



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Pedagogická fakulta

Katedra geografie

Bakalářská práce

**VÝSKYT NEBEZPEČNÝCH METEOROLOGICKÝCH JEVŮ
NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY ZA RŮZNÝCH
SYNOPTICKÝCH SITUACÍ**

Vypracoval: Petr Gregor

Vedoucí práce: Mgr. Jiří Rypl, Ph.D.

České Budějovice 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou prací na téma Výskyt nebezpečných meteorologických jevů na území České republiky za různých synoptických situací vypracoval samostatně a uvedl veškerou použitou odbornou literaturu a informační zdroje.

Dále prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. O vysokých školách v jeho platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce Pedagogickou fakultou, a to v nezkrácené podobě ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách.

Dále souhlasím se zveřejněním, touto elektronickou cestou v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb., posudků školitele a oponenta práce i záznamu o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s opatřením na odhalení plagiátorství v rámci kvalifikační práce, především o porovnání textu kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne

Petr Gregor

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Mgr. Jiřímu Ryplovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, čas a rady, které mi věnoval při zpracování předkládané bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval panu Františku Vavruškovi a jeho kolegům z Českého hydrometeorologického ústavu v Českých Budějovicích, kteří mi věnovali čas při sestavování bakalářské práce, poskytli mi cenné rady a data, potřebná k sestavení předkládané práce.

GREGOR, P. (2017): Výskyt nebezpečných meteorologických jevů na území České republiky za různých synoptických situací. Bakalářská práce. Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, katedra geografie. 62 str.

Anotace:

Bakalářská práce se zabývá výskytem nebezpečných meteorologických jevů spojených s bouřkovou činností (tornáda, supercely, derecha, krupobití, downbursty a přivalové srážky) na území České republiky v období 2000 – 2016 vyskytujících se za různých synoptických situací a jejich četností výskytu za jednotlivé roky.

Práce rovněž obsahuje teoretickou část, kde je popsán princip vzniku daných jevů, jejich průběh a možné dopady. Součástí této části práce je popis synoptických situací ovlivňující Českou republiku.

K jednotlivým jevům jsou dohledány četnosti jejich výskytu a typy synoptických situací v den výskytu daného jevu. Dále práce obsahuje grafy s četností výskytů v jednotlivých letech sledovaného období. Tornáda a krupobití jsou doplněny o mapy s místy výskytů, které jsou vytvořeny v prostředí programu Arc Gis, a následně jsou tyto jevy okomentovány.

Cílem této práce je zjistit výskyt jmenovaných jevů v závislosti na typech synoptických situací a určit, při kterých typech synoptických situací se vyskytují tyto nebezpečné jevy častěji.

Klíčová slova:

nebezpečné meteorologické jevy, synoptické situace, synoptická meteorologie, bouřková činnost, tlakové útvary

GREGOR, P. (2017): The occurrence of the dangerous meteorological phenomena in the Czech Republic at the different synoptic situations. Bachelor Thesis, University of South Bohemia in České Budějovice, Faculty of Education, Department of Geography, České Budějovice, 62 p.

Annotation:

The bachelor thesis deals with the occurrence of dangerous meteorological phenomena occurring during the storm activity (tornadoes, supercells, derecho, hail storms, downburst and heavy rain) in the Czech Republic in the period 2000 – 2016. The bachelor thesis is also focused on the synoptic situations that occurred during the given phenomena and focused on the frequency of the occurrence in the given period.

The thesis also contains a theoretical part describing the principle of the occurrence of the phenomena, their course and possible impacts. The part of this thesis is also a description of the synoptic situations which are affecting the Czech Republic. The thesis contains graphs with frequency of the occurrences in the individual years of the monitored period. Tornadoes and hailstorms are mapped with locations of occurrences which I created in the Arc Gis environment and I commented it.

The aim of this work is to determine the occurrences of these phenomena depending on the types of synoptic situations and to determine in which types of synoptic situations these dangerous phenomena occur more often.

Key words

Dangerous meteorological phenomena, synoptic situations, synoptic meteorology, storm activity, pressure units

Obsah

1. Úvod a cíle práce	7
2. Hypotézy	9
2.1 Literární rešerše.....	10
2.2 Slovník pojmů.....	12
3. Teoretická východiska práce	15
3.1 Synoptická meteorologie	15
3.2 Bouřka	24
3.3 Nebezpečné jevy.....	29
4. Metodika práce a sběr dat	32
5. Výskyt nebezpečných meteorologických jevů	35
5.1 Výskyt méně častých jevů	35
5.2 Výskyt častých jevů.....	45
5.3 Vlastní pozorování.....	52
6. Závěr	54
7. Literatura	57
8. Ostatní zdroje	59

1. Úvod a cíle práce

Pro mou bakalářskou práci jsem zvolil téma „*Výskyt nebezpečných meteorologických jevů na území České republiky za různých synoptických situací*“, jelikož se o tuto problematiku zajímám již několik let, a také toto téma považuji za celkem aktuální vzhledem k častějšímu výskytu extrémnějších projevů těchto jevů.

S předpovědí počasí, s jeho průběhem a celkově s meteorologií se setkává každý z nás denně. Počasí již odjakživa ovlivňuje působení člověka jak kladně, tak záporně. Již z dávné historie jsou známy případy, kdy extrémní projevy počasí způsobily neúrodu či připravily o život mnoho lidí při povodních a jiných nebezpečných situacích.

V předkládané práci se budu zabývat průběhem počasí, které nás ovlivňuje záporně, může ničit majetek lidí či připravit někoho o život – tedy nebezpečnými meteorologickými jevy. Jevy spojené především s bouřkovou činností v letních měsících, kdy je bouřková sezona v plné síle. Jak jsem již zmínil, tyto jevy se vyskytují na našem území odjakživa, avšak v posledních letech je velice skloňované globální oteplování, větší výkyvy počasí či výskyt nebezpečných meteorologických jevů tam, kde se normálně nevyskytují či mají extrémnější průběh a dopady. Je otázkou, jak se mnoho lidí domnívá, zdali se extrémní projevy počasí vyskytují mnohem častěji a mnohem silněji nežli doposud. Zda onen častější výskyt není zkreslený současnou dobou – dobou moderních technologií, možností lepší dokumentací jevů či větším zájmem o pozorování či „lovení“ těchto jevů. Zcela jistě je výskyt těchto jevů častější a s větší intenzitou, ale jsou zde i jiné faktory, které zkreslují dané jevy. Stále častější jsou amatérské spolky sledující tyto nebezpečné projevy počasí, které jsou velkou pomocí pro profesionální organizace zabývající se meteorologií. Tyto spolky jsou zdrojem velkých množství dat, fotodokumentací a jiných nezbytných informací o průběhu jevu. Je třeba brát v potaz, že většina pozorovaných meteorologických jevů je hlášena těmito amatérskými pozorovateli, tudíž nelze zaručit 100% důvěryhodnost, a také každý pozorovatel považuje za extrémní jev (nebezpečný) něco jiného. Existují případy, kdy se pozorovatelé snaží z jevu naprosto běžného udělat něco výjimečného a podávají zkreslené informace.

Definici extrémního jevu zmiňuje Brázdil (2002), který označuje jako extrémní jev ten, který má malou pravděpodobnost výskytu. Další definici uvádí Červený a kol. (1984), který považuje za nebezpečný jev stav počasí, který se vyskytuje vzácně či je nebezpečný na rozdíl od normálního stavu počasí. Přestože se tyto jevy zpravidla vyskytují krátkodobě, přinášejí negativní dopady ovlivňující život člověka a s ním spojené hospodářství či krajinu.

Hlavním cílem bakalářské práce je vymežit nebezpečné meteorologické jevy spojené s bouřkovou činností na území České republiky (dále ČR) v letech 2000 až 2016 a jejich četnost výskytu. Dílčím cílem je určit, za jaké převládající synoptické situace se tyto jevy vyskytly a poukázat na fakt, že výskyt některých jevů, jako jsou tornáda atd., není výhradně záležitostí Spojených států amerických, ale že i obyvatelé ČR se mohou s těmito jevy setkat.

Dalším cílem práce je popsat vznik, průběh a možné projevy těchto vybraných nebezpečných jevů (supercely, tornáda, kroupy, downburst, přívalové srážky) za pomoci dostupné české i zahraniční literatury.

Výskyty tornád a krupobití jsou doplněny o mapové výstupy, které znázorní jejich výskyty v ČR v daném období a vymežit území, kde se tyto jevy vyskytují častěji a z jakých důvodů.

Na závěr práce zhodnotit výskyt nebezpečných meteorologických jevů na území ČR v závislosti na převládající synoptické situace v době výskytu daného jevu a pokusit se zhodnotit souvislost mezi jednotlivými synoptickými situacemi a četností výskytů jevu. Nedílnou součástí závěru je zhodnocení výzkumných hypotéz bakalářské práce. Tato vyhodnocení by měla být z velké části na základě dat získaných z Českého hydrometeorologického ústavu.

2. Hypotézy

I. hypotéza

Polohu ČR značně ovlivňuje roční chod počasí, který je ovlivňován více klimatickými činiteli. Jedním z klimatických činitelů je vliv oceánů neboli oceanita (viz slovník pojmů). Dle Červený a kol. (1984) lze předpokládat větší výskyt nebezpečných meteorologických jevů v Čechách, jelikož autor ve své práci uvádí větší vliv oceánského proudění v Čechách nežli na Moravě či ve Slezsku. Přičemž vliv oceánského proudění má klesající tendenci od západu na východ (Čechy jsou o 10 – 15% více ovlivňovány oceanitou nežli krajní východ Moravy či Slezska). Větší četnost nebezpečných jevů tedy předpokládám v místech s větším vlivem oceanity (Čechy), jelikož oceánské proudění je náchylnější na častější změny a výraznější situace spojené s přechodem atmosférických front.

