



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

LETECKÝ ÚSTAV

INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING

PLÁNOVÁNÍ A PROVEDENÍ LETU NA ZÁKLADĚ METEOROLOGICKÝCH PŘEDPOVĚDÍ

FLIGHT PLANNING AND PERFORMING ACCORDING METEOROLOGICAL FORECASTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Zapletal

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

RNDr. Karel Krška, CSc.

BRNO 2020

Zadání bakalářské práce

Ústav: Letecký ústav
Student: **Jan Zapletal**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Profesionální pilot
Vedoucí práce: **RNDr. Karel Krška, CSc.**
Akademický rok: 2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Plánování a provedení letu na základě meteorologických předpovědí

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Pro úspěšné provedení letu je jednou z nezbytných podmínek příprava a vyhodnocení meteorologických informací se stanovením předpokládaného vývoje počasí a pak následné jeho monitorování během letu tak, aby nebyla ohrožena bezpečnost a cíl letu. Snahou je maximální využití všech dostupných zdrojů pro predikci vývoje počasí a využití pilotových schopností a zkušeností pro hodnocení situace za letu.

Cíle bakalářské práce:

V rámci bakalářské práce provedte rešerši dostupných zdrojů meteorologických informací, jejich využitelnost pro provedení letu pro lety GA (General Aviation). Do rešerše zahrňte u i zdroje využívané pro sportovní létání.

Vybrané zdroje zhodnoťte, vyberte významné předpovědní prvky a popište nebezpečné meteorologické jevy pro létání. V rámci plánování letu popište proces přípravy letu z pohledu meteorologické situace a předpokladu vývoje.

Dále vyberte využitelné zdroje meteorologických informací během letu a popište jejich aplikaci, dopady na monitorování meteorologické situace za letu a případné orografické vlivy. Do hodnocení zahrňte postupy srovnávání předpovědí a skutečného vývoje meteorologické situace za letu.

Seznam doporučené literatury:

DVOŘÁK, Petr. Letecká meteorologie. Cheb: Svět křidel, 2010.

DVOŘÁK, Petr. Termika aneb Vyšší škola plachtění. Cheb: Svět křidel, 2002.

KRÁČMAR, Jan, Karel KRŠKA, Jakub SOBOTA a Václav SVATOŠ. Meteorologie (050 00). Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o, 2006, 304 stran. ISBN 80-7204-447-8.

LEXMANN, Eugen. Meteorológia pre športového pilota. Bratislava: Alfa, 1986.

Metodika výcviku na kluzácích. Praha: Svazarm, 1982.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jaroslav Juračka, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá meteorologickými prvky a jevy s ohledem na letectví. Soustředí se na zdroje, ze kterých je možné získat nezbytné předpovědi a informace o počasí, jak při plánování letu, tak jeho provedení. Autor jako soutěžní pilot provádí rozbor konkrétních letů, při nichž měl možnost zhodnotit a porovnat kvalitu povětrnostních informací různých zdrojů a jejich důsledky na sportovní výkon.

Klíčová slova:

meteorologická předpověď, meteorologické prvky, meteorologické jevy, plánování letu, provedení letu, všeobecné letectví

Abstract

This bachelor thesis deals with meteorological elements and phenomena with respect to aviation. It focuses on sources from which it is possible to obtain the necessary forecasts and weather information, both in flight planning and execution. The author, as a competition pilot, performs an analysis of specific flights, during which he had the opportunity to evaluate and compare the quality of weather information from various sources and their implications for sports performance.

Keywords:

meteorological forecast, meteorological element, meteorological phenomena, flight planning, flight, general aviation

Bibliografická citace

ZAPLETAL, Jan. *Plánování a provedení letu na základě meteorologických předpovědí*.
Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2020. 67 s. Vedoucí
bakalářské práce RNDr. Karel Krška, CSc.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Karla Kršky, CSc., na základě dostupné literatury a dostupných informačních zdrojů, které jsem všechny citoval v seznamu použité literatury.

V Brně dne.....

podpis.....

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce, panu RNDr. Karlu Krškovi, CSc., za jeho čas, ochotu a velmi cenné připomínky k tématu při zpracování této práce.

Obsah

Úvod	10
1 Počasí z hlediska létání	12
1.1 Počasí	12
1.2 Meteorologické prvky	12
1.2.1 Tlak vzduchu	12
1.2.2 Teplota vzduchu	13
1.2.3 Vlhkost vzduchu	14
1.2.4 Hustota vzduchu	14
1.2.5 Vítr.....	15
1.2.6 Srážky	19
1.2.7 Dohlednost.....	21
1.3 Meteorologické jevy	21
1.3.1 Hydrometeory	22
1.3.2 Litometeory	22
1.3.3 Fotometeory	22
1.3.4 Elektrometeory	23
1.4 Turbulence	23
1.5 Oblačnost	24
1.6 Meteorologický model	24
1.7 Přizpůsobivost pilota na povětrnostní situaci	25
2 Meteorologické předpovědi.....	26
2.1 ČHMÚ	26
2.2 Flymet	26
2.3 SkySight.....	28
2.4 Aladin.....	29
2.5 Windy.....	29
2.6 Letecko-meteorologické zprávy.....	30
2.7 Předpověď TAF	31
2.8 Oblastní předpověď	31
2.9 Předpověď pro sportovní létání	32
3 Plánování letu.....	33
3.1 Vyhodnocení a porovnání meteorologických předpovědí	33
3.2 Plánování tratě	34
3.2.1 Plánování traťových letů	35

3.2.2	Plánování vyhlídkových letů	35
3.2.3	Plánování bezmotorových letů	36
3.2.4	Moderní pomůcky pro plánování a provedení letu.....	36
3.3	Plánování ukázkového letu	37
4	Provedení letu.....	40
4.1	Snímky z radarů	40
4.2	Snímky z meteorologických družic	40
4.3	Integrace meteorologických informací v navigační aplikaci SkyDemon	41
4.4	Provedení ukázkového letu	42
4.5	Porovnání meteorologické předpovědi se skutečným vývojem počasí	44
4.6	Let 19.7.2017 na mistrovství České republiky juniorů.....	44
	Závěr.....	49
	Seznam použitých zdrojů.....	50
	Seznam použitých zkratk	52
	Seznam použitých obrázků a tabulek	54
	Seznam příloh	57

Úvod

Povětrnostní podmínky významně ovlivňují veškerou dopravu, největší vliv však mají na leteckou dopravu. Pro bezpečné a bezproblémové provedení jakéhokoliv letu je nutné získat podrobné meteorologické informace, které jsou využívány při plánování letu. Při podcenění rozboru povětrností situace při předletové přípravě by během letu mohlo dojít k neočekávaným komplikacím. V dnešní době je dostupné velké množství meteorologických předpovědí, z nichž většina je dostupná online. To umožňuje pilotům získat potřebné informace s dostatečným předstihem.

Tato bakalářská práce se zabývá lety podle pravidel VFR, které jsou prováděny letadly všeobecného letectví. Tím se rozumí všechny civilní operace jiné než pravidelné letecké služby a nepravidelná letecká doprava za úplatu nebo pronájem prováděné za dohlednosti země.

Práce se skládá ze čtyř částí.

První část pojednává o meteorologických prvcích a jevech a jejich vlivem na leteckou dopravu a letecký sport. Je sestavena z učebnic, odborných článků a vysokoškolských přednášek.

Druhá část se zabývá meteorologickými předpověďmi pro letectvo, jejich zdroji a zhodnocením jejich využitelnosti piloty. Vychází z internetových stránek jednotlivých autorů, organizací a příslušné odborné literatury.

Třetí kapitola se věnuje plánování různých druhů letů, moderními pomůckami pro plánování letu a konkrétním ukázkovým letem. Text je založen především na osobních poznatcích a zkušenostech autora, které nabyl zejména při bezmotorových letech.

Čtvrtá kapitola obsahuje pasáž o provedení letu, informacích dostupných během letu a provedením letu, který byl uskutečněn za účelem bakalářské práce. Jeho cílem bylo mimo jiné porovnání předpovědí počasí s jeho skutečným vývojem.

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je popsat významné meteorologické prvky a jevy ovlivňující létání. Dále provést průzkum dostupných zdrojů meteorologických předpovědí (včetně zdrojů užívaných pro sportovní létání) a jejich využitelnost pro lety všeobecného letectví. V rámci plánování letu by měl být proveden popis procesu přípravy letu s ohledem na povětrnostní situaci. V neposlední řadě by měly být uvedeny zdroje meteorologických informací využitelných na palubě letadla za letu.

1 Počasí z hlediska létání

Před plánováním a provedením letu je nutné nejprve důkladně prostudovat meteorologické předpovědi. Pro správné nakládání s informacemi obsaženými v meteorologických předpovědích musí pilot znát vliv jednotlivých meteorologických prvků a jevů na letadlo.

1.1 Počasí

Počasí je stav atmosféry v místě nebo oblasti v daném časovém intervalu, který je vyjadřován pomocí meteorologických prvků a jevů.

1.2 Meteorologické prvky

Meteorologické prvky jsou fyzikální charakteristiky ovzduší, které jsou měřitelné nebo vypočtené. Měření mohou být manuální, při nichž meteorolog odečítá hodnoty z přístrojů, anebo automatická, kdy naměřená data vstupují do zpracovatelských jednotek a poskytují plynulý tok dat. Nejvýznamnějšími prvky pro letectví jsou tlak, teplota, vlhkost a hustota vzduchu, vítr, srážky a dohlednost.

1.2.1 Tlak vzduchu

Tlak vzduchu neboli atmosférický nebo barometrický tlak je vyvolán tíhou vzduchového sloupce od horní hranice atmosféry až po místo (hladinu) měření. S nadmořskou výškou se tlak logaritmicky snižuje. Je úzce provázán s teplotou a vlhkostí vzduchu. Tyto tři veličiny ovlivňují hustotu vzduchu, která má významný vliv na výkonnost letadel.

V letectví se měření tlaku vzduchu využívá k určování výšky nad zemským povrchem, letům v tzv. letových hladinách (FL), což jsou hladiny konstantního tlaku, a k dodržování vertikálních rozstupů mezi letadly letícími v letových hladinách.

Jsou definovány tyto základní výšky:

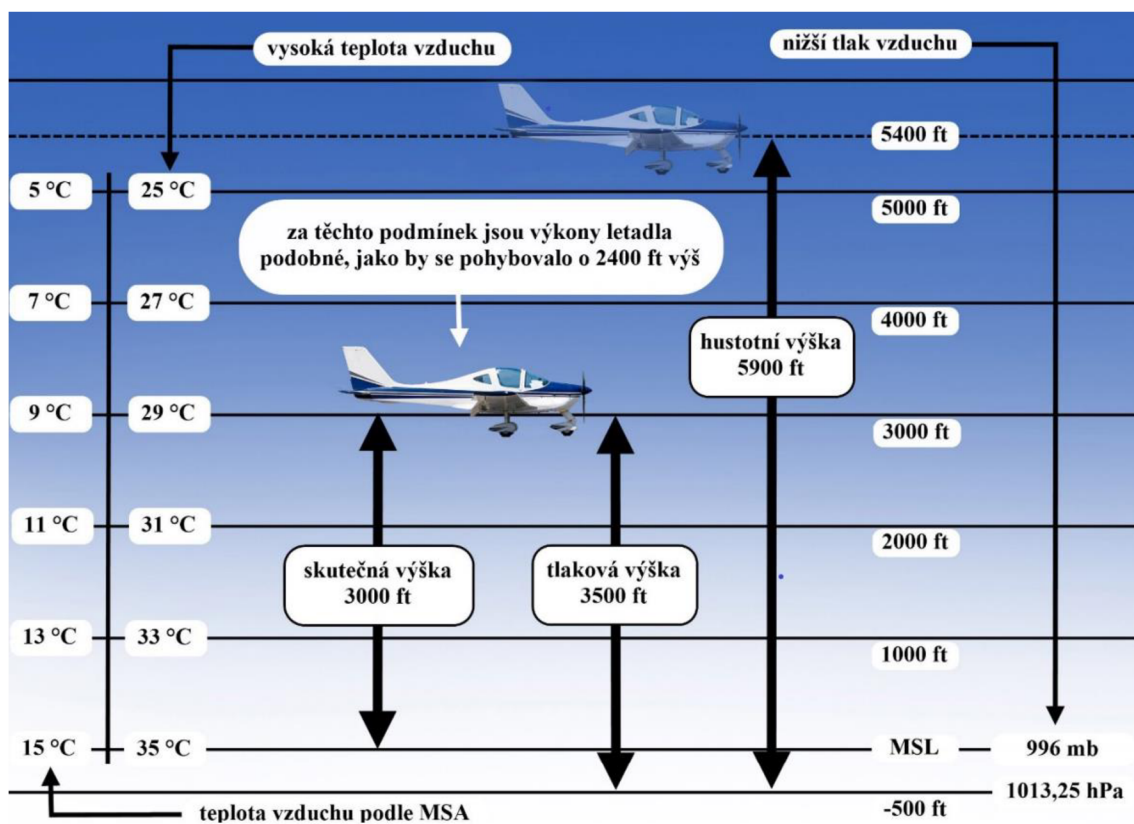
- Tlaková výška je výška dané tlakové hladiny v Mezinárodní standardní atmosféře (MSA). Například tlaková hladina 400 hPa se při podmínkách daných MSA nachází ve výšce 23 021 ft (7035 m). Výškoměr indikuje tlakovou výšku, pokud je nastaven na 1013 hPa [16].
- Hustotní výška je výška, ve které se nachází hustota vzduchu v MSA. Je to důležitý údaj pro výpočet výkonnosti letadla při vzletu a přistání.
- Letová hladina je výška nad tlakovou hladinou 1013 hPa za předpokladu MSA. Je indikována výškoměrem nastaveným na 1013 hPa. Rozstup letových hladin je stanoven na 1000 ft. Letová hladina 15 000 ft se označuje jako FL 150. Tyto hladiny se využívají pro provoz podle IFR (pravidla pro let podle přístrojů). Využívá se i „mezihladin“, které jsou určeny k provozu podle VFR

(pravidla pro let za viditelnosti). Například FL 155 odpovídá výšce 15 500 ft [16].

- Výška nad letištěm je skutečná výška letadla nad zemským povrchem (letištěm). Indikuje ji výškoměr nastavený na QFE.

Tlak vzduchu je v letectví označován kódy QFF, QNH, QFE.

- QFF je staniční tlak redukováný na střední hladinu moře podle barometrické formule.
- QNH je staniční tlak redukováný na střední hladinu moře podle mezinárodní standardní atmosféry.
- QFE je tlak vzduchu na úrovni letiště.



Obr 1.1 Vliv teploty a tlaku vzduchu na výkon letadla

1.2.2 Teplota vzduchu

Teplota je jednou ze základních fyzikálních veličin. S rostoucí nadmořskou výškou lineárně klesá. V kombinaci s tlakem a vlhkostí vzduchu určuje hustotu vzduchu. Teplota působí na letadla nepřímo prostřednictvím hustoty. Vzrůst teploty způsobí pokles hustoty, což má za následek snížení výkonnosti letounu, způsobené nižším tahem pohonných jednotek a snížením vztlaku. Pro každé letiště se udává vztažná teplota letiště, což je průměrná maximální teplota vzduchu nejteplejšího měsíce v roce vypočtená

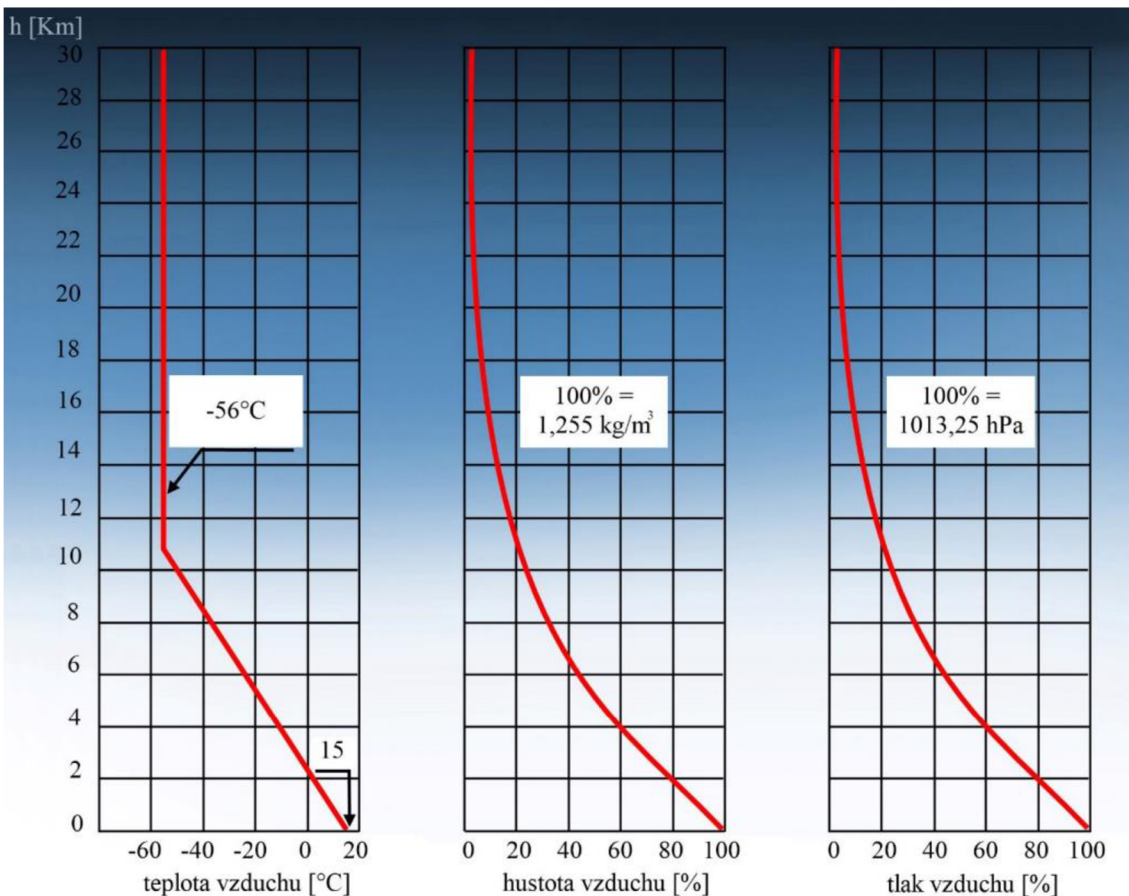
z dlouhého období, nejlépe z normovaného 30letého období. Vztažná teplota letiště vyjadřuje orientační charakteristiku provozu letiště z teplotního hlediska [10].

1.2.3 Vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu je množství vodní páry obsažené ve vzduchu. Maximální množství vodní páry, které dokáže vzduch pojmout, závisí na teplotě a tlaku vzduchu. Čím vyšší je teplota a nižší tlak, tím větší množství vodní páry může vzduch pojmout. Vlhkost vzduchu se významně podílí na vzniku srážek, oblačnosti, mlhy a dalších meteorologických jevů. V letecké meteorologii se vlhkost vzduchu vyjadřuje pomocí teploty rosného bodu, která se uvádí v meteorologických zprávách.

1.2.4 Hustota vzduchu

Hustota vzduchu je množství vzduchové hmoty připadající na daný objem vzduchu. Nelze přímo měřit. Vypočítává se pomocí stavové rovnice plynů. Závisí na teplotě, tlaku a vlhkosti vzduchu. Je přímo úměrná tlaku a nepřímo úměrná teplotě a vlhkosti vzduchu. Hustota stejně jako tlak klesá s nadmořskou výškou logaritmicky. Pokles hustoty je však pomalejší než pokles tlaku. Tento rozdíl je vyvolán nepřímou úměrou hustoty s teplotou. Podle standardních podmínek MSA je hustota vzduchu na hladině moře $1,225 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Ve FL 220 je hustota vzduchu přibližně poloviční a ve FL 400 už je jen přibližně čtvrtinová. Změna teploty vzduchu o $3 \text{ }^\circ\text{C}$ nebo tlaku vzduchu o 10 hPa na hladině moře způsobí změnu hustoty o 1 % [5]. Snížení hustoty je příčinou snížení vztlaku letadla, tudíž k odpoutání od země musí dosáhnout vyšší rychlosti a zároveň dojde ke snížení tahu pohonných jednotek, což zpomalí akceleraci na požadovanou rychlost odpoutání a prodlouží dráhu potřebnou pro vzlet. V případě, že chce pilot provést vzlet z letiště s vysokou nadmořskou výškou a při vysoké teplotě, může být omezena maximální vzletová hmotnost (MTOW), případně úplně znemožněn vzlet. Kvůli sníženému tahu pohonných jednotek by letadlo nemuselo dosáhnout požadované rychlosti odpoutání, která je zvýšená z důvodu nižšího vztlaku. Snížením MTOW se sníží požadovaná rychlost pro odpoutání a zrychlí akcelerace. Při přistání se následkem nižší hustoty vzduchu prodlouží délka výběhu [4].



