udržování zadané výšky 2 000 stop AMSL v prostředí IMC₁. Při letu v IMC₂ obecně klesla nepřesnost pilotáže a rovněž se zkrátil čas potřebný pro změnu kurzu letu o 90° na 35,5 sekundy a přiblížil se tak k 30 sekundám, což je doba točení standardní úhlovou rychlostí 3°/sec.

Podíváme-li se blíže na průměrnou dobu potřebnou pro zatočení, zjistíme, že při IMC₁ trvalo 47,2 sekundy a představovalo 24% nárůst oproti 38,1 sekundy ve VMC. Podobný nárůst lze pozorovat rovněž u točení o 45° při změně počasí na IMC₁ nebo u úkonů zahrnujících změnu letové výšky se současným točením.

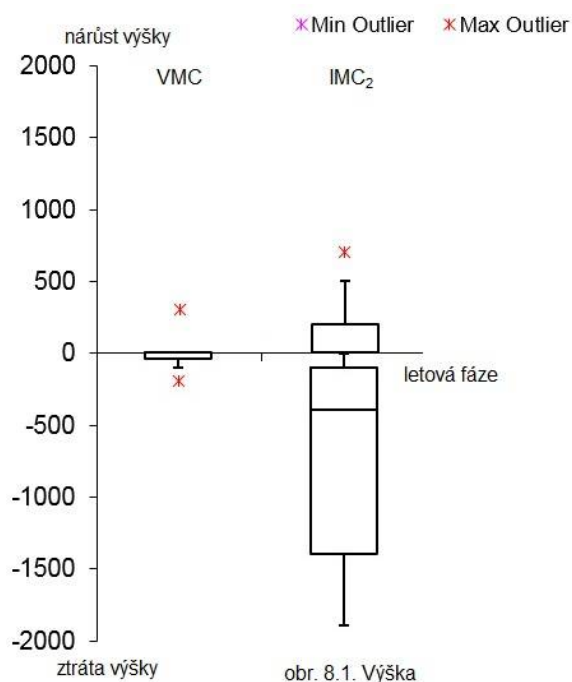
Průměrné hodnoty časů potřebných pro změnu kurzu o 90° tedy potvrzují tendenci, která se opakuje u veškerých prvků pilotáže, u nichž byla zaznamenávána časová doba. Při zhoršení meteorologických podmínek dochází k nárůstu průměrných časových hodnot. Roste tedy opatrnost studentů, průměrně letadlo uvádějí do menších náklonů okolo příčné i podélné osy. Při znalosti principů pilotáže podle přístrojů je tedy student schopen udržovat příčný náklon v rozmezí 20° až 25°, tedy v hodnotách, které při dané rychlosti odpovídají točení úhlovou rychlostí 3°/s.

5.8. Porucha Umělého horizontu

V průběhu simulace poruchy Umělého horizontu (UH) jsem vyhodnocoval odchylky od předepsané výšky a předepsaného směru letu po dobu dvou minut. Jejich vyhodnocení zachycují následující grafy.

5.8.1. Výška

Obrázek 8.1. Výška je krabicovým grafem zachycujícím rozptyl nepřesností, kterých se studenti dopustili při letu s poruchou indikace UH. Tabulka hodnot 8.1 obsahuje data potřebná pro vykreslení grafu.



obr. 8.1. Výška

Tabulka hodnot 8.1 s daty získanými z programu Box-Plot Excel pro posouzení odchylek od předepsané výšky.