II. hypotéza

Zaměříme-li se podrobněji na situace ovlivňující Českou republiku a ne pouze na vliv oceanity a kontinentality, lze předpokládat, že větší výskyt nebezpečných meteorologických jevů bude spojen se situacemi spojené se západním (oceánským) prouděním. Brádka a kol. (1961) či Brázdil, Štekl (1986) určili nejčastěji se vyskytující západní synoptické situace. Tyto situace jsou následující - Wal, Wc, a NWc či Bp a B (brázdy nízkého tlaku vzduchu). Vliv západního proudění na „pestřejší“ výskyty jevů zmiňuje ve své práci Červený a kol. (1984), který zmiňuje častější výskyt bouřkových situací při jihozápadním či západním proudění.

2.1 Literární rešerše

V této části práce se budu zabývat literaturou, kterou jsem použil v předkládané bakalářské práci, a kterou považuji za klíčovou pro tvorbu práce na téma *Výskyt nebezpečných meteorologických jevů na území České republiky za různých synoptických situací*.

Mezi nejdůležitější publikaci jednoznačně řadím *Cirkulační procesy a atmosférické srážky v ČSSR od Brázdila a Štekla* (1986). I přes starší ročník vydání se jedná o velice kvalitní publikaci, která pojednává o atmosférických procesech, které ovlivňují chod počasí v České republice a na Slovensku. Dílčí částí této publikace je rozbor rozložení srážek a roční chod srážek na jmenovaném území. Neméně klíčovou publikací je *Podnebí a vodní režim ČSSR* od Červeného a kolektivu (1984). Zabývá se podobným tématem jako publikace předešlá. Tato publikace pojednává například i o bouřkové činnosti a částečně se zabývá prouděním ovlivňující Českou republiku. Nedílnou součástí bakalářské práce je publikace od Brádky a kolektivu (1961) – *Počasí na území Čech a Moravy v typických povětrnostních situacích*. Tato publikace pojednává o typických synoptických situacích ovlivňující Českou republiku, přičemž dané situace a proudění jsou vhodně popsány. Slovenská publikace *Synoptická meteorologia* od Zvereva (1986) se zabývá čistě synoptickou meteorologií a blízkou teorií tomuto tématu. Tato publikaci a publikace předešlé považuji za klíčové k sestavení části práce zabývající se synoptickou meteorologií. Základně pojednávající publikace o meteorologii, atmosférických dějích, měření meteorologických veličin mnoho dalších, je od Kobzové (1998) *Počasí*.

Pro část práce zabývající se nebezpečnými jevy, které jsou spojené s bouřkovou činností (tornáda, supercely, derecha, krupobití, downbursty a přívalové srážky), jsem vybral české i zahraniční publikace. Mezi české publikace jednoznačně patří *Fyzika oblaků a srážek* od Řezačové a kolektivu (2007). Jedná se poměrně o novou publikaci obsahující velké množství informací o meteorologii a jevy s ní spojených. Další čteně využívanou publikací je *Malý průvodce meteorologií* (Munzar, 1989), která odpovídá na mnoho otázek ohledně jevů spojených s meteorologií. Jedná se o publikaci poměrně jednoduše psanou, avšak pro laickou veřejnost dostačující. *Atlas podnebí Česka* (Kolektiv, 2007) je publikací obsahující podrobné informace pro jednotlivé oblasti České republiky, které znázorňují různé meteorologické veličiny pro daná místa – například průměrné teploty, srážky, atd. Značně využívanou publikací v bakalářské práci je od Bednáře (2003) *Meteorologie*. Obsahuje základní teorii o jednotlivých meteorologických jevech, o chodu

počasí (atmosférické fronty, tlakové útvary, atd.). Krška a Šamaj (2001) ve své publikaci *Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku* rozebírají především historii vývoje meteorologie a její předpovědi či spojitosti s hospodářstvím ve 20. století. K publikacím, které mi pomohly k vysvětlení jednotlivých odborných pojmů, patří *Meteorologický slovník výkladový a terminologický s cizojazyčnými názvy hesel* od Kolektivu autorů (1993) a zahraniční publikace *Whether the weather: Aviation Meteorology from A to Z* (Frey, P., R., 2015). *Meteorologický slovník výkladový a terminologický s cizojazyčnými názvy hesel ve slovenštině, angličtině, němčině, francouzštině a ruštině* od Sobiška (1993) je rovněž vhodný pro vysvětlení jednotlivých meteorologických termínů. Ze zahraničních publikací jsem také využil publikaci *Tornadoes* od Allena (2000). Jak již název napovídá, publikace se zabývá pouze tornády a případy tornád v USA. *Severe weather* je publikace od Furganga (2010), která se zabývá různými typy bouřek, nebezpečnými jevy jimi způsobenými a částečně i atmosférickými pochody (fronty, jet stream, atd.). *Ilustrovaný atlas oblaků* od Dvořáka (2001) pojednává o vzniku oblačnosti a jejich typech, pojednávající stručně avšak kvalitně o této problematice.

V této části práce jsem uvedl část literatury, kterou jsem využíval nejvíce. Existuje mnoho encyklopedií, příruček, slovníků zabývajících se meteorologickými jevy, avšak za nedostatek považuji obsáhlost podávaných publikací. Většina publikací obsahuje pouze základní všeobecné termíny či atmosférické děje, které jsou sice jednoduše, ale krátce popsány. Za problém dostupných publikací považuji jejich všeobecné zaměření na co největší oblast meteorologie. Ocenil bych více publikace zabývajících se jevy konkrétními (například pouze bouřkovou činností, krupobitím, atd.), které by daný jev zkoumaly podrobněji a ne pouze stručně.

Seznam veškeré použité české i zahraniční literatury je obsažen ve zdrojích uvedených na konci bakalářské práce.

2.2 Slovník pojmů

ADVEKCE (teplá/studená) - je přenos dané veličiny v atmosféře (teplota, tlak vzduchu, vlhkost, atd.) V synoptické meteorologii jde o přenos vzduchových hmot určitých vlastností (Kobzová, 1998). Advekce se dělí na teplou a studenou. Teplou advekcí se rozumí oteplování v určitém místě a advekcí studenou naopak – ochlazování (Kolektiv, 1993).

AMS – jedná se o občanské sdružení – Amatérská meteorologická společnost o. s. Sdružení zabývajícími se bouřkovou činností na území České republiky, v menší míře optickými jevy. (AMS, 2017).

BLESK – elektrický jev v atmosféře vznikající mezi záporným a kladným elektrickým nábojem mezi více oblaky či mezi oblakem a zemí, který provází náhlý výboj atmosférické elektřiny (Munzar a kol. 1989). Vzácně se vyskytne blesk i mezi oblaky a stratosférou (Kolektiv, 1993).

BOW ECHO – Jev připomínající na radaru napnutý luk. Vzniká při dobře organizovaných bouřkách spojených do linie, přičemž silné proudění vzduchu v týlové části bouřky akceleruje jednu část systému dopředu (AMS, 2017).

CAPE – neboli míra instability ovzduší (viz. níže). Udává se v jednotkách J/kg (CMES, 2017, AMS, 2017).

ČHMÚ - je organizací zřízenou Ministerstvem životního prostředí České republiky, která se zabývá předpovědí počasí, výstrahami před nebezpečným počasím a jinými službami v oborech klimatologie, meteorologie a hydrologie. Hlavní sídlo je v Praze s pobočkami po České republice (CHMI 2017).

ESTOFEX – skupina evropských meteorologů zabývající se význačným počasím, především předpovědí bouřkových situací pro Evropu (Estofex, 2017).

FRONTÁLNÍ ZONA – přechodové pásmo se zvětšenými gradienty tlaku a teploty vzduchu mezi vysokou (výškovou) studenou cyklonou a vysokou teplou anticyklonou. Obvykle spojena se zvýšenou rychlostí proudění, případně s tryskovým prouděním (Kolektiv, 1993).

HELICITA – veličina, charakterizující schopnost tekutiny stoupat vzhůru a přitom rotovat (jako vírka) – u bouřek se týká vzestupného proudu vzduchu (AMS, 2017).

HLADINA LEDOVÝCH JADER – výška, od níž se v oblaku začínají objevovat i ledové krystalky. Obvykle v blízkosti izotermy -10°C (Kolektiv, 1993).

INSTABILITA – v meteorologii ji lze jednoduše popsat jako tendenci vzduchu stoupat rostoucí rychlostí, i když počáteční vnější příčina rozpohybování vzduchu již nepůsobí. Je způsobena například vertikálně nerovnoměrnou advekcí ve vzduchové hmotě (studená advekce zesilující s výškou nebo teplá advekce s výškou slábnoucí), přehříváním spodní vrstvy atmosféry či vyzařováním horní hranice oblačnosti (Kolektiv, 1993).

KONDENZAČNÍ HLADINA – výška v atmosféře, kde se vzduch stává nasyceným díky adiabatickému ději (tj. takové ochlazování, při němž nedochází k výměně tepla mezi zkoumaným objem vzduchu a okolím) a začínají se tvořit oblaka. (Kolektiv, 1993).

LINIE KONVERGENCE – linie nefrontálního pásu, kde je zesílena tvorba konvekční oblačnosti. Tato linie je znatelná i na synoptických mapách, avšak nelze tento jev považovat jako atmosférickou frontou, přičemž se linie může projevit jako tlaková brázda v horních hladinách atmosféry. Může se vyskytovat i v souvislosti s výtokem studeného vzduchu z bouří (outflow boundaries) vzdálených i několik desítek km. (CMES, 2017).

MCS – neboli mezosynoptické konvekční systémy. Jedná o libovolný komplex bouřek, jehož aspoň jeden rozměr se pohybuje v řádu stovek km (AMS, 2017). Často přinášejí silné bouřky s kroupami, silnými srážkami a jinými extrémy. Časté je uspořádání do tzv. Squall line – viz níže (Řezáčová, 2007).

N-LETÁ VODA – maximální průtok, který je dlouhodobě dosažen či je překročen jednou za N let (Wikipedia, 2017).

OCEANITA – pomyslný meteorologický stupeň, jak moc se dané místo podobá oceánskému podnebí či jednoduše řečeno – souhrn vlastností podnebí podmíněných působením oceánu (Linhart, a kol. 2004).