Obr. 1.2 Průběh teploty, tlaku a hustoty vzduchu s výškou podle MSA

1.2.5 Vítr

Podle meteorologického slovníku je vítr prvek, který popisuje „pohyb zvolené částice vzduchu v určitém místě atmosféry v daném časovém okamžiku. Pro jeho vyjádření využíváme vektor rychlosti větru. Horizontální složka větru vzniká především působením horizontální složky síly tlakového gradientu. Vertikální složka vektoru větru vzniká jako důsledek pohybu vzduchu v cirkulačních a frontálních systémech, konvekce, obtékání překážek apod. V meteorologické praxi se sleduje odděleně směr a velikost vektoru větru jako směr větru a rychlost větru“ [3].

Meteorologické předpovědi pro leteckou dopravu nejčastěji udávají rychlost větru v uzlech (kt) nebo metrech za sekundu (m/s).

V letectví se pod pojmem vítr provozně rozumí jen horizontální složka. Má velký význam ve všech fázích letu. V cestovní fázi ovlivňuje cestovní výkony letadla (rychlost vůči zemi, spotřebu paliva apod). Při vzletu a přistání je jedním z faktorů určujících dráhu v užívání, délku rozjezdu a zastavení a náročnost na pilotáž.

Směr proudění ovlivňuje orientace a výška přírodních překážek (např. pohoří), terénních sníženin jako jsou říční údolí a kotliny, ale i staveb. Při zemi způsobují mechanickou turbulenci, která ztěžuje pilotům zejména přistání. Při silnějším větru

deformuje tok větru i oblak, který bývá vzduchem obtékán podobně jako terénní nerovnost. V meteorologických zprávách se směr udává vzhledem k zeměpisnému severu (TN), zatímco informace o směru vysílané řízením letového provozu nebo vysílané v informaci ATIS se vztahují k magnetickému severu (MN).



Obr. 1.3 Let kluzáku za využití stoupavého proudění na návětrné hraně Cu

Vítr je omezujícím faktorem pro letadla. Jednou z komplikací je boční vítr, což je horizontální složka větru kolmá k dráze letadla s maximální odchylkou 30° . Způsobuje odklon letadla od stanoveného kurzu, a proto jsou piloti nuceni provádět korekce. Při vzletu a přistání výrazně ztěžuje pilotáž. Dodržování limitu bočního větru je nutné pro bezpečné vykonání letu, aby nedošlo k vyjetí mimo dráhu nebo zachycení koncem křídla o zem ve snaze udržet letadlo v ose dráhy. Přesto nepatří k letištním provozním minimům, protože se liší pro jednotlivá letadla. Každé letadlo má uvedenou maximální hodnotu bočního větru ve své příručce. Při překročení této hodnoty nelze zaručit, že maximální výchylky kormidel postačí pro vyrovnání vlivu větru, tudíž se let stává nebezpečným.



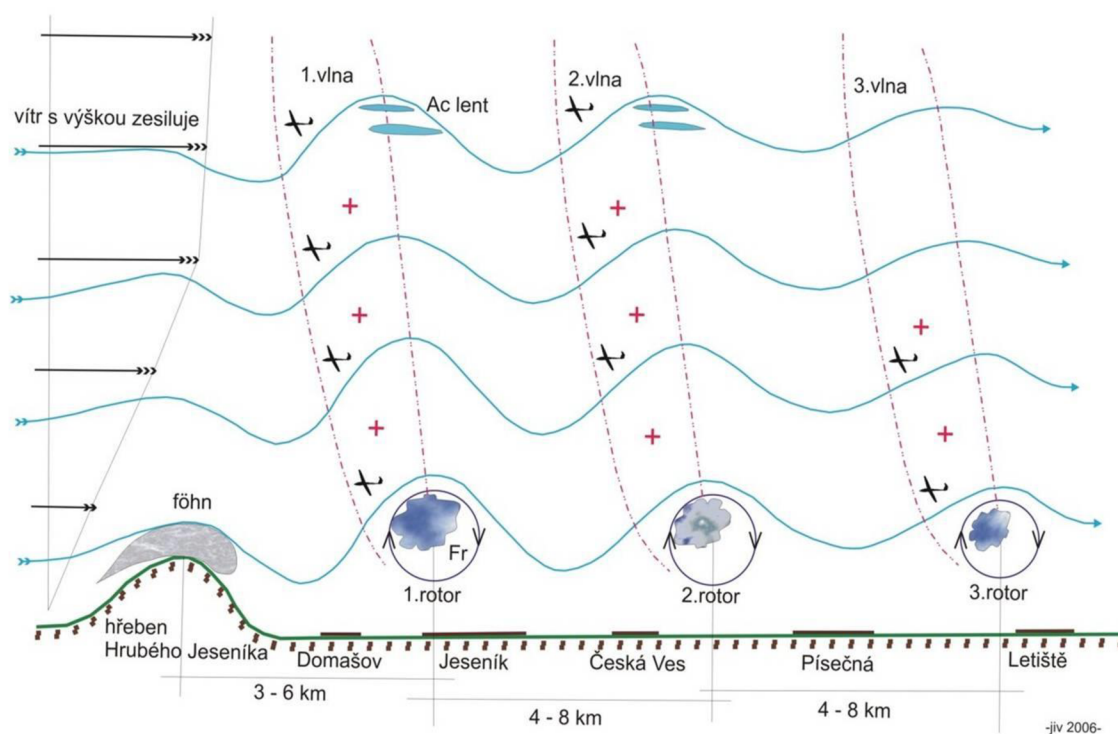
Obr. 1.4 Přistání letounu Cessna 172 při silném bočním větru

Dalším nebezpečným jevem je stříh větru, což je náhlá prostorová změna směru a rychlosti větru. Rozlišuje se vertikální a horizontální stříh větru. V místě stříhu se velmi často vyskytuje turbulence. Při průletu letadla horizontálním stříhem větru dochází k náhlé změně jeho rychlosti, což je nebezpečné zejména při přistání, kdy se letadlo pohybuje rychlostí blízkou pádové rychlosti. Pokud jsou překročeny hodnoty stanovené Mezinárodní organizací pro civilní letectví (ICAO), letecká meteorologická služba vydává výstrahy [3].

Nárazovitý vítr rovněž patří k jevům, na které si piloti musí dávat pozor. Definuje se jako „vítr krátkodobě měnící rychlost o více než 5 m/s. V letecké meteorologii se jedná o nárazovitý vítr, pokud maximální rychlost větru přesáhne průměrnou rychlost větru o 10 kt (5 m/s) a více během posledních 10 minut před pozorováním v případě zpráv METAR/SPECI a o 5 kt nebo více v místních pravidelných a mimořádných zprávách“ [3]. Poryvy větru provází turbulenci, která bývá vyvolána termickými nebo mechanickými vlivy, nejčastěji za překážkami (víry v závětrí překážek) nebo na frontách při přechodech húlav. Húlavou se rozumí prudké zvýšení rychlosti větru, který je nárazovitý a mění směr. Oproti nárazu větru trvá déle (většinou několik minut) a poté náhle ustává [3]. Vyskytuje se zejména na přední straně studené fronty, kde vytéká studený vzduch z konvektivní bouře a rozlévá se do stran.

Proudění v závětrí horských překážek je mezi piloty známé také jako „vlna“. Pro jeho vznik musí být splněno několik podmínek: stabilní zvrstvení vzduchové hmoty, vítr sílící s výškou, směr větru kolmý vůči překážce (zpravidla horský hřeben) s maximální odchylkou 30°, směr větru vůči poloze překážky by s výškou neměl překročit 30°, počáteční rychlost proudění na hřebenu překážky větší než 10 m/s. Při splnění podmínek

dochází k deformaci proudění za hřebenem v podobě stojatých vln, které dosahují výšek od tří do deseti kilometrů. Na vrcholech těchto vln se někdy nachází oblaky čočkovitého tvaru. Pod vrcholy vln se ve výšce hřebene vyskytují rotory, které provází silná turbulence, představující nebezpečí pro letadla. Při dostatečné vlhkosti vzduchu jsou rotory indikovány oblaky. Výstupné pohyby vlnového proudění využívají piloti bezmotorových letadel. V oblastech tohoto proudění jsou zavedeny zvláštní vzdušné prostory, ve kterých jsou povoleny lety ve vysokých výškách i podle pravidel VFR [8].



Obr. 1.5 Proudění v závětrí horských překážek

Méně častým nebezpečným jevem spojeným s prouděním vzduchu je propad vzduchu (downburst). Za propad se považuje náhlý pokles studeného vzduchu na závětrné straně Cb, který v některých případech dosahuje zemského povrchu. Je velmi nebezpečný jak ve vzduchu, tak na zemi. Ve vzduchu je nebezpečný zejména pro nízko letící letadla (ve fázi vzletu a přistání). Jeho indikace je velmi složitá a při jeho výskytu je lépe vyčkat ve vzduchu, než odezní, nebo změnit letiště přistání. Rozlišují se dva druhy propadu vzduchu. Microburst je propad vzduchu s horizontálním rozsahem do 4 km s maximální rychlostí klesání vzduchu až 100 m/s. Macroburst je propad vzduchu s horizontálním rozsahem nad 4 km s maximální rychlostí klesání vzduchu až 60 m/s. Délka jeho trvání je v řádu minut [14].



Obr. 1.6 Propad vzduchu poblíž města Phoenix (USA)

Při letech podle pravidel VFR se piloti výjimečně setkají také s nízkohladinovým tryskovým prouděním (low-level jet stream), které se vyskytuje na horním okraji mezní vrstvy atmosféry. Je ovlivněno reliéfem krajiny, zúžením průtočného profilu, rozložením tlakových útvarů a teplotní inverzí. Svým charakterem je podobné tryskovému proudění (jet stream), neboť rychlost proudění dosahuje 30 m/s a více [9].

1.2.6 Srážky

Atmosférické neboli ovzdušné srážky vznikají následkem kondenzace vodní páry v ovzduší, k níž dochází ochlazením vzduchu na teplotu rosného bodu. Při této teplotě dojde ke kondenzaci vodní páry a vytvoření vodních kapek. Vznikají v atmosféře, na povrchu země nebo na předmětech v atmosféře (např. na letadlech) [5]. Srážky, které dopadnou na zemský povrch a jsou měřitelné, se považují za meteorologický prvek. Srážky v podobě např. deště, mrholení nebo sněžení jsou hydrometeory, není možné je kvantifikovat, dají se pouze popsat. Vzhledem k úzkému propojení jsou v této kapitole popsány srážky jako celek.

Srážky se dělí na usazené a padající. Mezi usazené srážky představující nebezpečí pro letectví patří jinovatka (krystalická námraza), zrnitá námraza (zrnitý led) a ledovka. Jinovatka je tvořena hrubým krystalickým ledem, který se na letadle udržuje slabě, ale může být podkladem pro další tvorbu námrazy. Zrnitá námraza se vyskytuje na letadle ve formě drsného, neprůhledného ledu, který vzniká zmrznutím malých přechlazených vodních kapek při kontaktu s povrchem letadla. Tvoří se na náběžných hranách křídel

a zhoršuje aerodynamické vlastnosti letadla. Ledovka je hladká, průhledná vrstva ledu, vznikající zmrznutím velkých vodních kapek, které se po kontaktu s povrchem letadla nejprve rozlévají a poté zamrznou.

Podle tvaru se rozlišují tři typy námrazy na náběžných hranách křídel. Profilová námraza se vytváří v místě dotyku vodních kapek s povrchem křídla (náběžná hrana). Narušuje aerodynamické vlastnosti letadla. Žlábková námraza vzniká, pokud vodní kapky nezamrzají ihned po kontaktu s povrchem křídla (tato část je nejvíce kineticky ohřívána). Kapky jsou proudem vzduchu přemístěny k chladnějším částem povrchu, kde zamrzají. Výrazně ovlivňuje aerodynamické charakteristiky a zvyšuje aerodynamický odpor, čímž se stává nejnebezpečnějším typem námrazy. Beztvará námraza vzniká na povrchu křídla během letu ve smíšených oblacích při vysokých rychlostech, teplotě vzduchu pod bodem mrazu a teplotě náběžné hrany křídla nad nulou (způsobeno kinetickým ohřevem). Kapky jsou unášeny za náběžnou hranu, kde zamrzají na místech s nižší teplotou povrchu. Náběžná hrana křídla je ledovými krystalky postupně ochlazována, a i zde následně dochází k tvorbě námrazy [9].



Obr. 1.7 Námraza na náběžné hraně křídla letounu

Pokud kapky narostou do takové velikosti, že výstupné proudy nejsou schopny je ve vzduchu udržet, propadají vlivem gravitace k zemskému povrchu jako padající srážky. K nim patří déšť, mrznoucí déšť, mrholení, mrznoucí mrholení, sníh, sněhové krupky,

sněhová zrna, krupky, zmrzlý déšť, kroupy a ledové jehličky. Dále je rozlišujeme podle skupenství na kapalné (vodní kapky), pevné (ledové krystalky) a smíšené (vodní kapky a ledové krystalky). Podle intenzity rozeznáváme srážky trvalé, občasná a přeháňky.

Pro letectví představují největší riziko námraza, ledovka a pevné srážky. Námraza a ledovka zhoršují aerodynamické charakteristiky letadla. Může dojít až k zamrznutí řídicích ploch a ztrátě říditelnosti. Dalším rizikem spojeným s námrazou je zamrznutí pitotstatického systému, což způsobí chybnou indikaci přístrojů. Pokud není letadlo vybaveno systémem pro odstranění námrazy, nesmí být provozováno v podmínkách, ve kterých je znám výskyt námrazy. Pevné srážky, hlavně kroupy, mohou poškodit povrch letadla. Všechny padající srážky snižují dohlednost. Zároveň při nízkých teplotách bývají příčinou tvorby námrazy na povrchu letadla.

1.2.7 Dohlednost

Světová meteorologická organizace definuje dohlednost jako „největší vzdálenost, na kterou lze vidět a rozeznat černý předmět vhodných rozměrů umístěný u země, pokud je pozorován za denního světla proti obloze horizontu, nebo který je možné vidět a rozeznat v noci, pokud je umělé osvětlení na úrovni normálního denního světla. Pro letecké účely je za dohlednost považována největší vzdálenost, na kterou je možné spolehlivě vidět a rozeznat na světlém pozadí černý předmět vhodných rozměrů umístěný u země, a v noci největší vzdálenost, na kterou je možné spolehlivě rozeznat na neosvětleném pozadí světla o svítivosti přibližně 1 000 cd“ [5]. Je ovlivněna výskytem hydrometeorů a litometeorů. Rozlišuje se několik druhů dohlednosti – meteorologická, dráhová, letová, šikmá, vertikální, technická a převažující.

Při letech podle pravidel VFR má největší význam letová dohlednost. Pro létání na mezinárodních letištích je důležitá také dráhová dohlednost (RVR), což je vzdálenost, na kterou pilot letadla letícího v ose RWY vidí denní dráhové označení nebo návěstidla ohraničující RWY nebo vyznačující její osu. V minulosti určoval vizuálně dráhovou dohlednost meteorolog. V dnešní době se určuje pomocí transmisometrů, které jsou zpravidla umístěny uprostřed a na obou koncích RWY. V případě poruchy transmisometrů je třeba přistoupit k vizuálnímu určení RVR, čímž úroveň letiště klesá o jednu kategorii níž. Uvádí se například ve zprávách METAR [3].

1.3 Meteorologické jevy

Jsou to úkazy v atmosféře pozorované v okolí meteorologických stanic, které se dají pouze popsat či identifikovat, ne kvantifikovat. Zaznamenávají se údaje o délce jejich trvání, místě výskytu a intenzitě. Podle fyzikálních vlastností se rozlišují čtyři druhy jevů – hydrometeory, litometeory, fotometeory, elektrometeory. Pro letectví jsou nejvýznamnější a zároveň nejvíce omezující hydrometeory, litometeory a elektrometeory.

1.3.1 Hydrometeory

Hydrometeory jsou jevy v atmosféře složené z vodních částic v kapalném nebo tuhém stavu. Padají k zemskému povrchu, vznášejí se v atmosféře, jsou zdvižené větrem ze zemského povrchu, utvářejí se na zemském povrchu (na letadle) nebo ve volné atmosféře. Hydrometeory jsou srážky padající a usazené, mlha, kouřmo, zvířený sníh. Oblaky jsou také tvořeny vodními částicemi, ale mezi hydrometeory se nezařazují.



Obr. 1.8 Letoun DHC-8-300 po průletu oblastí s kroupami

1.3.2 Litometeory

Litometeory jsou jevy v atmosféře složené z pevných částic (kromě vody). Vznášejí se v atmosféře nebo jsou zdvižené větrem ze zemského povrchu. Patří k nim zákal, kouř, prachová nebo písečná bouře, zvířený prach nebo písek, vulkanický popel. Mají vliv na dohlednost. Pevné částice jako prach, písek nebo vulkanický popel představují nebezpečí pro pohonné jednotky.

1.3.3 Fotometeory

Fotometeory jsou světelné jevy v atmosféře (např. duhy, halové jevy, soumrakové barvy a glórie), které nejsou předmětem pilotova zájmu.

1.3.4 Elektrometeory

Elektrometeory jsou jevy v atmosféře způsobené atmosférickou elektřinou. Jsou buď viditelné nebo slyšitelné. Mezi elektrometeory patří blesk, hrom, polární záře a oheň svatého Eliáše. Pro letectví představuje největší nebezpečí blesk, který provází bouřku. V případě zásahu letadla může dojít k poškození elektroinstalace a vyřazení elektronických přístrojů.



Obr. 1.9 Polární záře nad Islandem

1.4 Turbulence

Turbulence je neuspořádaný pohyb vzduchu, jehož proudnice tvoří víry s libovolně orientovanou osou vůči zemskému povrchu, které letadlu udělují přídavné zrychlení, což způsobuje kymácení a změnu polohy letadla. Považuje se za nebezpečný jev. V krajních případech může dojít k překročení meze pevnosti konstrukce letadla. Měří se akcelerometry a podle intenzity se dělí do čtyř skupin (viz tab.1.1) [5].

Tabulka 1.1 Rozdělení turbulence podle intenzity

Intenzita	Zrychlení	Výskyt
Slabá	0-0,2 g	80 %
Mírná	0,2-0,5 g	16 %
Silná	0,5-1 g	3 %
Velmi silná	Více než 1 g	1 %

Podle vzniku a původu rozlišujeme tři základní druhy turbulence. Mechanická turbulence je způsobena třením proudícího vzduchu o zemský povrch. Závisí na členitosti terénu a rychlosti proudění. Zvláštním druhem mechanické turbulence je turbulence v úplavu, která se vyskytuje za letícími letadly. Termická turbulence vzniká při vzestupných a sestupných konvekčních pohybech vzduchu, které narušují jinak ustálenou vzduchovou hmotu. Vyskytuje se pouze ve dne. Dynamická turbulence vzniká ve volné atmosféře působením vnitřního tření mezi vrstvami vzduchu s rozdílným směrem a rychlostí. Hlavní příčinou vzniku bývá stříh větru. Poblíž tropopauzy vzniká v oblasti tryskového proudění [3].

1.5 Oblačnost

Oblačnost je nepřesné pojmenování skupiny určitých oblaků, např. kupovitých oblaků (kupovitá oblačnost), oblaků na frontách (frontální oblačnost), oblaků vysokého patra (vysoká oblačnost) nebo výraz pro množinu oblaků, většinou pro celkové, např. polojasno, zataženo apod.

Oblak je viditelná soustava vodních kapek, ledových krystalků nebo kombinace obojího v atmosféře. Může obsahovat i příměsi kouře, prachu apod.

Oblačnost se v letectví posuzuje pomocí druhu oblaku, výšky spodní základny nad zemí a množstvím oblaků. Druhy oblaků rozlišujeme podle různých hledisek. Podle vzhledu (morfologická klasifikace) rozeznáváme deset druhů oblaků. Podle složení se dělí na oblaky vodní, ledové a smíšené. Podle výšky nad zemí řadíme oblaky do nízkého, středního a vysokého patra. Pokrytí oblohy se v meteorologických zprávách pro letectví uvádí v osminách oblačnosti. Tato stupnice začíná od 0/8, což znázorňuje jasnou oblohu a končí 8/8, které vyjadřují zataženou oblohu. V případě, že se v místě měření nachází např. mlha a obloha není viditelná, zavádí se pojem „oblohu nelze rozeznat“ [2].

Lety podle pravidel VFR musí být prováděny mimo oblaky. Při letech podle pravidel IFR může být let proveden uvnitř oblaků, avšak je nutné počítat s možným výskytem turbulence i tvorbou námrazy na povrchu letadla.

1.6 Meteorologický model

Meteorologické modely jsou programy, které na základě informací o počátečním stavu atmosféry v daném čase vypočítávají pravděpodobný vývoj atmosféry (počasí) na danou dobu. Vstupními daty těchto modelů jsou parametry získané z globálních modelů. Globální modely vyžadují velký výkon, a proto se jimi zabývají pouze na několika místech po celém světě (např. USA, Velká Británie nebo Německo). Česká republika centrem pro výpočet globálního modelu nedisponuje [12].

1.7 Přizpůsobivost pilota na povětrnostní situaci

Aby pilot dokázal správně využít poznatky o povětrnostní situaci, které získá před letem nebo během letu, je velmi důležitá jeho schopnost umět na ně správně reagovat a přizpůsobit jim svůj let. Tuto vlastnost každý pilot získává v průběhu své letecké kariéry studiem a zkušenostmi z letů vlastních či jiných kolegů.