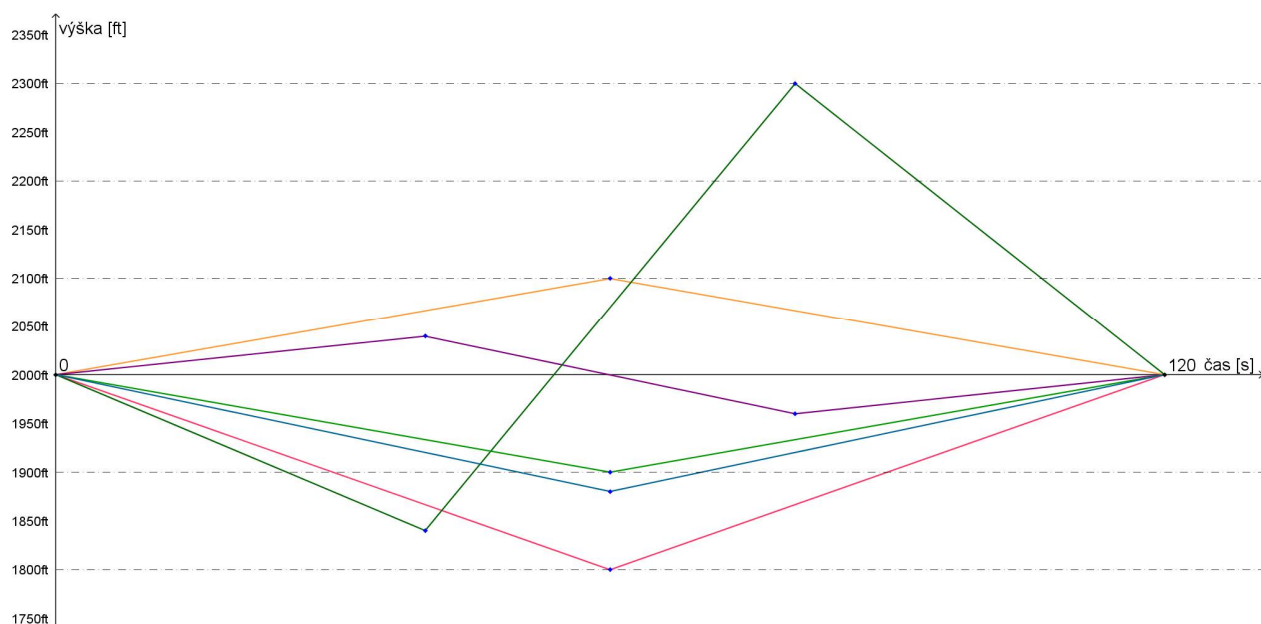
Tabulka hodnot 8.1

	Nárůst výšky		Ztráta výšky	
	VMC	IMC ₂	VMC	IMC ₂
Min	0	0	0	0
Q ₁	0	0	0	100
Median	0	0	0	400
Q ₃	0	200	40	1 400
Max	300	700	200	1 900
I _{QR}	0	200	40	1 300
Odlehlé hodnoty	3	1	3	0

Zatímco při poruše UH v podmínkách VMC byl součet šíře interkvartilového rozpětí 40 stop, v IMC₂ sahala od 200 stop pro nárůst výšky do 1 300 stop pod stanovenou výšku. Průměrná ztráta výšky u IMC₂ činila téměř 730 stop, dva ze studentů přivedli letadlo do kontaktu se zemí, další čtyři si nebezpečnou situaci uvědomili teprve díky vizuálnímu kontaktu se zemí ve výšce pár set stop. Objevovaly se rovněž odchylky v kurzu v řádu desítek stupňů, sklesání více než 1 000 stop, strmé klesání i stoupání překračující hodnoty 2 000 stop/min, včetně přivádění letounu na nebezpečně nízké i vysoké rychlosti. Jeden ze studentů podle vlastních slov „nevěděl, na který přístroj se má dívat.“

Obrázky 8.1 Výška ve VMC a obr. 8.2 Výška v IMC₂ mají za cíl pokud možno věrně zachytit vertikální profil trajektorie jednotlivých studentů podle hodnot, které jsem v průběhu 2minutového sledování zaznamenal.

obr. 8.1 Výška ve VMC



obr. 8.2 Výška v IMC₂



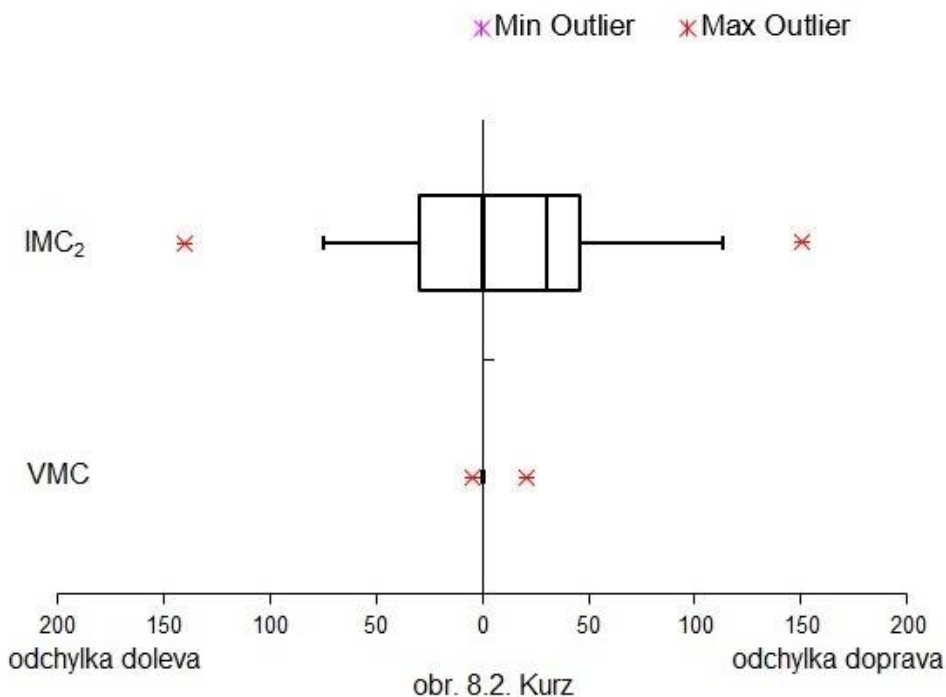
První graf 8.1 Výška ve VMC zachycuje vertikální profil letu studentů po poruše indikace Umělého horizontu (UH) v podmínkách letu za vidu. Průměrný nárůst výšky dosahoval 25,9 stop, průměrná ztráta činila 36,5 stop. Během letu za vidu se studenti neorientovali primárně podle ukazatele UH, z toho důvodu není patrné, že by jeho porucha měla větší vliv na