ODRAZIVOST – jednotka či veličina, která podává informace o odrazových vlastnostech objemu meteorologické cíle. Závisí především na velikosti částic, na jejich počtu, tvaru a fyzikálních vlastnostech (Kolektiv, 1993).

ROSNÝ BOD – teplota rosného bodu je ta teplota, při níž se vzduch následkem izobarického ochlazování stává nasyceným bez dodání vodních par zevnějšku. Vodní pára začne kapalnět a vzniká mlha nebo rosa (Kolektiv, 1993).

SHELF CLOUD – je oblak zvláštnosti arcus vyskytující se na čele bouřek, především při dobře organizovaných squall line, který je nízko a horizontálně orientovaný. Má tvar klínu či je uspořádaný do více vrstev nad sebou. Na přední straně lze pozorovat výstupné proudy. (AMS, 2017).

SONDÁŽ – Jedná se o údaje z různých vrstev atmosféry. Výsledkem jsou vertikální profily meteorologických prvků. Nejčastěji se získávají pomocí meteorologického balonu, kdy jsou informace přenášeny radiosondou. Jinak lze sondáže získávat pomocí letadel, raket či zejména dříve pomocí draků (Kolektiv, 1993).

Střih větru – je prostorová změna proudění vzduchu připadající jednotku vzdálenosti. Dělí se na vertikální a horizontální střih větru či cyklonální a anticyklonální. Je to jeden z faktorů ovlivňující organizaci bouřkových systémů a jejich sílu (Kolektiv, 1993).

SQUALL LINE – je velmi dobře organizovaný konvekční systém, kdy se bouřkové buňky uspořádaly do rychle postupující linie, která je v češtině označována jako čára húlav či linie instability. Často je squall line doprovázena silnými nárazy větru a v některých případech se na čele linie vyskytuje shelf cloud (Řezáčová, 2007).

TRYSKOVÉ PROUDĚNÍ – známé také jak jet stream. Jedná se o velice silné proudění vzduchu ve výšce zhruba 2 km pod hranicí tropopauzy. Může dosáhnout hodnot až 500 km/h. Nad územím ČR byla naměřena největší rychlost tryskového proudění 300 km/h (Kolektiv, 1993).

VZDUCHOVÁ HMOTA – objem vzduchu v troposféře, který horizontálně dosahuje až tisíců kilometrů a vertikálně do 10 kilometrů. Každá vzduchová hmota je charakteristická svými vlastnostmi a tyto vlastnosti jsou stejné v celé vzduchové hmotě. Jsou to například cyklony a anticyklony a tyto vzduchové hmoty jsou odděleny atmosférickými frontami (Munzar a kol., 1989).

WALL CLOUD – je lokální a často dlouhotrvající snížení bouřkové oblaku, které někdy rotuje či je charakteristické silnými vzestupnými proudy. Wall cloud se velice často vyskytuje při supercele a je často spojováno s tornády (AMS, 2017).

1 mm srážek = odpovídá jednomu litru na metr čtvereční.

3. Teoretická východiska práce

3.1 Synoptická meteorologie

Česká republika (dále ČR) je většinou pod vlivem oceánského proudění ze západu a je známo, že vliv oceanity klesá na našem území směrem na východ zhruba o 10% (Červený a kol., 1984). ČR je ovlivňována mnoha synoptickými situacemi, přičemž každá je typická svojí charakteristickou polohou, tlakovým polem či jejím vývojem a přechody atmosférických front.

Synoptická situace

Lze chápat jako rozložení všech synoptických objektů nad velkým územím. Mezi synoptické objekty patří atmosférické fronty, anticyklony (tlakové výše), cyklony (tlakové níže) a jiné. Všechny tyto synoptické objekty určují stav počasí nad daným územím a jeho vývoj. Všechny tyto údaje se vyznačují na mapu, která se nazývá synoptická mapa a znázorňuje se na ni rozložení těchto objektů a slouží pro předpověď počasí (Bednář a kol. 1993).

Synoptické situace se rozdělují na dva typy. První typ je synoptická situace běžná. Běžné situace jsou ty, které se běžně a často vyskytují nad daným územím a nepřinášejí nic mimořádného. Druhým typem je synoptická situace mimořádná. Tato situace je ojedinělá nad daným územím a nastává jednou za delší dobu. Důsledky této situace mohou být nebezpečné meteorologické jevy (Brádka 1961, Racko 2005, Brázdil, Štekl 1986).

Synoptická mapa

Jak již bylo výše uvedeno, je to mapa, na níž jsou zobrazeny aktuální synoptické situace nad daným územím. Mapa znázorňuje výsledky pozorování meteorologických stanic v oblasti. Pro ČR se používá mapa, v níž je zakresleno území zhruba od Špicberků po státy severní Afriky a území od pobřeží Kanady po Ural či Kavkaz. Aktualizace synoptických situací se provádí čtyřikrát denně. Jsou důležitou součástí pro předpověď nadcházejícího počasí. Základem map jsou izobary, které spojují místa se stejným tlakem vzduchu. Dále na mapě jsou zakresleny izalobary, tedy čáry spojující místa se stejnými hodnotami změn tlaku vzduchu od posledního měření. Jsou zde velkými písmeny vyznačeny středy cyklon N a anticyklon V. Synoptická mapa obsahuje i polohu atmosférických front, kdy každá z front má své specifické zakreslení (Bednář a kol. 1993, Munzar a kol., 1989).

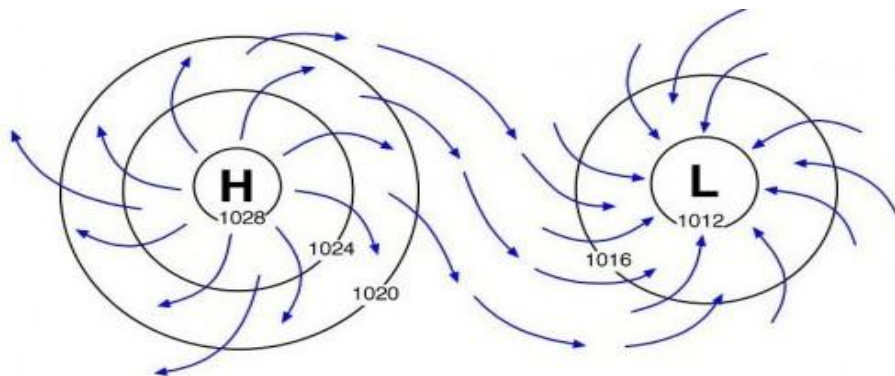
Synoptické mapy se rozdělují na mapy přízemní, výškové a barické topografie. Mapy přízemní shromažďují údaje z meteorologických přístrojů ve výšce od 5 cm do 10 m nad

zemí. Výškové mapy shromažďují a zakreslují údaje o meteorologických podmínkách v určité výšce (izobarické hladině), které se zjišťují na základně aerologických měření (v ČR například Praha-Libuš, či Prostějov). Aerologické měření se provádí v různých izobarických hladinách – 850, 750, 500, 300, 200 a 100 hPa. Mapy barické znázorňují rozložení tlaku vzduchu (Munzar a kol., 1989).

Tlakové útvary

Tlakové útvary jsou části atmosféry typické určitým rozložením tlaku a s tím spojeným prouděním vzduchu. Jejich vznik je zapříčiněn nerovnoměrným ohřevem povrchu Země, její rotací a podobně. Základními útvary jsou tlaková výše (anticyklona) a tlaková níže (cyklona). Existují i jiné tlakové útvary – podružná cyklona, brázda nízkého tlaku vzduchu, hřeben vysokého tlaku vzduchu, výběžek vysokého tlaku vzduchu a tlakové sedlo (Munzar a kol. 1989).

Obr. č. 1: Schéma tlakové výše (H) a tlaková níže (L)



Zdroj: <http://skompasem.cz/img/picture/4295/anticyklona-a-cyklona-na-severni-polokouli.jpg>

Tlaková níže je charakteristická klesajícím tlakem směrem do středu níže. Tedy nejnižší tlak vzduchu je v centru útvaru a je označován písmenem N (anglicky L). Nejnižší tlaky dosahují i pod 950 hPa, a to především v oblasti severního Atlantiku v zimních měsících. Směr proudění v tlakové níži je od okrajů s vyšším tlakem vzduchu do středu s nejnižším tlakem vzduchu a proudění je proti chodu hodinových ručiček (opačně na jižní polokouli), které je způsobeno působením zemské rotace. Horizontální rozsah tlakové níže se pohybuje od několika stovek do tisíců kilometrů a její střed se pohybuje kolem 50 km/h. Při tlakových nížích převládá oblačné počasí s trvalejšími srážkami, přičemž více oblačnosti zapříčiňuje i malé rozdíly mezi denní a noční teplotou. Níže přináší větší změny počasí, například ochlazení, následné oteplení, srážky, vítr. Vše je určeno dle postupu jednotlivých

front. Nejtypičtější dráha chodu tlakové níže pro ČR je ze severozápadní Evropy (Munzar a kol. 1989).