Zejména při soutěžních letech v bezmotorovém létání se musí pilot umět rychle rozhodnout s ohledem na informace, které má k dispozici. Pokud by váhal nebo své rozhodnutí několikrát změnil, může se z nadějně vyvíjejícího letu stát boj o udržení ve vzduchu nebo případné přistání do terénu a nedokončení soutěžní úlohy.

2 Meteorologické předpovědi

Každý stát provozuje organizaci, která zabezpečuje meteorologické informace pro civilní letectví. V Evropské unii se organizace řídí Společnými požadavky podle nařízení (ES) č.550/2004 a nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) 2096/2005 [17]. Mimo organizace, které mají za povinnost poskytovat informace ze zákona, je možné získat předpovědi počasí i z jiných zdrojů. Jedná se o zdroje volně přístupné nebo placené, kódované nebo nekódované.

2.1 ČHMÚ

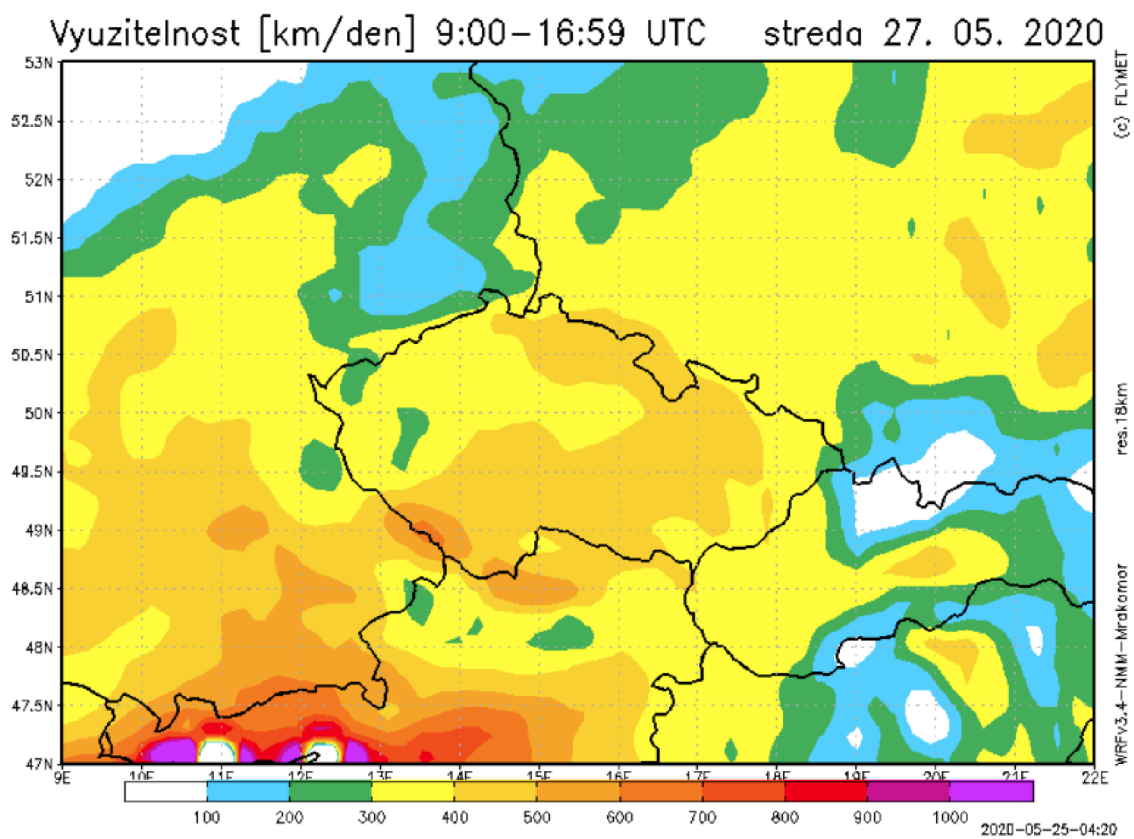
Český hydrometeorologický ústav zastřešuje Odbor letecké meteorologie (OLM), který je certifikovaným poskytovatelem meteorologických informací pro civilní letectví v České republice. Poskytuje zejména tyto služby [17]:

- výstražná služba pro letovou oblast České republiky
- vydává meteorologické zprávy METAR/SPECI a METREPORT/SPECIAL
- poskytuje služby pro provozovatele a letové posádky (letová dokumentace, briefing, konzultace aj.)
- poskytuje letecké klimatologické informace

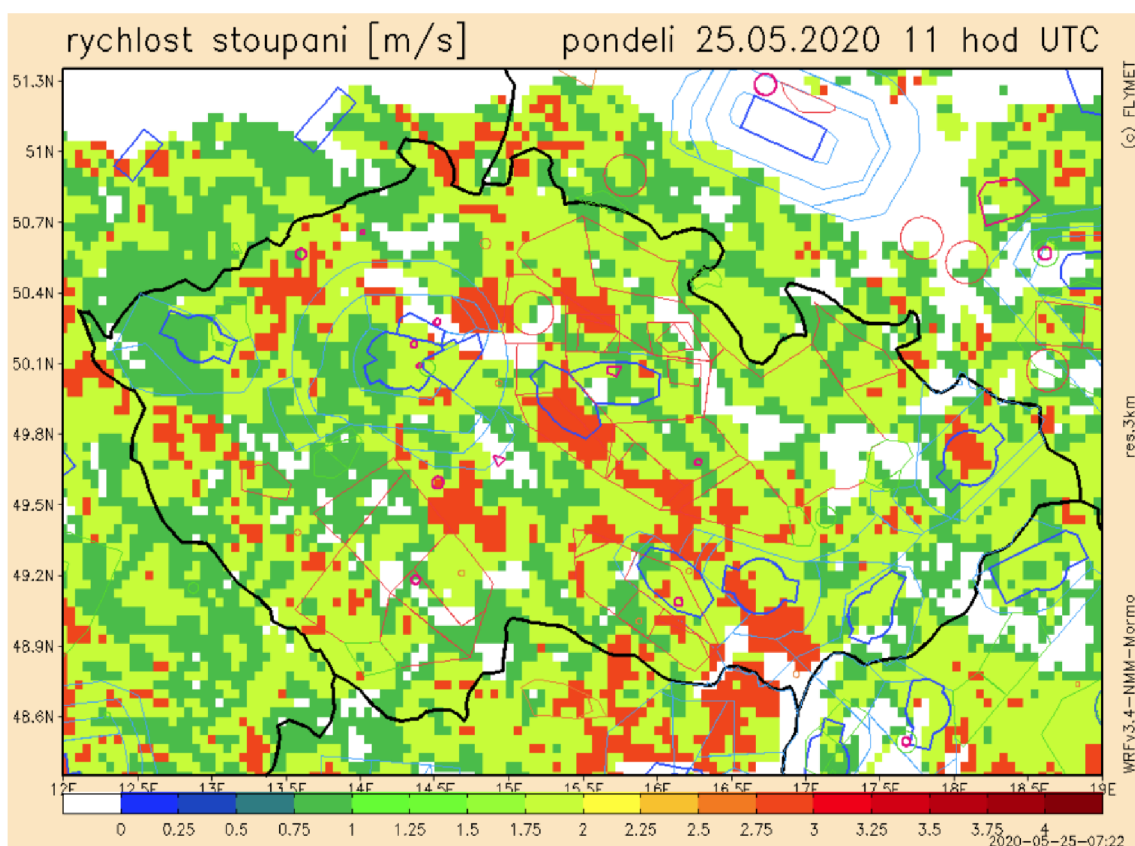
2.2 Flymet

Flymet je provozován od roku 2008 českým meteorologem Mgr. Janem Horákem, který je zároveň aktivním pilotem. Vznikl za účelem zkvalitnění předpovědi počasí pro piloty bezmotorových letadel. Poskytuje informace o všech meteorologických prvcích, jevech a oblačnosti, které jsou nezbytné pro plánování bezmotorových letů. Většinu informací interpretuje pomocí map, na nichž jsou jednotlivé prvky a jevy zapsány nebo zakresleny. Oblastí zájmu je střední Evropa a zvláštní důraz je kladen na Českou republiku a Slovenskou republiku. Předpovědi mohou využít i piloti motorových letadel. Flymet na rozdíl od SkySightu nenabízí předpověď výskytu námrazy, což však zkušený pilot odhadne i z informací, které jsou na Flymetu dostupné. Všechny informace jsou pro nekomerční účely zdarma k použití [7].

Z vlastní zkušenosti považuji Flymet za dobře využitelný pro jakýkoliv druh létání při letu podle VFR na území ČR a SR. Úspěšnost předpovědi je relativně vysoká. Jediný problém, se kterým jsem se setkal, je úspěšnost předpovědi při velmi vysoké teplotě vzduchu (nad 30 °C). V takových situacích je pro plánování bezmotorových letů vhodnější využití služby SkySight.



Obr. 2.1 Předpověď využitelnosti povětrnostní situace pro bezmotorový přelet

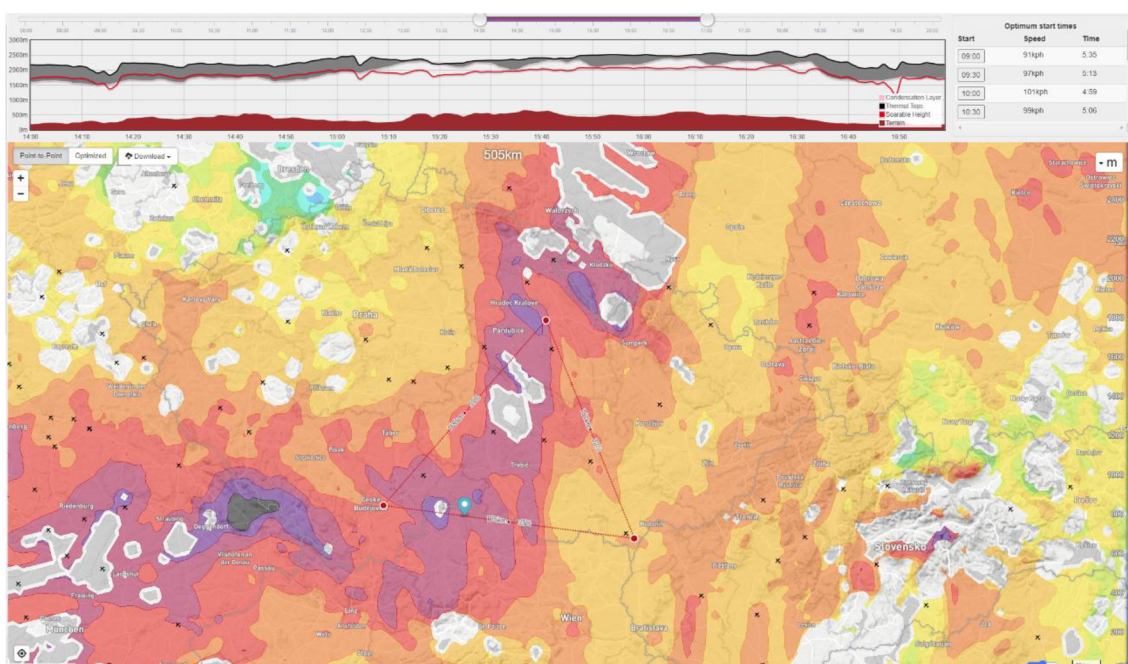


Obr. 2.2 Předpověď rychlosti stoupavých proudů na území ČR

2.3 SkySight

SkySight založil v roce 2018 australský pilot Matthew Scutter, který se v roce 2015 stal juniorským mistrem světa v bezmotorovém létání. V současné době poskytuje informace o počasí zejména pro piloty bezmotorových letadel, ale vyvíjí i systém předpovědi určených pro veškeré všeobecné letectví, který by měl být brzy dostupný. Kromě běžných meteorologických prvků a jevů nabízí SkySight pro piloty bezmotorových letadel interaktivní mapy pro plánování letu, předpověď konvergence a předpověď termické konvekce. Piloti motorových letadel by pak v novém systému předpovědi měli najít navíc předpověď výskytu námrazy, turbulence a meteorologické zprávy z velkých letišť.

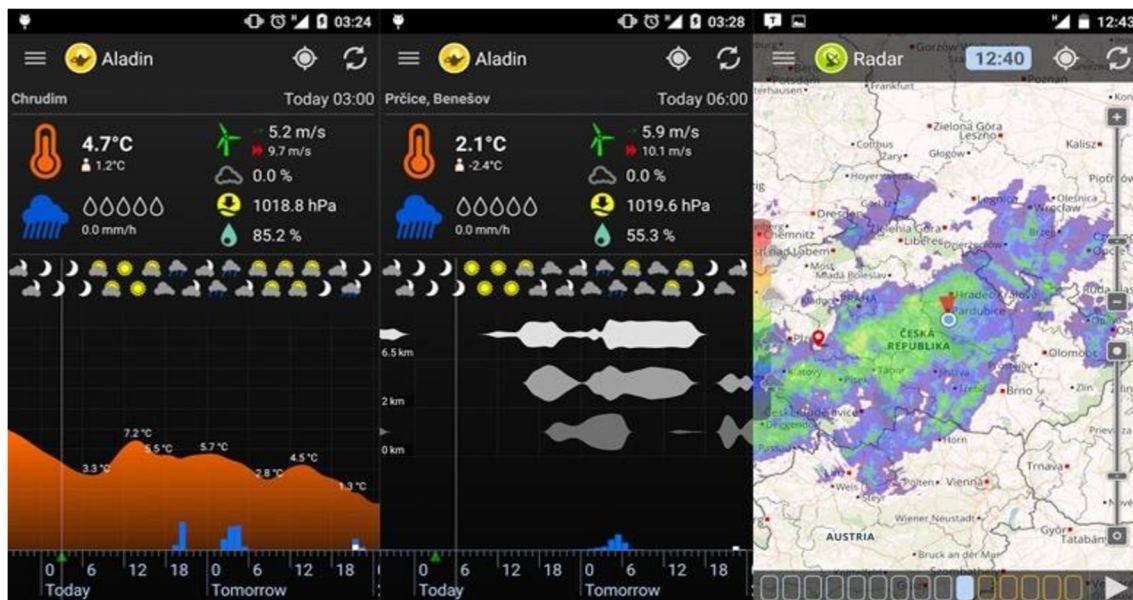
Vydává předpovědi pro větší část Evropy, Austrálie, Severní a Jižní Ameriky, Nový Zéland a jih Afriky až na 5 dní dopředu. Sám zakladatel uvádí, že nabízí informace pro všechny země, ve kterých se nachází piloti bezmotorových letadel, kteří by je mohli využít. SkySight je dostupný formou internetových stránek a nabízí jednoduché a přehledné prostředí. Největší výhodou je možnost integrace předpovědi do palubního počítače LX 9000, což pilotům bezmotorových letadel velmi usnadňuje ověřování meteorologické situace přímo na palubě letadla. Za využívání služeb se platí roční nebo měsíční poplatek [15].



Obr. 2.3 Zobrazení výšky spodní základny kupovité oblačnosti ve zdroji SkySight

2.4 Aladin

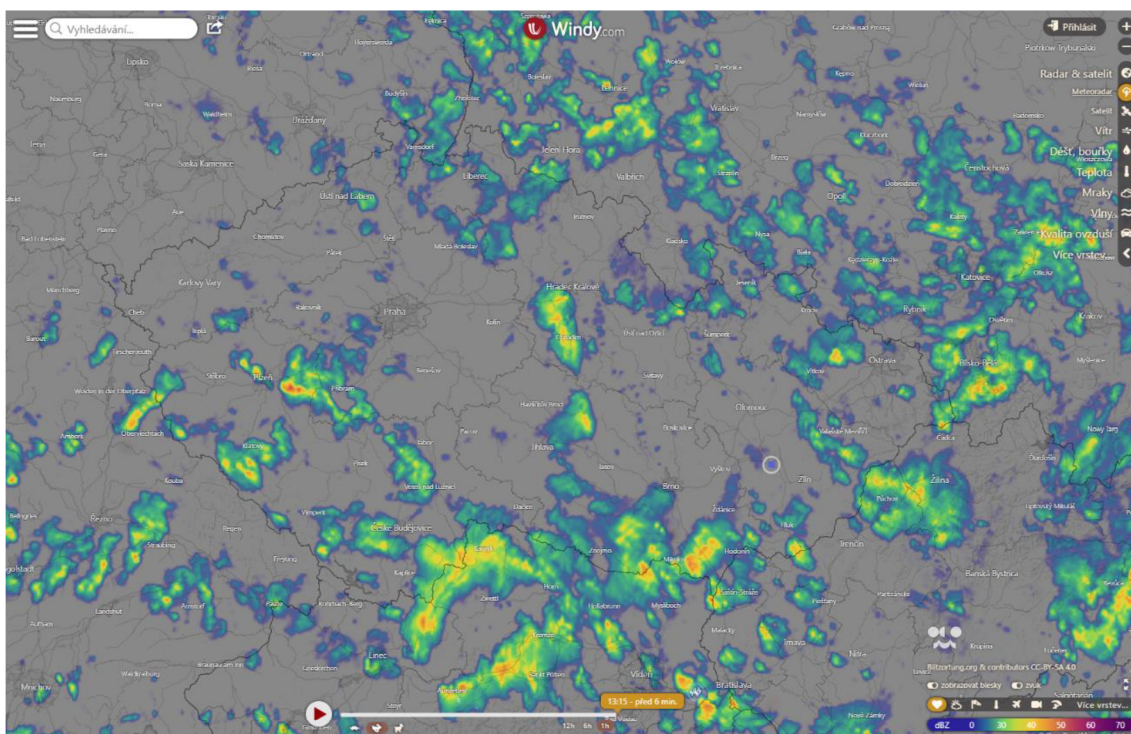
Aladin je oficiální mobilní aplikací Českého hydrometeorologického ústavu. Poskytuje výsledky stejnojmenného meteorologického modelu Aladin. Nabízí pravidelně aktualizovanou předpověď teploty, tlaku a vlhkosti vzduchu, větru a srážek pro místa po celé České republice.



Obr. 2.4 Zobrazení meteorologických prvků aplikací Aladin

2.5 Windy

Služba Windy zpočátku vznikla pouze za účelem sledování teploty a větru. Postupně však byly přidávány další meteorologické informace, např. o oblačnosti, srážkách a bouřkách. Další zásadní inovací bylo zavedení aktuálních snímků z radarů a z meteorologických družic přímo na mapový podklad Evropy, USA a části Asie. Windy je dostupné na internetových stránkách (windy.com) nebo prostřednictvím stejnojmenné aplikace na mobilních zařízeních. Pro piloty může sloužit jako základní zjednodušený přehled počasí a při letu mohou využít zobrazení radarových a družicových snímků na mapových podkladech, na kterých je zároveň v mobilní aplikaci možné zobrazit aktuální pilotovu GPS polohu. Díky této funkci je sledování zejména radarových snímků přehlednější než na stránkách ČHMÚ. Stejně jako Flymet a SkySight i služba Windy byla založena aktivním pilotem [1].



Obr. 2.5 Radarové snímky na internetových stránkách Windy

2.6 Letecko-meteorologické zprávy

Meteorologické zprávy METAR/SPECI a předpovědi TREND jsou v ČR vydávány meteorologickými stanicemi na letištích v Praze (Ruzyně), Brně (Tuřany), Ostravě (Mošnov) a Karlových Varech. Pozorování na těchto stanovištích jsou prováděna 24 hodin denně. Zprávy jsou vydávány každých 30 minut, s výjimkou Karlových Varů v nočních hodinách, kde se interval prodlužuje na 60 minut.

METAR (Meteorological Aerodrome Report) je pravidelná kódovaná meteorologická zpráva o aktuálním počasí v místě pozorování. Vydává se vždy v půl a celou hodinu. Obsahuje skupiny písmen a čísel. Počet skupin je nestálý. Obsahuje informace o přízemním větru, dohlednosti, dráhové dohlednosti, současném počasí (meteorologické jevy), oblačnosti, teplotě vzduchu, teplotě rosného bodu a tlaku vzduchu.

SPECI je nepravidelná kódovaná meteorologická zpráva, která má stejný formát jako METAR a vydává se v případě, že nastane výrazná změna počasí.

TREND je předpověď počasí, někdy také označována jako přistávací předpověď, která se připojuje ke zprávě METAR. Její platnost je dvě hodiny po vydání METARu. Udává očekávané změny v meteorologické situaci. V případě, že není očekávána žádná zásadní změna uvádí se v předpovědi TREND zkratka NOSIG (No significant change).

2.7 Předpověď TAF

TAF (Terminal Aerodrome Forecast) je předpověď meteorologických prvků na daném letišti. Bývá většinou vydávána v intervalu po 6 hodinách. Pokud je platnost předpovědi menší než 12 hodin, interval vydávání se zkrátí na 3 hodiny. Podle předpisu L3 musí být doba platnosti v rozmezí 6 a 30 hodin. Kódování předpovědi TAF je velmi podobné kódování METARu.

2.8 Oblastní předpověď

Oblastní předpověď popisuje volnou formou budoucí vývoj některých meteorologických prvků a jevů. Je k dispozici na internetových stránkách ČHMÚ v sekci počasí pro létání. Popisuje situaci od země až do FL 450.