přesnost pilotáže. Dosažené výsledky jsou srovnatelné s hodnotami odchylek od vodorovného letu v horizontu za vidu.

Graf 8.2 Výška v IMC₂ zachycuje vertikální profil letu studentů po dobu 2 minut, po kterou byla simulována porucha indikace Umělého horizontu (UH) při letu za snížené viditelnosti po teoretické instruktáži letu podle přístrojů. Studenti se plně orientovali podle UH, což mělo za následek výrazně větší nepřesnosti v pilotáži letounu. Průměrná ztráta výšky narostla z 36,5 stop na 729,4 stop. Zaznamenaný byl rovněž nárůst průměrné odchylky nad výškou 2 000 stop, a sice z 25,9 stop na 121.2 stop.

5.8.2. Kurz

Při simulaci poruchy UH měl student udržovat stálý kurz, proto jsem se i zde zaměřil na vyhodnocení jeho odchylek. Obrázek 8.2 Kurz je krabicovým grafem zobrazujícím jednotlivé intervaly.



obr. 8.2. Kurz

Tabulka hodnot 8.2 opět zobrazuje data pro vykreslení krabicového grafu a byla vygenerována programem Box-Plot Excel.

Tabulka hodnot 8.2

	Nárůst výšky		Ztráta výšky	
	VMC	IMC ₂	VMC	IMC ₂
Min	0	0	0	0
Q ₁	0	0	0	0

Median	0	0	0	30
Q ₃	0	30	0	45
Max	5	140	20	150
I _{QR}	0	30	0	45
Odlehlé hodnoty	2	1	3	1

5.8.3. Závěr

Z průměrných hodnot výšky a kurzu letu po ztrátě indikace Umělého horizontu je jednoznačně patrný nárůst nepřesností při letu v IMC₂. Průměrná ztráta výšky narostla z 36 stop na 730 stop, a to i přes znalost, že informace z Umělého horizontu je možné nahradit informacemi od ostatních palubních přístrojů.

6. Zhodnocení výsledků Bakalářské práce

V průběhu vyhodnocování letů na simulátoru jsem dospěl k závěru, že po vlétnutí do podmínek se zhoršenou viditelností prokazatelně klesá přesnost pilotáže letounu, dochází k nárůstu času potřebného ke změně výšky i kurzu letu a rovněž narůstá čas potřebný k provádění úkonů v rámci kokpitu. Obecně tedy klesají výchylky letounu okolo podélné i příčné osy, reakce pilotů je pomalejší, což vede k opatrnější pilotáži letounu ze strany pilota, ale může s sebou nést negativní důsledky například při vyhýbání se překážkám. Studenti někdy mají v IMC tendence provádět razantnější pohyby řídicí pákou, bylo možné pozorovat střídavé stoupání či klesání vertikální rychlostí přesahující 2 000 ft/min a točení s náklonem přesahujícím 25°. Pomocí simulace poruchy indikace ukazatelů množství paliva v nádržích bylo prokázáno, že po vletu do IMC věnují méně času sledování motorových přístrojů, ačkoli na to byli před započítím letu upozorněni. Dojde-li v IMC ke ztrátě indikace Umělého horizontu, narůstá průměrná ztráta výšky do dvou minut letu od poruchy na 730 stop z původních necelých 37 stop.