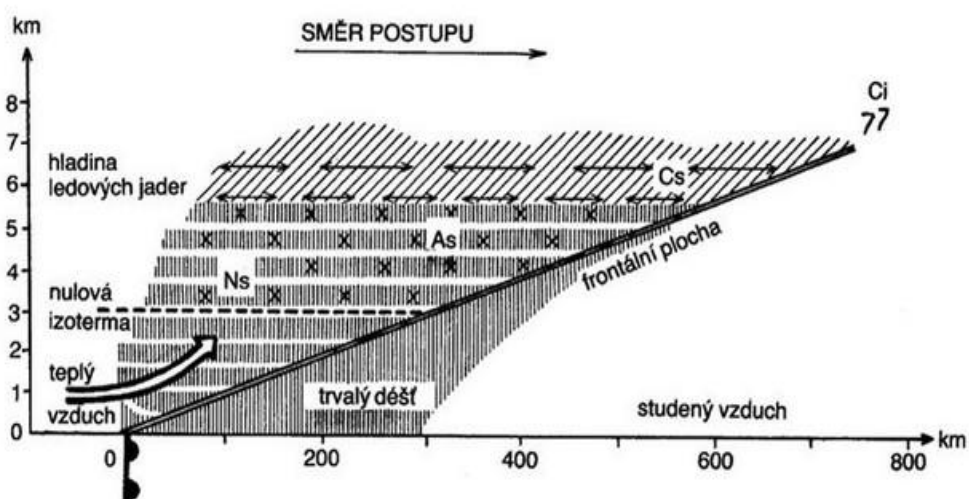
Tlaková výše je opak níže. Tlak směrem do středu výše stoupá a dosahuje hodnot většinou kolem 1032 hPa, ale může dosáhnout i hodnot přes 1050 hPa, především v zimních měsících v oblasti Sibíře. Na synoptických mapách se vyznačuje písmenem V (anglicky H). Pro výši je typické sestup vzduchu, který se sestupem otepluje. Při zemi proudění vzduchu je od středu s vysokým tlakem k okrajům s nižším tlakem. Stáčení probíhá po směru hodinových ručiček (na jižní polokouli opačně). Při tlakové výši převládá díky sestupným proudům slunečné počasí se slabým větrem a s minimem srážek. Výjimkou mohou být podzimní či zimní měsíce, kdy tlaková výše spolu s prouděním teplého vzduchu ve vyšších hladinách může přinést inverze (Munzar a kol. 1989).

Atmosférické fronty

Samotná fronta tvoří rozhraní mezi dvěma rozdílnými vzduchovými hmotami. S přechodem atmosférických front je spojena změna počasí, kterou tyto fronty přinášejí. Existuje několik druhů front a každá z nich je charakteristická jiným průběhem.

Prvním typem je teplá fronta. Tento typ fronty se vyskytuje především v chladnějších částech roku, tedy na podzim a v zimě. Vymezuje teplý sektor tlakové níže, který je ukončen přechodem studené fronty. Při postupu teplé fronty chladnější vzduchová hmota ustupuje a přichází teplejší vzduchová hmota. V zimním období je typické nasouvání teplejšího vzduchu nad studený, který je těžší a následné postupné ochlazování v nižších výškách, především při inverzích.

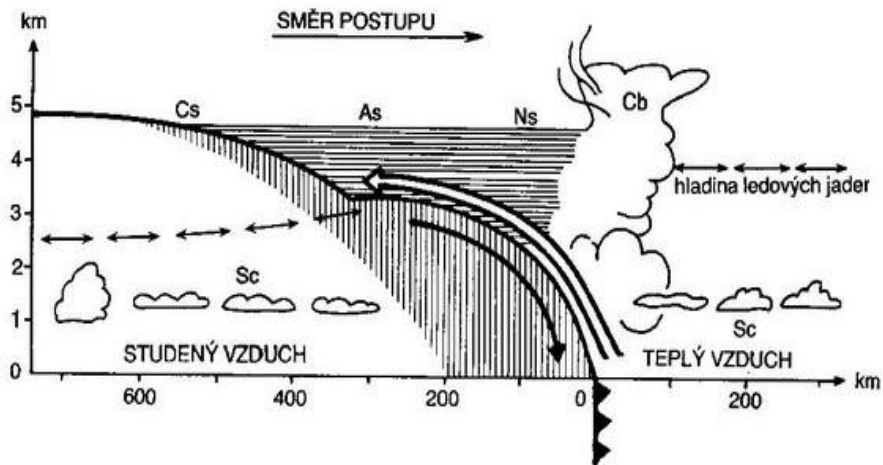
Obr. č. 2: Schéma teplé fronty



Zdroj: <http://www.is.muni.cz>

Dalším typem fronty je studená fronta. Přechod této fronty je razantnější a rychlejší než přechod fronty teplé. Studená fronta před sebou tlačí teplý sektor vzduchu a prudce ho vytlačuje vzhůru. Tímto pohybem vzniká vertikálně mohutná kupovitá oblačnost. Studená fronta se vyskytuje po celý rok. V létě mnohdy přináší intenzivní bouřky a v zimě často vpád studeného vzduchu. Za přechodem fronty téměř vždy nasune hřeben vyššího tlaku vzduchu a převládá bezoblačné počasí s velkou dohledností.

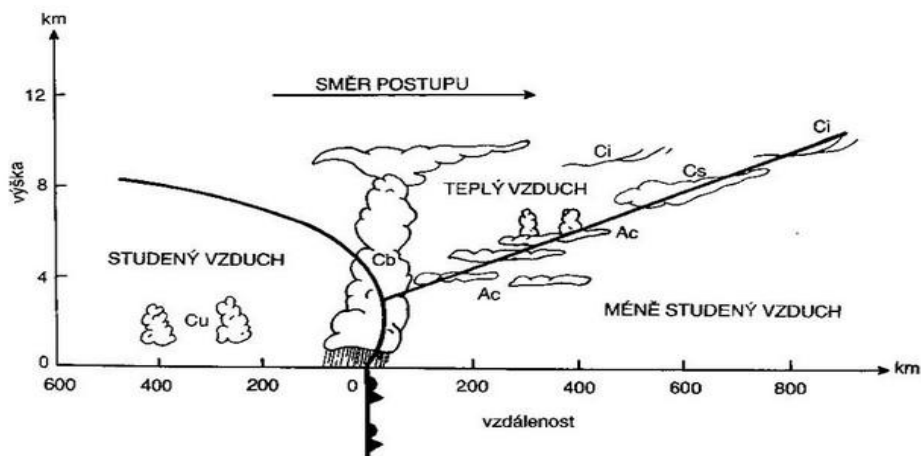
Obr. č. 3: Schéma studené fronty



Zdroj: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pdf/ps14/fyz_geogr/web/pics/obr04-02b.jpg

Třetím typem atmosférických front je fronta okluzní. Jak již bylo zmíněno, studená fronta postupuje rychleji nežli fronta teplá. Rychlosti postupů front mají vliv na vznik fronty okluzní (někdy označována jako okludová, latinsky ocludu = uzavírat). Po přechodu teplé fronty se nad územím nachází teplý sektor vzduchu, který je v jeho zadním sektoru uzavřen postupující studenou frontou. Studená fronta postupuje rychleji nežli teplá a pomalu ji dohání.

Obr. č. 4: Schéma studené okluzní fronty



Zdroj: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pdf/ps14/fyz_geogr/web/pics/obr04-03a.jpg

V některých případech se může stát, že studená fronta dožene frontu teplou a její teplý sektor vytlačí do výšky. Tak vzniká fronta okluzní. Přechod tohoto typu front zpravidla nepřináší nijak výrazné změny, ovšem jsou případy, kdy se na okluzní frontě vyskytly intenzivní bouřky. Pro přechod této fronty je typický chaotický vzhled oblohy. V některých případech vznikne z okluzní fronty nová fronta, většinou studená (Dvořák, 2001).

Typy synoptických situací

Následující seznam synoptických situací, které ovlivňují ČR, je sestaven především z díla Brádka a kol. (1961), avšak tato publikace neobsahovala kompletní seznam synoptických situací. Tudíž chybějící situace jsou doplněny ze stránek Českého hydrometeorologického ústavu (CHMI 2017, Synopinfo, 2016). Některé z charakteristik jednotlivých typizací synoptických situací jsou sestaveny z díla autorů Brázdil, Štekl (1986).

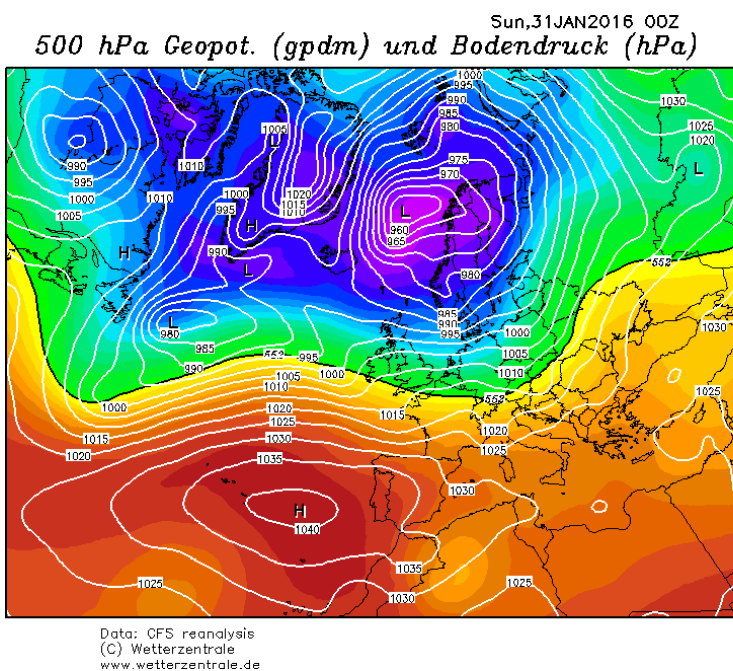
- Wc – západní cyklonální situace
- Wcs – západní cyklonální situace s jižní drahou
- Wa – západní anticyklonální situace
- Wal – západní anticyklonální situace letního typu
- NWc – severozápadní cyklonální situace
- NWA – severozápadní anticyklonální situace
- Nc – severní cyklonální situace
- NEc – severovýchodní cyklonální situace
- NEa – severovýchodní anticyklonální situace
- Ec – východní cyklonální situace
- Ea – východní anticyklonální situace
- SEc – jihovýchodní cyklonální situace
- SEa – jihovýchodní anticyklonální situace
- Sa – jižní anticyklonální situace
- SWc1 – jihozápadní cyklonální situace
- SWc2 – jihozápadní cyklonální situace
- SWc3 – jihozápadní cyklonální situace
- SWa – jihozápadní anticyklonální situace
- B – brázda nízkého tlaku vzduchu nad střední Evropou
- Bp – brázda postupující přes střední Evropu
- Vfz – vchod frontální zóny

- C – cyklona nad střední Evropou
- Cv – výšková cyklona
- A- anticyklona nad střední Evropou
- Ap – putující anticyklona

Následují charakteristiky vybraných synoptických situací, které se nejvíce vyskytovaly při vybraných nebezpečných meteorologických jevech ovlivňujících ČR.