V případě vysoké hustoty provozu pod FL 100 v některé oblasti vydává letecká meteorologická služba pro tuto oblast předpověď GAMET (General aviation meteorological forecast). Využívá zkratk ICAO k popisu meteorologických prvků a jevů. Nemá pevně stanovený kód.

2.9 Předpověď pro sportovní létání

Předpověď pro sportovní létání je k dispozici na internetových stránkách ČHMÚ. Popisuje vybrané meteorologické prvky a jevy volnou formou. Popisuje situaci od země do FL 100. Uvádí i stručný výhled na následující den. Je vhodná zejména pro rekreační piloty.

SPORTOVNÍ LÉTÁNÍ		
DEN A CAS VYDANI (UTC): 250600 PŘEDPOVĚD PRO SPORTOVNÍ LETÁNÍ NA DEN: 25.05.2020 (VYSKOVÉ ÚDAJE JSOU UVEDENY VE STOVKÁCH FT MSL)		
SITUACE: PO PŘEDNÍ STRANĚ TLAKOVÉ VYŠE SE STŘEDEM NAD JIŽNÍ ANGLIÍ A LAMANSKÝM PRULIVEM K NÁM PROUDÍ OD SEVEROZAPADU CHLADNĚJŠÍ VZDUCH.		
VÝVOJ KONVEKČNÍ OBLACNOSTI: TEPLOTNÍ ZVRSTVENÍ BUDE LABILNÍ S VÝVOJEM ČETNE KONVEKČNÍ OBLACNOSTI CU,TCU. ZEJMÉNA VE VÝCHODNÍ POLOVINĚ OJEDINELE CB.		
TEPLOTA KONVEKCE (DEG C) : 12-14 MAXIMÁLNÍ TEPLOTA (DEG C): 12-16 KONVEKČNÍ KONDENZÁČNÍ HLADINA: 030-040 HORNÍ HLADINA KONVEKCE: 100-130, MISTY 180-200 NA VÝCHODE AZ 220.		
VÝVOJ POCASÍ: OBLACNO-ZATAŽENO. ČETNE PŘEHANKY NEBO OBCASNÝ DEST, NA VÝCHODE UZEMÍ OJEDINELE BOURKA.		
ZÁKLADNÝ NÍZKĚ OBLACNOSTI: VE SRAŽKÁCH MISTY 020-030. PŘÍZEMNÍ VÍTR (KT): SEVEROZAPADNÍ-SEVERNÍ SMĚRY 6-14, MISTY S NARÁZY 20-30.		
DOHLEDNOST: NAD 10KM, VE SRAŽKÁCH 6-10KM. TURBULENCE: SLABÁ MECHANICKÁ MEZI ZEMÍ A 050. VÝŠKA IZOTERMŮ 0 DEG C: 060		
PŘEDPOVĚD VĚTRU VE VÝŠCE (KT)		
HLADINA	ČECHY	MORAVA A SLEZSKO
020:	330/20	330/15
050:	330/25	340/20
100:	320/30	340/20
VÝHLÍDKA NA ZITREK		
SITUACE: PO PŘEDNÍ STRANĚ TLAKOVÉ VYŠE NAD ANGLIÍ K NÁM NADALE BUDE PROUDIT OD SEVEROZAPADU CHLADNĚJŠÍ VZDUCH.		
VÝVOJ KONVEKČNÍ OBLACNOSTI: MEZI 06/17Z SE BUDE VYTVARĚT KUPOVITÁ OBLACNOST S HORNÍ HRANICÍ 100-150, NA VÝCHODE 230-260.		
POCASÍ: OBLACNO, MISTY POLOJASNO. V ČECHÁCH OJED. NA MORAVĚ MISTY PŘEHANKY A OJED. BOURKY.		
PŘÍZEMNÍ VÍTR (KT): SEVERNÍ SMĚRY 6-14, S NARÁZY 20-30.		
POZNÁMKA - Odkazy pro další METEO informace: portal.chmi.cz/predpovedi/predpovedi-pocasi/letecke/prehled-pocasi meteo.rlp.cz/ aisview.rlp.cz/ LKPR=		
Aktualizace: 25.05.2020 06:00 UTC		

Obr. 2.6 Předpověď pro sportovní létání vydaná ČHMÚ

3 Plánování letu

Každý let by měl být před samotným provedením nejdříve důkladně naplánován. Vzlétnout bez jakékoliv informace o povětrnostních podmínkách by bylo přinejmenším nezodpovědné a v krajních případech i nebezpečné. Následující kapitola popisuje faktory, které by měly být při plánování letu z meteorologického hlediska uváženy. Meteorologické informace, které jsou předmětem této práce, představují pouze část informací potřebných pro let. Dalšími důležitými proměnnými jsou např. hmotnost a vyvážení letadla, stav letiště odletu/příletu, vzdušný prostor a další.

3.1 Vyhodnocení a porovnání meteorologických předpovědí

Meteorologické předpovědi jsou sestavovány na základě výpočtů podle různých numerických modelů. Těch existuje velké množství a jejich produkty se více či méně liší. Pilot by měl pracovat s větším množstvím zdrojů, aby získal co nejlepší představu o budoucím vývoji povětrnostní situace. Při vlastní pilotní praxi se mi osvědčilo využívání meteorologických předpovědí ze dvou, nebo ještě lépe tří různých zdrojů. Jestliže se první dvě prostudované předpovědi v podstatě shodují a nepředpokládají výskyt nebezpečných nebo omezujících jevů (např. srážky, bouřka, silný vítr), není nezbytně nutné získávat předpověď z dalšího zdroje. Pokud by se však předpovědi významně rozcházely, je vhodné použít předpovědi ze třetího zdroje, která se ve většině případů bude podobat jedné ze dvou dříve prostudovaných. K ní by se měl pilot přiklonit. Pokud by došlo k tomu, že každá předpověď bude předpokládat jiný vývoj meteorologické situace, je rozumné předpovědi prokonzultovat se zkušeným pilotem nebo meteorologem, anebo let odložit na jiný den.

Během vlastního plánování traťových či místních letů jsem zatím nenarazil na případ, že každý ze tří zdrojů předpovědi ukázal jiné výsledky. K získání představy o meteorologické situaci na celém území ČR jsou vhodné například internetové stránky ČHMÚ, Windy nebo Flymet. Pro konkrétní místa, jako jsou mezinárodní letiště, lze využít zprávy METAR a předpovědi TAF. Menší vnitrostátní letiště také velmi často poskytují data z vlastních meteorologických měření na svých internetových stránkách. Vhodným doplňkem je i mobilní aplikace Aladin.

Při zjišťování meteorologických informací před bezmotorovým letem je postup odlišný. Ke správnému vyhodnocení vhodnosti počasí pro takový let jsou vyžadovány specifické informace, které pilot motorového letadla běžně nevyhledává a nevyužívá. Základní představu o počasí poskytnou plachtaři informace např. z ČHMÚ, Windy nebo aplikace Aladin. Pokud se počasí pilotovi jeví vhodným pro let (např. není předpovídán trvalý déšť, 8/8 oblačnosti po celý den nebo silné bouřky), může využít zdroje, které se specializují na předpověď počasí pro piloty bezmotorových letadel, jako jsou Flymet, SkySight nebo Topmeteo. Ty kromě standardních meteorologických prvků poskytují

informace o využitelnosti dne (odhadovaný počet kilometrů, které lze za dané situace uletět), detailní předpověď výskytu kupovité oblačnosti nebo předpokládané rychlosti stoupavých proudů. Všechny prvky i jevy zobrazují přehledně pomocí map, a tím umožňují vytvořit komplexní představu o celém zvoleném území (většinou státu). Pořadí, v němž pilot zkoumá prvky a jevy není pevně dané, nicméně je vhodné začít od základních (teplota, tlak a vlhkost vzduchu) a postupně pokračovat k těm specifitějším.

Již několik let se pravidelně účastním soutěží v bezmotorovém létání, na nichž každý letový den v ranních hodinách probíhá briefing, jehož součástí je i předpověď počasí, kterou přednáší většinou zkušený, velmi často profesionální meteorolog. I když meteorologové shromažďují informace již od časných ranních hodin, je někdy velmi těžké správně předpovědět vývoj počasí v daný den. Zažil jsem již lety, při nichž se počasí vyvíjelo zcela odlišně od ranní předpovědi. Meteorologové velmi často preferují jeden zdroj předpovědi, který je jim nejbližší nebo s ním mají největší zkušenosti. Proto je výhodné provést vlastní průzkum zdrojů meteorologických předpovědí, neboť kvalitní příprava na let po stránce počasí může velmi významně ovlivnit umístění pilota v disciplíně v daném letovém dni a v konečném důsledku i celkové pořadí v soutěži.

3.2 Plánování tratě

Po zjištění a vyhodnocení dostupných informací o meteorologické situaci si musí pilot ověřit, zda předpovídané meteorologické podmínky splňují minimální požadavky stanovené legislativou pro provedení letu podle pravidel VFR. Tato minima pro Českou republiku jsou dostupná ve VFR příručce v sekci VFR-ENR-2 kap. 2.2.1 Meteorologické podmínky.

Jestliže minima nejsou splněna, let se nesmí uskutečnit, a proto není účelné jej na danou dobu plánovat. Pokud splněna jsou, ještě to neznámá, že je počasí vhodné k bezpečnému a bezproblémovému provedení letu každým pilotem. Například při letu za minimální dohledností by mohlo dojít ke ztrátě navigační orientace. Za silného větru pak bývá náročná zejména fáze vzletu nebo přistání.

Dále by měl pilot při plánování letu kromě legislativních požadavků zvážit i své zkušenosti a aktuální rozlétanost, účel letu, nutnost letu a v neposlední řadě omezení pro letadlo, kterým se chystá let provádět.

Lety jsou plánovány pro různé účely. Může jít například o lety traťové, při nichž se pilot přemisťuje z jedné destinace do druhé. Kromě něho se mezi destinacemi mohou přepravovat i pasažéři, na které je vhodné při plánování brát také ohledy. Jiné lety jsou vyhlídkové, prováděné s dalšími osobami na palubě (většinou turisty), za účelem pozorování krajiny, památek a dalších zajímavých míst v okolí letiště vzletu. Spousta pilotů také provozuje sportovní činnost v podobě bezmotorových letů, při kterých se snaží

dosahovat co nejdelší uletěné vzdálenosti v co nejkratším možném čase za využití přírodní energie.

Při každém letu podle pravidel VFR musí být pilot připraven let kdykoliv přerušit nebo odvolat s ohledem na aktuální meteorologickou situaci. Pilot by se neměl dostat do situace, která ho přinutí k přijímání špatných a potenciálně nebezpečných rozhodnutí. Pokud letadlo slouží k přepravě mezi destinacemi, dá se v případě nepříznivého počasí nahradit pozemní přepravou. Lety vyhlídkové nebo rekreační se lze odložit a není nutné při nich riskovat. V minulosti již mnoho pilotů riskovalo vlastní život kvůli úspoře času, nátlaku dalších osob na palubě nebo kvůli zanedbání přípravy před letem.

Všechna letadla mají ve své letové příručce uvedeny limity spojené s meteorologickými podmínkami, které by si měl pilot prostudovat. Mimo jiné stanovené limity bočního a zadního větru pro vzlet a přistání.

3.2.1 Plánování traťových letů

Při plánování traťového letu si pilot stanoví letiště odletu, cílovou destinaci a otočné body. Ověří si předpověď počasí na obou letištích na předpokládanou dobu letu. Dále musí zjistit informace o počasí po trati, protože meteorologické podmínky na obou letištích mohou být vyhovující, avšak na trati mezi nimi by se mohl vyskytnout nebezpečný jev, který by znemožnil pokračování po trati (např. rozsáhlá bouřka). Při delších letech je vhodné mít naplánovaná alternativní letiště po trati, pokud by došlo k náhlé neočekávané změně podmínek, která by znemožňovala pokračování po trati a zároveň by už nebyl možný návrat na letiště odletu.

3.2.2 Plánování vyhlídkových letů

Vyhlídkové lety se většinou provádí s pasažéry (často turisty), kteří se chtějí podívat po okolí místa, z kterého vzlétají. Pozorovanými místy mohou být památky, přírodní úkazy, města apod. Je důležité, aby si pasažéři let užili, a proto je vhodné ho provádět v době, kdy není příliš silná termická konvekce a s ní související turbulence. Není také rozumné let provádět za silného větru, neboť bývá často provázený turbulencí, která může u osob na palubě způsobit nevolnost. Zážitek umocňuje dobrá dohlednost, alespoň 10 km. Nemusí být jasná obloha, ale není také žádoucí velké množství nízké oblačnosti, která by znemožňovala výhled do okolí, případně let nad výše položenými místy. Vyhlídkových letů bývá velmi často provedeno několik za jeden den. Pro pilota, který tyto lety provádí, je výhodné, aby si před letovým dnem nastudoval předpověď na celý den a v případě pochybností nebo nepředpokládané změny si vývoj počasí během dne pouze ověřil.

3.2.3 Plánování bezmotorových letů

Bezmotorové lety, jak již bylo zmíněno výše, se velmi často provádí jako sportovní činnost. Piloti se snaží dosahovat co největších uletěných vzdáleností bez použití motoru, s dosažením co nejvyšší průměrné rychlosti. Délka tratí se zpravidla plánuje od 100 až do 1000 km, za použití maximálně pěti otočných bodů. Počasí, které se pilotovi motorového letadla zdá vhodné pro let, může být pro pilota bezmotorového letadla naprosto nevhodné (např. horký stabilní vzduch v oblasti tlakové výše v letním období). Při plánování je lepší, pokud si pilot napřed důkladně prostuduje meteorologickou situaci a svou trať poté plánuje do oblastí s nejlépe využitelným počasím. Při opačném postupu by se mohlo stát, že by svou trať nebyl schopný uletět dostatečnou rychlostí a z důvodu slabých podmínek by také mohl přistát do terénu mimo letiště.

3.2.4 Moderní pomůcky pro plánování a provedení letu

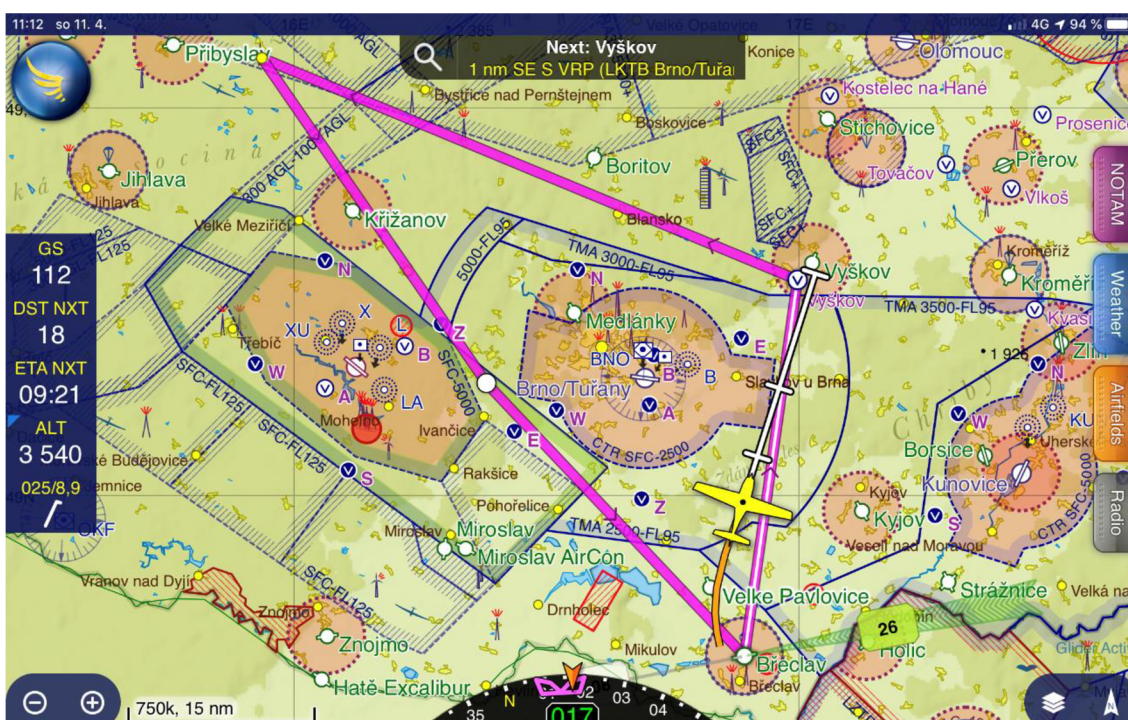
V dnešní době mají piloti možnost využít velké množství moderních pomůcek pro plánování a provedení letu. Zejména pro sportovní činnosti si piloti mohou vybírat z velkého množství programů a aplikací, které jim pomohou s obojím, ty však bývají většinou zpoplatněny. Ve své pilotní praxi využívám při letech letouny navigační aplikaci pro přenosná zařízení s názvem SkyDemon. Umožňuje plánování tratě a následnou navigaci při letu, spolu s poskytováním některých zpráv o počasí.

Při bezmotorových letech pracuji s moderním palubním počítačem LX 9000. Do počítače nastavím otočné body, přes které plánuji let a vkládám také informace o konfiguraci letadla. Při letu samotném mi přístroj poskytuje navigační i meteorologické informace, například aktuální snímky z radarů a družic, směr a rychlost větru (vypočtená počítačem), případně předpovědi výskytu oblaků, které získává pomocí internetového připojení ze SkySight. Počítač provádí také výpočty pro správnou optimalizaci letu, a tím mi umožňuje dosažení vyšších průměrných rychlostí na trati. Oproti dřívějším dobám, kdy se létalo pomocí srovnávací navigace a výpočty si prováděl každý pilot sám, umožňuje takový počítač plně se soustředit na řízení letadla a vyhledávání stoupavých proudů, díky čemuž dosahuji lepších výsledků na soutěžích.

3.3 Plánování ukázkového letu

Pro detailnější představu, jak by mohla vypadat příprava letu jsem si naplánoval let, který bude využit i pro popis, jak probíhá monitorování meteorologické situace za letu.

Navigační let byl naplánován na 11. dubna 2020 letounem Zlín 143 L s předpokládaným vzletem z letiště Břeclav v 11 hodin místního času. Jako první jsem si 10. dubna naplánoval trať, která vedla z Břeclavi do Břeclavi přes otočné body Vyškov a Žďár nad Sázavou ve výšce 3500 ft. Celková délka plánované trati byla 248 km a předpokládaná doba letu 1 hod a 13 min.



Obr. 3.1 Plánovaná trať zobrazená v aplikaci SkyDemon

Vzal jsem na vědomí letovou příručku letounu, která uvádí povinnost pozorně sledovat motorové přístroje při vysoké teplotě vzduchu a zároveň upozorňuje na snížený výkon pohonné jednotky. Maximální přípustná rychlost bočního větru pro vzlet a přistání tímto letounem je 23 kt.

S meteorologickou předpovědí jsem se poprvé seznámil 10. dubna v odpoledních hodinách. Navštívil jsem webové stránky Českého hydrometeorologického ústavu (www.chmi.cz), abych získal informace o aktuální synoptické situaci a předpovědi pro následující den. Synoptická mapa s termínem 10.04.2020 06 UTC ukazovala na území ČR vliv tlakové výše, jejíž střed se vyskytoval na území Belgie. Předpovědní synoptická mapa na 11.04.2020 12 UTC předpokládala posun středu tlakové výše na území Polska s trvajícím vlivem na území ČR. Anticyklonální počasí v teplém pololetí bývá teplé, bez

oblačnosti a s bezvětrím. Aktuální situace v době získávání informací takovému počasí odpovídala a předpovídaná synoptická situace napovídala podobnému vývoji počasí na následující den. Dalším krokem bylo zjištění teploty, tlaku a vlhkosti vzduchu, větru, oblačnosti a srážek na letišti Břeclav a otočných bodech. K tomu jsem využil mobilní aplikaci Aladin. Následující tabulka obsahuje přehled získaných hodnot.

Tabulka 3.1 Hodnoty získané z aplikace Aladin

místo a čas	Břeclav 09 UTC	Vyškov 9 UTC	Žďár nad Sázavou 10 UTC	Břeclav 10 UTC
teplota	15,2 °C	13,9 °C	13,5 °C	16,6 °C
tlak	1025,7 hPa	1026 hPa	1025,8 hPa	1025,5 hPa
relativní vlhkost	35,6 %	37,4 %	35,5 %	33,6 %
vítr (nárazy)	SV 2,8 m/s (6,3 m/s)	V 3,7 m/s (8,4 m/s)	S 2,2 m/s (7,0 m/s)	SV 2,5 m/s (6,3 m/s)
oblačnost	26,6 %	0,8 %	11,7 %	9,4 %
srážky	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm

Pro ucelenou představu jsem navštívil i Flymet. Prošel jsem všechny meteorologické prvky zobrazené na mapě a tím jsem si ověřil, že ani mezi otočnými body po trati není předpovídan žádný výrazný rozdíl oproti těmto bodům. Novou získanou informací byla předpověď dohlednosti, která udávala dohlednost větší než 15 km v celé oblasti trati po celou dobu letu. Upřesnil jsem také předpověď o větru, který měl vanout ze směru 020-025°o rychlosti do 5 kt. Oblačnost, která byla předpovídána v Břeclavi, by měla být oblačnost středního patra. Zkoumání předpovědi 10. dubna jsem ukončil s výsledkem, že předpovídané počasí je vhodné pro můj plánovaný navigační let.