6.1. Nebezpečné situace

Podle prvotního očekávání se nejvíce pilotů potýkalo s problémy při simulaci poruchy UH během letu v IMC₂. Jak bylo zmíněno v dílčím závěru tohoto úkonu, dva ze studentů přivedli letoun do vývrtky, pádu a následného kontaktu se zemí, čtyři studenti nad ním získali kontrolu díky vizuální referenci s hladinou moře. Další se potýkali se ztrátou výšky v hodnotách pohybujících se v rozmezí 1 000 – 1 500 stop. Nezřídka se objevovaly odchylky od požadovaného kurzu v rozsahu desítek až stovek stupňů.

Druhým úkonem, kde větší množství studentů dosahovalo znatelných odchylek, bylo točení o 90° v podmínkách IMC₁ se simulovanou poruchou variometru. Dva studenti zde přivedli

letoun do pádu při rychlosti pod 30 uzlů, jeden ztratil 1 300 stop výšky a odchýlil se od požadovaného směru o 90°.

Při současném klesání a točení ve fázi IMC₁ byly zaznamenány odchylky od kurzu pro točení až o 100° a proklesání stanovené výšky o 1 000 stop. U jednoho ze studentů došlo ke ztrátě 1 200 stop a odchýlení se od požadovaného kurzu o 80° v průběhu komunikace o simulacích poruch. Nebezpečí věnování příliš velké pozornosti ladění radiové frekvence prověřil student, který v jejím průběhu změnil kurz o 110°.

Dále se dalo pozorovat razantní překračování příčného 25° náklonu letounu či „trhané“ ovládání řídicí páky letounu. Je možné, že některé zaznamenané nedostatky pilotáže byly způsobeny malou zkušeností studenta s pilotáží simulátoru, věřím však, že tyto jevy byly okrajové a nepodílely se významnou měrou na datech získaných z letů. Domnívám se, že hodnoty vyhodnocené jako odlehlé či extrémní byly dílem nepozornosti, přílišného zahlcení studenta či nervozity.

6.2. Vyhodnocení hypotéz

Na začátku Bakalářské práce jsem vyslovil tři hypotézy ohledně výsledků praktické části bakalářské práce prováděné na letovém simulátoru, které zněly:

- V podmínkách letu za vidu (VMC) nebude pilotáž studentovi činit větší potíže
- Meteorologické podmínky letu podle přístrojů (IMC) budou studentovi činit potíže a povedou ke zhoršení přesnosti pilotáže
- Po teoretické instruktáži principů letu podle přístrojů bude poučený student dosahovat při letu v IMC lepších výsledků, než byl-li nepoučený

Na základě výše uvedeného vyhodnocení práce mohu prohlásit, že jsem všechny tři výroky prokázal jako pravdivé a jejich platnost byla potvrzena. Zhoršené meteorologické podmínky ve většině případů vedly k poklesu v přesnosti pilotáže letounu oproti letu za vidu. Po teoretické instruktáži byly dosažené výsledky lepší nebo srovnatelné s těmi před teoretickou instruktáží. Čtrnáct ze sedmnácti účastnících se studentů v Poletovém dotazníku potvrdilo výrok „teoretická část věnovaná principům letu za snížené viditelnosti pro mě byla přínosem a usnadnila mi následné ovládání letounu při průletu oblačností.“

7. Doporučení pro úpravu osnov výcviku PPL(A)

Na základě předloženého vyhodnocení jsem došel k závěru, že v rámci pilotního výcviku PPL(A) by bylo vhodné klást větší důraz na principy letu v oblasti se sníženou dohledností, do které se pilot může dostat. Jednoznačně byl prokázán negativní vliv takových podmínek na kvalitu, přesnost a bezpečnost pilotáže. V řadě úloh se mi navíc podařilo prokázat, že již desetiminutová teoretická instruktáž prokazatelně zlepšila přesnost letu a zvýšila jeho bezpečnost.

Stávající osnovy výcviku PPL(A) zahrnují podle oficiálního dokumentu i slova zúčastněných studentů 30 až 60 minut letu v letadle v podmínkách VMC s brýlemi, které žákovi znemožňují výhled z kabiny letounu a nutí jej k orientaci na základě palubních přístrojů. Podle mého názoru je však taková simulace nedostatečná, neboť nezahrnuje podstatný aspekt letu v oblačnosti, a sice psychologický. Výcvik PPL(A) by proto podle mých závěrů měl obsahovat rovněž krátký IFR let v oblasti se sníženou viditelností (v oblačnosti) pod vedením pilota-instruktora v rozsahu přibližně 30 minut, aby žák získal alespoň minimální zkušenost s takovým letem a měl reálnou představu o nárocích letu v daném prostředí. V rámci letu by měl stabilizovat letadlo a, podle okolností, provést základní prvky pilotáže, například při nalétnutí vybrané tratě s následným klesáním a podle podmínek přechodem zpět na let VFR.