- **Wc – západní cyklonální situace**

Obr. č. 5: Ukázka „Wc“ situace nad Evropu v roce 2016



Zdroj: www.wetterzentrale.de/

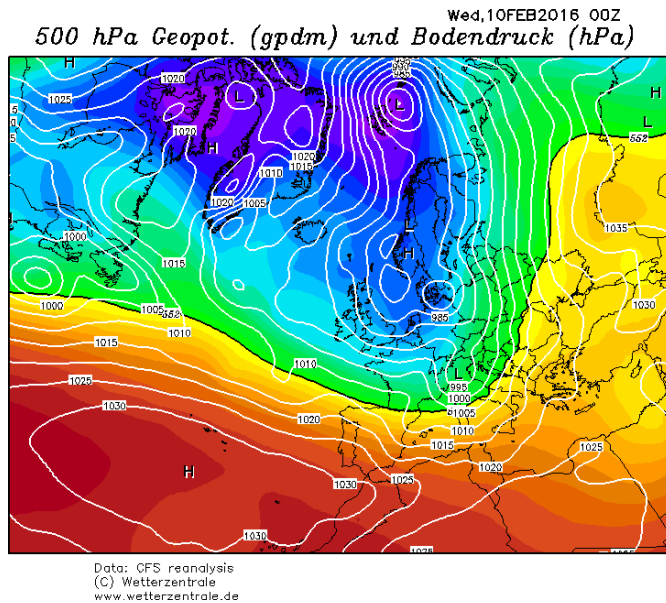
atmosférické fronty v oblasti mezi těmito řídicími tlakovými útvary přes Velkou Británii, dále přes Dánsko a Německo do střední Evropy či do jižního Pobaltí. Fronty dále pokračují směrem na východ.

V některých případech fronty mohou pokračovat na jihovýchod. Tento postup je při výskytu anticyklony nad východní části bývalé SSSR. Tato situace ovlivňuje Českou republiku po celý rok, nejvíce v zimě (40%) a v létě (40%).

Při této situace řídí počasí tlaková níže nacházející se v oblasti kolem Islandu či oblastech pobřeží Norska a tlaková výše vyskytující se v okolí Azorských ostrovů. Výběžek tlakové výše zasahuje do západního Středomoří či se rozšiřuje přes Pyrenejský poloostrov směrem k Alpám. Při této situaci postupují jednotlivé

- Wcs – západní cyklonální situace s jižní drahou

Obr. č. 6: Ukázka „Wcs“ situace nad Evropou v roce 2016



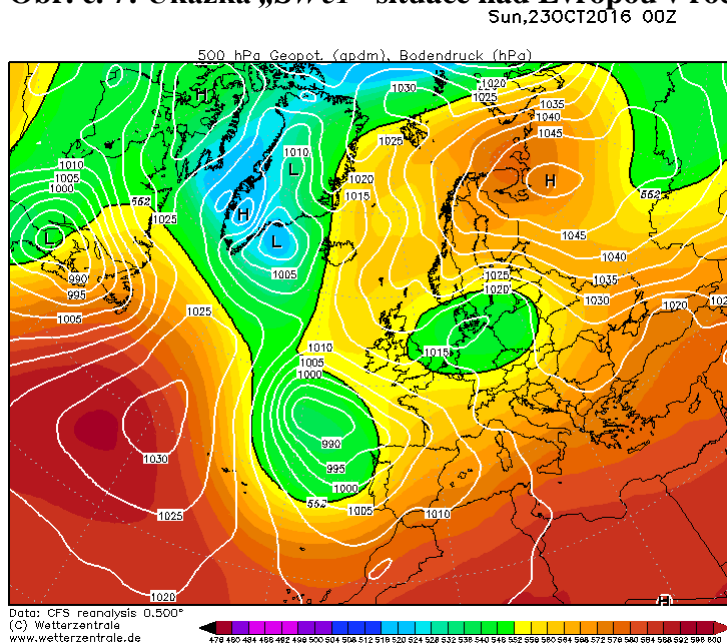
Zdroj: www.wetterzentrale.de

jižněji než při Wc situaci a zasahují střed Evropy. Při postupu dále na východ mívají charakteristiku brázd nízkého tlaku vzduchu. Tato situace nastává nejvíce v zimě a nejméně na jaře.

Tento druh situace se liší od Wc situace tím, že řídicí tlaková níže se nachází jižněji – v oblasti Skotska, Severního moře či poblíž jižních břehů Skandinávie. Tlaková výše se nachází nad Azorskými ostrovy a další výše je nad východní oblastí Evropy. V některých případech je i tlaková výše nad Grónskem, která podporuje vpád studeného vzduchu do oblasti pohybů atmosférických front. Fronty postupují mírně

- SWc1, 2, 3 – jihozápadní cyklonální situace

Obr. č. 7: Ukázka „SWc1“ situace nad Evropou v roce 2016



Zdroj: www.wetterzentrale.de/

vznik podporuje velký kontrast teplot – studený od severu, teplý od jihu. Většina front z této

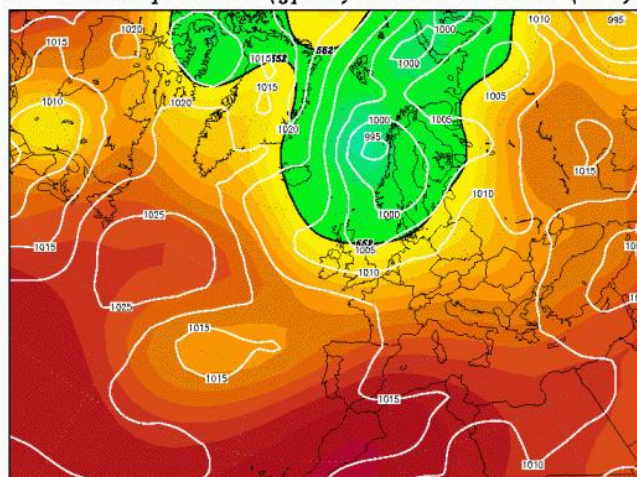
Při této situace se nad Středomořím nachází oblast vysokého tlaku vzduchu, přičemž se zde tvoří nevýrazné anticyklonální středy nebo jsou nahrazeny výběžkem vyššího tlaku vzduchu. Tlaková níže se nachází v oblasti Islandu a podporuje příliv chladného vzduchu z oblasti Grónska do oblasti Atlantického oceánu. V oblasti jihozápadně od Irska jsou vhodné podmínky pro vznik atmosférických front, jejichž

oblasti postupuje k Velké Británii či aktivně zasahuje i do střední Evropy. Polohy front se nevýrazně mění dle situací SWc1, 2, 3. Tato situace se vyskytuje rovnoměrně rozloženě po celý rok, dle statistik nejméně v září.

- **Wal – západní anticyklonální situace letního typu**

Obr. č. 8: Ukázka „Wal“ situace nad Evropou v roce 2016

Wed, 10 JUL 1963 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
Wetterzentrale Karlsruhe
Top Karten: <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/>

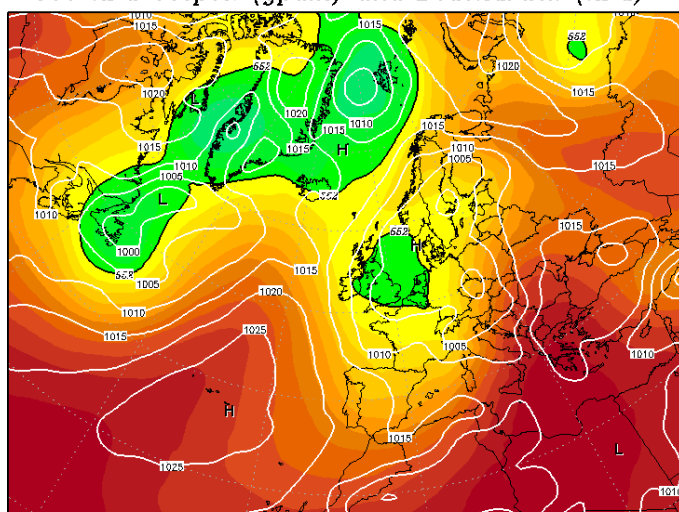
Jednotlivé anticyklony postupují ze subtropických šířek Atlantického oceánu přes západní Evropu do střední Evropy a pokračují na východ. Mezi Islandem a Skandinávským poloostrovem se vyskytuje tlaková níže. Ve frontální zóně se pohybují atmosférické fronty zasahující i naše území, někdy v podobě brázd nízkého tlaku vzduchu, které se někdy vlní nad střední Evropou.

Zdroj: www.wetterzentrale.de

- **B – brázda nízkého tlaku vzduchu nad střední Evropou**

Obr. č. 9: Ukázka „B“ situace nad Evropou v roce 2016

Fri, 17 JUN 2016 00Z
500 hPa Geopot. (gpm) und Bodendruck (hPa)



Data: CFS reanalysis 0.500°
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Řídícím tlakovým útvarům je tlaková níže nacházející se nad Severním mořem či Skandinávií, od které zasahuje přes střední Evropu až do Středomoří brázda nízkého tlaku vzduchu. Tlakové výše se nacházejí nad Atlantickým oceánem a nad východní částí Evropy. Rozpadající se fronta postupující z Atlantického oceánu do Biskajského zálivu přináší studený vzduch ze severozápadu

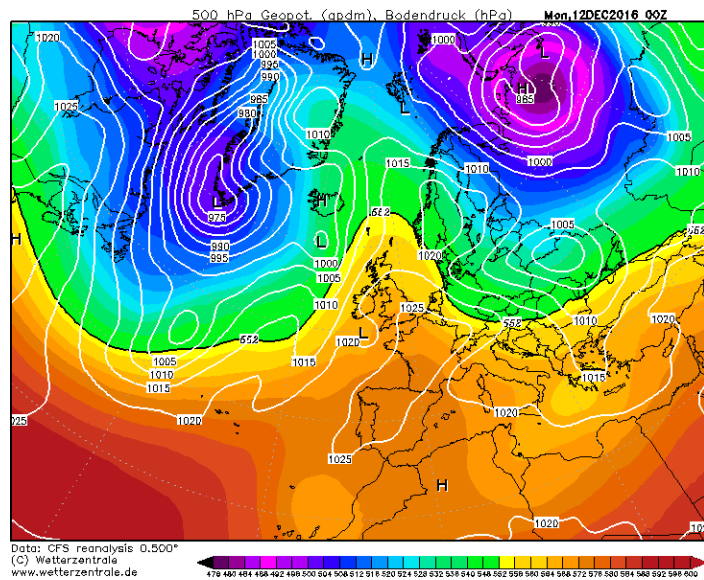
Zdroj: www.wetterzentrale.de

do Středomoří, kde v oblasti severní Itálie a Středozemního moře vlivem přílivu teplého

vzduchu od jihovýchodu vytváří frontální zónu. V některých případech srážky z těchto front přinášejí především do východní části České republiky a na Slovensko trvalejší srážky. Nejvíce se tyto situace vyskytují na jaře a na podzim, nejméně v srpnu.