V den letu 11. dubna 2020 v 8 hodin místního času jsem opět provedl kompletní analýzu předpovědi počasí na dobu letu. Začal jsem opět na portálu Českého hydrometeorologického ústavu ověřením předpovědi synoptické situace, která zůstala shodná s předpovědí z předešlého dne. Pokračoval jsem v sekci počasí pro létání. Zpráva pro sportovní létání vydaná 11.04.2020 v 06 UTC uváděla:

- počasí ovlivněné přechodem tlakové výše přes Polsko

- stabilní teplotní zvrstvení
- výskyt bezoblačné termické konvekce do FL 060-075
- maximální teplotu vzduchu 16-20 °C
- jasnou až polojasnou oblohu
- proměnlivý přízemní vítr do 4 kt
- vítr v hladině 020 ze směru 080° o rychlosti 10 kt
- dohlednost nad 10 km
- žádnou turbulenci

Pročetl jsem si GAMET a oblastní předpověď pro celé území ČR, což mi však nepřineslo žádné nové informace. Zkontroloval jsem také mapy význačného počasí, které neuváděly žádné význačné jevy v daném dni. Prohlédl jsem si aktuální snímky z meteorologických družic, které ukazovaly oblaky severovýchodně Břeclavi. Ty však postupovaly dále na východ a podle předchozích předpovědí šlo o oblaky středního patra, tudíž nepředstavovaly žádné omezení pro let.

Pokračoval jsem kontrolou hodnot v aplikaci Aladin, které však zůstaly téměř shodné a jejich nepatrná změna neměla žádný vliv na plánování letu, proto nebudu konkrétní hodnoty znovu vypisovat. Ověřil jsem si i informace získané z Flymet z předchozího dne, které také zůstaly beze změny.

Poslední věc, kterou jsem během přípravy počasí provedl, byla kontrola webových kamer na letišti Břeclav, ze kterého jsem plánoval svůj let, a také na letišti Křižanov, které se nacházelo poblíž druhého i třetího ramene trati. Kamery v Břeclavi potvrdily oblačnost z družic a také to, že nepředstavují žádné omezení pro konkrétní let. Kamery v Křižanově ukazovaly jasnou oblohu. Konečným verdiktem bylo, že let je uskutečnitelný podle plánu.

4 Provedení letu

Po získání všech potřebných informací o meteorologické situaci a důkladném promyšlení a naplánování letu přichází na řadu jeho provedení. Předpovědi, které pilot prostudoval, však nemusejí být naprosto přesné a může dojít k jinému vývoji počasí, než předpověď předpokládala.

Proto by pilot měl za letu vizuálně pozorovat podmínky ve svém okolí, s pomocí elektronických zařízení situaci ve vzdálenějších oblastech, kam směřuje a také v širším okruhu okolo tratě. Za letu lze kontrolovat aktuální snímky z radarů a družic, číst aktuální zprávy METAR z letišť, které je poskytují nebo si poslechnout METREPORT, který je automatický jako součást vysílání ATIS nebo na vyžádání od řídicího letového provozu.

4.1 Snímky z radarů

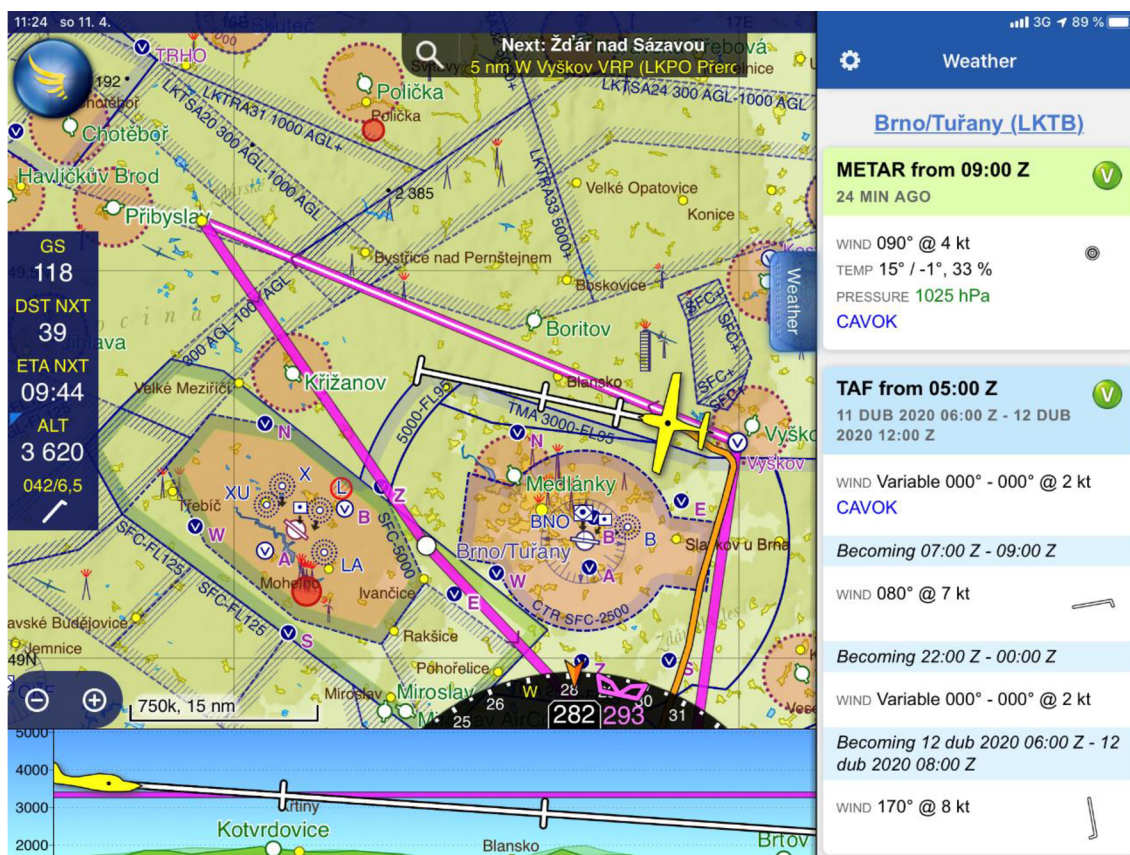
Snímky z radarů mohou být na palubě letadla zobrazeny různými způsoby. Nejjednodušším a nejdostupnějším způsobem je zobrazení na mobilním telefonu pomocí internetového připojení, který má většina pilotů u sebe. K tomu lze využít např. aplikaci Windy nebo Meteor. Některé navigační aplikace využívané na přenosných zařízeních rovněž podporují funkci zobrazení snímků přímo na mapě, díky čemuž má pilot při svém letu představu, kde se nachází vůči indikovaným srážkám. Další možností je zobrazení přímo v palubním počítači (např. LX 9000, který byl zmíněn dříve), což je nejpohodlnější a zároveň nejméně odvádí pozornost pilota od okolního prostředí a od samotného řízení letadla. Snímky z radarů pomáhají pilotům odhalit případný výskyt srážek nebo bouřek, a tím se vyhnout nebezpečí, které představují. Nejzásadnější jsou pro piloty kluzáků, neboť srážky mají negativní vliv na aerodynamické charakteristiky letadla, což zjednodušeně znamená, že kluzák kontaminovaný vodními kapkami nebude schopen uletět tak velkou vzdálenost, jakou by uletěl mimo srážky. To může vyústit až v nutnost přistání do terénu uvnitř oblasti srážek, což je velmi nebezpečné z důvodu omezené dohlednosti způsobené srážkami.

4.2 Snímky z meteorologických družic

Snímky z družic jsou také velmi užitečnou pomocí při letu, např. pokud si pilot potřebuje ověřit, zda se již rozpustila mlha na místě, kam letí. Bezmotorovým pilotům ukazuje, jestli se v oblasti jejich tratě vyskytují kupovité oblaky. Nevýhodou těchto snímků je, že podle nich není téměř možné rozeznat, o jaký druh oblaku se jedná. Zobrazení se provádí stejně jako u snímků z radarů různými způsoby. Nejpřehlednější formou zobrazení je však zobrazení přímo v navigačním počítači na palubě letadla nebo v aplikaci na přenosném zařízení, kterou pilot využívá k navigaci.

4.3 Integrace meteorologických informací v navigační aplikaci SkyDemon

SkyDemon je placená navigační aplikace určená pro přenosná zařízení se systémem Android a iOS, která umožňuje plánování letu a vedení po trati. Kromě navigačních informací poskytuje i informace o meteorologické situaci. Přimo na mapě umí zobrazovat data z radarů a směr a rychlost proudění větru. Tyto informace jsou však opožděné oproti skutečnosti a pilot by se na ně proto neměl bezmezně spoléhat, jsou však využitelné k lepší představě o aktuální meteorologické situaci. Jestliže by mělo dojít k ohrožení bezpečnosti letu (např. blízkostí bouřky nebo vydatných srážek), měl by pilot, pokud je to možné, požádat o asistenci ŘLP, které mu může poskytnout přesné aktuální informace z radarů a doporučit kurz pro bezpečný oblet nebezpečné oblasti. Aplikace také přehledně zobrazuje aktuální zprávy METAR z letišť, která se nacházejí v blízkosti plánované trati nebo aktuální pozice. Jsou zobrazovány v originální kódované formě, pilot má však možnost si zvolit převedení kódu do jednodušší, přehlednější formy, aby za letu nemusel pozornost směřovat k rozšifrování kódu. Z letišť, které vydávají předpověď TAF, poskytuje i tuto předpověď, která může být rovněž uvedena ve formě kódu nebo zjednodušené přehlednější formě.



Obr. 4.1 Zobrazení zprávy METAR a předpovědi TAF v aplikaci SkyDemon

4.4 Provedení ukázkového letu

Pro bližší představu o monitorování meteorologické situace za letu přiblížím provedení letu, který byl naplánován v kap. 3.3.

K monitorování počasí za letu jsem využil mobilní zařízení, na kterém jsem měl navigační aplikaci SkyDemon, která sloužila k navigaci po trati, poskytování zpráv METAR a předpovědi TAF z letiště Tuřany a Náměšť a informace o větru. Dále jsem měl otevřené stránky Českého hydrometeorologického ústavu, na nichž jsem pozoroval snímky z meteorologických družic a radarů. Let jsem provedl spolu s instruktorem, abych se mohl po celou dobu letu soustředit na monitorování počasí a činit poznámky.

V 11 hodin byla na letišti v Břeclavi teplota vzduchu 15 °C, tlak 1025 hPa, vítr ze směru 030-040°o rychlosti do 5 kt a 1/8 střední oblačnosti.



Obr. 4.2 Obloha při pohledu z letiště Břeclav severním směrem

Vzlétli jsme v 11:05. Během vzletu jsem nepocítil žádnou mechanickou turbulenci. Vystoupali jsme do výšky 3500 ft a zamířili k prvnímu otočnému bodu Vyškov. Při letu po prvním rameni jsem zaznamenal teplotu vzduchu ve výšce letu 5 °C. Při průletu TMA Brno jsme od řídicího letového provozu obdrželi QNH 1023 hPa. Aplikace SkyDemon udávala vítr z 025° o rychlosti 8,9 kt, což by odpovídalo protivětru. Indikovaná rychlost (IAS) na rychloměru byla 108 kt. Rychlost vůči zemi (GS) získaná ze zařízení GPS se pohybovala od 103 do 108 kt, což vypovídalo o tom, že aktuální vítr má nižší rychlost než vítr udávaný aplikací. Dohlednost severním, západním a východním směrem byla přibližně 50 km. Jižním směrem se dohlednost pohybovala mezi 35 až 40 km. Severně Břeclavi se nacházela střední oblačnost, která byla dříve zobrazena na snímcích z družic a na webových kamerách. Většinu letu po prvním rameni jsem pocíťoval slabou termickou turbulenci.

Krátce po otočení nad městem Vyškov, na počátku druhého ramene, jsem zaznamenal silnou termickou konvekci nad lomem, který byl orientován jižním směrem. Regionální QNH získané od stanoviště Praha Information bylo 1023 hPa. Vítr poskytnutý aplikací SkyDemon převažoval ze směru 030 o rychlosti 5-6 kt. Udržovali jsme rychlost (IAS) 110 kt. GS se pohybovala mezi 116 a 118 kt. V oblasti celého ramene se vyskytovala mírná turbulence způsobená termickou konvekci. Zejména na místech vhodných pro tvorbu termické konvekce (např. návětrné a nasvícené strany kopců, tmavá pole) byla turbulence intenzivnější. Obloha byla jasná bez oblaků. Snímky z radarů neukazovaly žádné srážky na celém území ČR. Na snímcích z družic byly viditelné oblaky západně naší polohy.



Obr. 4.3 Pohled z kokpitu před prvním otočným bodem směrem na západ

Třetí rameno vedlo zpět na letiště Břeclav. Letěli jsme přes letiště Křižanov a poblíž vojenského letiště Náměšť. Jižně od Křižanova se vyskytovaly 2/8 kupovité a střední oblačnosti. Při letu mezi Křižanovem a Náměští jsem také zaznamenal několik „mlžinek“ ve výšce 4500 ft, pod kterými bylo možné pocítit termickou konvekci. Termická konvekce nám několikrát nadzvedávala některé z křídel a vytvářela klonivé momenty. Vítr získaný z aplikace SkyDemon udával směr 020° a rychlost 5 kt. Ze stínů oblaků na zemském povrchu bylo možné vyzorovat, že rychlost větru je velmi malá, neboť oblaky se vůči zemi téměř nepohybovaly. Udržovali jsme IAS 108 kt. Rychlost vůči zemi (GS) dosahovala 120 kt. V oblasti Nových Mlýnů turbulence zeslábla na slabou. Nad vodní hladinou místních jezer byl vzduch klidný. Po návratu nad letiště v Břeclavi ukazovala aplikace vítr ze směru 017 o rychlosti 6,9 kt. Ve skutečnosti se podle větrného rukávu jednalo o vítr ze směru 030-035° a rychlosti do 5 kt. Přistání proběhlo bez problému a v žádné fázi přiblížení jsem nezaznamenal mechanickou turbulenci za terénními překážkami. Doba letu po trati byla 1 hod. a 10 min.

4.5 Porovnání meteorologické předpovědi se skutečným vývojem počasí

Po dokončení letu nebo skončení letového dne je užitečné provést rozbor skutečného vývoje počasí během letu a porovnat jej s předpovědí, s kterou pilot pracoval. Zejména pokud došlo k velkým odlišnostem mezi předpovědí a skutečností. Analýza počasí poskytne pilotovi zkušenosti, které využítuje při příštím plánování a pokud nastane velmi podobná meteorologická situace, měl by být schopný ji lépe posoudit.

Porovnání je proveditelné velmi jednoduše. Při plánování pilot uloží nebo vypíše veškeré podstatné informace, se kterými pracuje. Pokud je to možné, skutečný vývoj zaznamená již během letu. Jestliže to možné není, zaznačí své poznatky až po přistání. Zapsané poznámky poté porovná a vyhodnotí případné rozdíly.

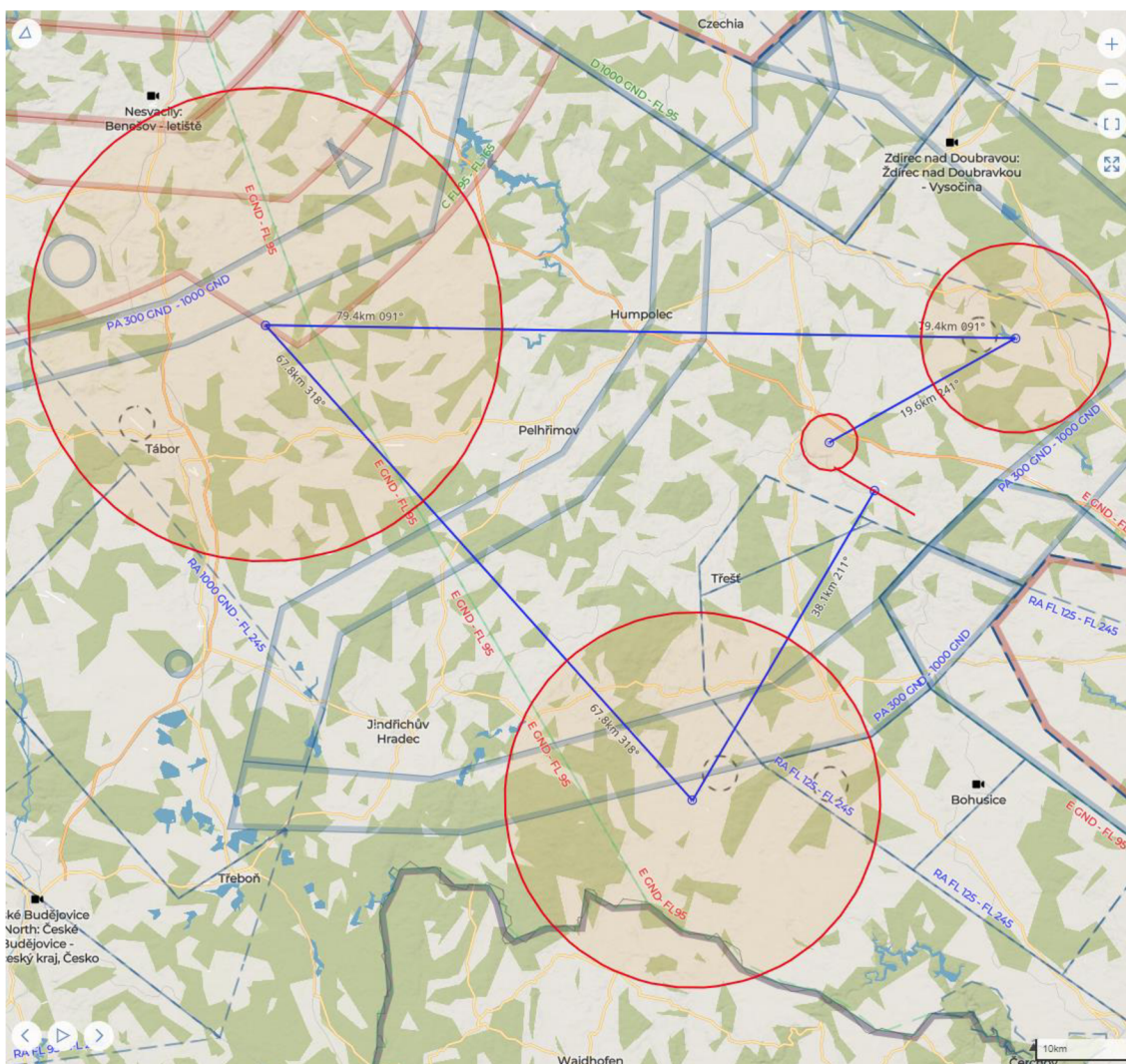
Piloti bezmotorových letadel mají při vyhodnocování počasí výhodu v podobě záznamu letu, který vytváří počítač instalovaný v letadle. Záznam obsahuje kompletní pohyb letadla během letu, tzn. že poskytuje údaje o poloze, rychlosti, výšce, rychlosti stoupání apod. Díky tomu lze vyhodnotit např. skutečnou rychlost stoupavých proudů, spodní základnu oblačnosti nebo vítr. Pilot si tak nemusí dělat poznámky během letu. Palubní počítač LX 9000 poskytuje možnost porovnání předpovědi se skutečností již za letu. Vzhledem k tomu, že umí zobrazovat informace získané ze zdroje SkySight, může pilot již za letu posuzovat, jestli je skutečné počasí takové, jaké je zakreslené na danou chvíli v předpovědi.

Piloti, kteří létají velmi často ve stejné oblasti, časem získají schopnost lépe odhadnout vývoj meteorologické situace. I přesto, že počasí je velmi rozmanité a nikdy jej nedokáže předpovědět s přesností na 100 %, opakují se různé situace, které přinášejí velmi podobný vývoj počasí.

4.6 Let 19.7.2017 na mistrovství České republiky juniorů

Na závěr této práce popíšu své zážitky z plachtařské soutěže z 19. července 2017, kdy jsem z nedostatku zkušeností nerozumně riskoval. Od tohoto dne jsem si začal více uvědomovat důležitost předletové přípravy a klást větší důraz na kvalitu meteorologických předpovědí.

Tento let byl 8. disciplínou na Plachtařském mistrovství České republiky juniorů v Jihlavě. Jednalo se o let přes tři určené prostory, jehož minimální doba letu na trati byla stanovena na dvě hodiny. Na každodenním brífinku jsme byli seznámeni s předpokládaným vývojem meteorologické situace, který počítal s bezoblačnou konvekcí po celý letový den, východním prouděním a žádnými srážkami ani význačnými jevy. V té době jsem neměl velké zkušenosti s vyhodnocováním předpovědí a plánováním letů. Spoléhal jsem se na předpovědi, které přednášel místní zkušený meteorolog.