Katedra Letecké dopravy, Dopravní fakulty ČVUT je vybavena simulátorem letounu Beechcraft Baron, který by měl být pro účely výuky létání v oblasti se sníženou viditelností k dispozici všem studentům, kteří se létání věnují a mají zájem získat co nejvíce zkušeností využitelných v reálném provozu. S jeho pomocí by bylo možné samostatně absolvovat simulovaný let v IMC zahrnující základní techniku pilotáže, a sice v podobě shodné s osnovami mojí práce;

1. horizontální let – alespoň 5 až 10 minut
2. činnost v kokpitu – ladění frekvence
3. změna kurzu o 45° ve stálé výšce
4. stoupání 500 stop standardní rychlostí
5. kombinace klesání a točení do původního kurzu
6. simulace poruchy Variometru s provedením 90° zatáčky

Cílem letu by bylo osvojit si základní návyky pro let v oblasti se sníženou viditelností, lépe si zažít princip indikace jednotlivých palubních přístrojů, správně se naučit mezi nimi dělit pozornost a naučit se pomocí nich pilotovat letadlo. Let v této podobě by navíc nevyžadoval

asistenci odborníka, neboť student je sám schopen vyhodnotit, zdali se mu dařilo držet předepsanou výšku, případně kurzy letu. Při pravidelném létání by se mohlo jednat o cenný doplněk PPL(A) výcviku v některé z leteckých škol.

Naproti tomu pokud by student měl k dispozici dohled zkušeného instruktora/pilota, například některého z přednášejících učitelů, bylo by možné věnovat se v podmínkách IMC rovněž základním radionavigačním prvkům pilotáže, jako je naletění radiálu, let po trati nebo vstup do vyčkávacího obrazce a vyčkávání. Výše zmíněné postupy se dají provádět i na simulátoru Cessny 182 RG, nicméně ta nenabízí zázemí dvoupilotního letounu, není vybavena GPS navigací a její databáze radionavigačních frekvencí není pravidelně aktualizována. Z toho důvodu navrhuji rovněž zvážit uvolnění pravidel přístupu na simulátor letounu Beechcraft Baron, neboť zejména budoucím pilotům poskytne nepostradatelné zkušenosti v počátcích jejich pilotního vzdělávání.

Na základě Bakalářské práce se domnívám, že již krátkodobá zkušenost s letem v IMC mimo kokpit skutečného letounu může přispět ke zvýšení bezpečnosti v situaci, kdy se pilot dostane do oblasti se sníženou viditelností.

Literatura:

- [1] PhDr. MUDr. Ľubomír Háčik, CSc., *Lidská výkonnost a omezení*, 2001, prof. MUDr. Josef Faber, DrSc., Praha, FTO ČVUT Praha a FTO VUT Brno, vydáno 30.11.2001
- [2] ICAO, *Anex 2 Rules of the Air*, Červen 2005, 10. vydání
http://www.icao.int/Meetings/anconf12/Document%20Archive/an02_cons%5B1%5D.pdf
- [3] JAA, *Příručka civilního leteckého lékařství: Způsobilost členů letových posádek*, 2006, JAR FCL 3, 1.6.2006
- [4] Martina Litschmannová, *Úvod do statistiky*, 2001, VŠB – TU OSTRAVA, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ostrava 2011
http://mi21.vsb.cz/sites/mi21.vsb.cz/files/unit/uvod_do_statistiky.pdf
- [5] Prof. Dr. Ing. Miroslav Pokorný, *Matematické metody vyhodnocování experimentů*, 2010, Moravská vysoká škola Olomouc, o.p.s., Olomouc 2010
http://www.mvso.cz/data/upload/Projekty/31Matematicke_metody_vyhodnocovani_experimntu.pdf

Seznam příloh:

- 1) Naměřená data – excel document s naměřenými daty
- 2) Letová část – osnova letových úkonů
- 3) Předletový dotazník
- 4) Poletový dotazník
- 5) Teoretická instruktáž letu v IMC – instruktáž předcházející druhé fázi letu v IMC (IMC₂)