- **Bp – brázda postupující přes střední Evropu**

Obr. č. 10: Ukázka „Bp“ situace nad Evropou v roce 2016

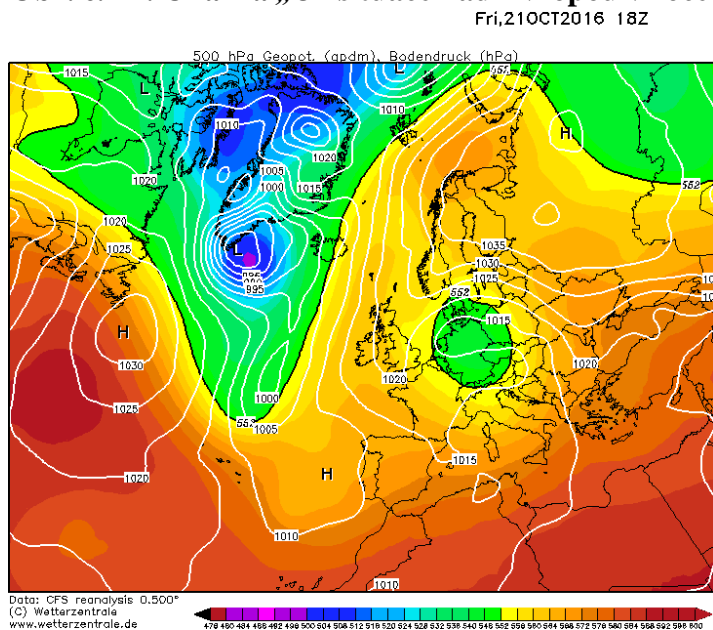


Zdroj: www.wetterzentrale.de

Tlakové níže se pohybuje v oblasti Islandu a tlakové výše se nachází západně od pobřeží Pyrenejského poloostrova. Nad východní částí Evropy se vyskytuje další tlaková výše. Mezi těmito útvary se vytváří brázda nízkého tlaku vzduchu, které poměrně rychle postupuje přes střední Evropu, a postupují zde jednotlivé frontální systémy. Po přechodu zde převládá oblast vyššího tlaku vzduchu.

- **C – cyklona nad střední Evropou**

Obr. č. 11: Ukázka „C“ situace nad Evropou v roce 2016



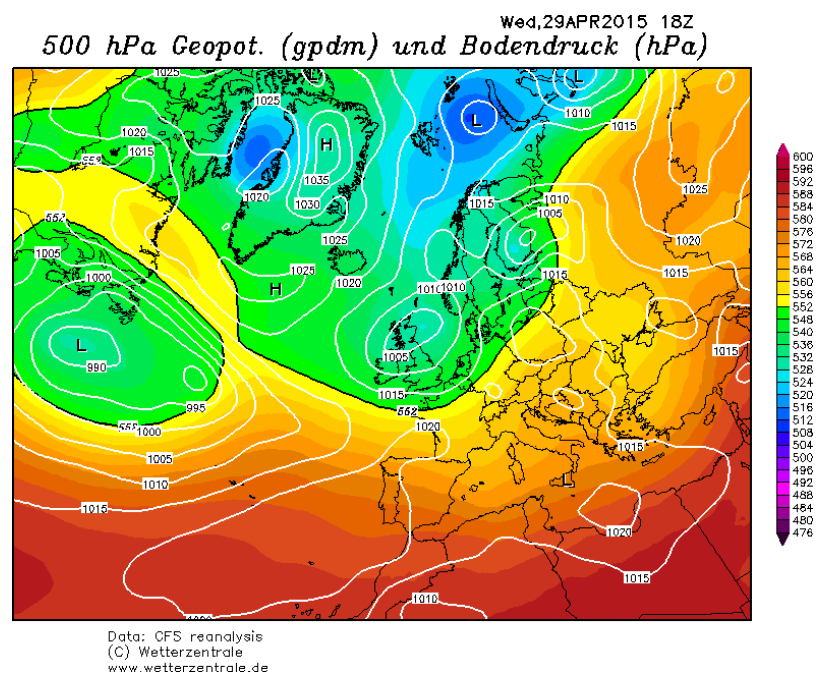
Zdroj: www.wetterzentrale.de

Při této situaci se nachází cyklona nad západní částí střední Evropy, která je vyjádřena obzvláště ve vyšších hladinách. Tato cyklona se postupně přesunuje přes střední Evropu dále k východu. První oblast vysokého tlaku vzduchu je nad Atlantickým oceánem a druhá nad východní a severovýchodní částí Evropy. V zóně cyklony nad střední Evropou postupují atmosférické fronty. Většina atmosférických front

postupuje od jihu, menší počet ze severu. Tato situace nejvíce nastává v létě.

- SWa – Jihozápadní anticyklonální situace

Obr. č. 12: Ukázka „SWa“ situace nad Evropou v roce 2015



Zdroj: www.wetterzentrale.de

s prouděním z jihozápadu. Tato situace se vyskytuje nejvíce na konci podzimu či na začátku zimy.

Oblast nízkého tlaku vzduchu se středem v okolí Islandu, přes Evropu se dostává hřeben vysokého tlaku vzduchu. V zoně mezi Islandem a Velkou Británií postupují jednotlivé fronty, které někdy zasáhnou střed Evropy pouze okrajově. Tlaková výše se nachází nad Ukrajinou. Ve střední Evropě se to projevuje většinou anticyklonálním rázem počasí

3.2 Bouřka

S bouřkami a jevy spojenými s nimi se setkává každý z nás. Ovšem mnoho lidí neví, jak bouřka vzniká, co může přinést atd. Následující kapitola všeobecně pojednává o bouřce, jejím vzniku, konvekčních oblacích, která jsou spojována s bouřkami či jejím vznikem, s druhy a typy bouřek a následně s nebezpečnými jevy, které mohou doprovázet bouřku.

Dle Munzara a kol. (1989) je za bouřku považován soubor elektrických, optických a akustických jevů, který je striktně vázán na oblak druhu cumulonimbus (dále Cb) a dění mezi těmito mraky nebo dění mezi tímto oblakem a zemí. Jednoduše lze říci, že za bouřku lze považovat Cb, který vyprodukoval blesk a následné hřmění. (Krška, K., Šamaj, F. 2001).

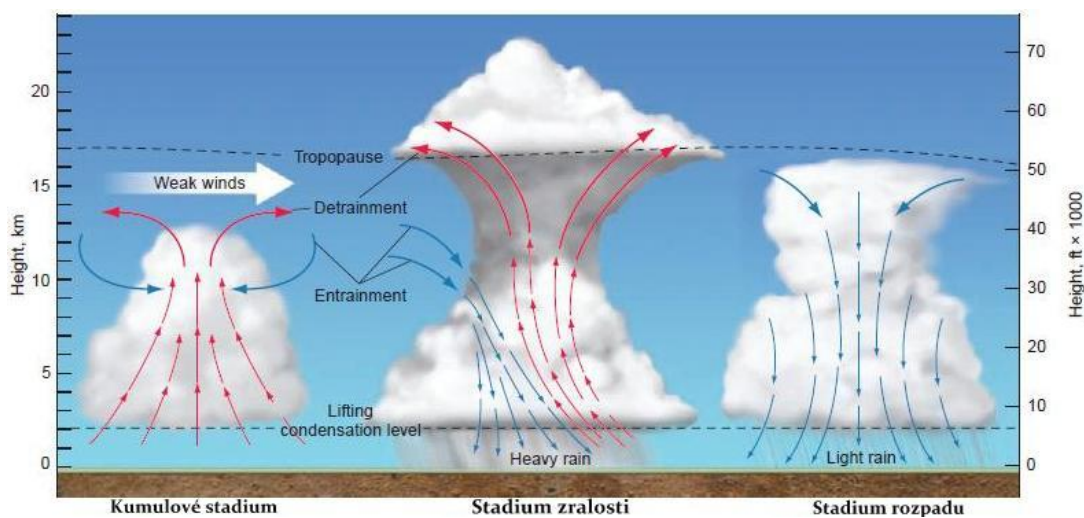
Za přítomností vhodných podmínek může být bouřka doprovázena nebezpečnými meteorologickými jevy, které mohou působit škody anebo ohrozit lidské životy. Mezi nejčastější jevy, které doprovázejí bouřku, patří přívalové srážky, kroupy, silné nárazy větru, silné vzestupné a sestupné proudy či tornáda.

Vznik bouřky

Vznik bouřek je velice složitý proces, při kterém je potřeba mnoho podmiňujících faktorů. Jednou z hlavních podmínek pro vznik bouřky je instabilní zvrstvení vzduchu, vlhkost vzduchu a vhodné rozmezí teplot (Infomet, 2011).