Obr. 4.4 Zadaná trať

První předpokládaný vzlet byl naplánován na 11:30 hod. V tuto dobu však vzletl pouze meteorolog, aby ověřil situaci ve vzduchu. Ohlásil, že vzduch je stabilní a nenachází se v něm výstupné termické proudy, proto byl první start soutěžících odložen na 12:30 hod. Během vzletů se jižně Jihlavy vytvořila lokální bouřka. Někteří zkušenější závodníci, kteří byli touto dobou ještě stále na zemi, ověřovali situaci z dostupných online zdrojů (srážkový radar, snímky z družic). Vzhledem k neustávajícímu růstu bouřky a značnému vývoji kupovitých oblaků dále po trati žádali pořadatele o přerušení vzletů a zrušení disciplíny. Pořadatelé však usoudili, že počasí po trati „vypadá dobře“ a se vzlety pokračovali.

Páska pro odlet na trať byla otevřena ve 14 hodin. Stejně jako většina soutěžících jsem se rozhodl pro odlet na trať krátce po 14 hodině. Dosažení první oblasti se středem (Dačice) 38 km od startovní pásy a poloměrem 20 km trvalo několik minut. Zvolil jsem taktiku otočení oblasti na jejím okraji, neboť v blízkosti středu se vytvářela lokální bouřka. Po nasměrování letadla do středu druhé oblasti (se středem Mladá Vožice a

poloměrem 25 km) začínala nejtěžší část letu. Před letadlem byla vidět dlouhá řada kupovitých oblaků, ve které se nacházela jádra bouřek. Tato jádra postupně rostla a spojovala se do jedné velké bouřkové řady, která byla orientována kolmo na směr letu. V tu chvíli již nebyl možný návrat na letiště v Jihlavě, které hlásilo déšť, a proto jsem se rozhodl „řadu“ proletět v oblasti mezi bouřkovými jádry. Brzy jsem pochopil, že přední hrana oblaků, na které jsem se nacházel, má spodní základnu oblačnosti mnohem výše než její zadní hrana, ke které jsem směřoval. Abych dodržel pravidla letu podle VFR, byl jsem nucen vysunout brzdící klapky a pokračovat dále strmým klesavým letem. Ve chvíli, kdy jsem prolétal mezi bouřkovými jádry, začal z oblaku vypadávat déšť. Při rychlosti okolo 150 km/h, kterou jsem touto oblastí prolétal, byla hlučnost dopadajících kapek tak velká, že jsem chvíli přemýšlel, zda se nejedná o kroupy.

Jakmile jsem vyletěl zpod oblaků, zjistil jsem, že oblast za nimi je zastíněna, což tlumilo termickou konvekci. Jedinou možností, jak se udržet vzduchu, bylo pokračovat po trati na přibližně 20 km vzdálené místo, kde se nacházel první kupovitý oblak, který indikoval stoupavý proud. Dorazil jsem pod tento oblak ve výšce asi 800 m nad zemí. Po chvíli prohledávání oblasti pod kupovitým oblakem se mi podařilo nalézt stoupavý proud, kterého jsem využil k získání výšky.

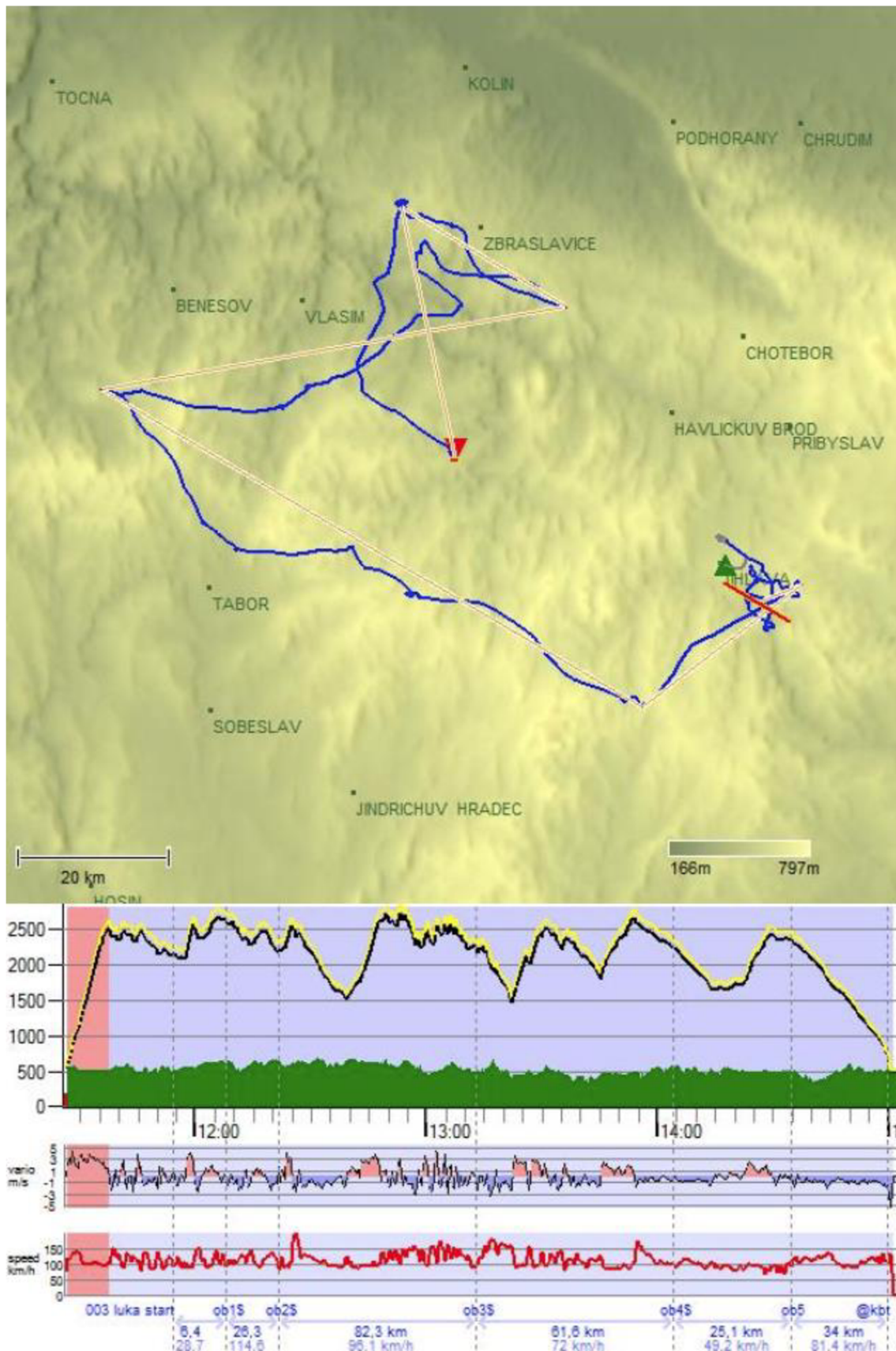
Dále let probíhal zdánlivě dobře, neboť stoupaní byla silná a byla indikována kupovitými oblaky. Pokračoval jsem až na konec určené oblasti, kde jsem se otočil směrem k oblasti třetí, jejímž středem bylo Nové Veselí (oblast s poloměrem 10 km), které se nachází 20 km severovýchodně od Jihlavy. Let probíhal bez větších problémů až do chvíle, kdy jsem dorazil na úroveň Zbraslavic. Odtud bylo vidět, že obloha dále po trati směrem k dalšímu středu je zastíněna bouřkovou oblačností, kterou jsem před tím byl nucen proletět. Ta se mezitím dále vyvinula a posunula do oblasti našeho letu (zajímavé bylo, že předpověď udávala východní proudění, ačkoliv bouřková oblačnost postupovala směrem na severovýchod).

Od Zbraslavic dál po trati byl vzduch stabilní, bez stoupavých proudů, takže bylo jasné, že z výšky 1500 m nad zemí nejsem schopný trať dokončit. Zvažoval jsem dvě alternativy. První možností bylo pokračovat dále po trati na letiště do Havlíčkova Brodu, kde bych mohl bezpečně přistát a zároveň tím získal několik dalších kilometrů po trati. Druhou možností, pro kterou jsem se nakonec rozhodl, bylo vyčkat v nezastíněné oblasti se stoupavými proudy až do doby, než se bouřková oblačnost přesune dále na severovýchod a uvolní oblast trati.

S vyčkáváním jsem pokračoval až do 16:30 hod, kdy se začal blížit konec termického intervalu. V tu chvíli již nebylo na co čekat. Pokusil jsem se získat několik dalších cenných kilometrů po trati a přiblížit se k letišti v Jihlavě. Zároveň jsem pokračoval v blízkosti záložních ploch vhodných pro přistání, abych neriskoval přistání

do neupraveného terénu a nepoškodil kluzák. V 17 hodin jsem byl nucen své snažení ukončit přistáním na ploše pro práškovací letadla v blízkosti vesnice Křelovice, která se nachází přibližně 15 km západně od Humpolce. Po přistání bylo zřejmé, že výhodnější by bylo nevyčkávat a letět do Havlíčkova Brodu, neboť by mi to přineslo více kilometrů po trati.

Po této zkušenosti bych již znovu neriskoval průlet bouřkami. Je to velmi nebezpečný jev, který může mít zejména na bezmotorová letadla fatální dopad. Rozhodnutí vyčkávat, než se bouřky posunou pryč z prostoru, kam měl pokračovat let, nepřineslo sice tolik bodů jako kdybych pokračoval přímo do Havlíčkova Brodu, ale jednalo se o bezpečné rozhodnutí, na jehož konci jsem bezpečně přistál. Soutěžní úlohu za daných povětrnostních podmínek nebylo možné dokončit, což bylo názorně vidět na výsledcích v daném letovém dni.



Obr. 4.5 Záznam skutečné uletěné trati

Závěr

Meteorologické předpovědní zdroje jsou v dnešní době oproti minulosti velmi snadno dostupné a zároveň přibývá k leteckým účelům pomůcek, které pomáhají pilotům monitorovat vývoj počasí během letu.

V této práci jsem se zabýval vlivem meteorologických prvků, jevů, oblačnosti a turbulence na letadla všeobecného letectví. Dále jsem provedl průzkum a zhodnocení současně dostupných zdrojů meteorologických předpovědí z hlediska jejich využitelnosti piloty. Mimo jiné jsem zahrnul i osobní zkušenosti s uvedenými zdroji. Popsal jsem proces přípravy různých druhů letů z hlediska povětrnostní situace. Do části o plánování jsem uvedl i poznatky ze své letecké praxe, zejména ze soutěží v bezmotorovém létání, při kterých má počasí velký význam. Pro lepší vysvětlení celého procesu plánování jsem připravil ukázkový let. Poslední část práce se věnuje problematice provedení letu a dostupnosti informací o povětrnosti situace na palubě letadla. Součástí kapitoly o provedení letu byl i ukázkový let, na kterém jsem demonstroval konkrétní průběh monitorování počasí za letu s následným porovnáním předpovědi se skutečným vývojem počasí. Na úplný závěr práce jsem uvedl svůj soutěžní let uskutečněný v létě roku 2017. Jeho rozbořem dokládám, jak neúspěšná předpověď počasí v době ztížených povětrnostních podmínek může ohrozit let z hlediska bezpečnosti, pilota vede k riskantním rozhodnutím a zhoršuje sportovní výsledky. Každá zpětná analýza složitějších situací obohacuje pilotovu zkušenost a kvalifikaci (doslova mu zachraňuje život).

Seznam použitých zdrojů

- [1] ALTMAN, L. Windy, opravdu přesná předpověď počasí přehledně na jednom místě. In: *Svět Androida* [online]. 2019 [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://www.svetandroida.cz/windy-predpoved-pocas/>
- [2] Celkové pokrytí oblohy oblačností. In: *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/opss/pocasiccko/vysvetlivky_oblacnost.html
- [3] Česká meteorologická společnost [online]: Elektronický meteorologický slovník výkladový a terminologický (eMS) [cit. 26.02.2020]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz>
- [4] DANĚK, V., 2006. *Výkonnost (032)*. Učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů dle předpisu JAR-FCL. Brno: Akademické nakladatelství CERM. 1. vydání. 144 s. ISBN 80-7204-446-X.
- [5] DVOŘÁK, P., 2017. *Letecká meteorologie 2017*. Cheb: Svět křídel. 1. vydání. 456 s. ISBN 978-80-7573-014-5.
- [6] DVOŘÁK, P., 2012. *Termika*. Cheb: Svět křídel. 1. vydání. 304 s. ISBN 978-80-87567-06-7.
- [7] *Flymet* [online]. [cit. 2020-04-16]. Dostupné z: <http://flymet.meteopress.cz/>
- [8] KERUM, J. Jak vzniká vlna? In: *Aeroweb* [online]. 2006 [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://www.aeroweb.cz/clanky/601-jak-vznika-vlna>
- [9] KRÁČMAR, J., KRŠKA, K., SOBOTA, J., SVATOŠ, V., 2006. *Meteorologie (050 00)*. Učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů dle předpisu JAR-FCL. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM. 1. vydání. 305 s. ISBN 80-720-4447-8.
- [10] Letecký předpis L14 Letiště In: *Ministerstvo dopravy České republiky*, 2013. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-14/index.htm>
- [11] Letecký předpis L8400 Zkratky a kódy In: *Ministerstvo dopravy České republiky*, 2013. Dostupné z: http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-8400/data/print/L-8400_cely.pdf
- [12] Meteorologické modely. In: *Meteocentrum* [online]. [cit. 2020-02-19]. Dostupné z: <https://www.meteocentrum.cz/zajimavosti/encyklopedie/meteorologicke-modely>
- [13] *Metodika výcviku na kluzácích. Díl III – Sportovní výcvik*, 1982. Praha: Svazarm. 224 s.

- [14] POLANSKÝ, L., 2016. *Meteorologické informační zdroje pro posádky letadel*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 49 s. Vedoucí bakalářské práce RNDr. Karel Krška, CSc.
- [15] SkySight. In: *Cumulus Soaring, Inc.* [online]. [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: <https://www.cumulus-soaring.com/skysight.htm>
- [16] *Učebnice pilota 2016: pro žáky a piloty všech druhů letounů a sportovních létajících zařízení, provozujících létání jako svou zájmovou činnost*. Cheb: Svět křídel, 2016. 1. vydání. 405 s. ISBN 978-80-87567-89-0.
- [17] Základní informace. In: *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/o-nas/organizacni-struktura/usek-meteorologie-a-klimatologie/odbor-letecke-meteorologie/zakladni-informace>

Seznam použitých zkratk

ATIS	automatic terminal information service	automatická informační služba
°C	degree Celsius	stupeň Celsia
Cb	cumulonimbus	kumulonimbus
cd	candela	kandela
ČHMÚ		Český hydrometeorologický ústav
ČR		Česká republika
FL	flight level	letová hladina
ft	feet	stopa
GAMET	area forecast for low-level flights	oblastní předpověď pro lety v nízkých hladinách
GPS	global positioning systém	globální družicový polohový systém
GS	ground speed	rychlost vůči zemi
hPa	hectopascal	hektopascal
IAS	indicated airspeed	indikovaná vzdušná rychlost
ICAO	International Civil Aviation Organization	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
IFR	instrument flight rules	pravidla pro let podle přístrojů
km	kilometer	kilometr
kt	knot	uzel
METAR	aerodrom routine meteorological report	pravidelná letecká meteorologická zpráva
m	metre	metr
mm	millimetre	milimetr
MN	magnetic north	magnetický sever
MTOW	maximum take-off weight	maximální vzletová hmotnost
MSA		mezinárodní standardní atmosféra
m/s	meter per second	metr za sekundu
NOSIG	no significant change	bez význačné změny
OLM		Odbor letecké meteorologie

QFE	atmospheric pressure at aerodrome elevation or at runway threshold	atmosférický tlak vztažený k výšce letiště nad mořem nebo prahu dráhy
QFF	atmospheric pressure reduced to mean sea level according to barometric formula	atmosférický tlak vzduchu redukovaný na hladinu moře podle barometrické formule
QNH	atmospheric pressure reduced to mean sea level	atmosférický tlak vzduchu redukovaný na hladinu moře podle MSA
RVR	runway visual range	dráhová dohlednost
RWY	runway	dráha
SIGMET	information concerning en-route weather phenomena which may effect safety of a/c	informace o meteorologických jevech na trati, které mohou ovlivnit bezpečnost letového provozu
SPECI	aviation selected special weather report	zvláštní letecká meteorologická zpráva
SR		Slovenská republika
TAF	terminal aerodrome forecast	letištní předpověď
TMA	terminal control area	koncová řízená oblast
TN	true north	zeměpisný sever
TREND	trend forecast	předpověď trend
UTC	universal time coordinated	světový koordinovaný čas
VFR	visual flight rules	pravidla pro let za viditelnosti země

Seznam použitých obrázků a tabulek

Obr. 1.1 Vliv teploty a tlaku vzduchu na výkon letadla

Dostupné z:

<https://core.ac.uk/download/pdf/44403276.pdf>

Tab. 1.1 Rozdělení turbulence podle intenzity

Autor

Obr. 1.2 Průběh teploty, tlaku a hustoty vzduchu s výškou podle MSA

Dostupné z:

<https://core.ac.uk/download/pdf/44403276.pdf>

Obr. 1.3 Let kluzáku za využití stoupavého proudění na návětrné hraně Cu

Bc. Jan Viskot

Obr. 1.4 Přistání letounu Cessna 172 při silném bočním větru

Dostupné z:

<https://www.aopa.org/news-and-media/all-news/2017/april/10/training-tip-crosswinds-crosswinds-crosswinds#>

Obr. 1.5 Proudění v závětrí horských překážek

Dostupné z:

<http://www.airspace.cz/akademie/rocnik/2008/10/vlna.php>

Obr. 1.6 Propad vzduchu poblíž města Phoenix (USA)

Dostupné z:

https://weatherstreet.com/weatherquestions/What_is_a_downburst.htm

Obr. 1.7 Námraza na náběžné hraně křídla letounu

Dostupné z:

<http://pilotgetaways.com/mag/nd09/icing>

Obr. 1.8 Letoun DHC-8-300 po průletu oblastí s kroupami

Dostupné z:

<https://www.radarbox.com/news/incident-a-proflight-dhc-8-300-was-severely-damaged-during-midair-a-hail-storm>

Obr. 1.9 Polární záře nad Islandem

Dostupné z:

<https://www.ervpojistovna.cz/cs/jak-polarni-zare-island>

Obr. 2.1 Předpověď využitelnosti povětrnostní situace pro bezmotorový přelet

Dostupné z:

<http://flymet.meteopress.cz/vyu1.php>

Obr. 2.2 Předpověď rychlosti stoupavých proudů na území ČR

Dostupné z:

<http://flymet.meteopress.cz/cr/?gmetyp=cuvr&gmepic=13>

Obr. 2.3 Zobrazení výšky spodní základny kupovité oblačnosti ve zdroji SkySight

Dostupné z:

<https://skysight.io/secure/#>

Obr. 2.4 Zobrazení meteorologických prvků aplikací Aladin

Dostupné z:

<https://www.huramobil.cz/aplikace-na-cesty-5.dil-pocasi/blog-119/>

Obr. 2.5 Radarové snímky na internetových stránkách Windy

Dostupné z:

<https://www.windy.com/?49.444,16.647,9>

Obr. 2.6 Předpověď pro sportovní létání vydaná ČHMÚ

Dostupné z:

<http://portal.chmi.cz/predpovedi/predpovedi-pocasi/letecke/sportovni-letani>

Obr. 3.1 Plánovaná trať zobrazená v aplikaci SkyDemon

Vychází z:

Mobilní aplikace SkyDemon

Tab. 3.1 Hodnoty získané z aplikace Aladin

Autor

Obr. 4.1 Zobrazení zprávy METAR a předpovědi TAF v aplikaci SkyDemon

Vychází z:

Mobilní aplikace SkyDemon

Obr. 4.2 Obloha při pohledu z letiště Břeclav severním směrem

Autor

Obr. 4.3 Pohled z kokpitu před prvním otočným bodem směrem na západ

Autor

Obr. 4.4 Zadaná trať

Dostupné z:

<https://www.soaringspot.com/cs/plachtarske-mistrovstvi-ceske-republiky-junioru-jihlava-2017/tasks/club/task-8-on-2017-07-19>

Obr. 4.5 Záznam skutečné uletěné trati

Dostupné z:

https://www.cpska.cz/public/index3.php?lpg=zobraz_let&let_id=100377

Seznam příloh

Příloha 1. Synoptická situace 10.4.2020 06 UTC

Dostupné z:

<http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/aktualni-stav-pocasi/evropa/synopticka-situace>

Příloha 2. Předpovědní synoptická mapa na 11.4.2020 12 UTC

Dostupné z:

<http://portal.chmi.cz/predpovedi/predpovedi-pocasi/evropa/synopticka-situace>

Příloha 3. Oblastní předpověď pro LKAA

Dostupné z:

<http://portal.chmi.cz/predpovedi/predpovedi-pocasi/letecke/oblastni-pro-lkaa>

Příloha 4. GAMET

Dostupné z:

<http://portal.chmi.cz/predpovedi/predpovedi-pocasi/letecke/gamet>

Příloha 5. Mapa význačného počasí pro nízké hladiny

Dostupné z:

<http://portal.chmi.cz/predpovedi/predpovedi-pocasi/letecke/swl-mapa>

Příloha 6. Mobilní aplikace ALADIN – předpověď pro Břeclav na 11.4.2020

Vychází z:

Mobilní aplikace Aladin

Příloha 7. Flymet – předpověď teploty na 11.4.2020 10 UTC

Dostupné z:

<http://flymet.meteopress.cz/cr/?gmetyp=t2m&gmepic=12>

Příloha 8. Flymet – předpověď srážek na 11.4.2020 11 UTC

Dostupné z:

<http://flymet.meteopress.cz/cr/?gmetyp=srz&gmepic=12>

Příloha 9. Flymet – předpověď dohlednosti na 11.4.2020 10 UTC

Dostupné z:

<http://flymet.meteopress.cz/cr/?gmetyp=vis&gmepic=12>

Příloha 10. Flymet – předpověď oblačnosti na 11.4.2020 10 UTC

Dostupné z:

<http://flymet.meteopress.cz/cr/?gmetyp=oblcX&gmepic=12>

Příloha 11. Flymet – předpověď větru na 11.4.2020 10 UTC

Dostupné z:

<http://flymet.meteopress.cz/cr/?gmetyp=vitrX&gmepic=12>

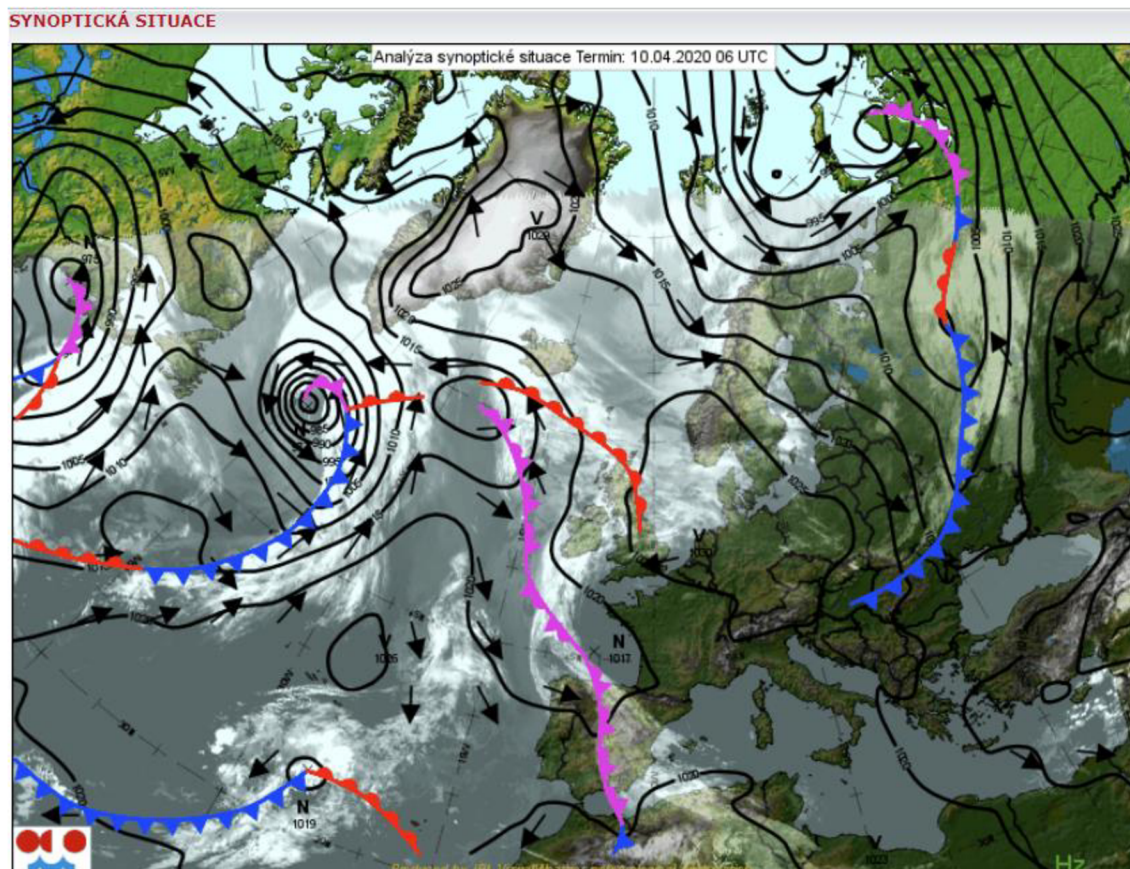
<http://flymet.meteopress.cz/cr/?gmetyp=vitra&gmepic=12>

Příloha 12. Flymet – předpověď výskytu Cu na 11.4.2020 10 UTC

Dostupné z:

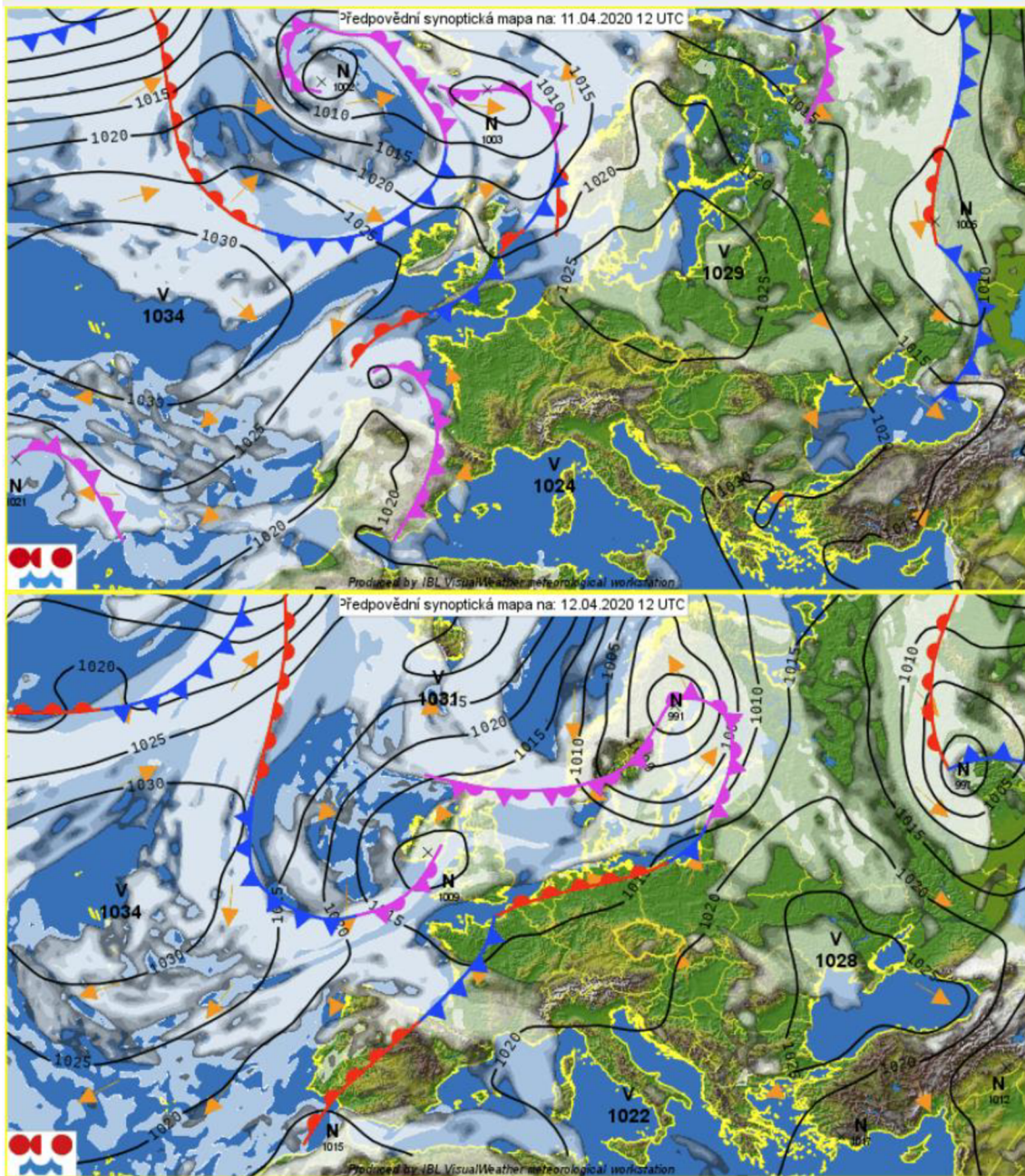
<http://flymet.meteopress.cz/cr/?gmetyp=cukh&gmepic=12>

Přílohy



Příloha 1. Synoptická situace 10.4.2020 06 UTC

PŘEDPOVĚDNÍ SYNOPTICKÁ MAPA EVROPY



Příloha 2. Předpovědní synoptická mapa na 11.4.2020 12 UTC

OBLASTNÍ PRO LKAA

LETOVA PREDPOVED PRO CR/OBLASTNI PREDPOVED PRO LKAA
VRSTVA OD ZEME DO FL450
(VYSKOVE UDAJE JSOU UVEDENY VE STOVKACH FT MSL)
PLATNOST 110400/111300 UTC.

SITUACE: NASE UZEMI OVLIVNUJE TLAKOVA VYSE POSTUPUJICI
Z NEMECKA NAD POLSKO.

VYSKOVY VITR A TEPLOTA (DEG,KT;DEG C)

USEK TRATI: CECHY MORAVA A SLEZSKO

TROPO		400	-67		
FL450	300/40	-62	310/44	-61	
FL390	320/40	-68	330/50	-67	
FL340	330/38	-57	330/58	-57	
FL300	320/40	-47	330/58	-47	
FL240	320/40	-31	330/42	-32	
FL180	320/24	-19	330/26	-20	
FL100	330/18	-4	330/18	-5	
FL050	300/06	1	350/12	1	

PRIZEMNI VITR (DEG,KT): 360-070' 4-10, ZRANA MISTY VRB 2-4

OBLACNOST

CELKOVE POKRYTI A DRUH: SKC/SCT CI,AC,SC,CU

NEJNIZSI VRSTVA: SKC/SCT SC, KOLEM KOPCU POZDEJI OJEDINELE CU

BASE 050-065

TOP 070-080

DALSI VRSTVA: SKC/SCT CI,AC

BASE NAD 080-090

DOHLEDNOST: NAD 10 KM

STAV POCASI: JASNO AZ POLOJASNO

VYSKA IZOTERMY 0 DEG C: 050-065, V JIHOZAPADNI POLOVINE CR

POSTUPNE 065-077

TURBULENCE: BEHEM DNE SLABA ZEM-050

NAMRAZA: NIL

TLAK QNH (HPA): 1022-1024, SETRVALY STAV=

Aktualizace: 11.04.2020 03:07 UTC

*Příloha 3. Oblastní předpověď pro LKAA***GAMET**

LKAA GAMET VALID 110400/111000 LKPW-

LKAA PRAHA FIR BLW FL100

SECN I

HAZARDOUS WX NIL

SECN II

PSYS: N54 E018 H 1028 HPA MOV E NC

WIND/T: W HALF E HALF

2000 FT: 040/10KT PS07 040/06KT PS07

5000 FT: 290/06KT PS01 340/14KT PS01

10000 FT: 330/18KT MS04 330/18KT MS05

CLD: SKC/FEW AC, BASE 8000-10000FT AMSL

SKC/SCT SC 5000-6500/7000-8000FT AMSL

FZLVL: SW HALF 6500-8000FT AMSL, NE HALF 5000-6500FT AMSL

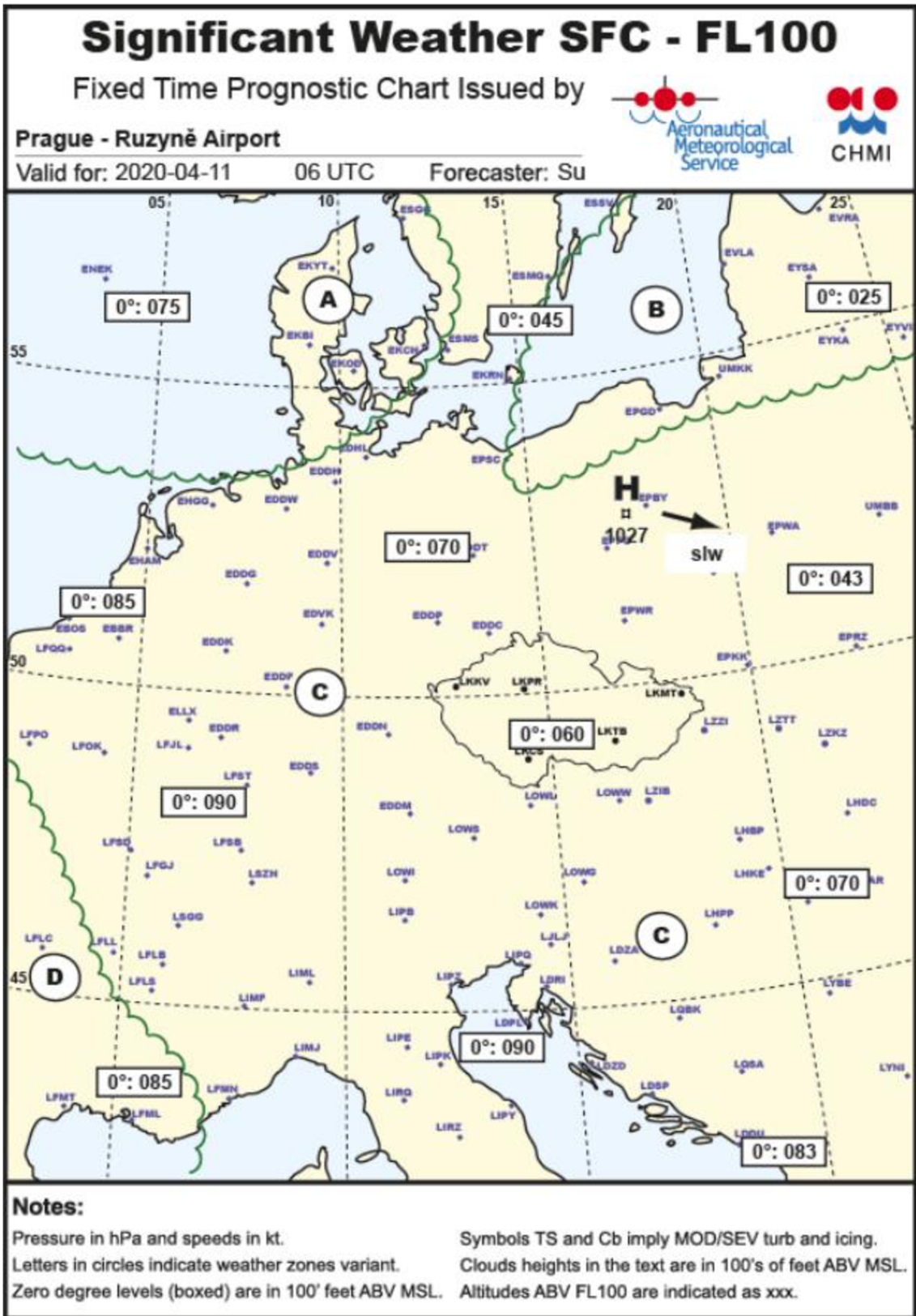
MNM QNH: 1023HPA

VA: NIL

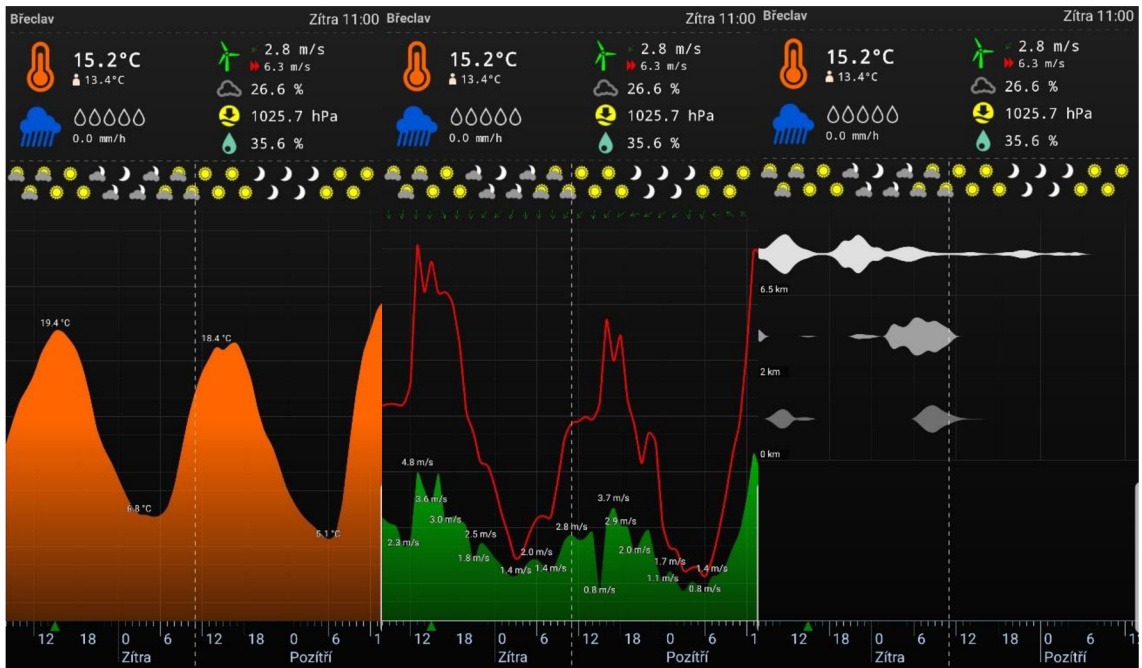
=

Aktualizace: 11.04.2020 02:52 UTC

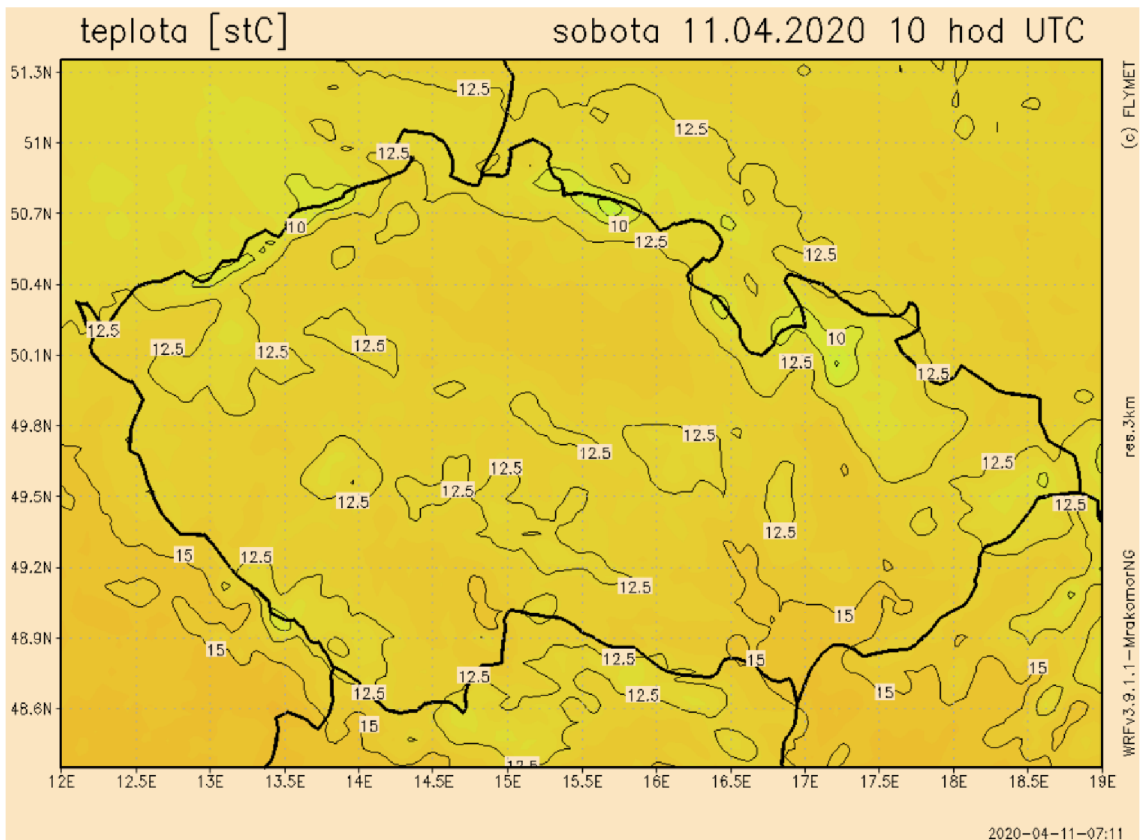
Příloha 4. GAMET



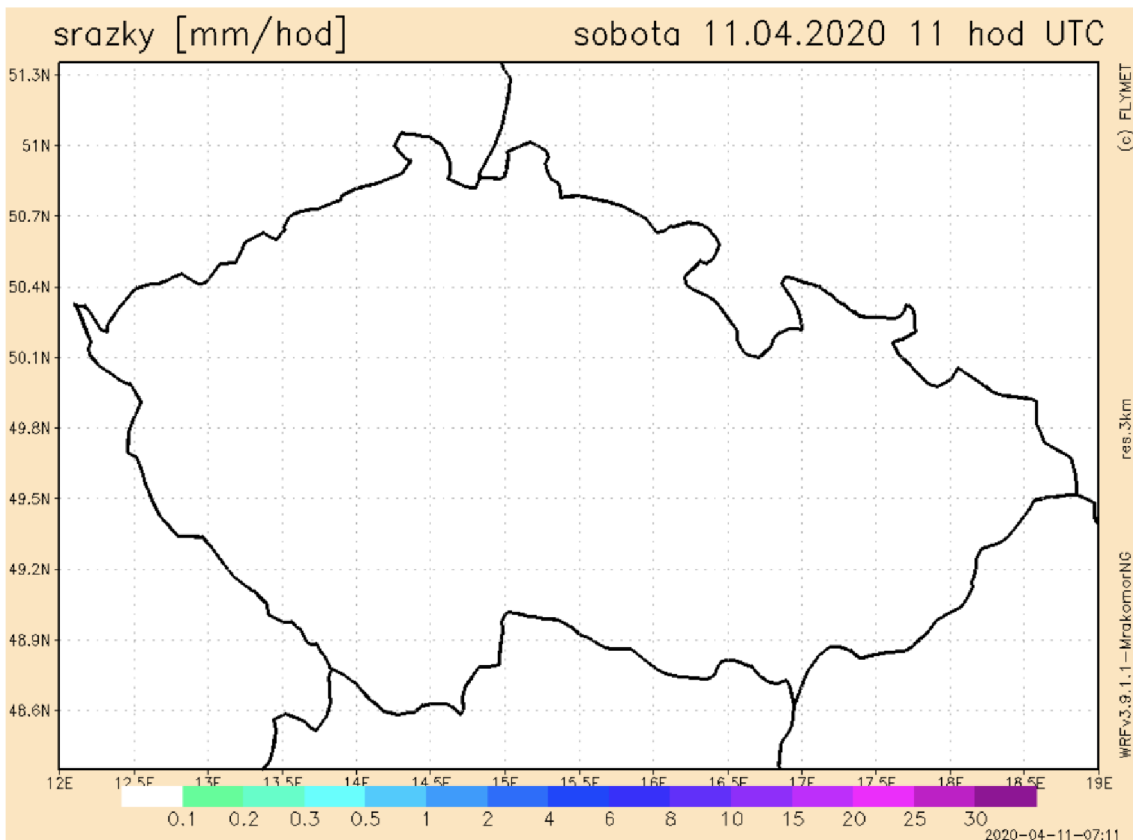
Příloha 5. Mapa význačného počasí pro nízké hladiny