Vznik bouřky je vázaný na vzestupný proud vzduchu, který se na malé ploše dá do pohybu vzhůru díky instabilnímu zvrstvení vzduchu, přičemž při pohybech vzhůru kondenzují vodní páry a vzniká kupovitý oblak, do kterého je dále nasáván teplý a vlhký vzduch. Při vhodných podmínkách vystupující sloupec zrychluje, dosahuje rychlosti několik desítek metrů za sekundu, až se dostane do výšky, kde teplota klesne pod nuly a vodní páry zmrznou (Infomet, 2011).

Obr. č. 13: Fáze vývoje, zralosti a rozpadu bouřkové buňky



Zdroj: www.geography.name/wp-content/uploads/2016/08/56878.jpg

Vývoj bouřky je rozdělen do tří stadií. V prvním, tzv. kumulovém stadiu vzniká oblak *Cumulus congestus*. Oblak je nesterjně velký v jeho různých částech, což je způsobeno nerovnoměrným rozmístěním výstupných proudů. Při dosažení výšky s $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ začne horní část oblaku ledovatět a vznikne typická kovadlina. V rámci buňky působí konvergentní proudění, kdy vzduch „vtéká“ ze všech směrů do vzestupného proudu dané buňky. Ve stadiu zralosti stále převládá vzestupný proud, avšak již se projevuje i proud sestupný a z bouřkové buňky vypadávají srážky. V okamžiku, kdy začne převládat sestupný proud, se bouřka dostává do stadia rozpadu. Postupně se v buňce vyskytuje pouze sestupný proud a bouřka zaniká (AMS, 2017).

Bouřka vzniká v té chvíli, kdy vznikne první elektrický výboj – blesk. Ten vznikne v momentě, kdy mezi kladnými částicemi oblaku a zápornými vznikne dostatečně intenzivní elektrické napětí, které vyprodukuje blesky (Infomet, 2011),

Konvekční oblaka

Konvekční oblaka jsou ta oblaka, které jsou spojována se vznikem bouřky či se samotnou bouřkou v její nejsilnější části průběhu. Patří sem oblaky druhu Cumulus (Cu) a Cumulonimbus (Cb), které mají více tvarů, jako je například jeden z nejběžnějších Cumulus congestus (Cu con) (Zverev, 1986).

Bouřkový mrak Cb, česky někdy pojmenovaný bouřková či dešťové kupa, je mohutný oblak s velkým vertikálním rozsahem, přičemž se jeho vrchol rozšiřuje do podoby kovářiny. Základna tohoto mraku se pohybuje v nízkém patře obvykle kolem 1 až 2 km. Nad územím České republiky dosahuje kolem 10 km do výšky, avšak nejvyšší bouřkové mraky dosáhnou ojedinelé i 15 km (Kobzová, 1998).

Obr. č. 14: Bouřkový mrak „Cb“ při vývoji



Zdroj: Petr Gregor 2016

Druhy bouřek

Bouřky lze rozdělit dle několika hledisek. Například dle vzniku bouřky nebo dle množství konvekčních buněk. Dle typu vzniku dělíme bouřky na takzvané frontální bouřky a bouřky nefrontální. Bouřky frontální se vyskytují v oblasti přechodu atmosférických front. Dle fronty dále bouřky dělíme na bouřky studené, teplé nebo okluzní fronty (Munzar a kol. 1989).

Bouřky dle typu vzniku

Bouřky studené fronty se vyskytují nejvíce, v případě front okluzních je výskyt bouřek značně menší nežli při studených frontách a výskyt bouřek na frontách teplých je ojedinělý (Frey 2015, Tufty 2012, Červený a kol. 1984). Bouřky studených front dělíme na první typ a druhý typ. Při bouřkách typu 1. vzniká největší výstupný proud vzduchu v čele postupu fronty. Zde se tvoří „hradba“ Cb a s nimi spojené bouřky. Po přechodu čela tohoto typu fronty převládá slabší výstupný proud teplého vzduchu a tím vzniká vrstevnatá oblačnost, ze které vypadávají trvalé srážky. Tento druh fronty je pomalejší nežli 2. typ, který je typický svým rychlým postupem. Teplý vzduch se zde pohybuje rychleji ve vyšších hladinách, takže v zadní části fronty se nevyskytují vzestupné proudy, a proto se zde nevytváří vrstevnatá oblačnost. V letních měsících Cb při těchto frontách dosahují výšek kolem 13 kilometrů a nemají tak velký plošný rozsah jako předchozí typ, které dosahují pár desítek kilometrů. V případě okluzní fronty, kdy studená fronta dožene frontu teplejší, vznikají bouřky v místě, kde se teplý vzduch drží v uzavřeném teplém prostoru a je vytlačován vzhůru (AMS 2017).

Munzar a kol. (1989) bouřky nefrontální označují také jako bouřky vyskytující se uvnitř stejné vzduchové hmoty, bez vlivu atmosférických front. Tyto bouřky autoři dělí na konvekční (místní) a bouřky orografické (horské). Obsáhlejší dělení nefrontálních bouřek uvádí ve své práci Sobišek a kol. (1993), který ke zmiňovaným typům nefrontálních bouřek uvádí ještě typy kvazifrontální a advekční.

Nefrontální konvekční bouřky vznikají za horkých a slunečných dní, při nerovnoměrném ohřívání zemského povrchu. Počasí uvnitř této hmoty je instabilní a bouřky mají výlučně místní charakter. Orograficky podmíněné bouřky vznikají především v horských oblastech, kde k tvorbě přispívá, stejně jako u typu nefrontálních bouřek, přehřívání vzduchu a navíc vliv horských svahů kolmo orientovaných na proudění vzduchu, které tvoří pomyslnou hradbu pro proudění vlhkého instabilního vzduchu a jsou vhodně orientovány ke slunci. Bouřky v těchto oblastech se tvoří především na návětrných stranách hor. Jsou typické pomalým či zanedbatelným postupem a přinášejí nebezpečí v podobě vyšších srážkových úhrnů (Munzar a kol. 1989, Červený a kol. 1984, AMS 2017). Kvazifrontální bouřky se podobají bouřkám vyskytujícím se při přechodu studené fronty. Vyskytují se ve studené instabilní vzduchové hmotě, především v jarním období a postupují s rychlostí kolem 50 km/h. Tyto bouřky většinou vytvářejí pásy, které nemají dlouhé trvání a jejich vznik a rozpad se může několikrát denně opakovat. Bouřky vyskytující se v oblasti za studenými frontami ve studených advekcích jsou označovány jako advekční bouřky. Vznik těchto bouřek je

podmíněn absolutní instabilitou v atmosféře zasahující alespoň do výšek kondenzačních hladin (CMES, 2017).

Bouřky dle počtu konvekčních buněk

Řezáčová a kol. (2007) říká, že základní strukturní jednotkou bouřky je konvekční buňka neboli konvekční cela, která obsahuje jeden výstupný a jeden sestupný proud, kde vypadávají srážky. Konvekční cela se dá pochopit jako třírozměrná cirkulace vzduchu, která je schopna přenést své vlastnosti ze spodní troposférické hladiny do horní troposféry či spodní stratosféry. Konvekční bouřky lze rozdělit do tří základních kategorií dle počtu konvekčních buněk obsažených v samotné bouřce (WW2010, 2017).

- A) Jednoduchá cela
- B) Multicelární
- C) Supercelární

První typ bouřky – jednoduchá cela, tedy bouřka s jednou konvekční buňkou je nejjednodušší typ bouřky. Má nejslabší projevy a nejjednodušší geometrii. Jednoduchá cela má tři různá stadia vývoje.

- 1. stadium – neboli stadium kumulů, který je typický převládajícím výstupným proudem, jehož rozsah odpovídá vertikálnímu rozsahu samotného oblaku.
- 2. stadium – zvané jako stadium zralosti, které je charakteristické přítomností vzestupného i sestupného proudu v různých částech oblaku.
- 3. stadium – považované za stadium rozpadu. Sestupné proudy se již nacházejí v celém vertikálním průřezu bouřkového oblaku.

Dalším typem konvekční buňky je multicelární bouřka, která obsahuje více konvekčních cel, které se mnohdy vzájemně ovlivňují. Tyto konvekční buňky vytváří multicelární systémy dělicí se do několika typů. Prvním typem je neuspořádaný shluk buněk. Každá z buněk může být v jiné fázi vývoje a nemusí být dobře zorganizované. Pokud je multicelární systém dobře organizován a uspořádán do linie, je tento typ označován anglicky jako squall line (angl. zkratka SQL). V češtině je toto uspořádání do linie nazýváno jako čára húlav či linie instability. Tento typ uspořádání postupuje rychle a přináší velké nárazy větru v čele bouřek. Při dobré organizaci a vhodných podmínkách se na čele bouřek vyskytuje tzv. shelf cloud, který je také typickým projevem SQL (Řezáčová a kol. 2007).

Typ konvekční buňky, který je nejméně častý, avšak přináší ty nejnebezpečnější jevy, například velké kroupy a tornáda, se nazývá supercela. Supercela se vyznačuje delší životností, jelikož má schopnost stále obnovovat svou cirkulaci uvnitř buňky, přičemž dochází k vývoji rotujících proudů v různých částech oblaku. Zároveň se uvnitř buňky vytváří oblast nízkého tlaku vzduchu neboli mezocyklona (Řezáčová a kol. 2007). Supercely vznikají v situacích za vysokých hodnot střihu a za výrazné instability (In-počasí 2017).

Na základě intenzity srážek a celkové charakteristiky se supercely dělí na tři typy.

- LP supercela
- SC supercela
- HP supercela

První typ, LP supercela (angl. Low precipitation supercell), je typická slabými srážkami, kdy v některých případech téměř nevypadávají žádné srážky. Ovšem tato supercela může přinést poměrně velké kroupy. CS supercela (angl. Classic supercell), je klasický typ supercely, který je doprovázen intenzivními srážkami a velkými kroupami. Právě tato supercela přináší nejčastěji tornáda. Nejsilnějším typem supercely je HP supercela (angl. High precipitation supercell). Jak anglický název značí, supercela je typická silnými srážkami. Bouře má velmi silný sestupný proud vzduchu, který dosahuje mnohem větších rozměrů nežli u ostatních typů supercel. Tento typ přináší velmi prudké deště, silné nárazy větru, velké kroupy a v některých případech i tornáda, která mohou být skryta v silných srážkách (Yuh-Lang Lin, 2007, Řezáčová, 2007).