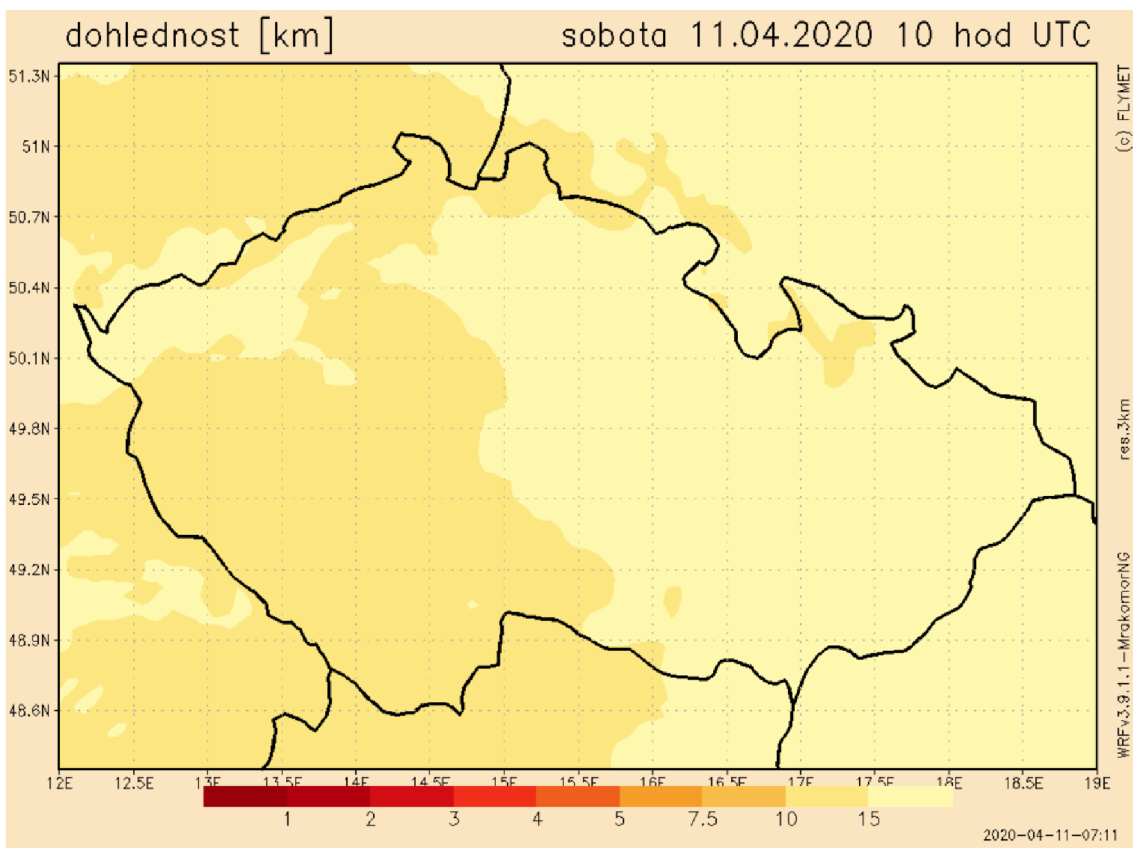
Příloha 6. Mobilní aplikace ALADIN – předpověď pro Břeclav na 11.4.2020



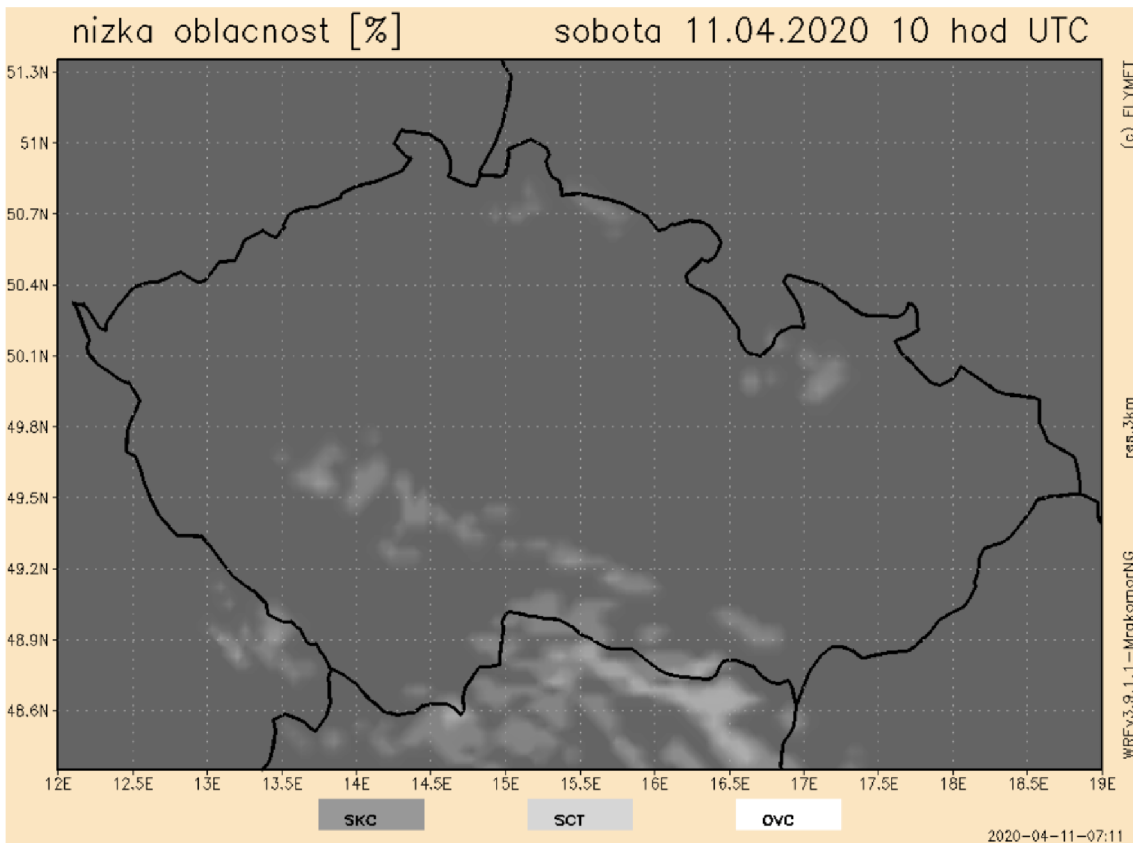
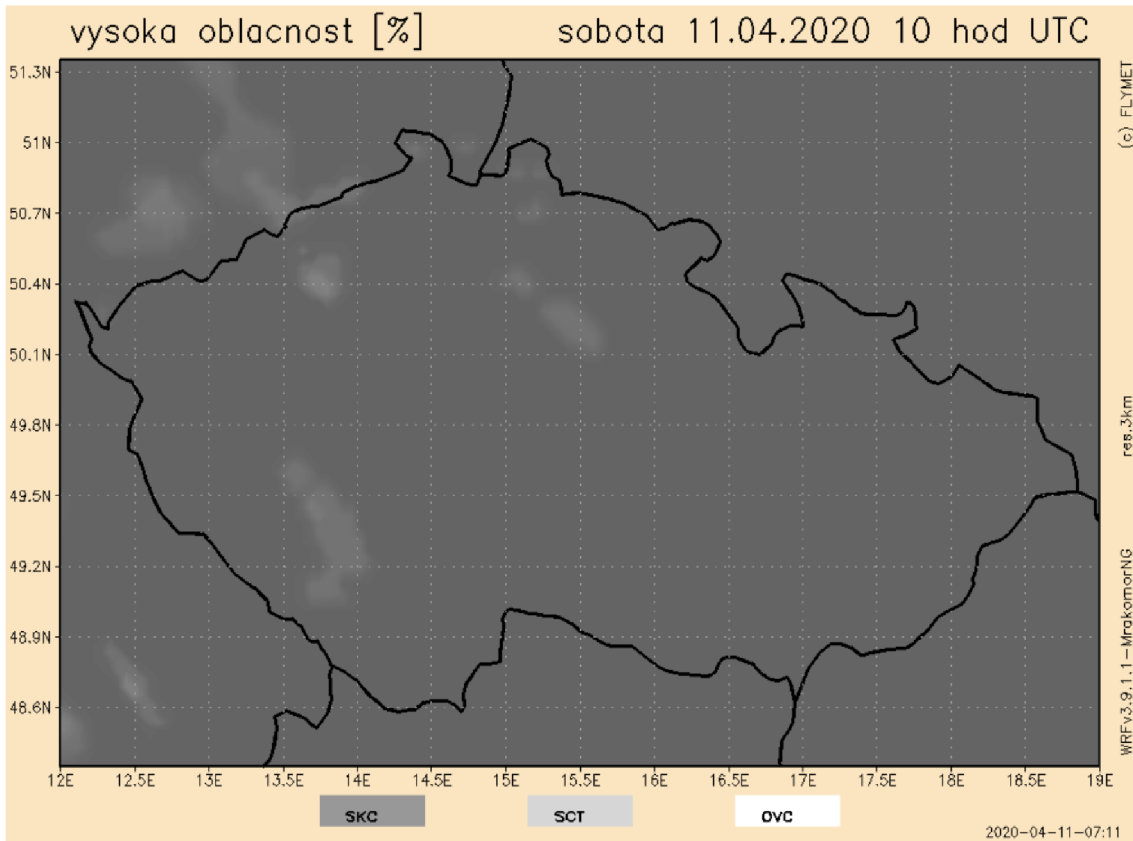
Příloha 7. Flymet – předpověď teploty na 11.4.2020 10 UTC



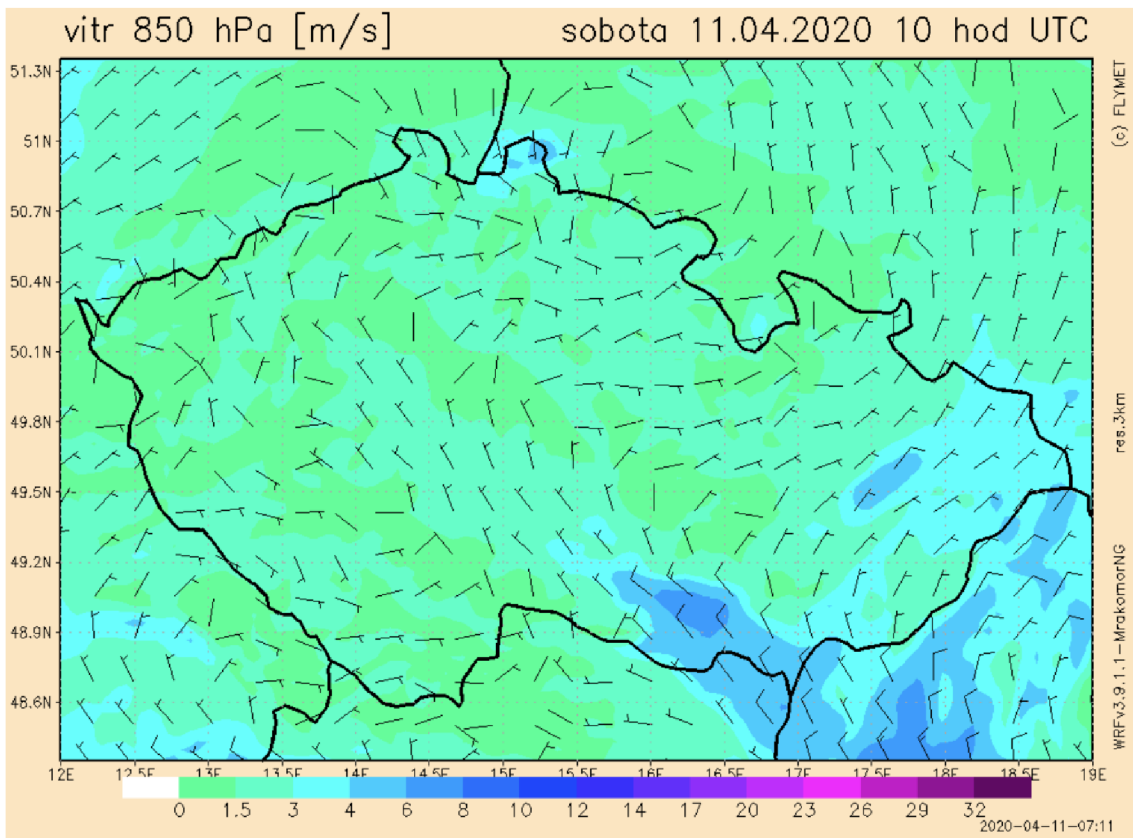
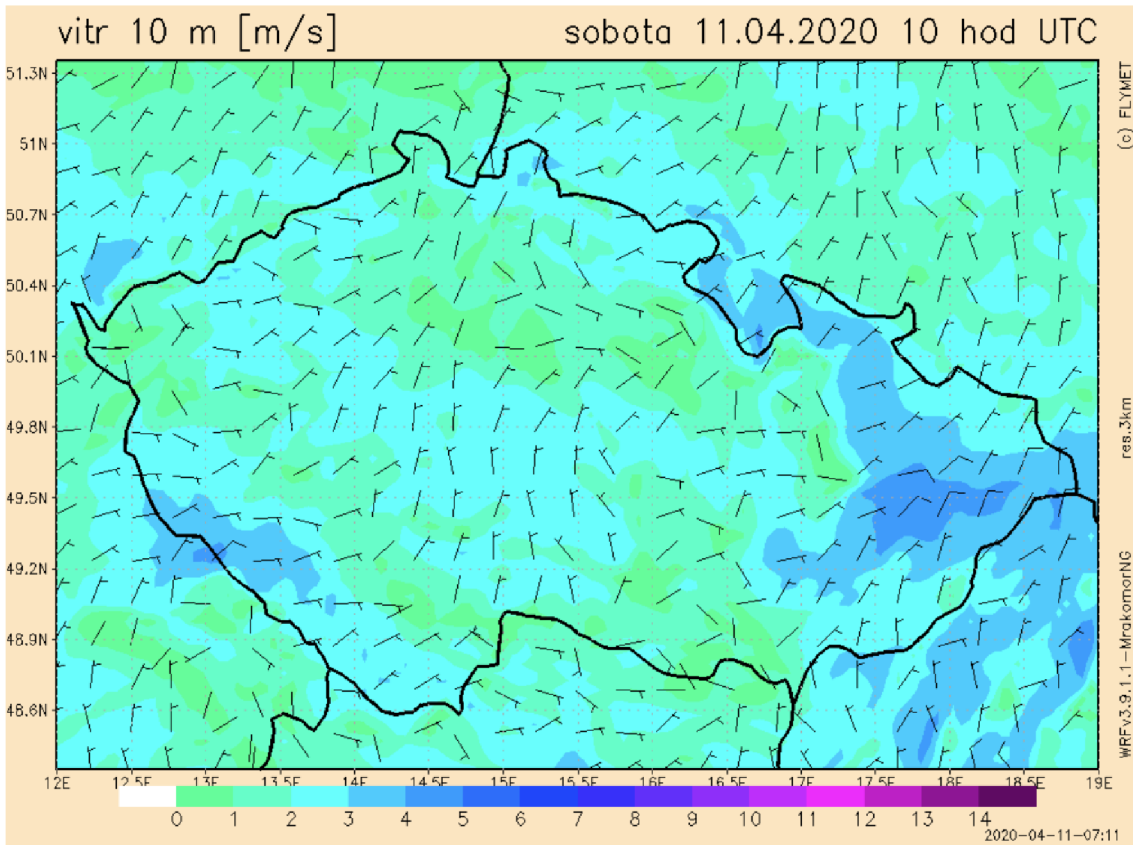
Příloha 8. Flymet – předpověď srážek na 11.4.2020 11 UTC



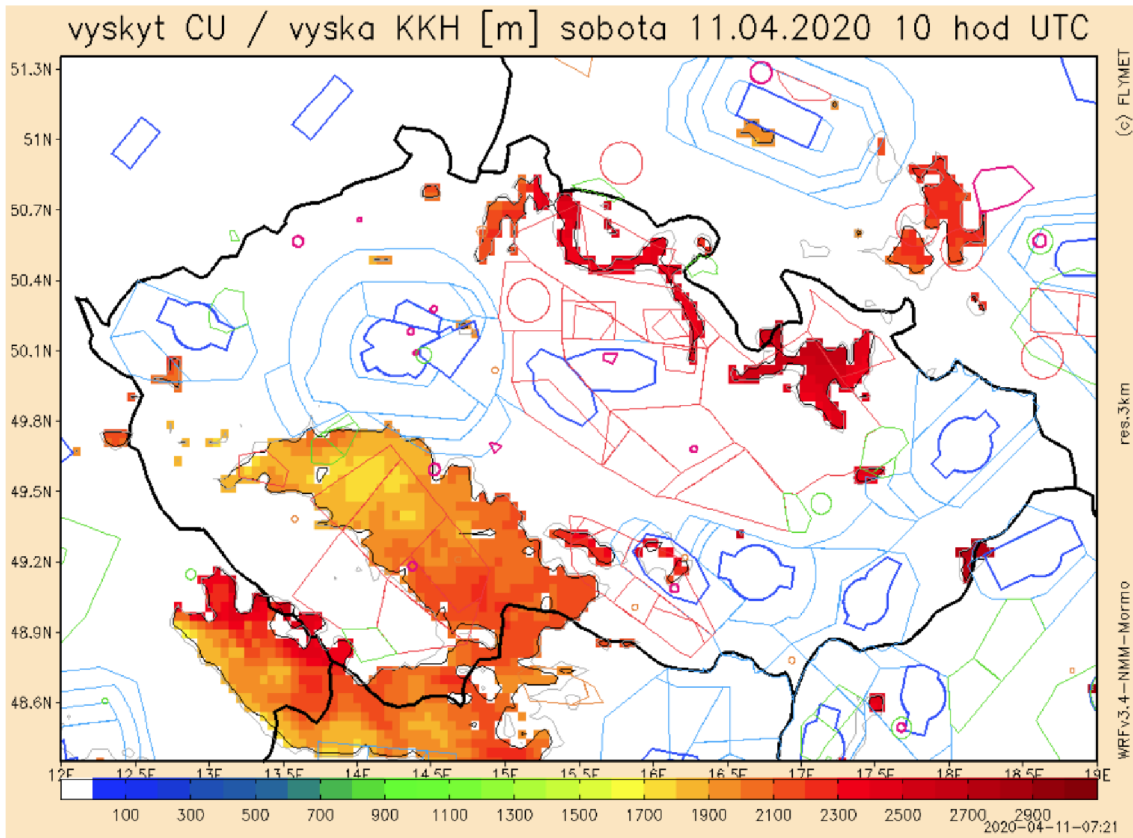
Příloha 9. Flymet – předpověď dohlednosti na 11.4.2020 10 UTC



Příloha 10. Flymet – předpověď oblačnosti na 11.4.2020 10 UTC



Příloha 11. Flymet – předpověď větru na 11.4.2020 10 UTC



Příloha 12. Flymet – předpověď výskytu Cu na 11.4.2020 10 UTC