3.3 Nebezpečné jevy

Každá bouřka, která nás zasáhne, je nebezpečná už jen z důvodu hrozby zásahu bleskem. Avšak některé z bouřek mohou být intenzivnější a přinést s sebou jiné, intenzivnější nebezpečné doprovodné jevy. Některé z těchto jevů se vyskytují častěji, ale nejsou tak ničivé. Ovšem jsou zde jevy, které se sice nevyskytují až v takové míře, ale mají velice nebezpečný průběh či dopad na život lidí a jejich majetek. Pro tuto práci byly vybrány následující nebezpečné meteorologické jevy: krupobití, přivalové srážky a s nimi spojené povodně a train effect, tornáda a tromby, downburst a derecho.

Krupobití

Kroupy jsou kusy ledu nepravidelného či kulovitěho tvaru, které jsou větší než půl centimetru. Vznikají v bouřkových oblacích Cb, kde kapky vody několikanásobně přemrzají

díky výskytu pohybů (výstupné a sestupné proudy) v bouřkovém mračnu a neustále tvoří další a další vrstvy ledu. Pokud má oblak silné proudy, mohou vzniknout několikacentimetrové kroupy. Nejčastěji se bouřky s kroupami vyskytují v květnu či v červnu (Kolektiv, 2007).

Přívalové srážky

Přívalové povodně v angličtině označovány jako flash floods vznikají při přívalových srážkách, kdy během krátké doby spadne velké množství srážek a země není schopna takové množství pojmout. Následkem neschopnosti absorpce vody většina spadlých srážek steče a vytvoří přívalovou povodeň. Větší náchylnost k těmto povodním mají horské oblasti a potoky či řeky odvodňující hornaté oblasti. Nebezpečným doprovodným jevem jsou nánosy bahny či trosky, které příval vody s sebou přináší. Často hladina toků vystoupá během několika minut i o několik metrů. Tyto povodně však nejsou vázány pouze na toky. Mohou se vyskytnout téměř kdekoli (Furgang, 2010).

Častým vznikem přívalových povodní je tzv. train effect. Jedná se o jev, kdy bouřky jsou liniově uspořádány a několik bouřek přejde přes to samé místo. Tím v daném místě spadne ohromné množství srážek a způsobí povodeň. Díky liniovému uspořádání a přecházení stejného místa se tomuto jevu říká train effect, což v překladu znamená vlakový efekt (CHMÚ, 2016).

Tornáda a tromby

Tornáda se nad územím České republiky vyskytují již od dávných dob, přičemž mnoho lidí se domnívá, že jsou tornáda záležitostí výhradně planin ve Spojených státech. Sice se zde nevyskytují tak často, ani tak silná, ale pár do roka se jich zde vyskytne a i tady dokážou napáchat, někdy výrazné škody. O výskytu tornáda se zmiňují již v Kosmově kronice. Označují ho zde jako satana v podobě víru, který zničil zed' na pražském Vyšehradě (Tornáda-cz 2017). Nebo další zmínka o větrné smršti v podobě tornáda v Brně 13. 10. 1870, které popsal Gregor Mendel (Munzar, J. a kol. 1990).

Mnoho lidí nemá ponětí o rozdílu mezi trombou a tornádem. Tromba je rotující trychtýř, který vystupuje z oblaku, avšak se nedotýká země. Právě dotyk zemského povrchu je důkaz o výskytu tornáda. Bez dotyku se jedná pouze o trombu. V České republice se tromba vyskytuje častěji nežli tornádo (AMS, 2017).

Síla tornád se udává pomocí stupnice meteorologa T. Fujita, která je rozdělena na stupně F0 – F5 a u každé je uvedeno rozpětí nárazů větrů a možné způsobené škody. F0 ve Fujitově stupnici odpovídá hodnotám větru od 65 do 115 km/h. Škody při výskytu tornáda F0 jsou na ploše široké od 5 do 15 m a trasa tornáda je dlouhá od 0,5 až 1,5 km. Tornáda F0 nezpůsobuje výrazné škody. Dokáže polámat větve stromů či shodit starší komíny. Nejsilnější

stupeň tornáda F5 disponuje silou větru alespoň 421 km/h, šířkou pásma škod 1,6 km a více a délka dráhy dosahuje hodnot nad 160 km. Takto silná tornáda mohou vyrvat domy ze základů či silně poškodit železobetonové konstrukce (Munzar a kol., 1898).

Obr. č. 15: Pravděpodobná tromba v Sázavě (okr. Benešov) 27. 04. 2014



Zdroj: Petr Gregor 2014

Downburst

Jedná se o velmi silný vítr, který je spojován se sestupnými proudy konvekční buňky. Vzniká při propadu chladného sestupného proudu, který způsobuje silné nárazy větru s ničivými účinky. Český název pro tento jev neexistuje (Řezáčová, 2007). Fujita (1985) tento jev definoval jako oblast silného větru vyvolaného sestupným proudem o horizontálních rozměrech mezi 1 až 10 km. Downburst se dělí na macroburst a microbursty. Macroburst je označení pro typ downburstu, který trvá od 5 do 30 minut a působí na rozloze větší nežli 4 km. Microburst je rozsahově i časově menší typ downburstu. V tomto případě se jedná o plochu menší nežli 4 km a trvá většinou od 2 do 5 minut (Řezáčová, 2007).

Derecho

Je velice rozsáhlý a nebezpečný jev, který se rychle pohybuje a působí značné škody. Jedná se o komplex bouřkového systému, který je několik stovek kilometrů dlouhý a víc jak sto kilometrů široký. Nárazy větru, které se vyskytují při tomto jevu, dosahují hodnot odpovídající tornádu F2 někdy i F3. Časté jsou výskyty downburstů a je někdy je typický vzhled bow echa (AMS, 2017).

4. Metodika práce a sběr dat

Sběr dat

Při sestavování předkládané práce bylo nutné získávat data z co nejdůvěryhodnějších zdrojů, které disponují odpovídající znalostmi a technikou ke zkoumání této problematiky. Největší „základnou“ dat byl Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ, 2017), který jsem současně navštěvoval, získával zde potřebná data a značnou část práce zde sestavil. Součástí sběru dat k bakalářské práci je archiv převládajících synoptických situací v České republice, který obsahuje typizaci synoptických situací pro jednotlivé dny. Tento archiv je provozován ČHMÚ a jejím správcem je Stanislav Racko, meteorolog ČHMÚ (Synopinfo, 2017). Souhrn dat a pozorování výskytů nebezpečných meteorologických jevů, kterými jsem se zabýval v této práci, jsem získával z Evropské databáze nebezpečných meteorologických jevů (angl. *European severe weather database – ESWD*). Tato databáze slouží k hlášení nebezpečných meteorologických jevů na území Evropy, přičemž většina těchto hlášení je ověřena odborníky či fotografiemi a videi (ESWD, 2017). Jedná se o jediný celistvý zdroj výskytů nebezpečných meteorologických jevů na území Evropy.

Nedílnou součástí sběru informací a dat pro tuto práci, byla Amatérská meteorologická společnost, jejíž členové pozorují především bouřkovou činnost na území České republiky (AMS, 2017). Tato společnost spolupracuje s ČHMÚ na projektu a stránce o tornádech a jevech příbuzných tornádům Tornáda-cz.cz. Tento internetový zdroj obsahuje souhrn pozorovaných tornád či tromb na území České republiky. K jednotlivým případům jsou informace o převládající synoptické situace a o průběhu jevu (Tornáda-cz, 2017).

Zbylé informace obsažené v bakalářské práci jsem získával z různých internetových článků (především způsobené škody) anebo z různých meteorologických sborníků či amatérských diskuzí na webových stránkách zabývajících se nebezpečnými meteorologickými jevy (In-počasí, AMS, atd.).

Postup práce

Bakalářská práce se bude zabývat pouze jevy spojenými s bouřkovou činností, které jsou potencionálně nebezpečné svým průběhem lidem anebo majetku. Tyto jevy jsou následující: supercela a derecho, tornáda, velké kroupy, downburst a přívalové srážky.

Pro sběr dat a analýzu výskytu zmíněných jevů jsem určil období od roku 2000 do roku 2016. Období 16 let je na výpočet přesné vypovídající statistiky o výskytu jevů nedostačující, avšak k nastínění tohoto problému dostačující, jelikož nejvíce dat

k problematice nebezpečných meteorologických jevů spojených s bouřkovou činností pochází právě z daného období. V minulém století zájem o meteorologii a jevy s ní spojené byl nepatrný, tudíž neexistuje takové množství důvěryhodných dat.

Analytickou část práce jsem rozdělil na jevy časté a méně časté. Do méně častých jevů, jsem dle počtu výskytů za dané období, zařadil supercely, tornáda, tromby a derecha. Stejnou metodou (dle počtu hlášených jevů) jsem do častých jevů zařadil následující – krupobití, přivalové srážky a nebezpečné nárazy větru (AMS 2017, ESWD 2017).

Metodu jsem zvolil počítání četností, tedy počet, jimž přísluší stejná hodnota znaku. Ke každému hlášenému výskytu nebezpečného meteorologického jevu jsem vyhledal datum výskytu, který jsem dále vyhledával v předem připravených tabulkách obsahující jednotlivé převládající synoptické situace v ČR k jednotlivým dnům. Ke každému dni výskytu jsem přiřadil synoptickou situaci, při které tento jev nastal. Takto jsem pokračoval u každého výskytu. Na závěr jsem vždy u jednotlivých typů nebezpečných meteorologických jevů sečetl stejné typů synoptických situací, které způsobily daný jev a na základě celkových součtů synoptických situací jsem zhodnotil souvislost mezi výskytů nebezpečných meteorologických jevů a převládajícími synoptickými situacemi na území České republiky v době výskytu. Součástí analytické části jsou tabulky s počty výskytů daných jevů za jednotlivé roky, které jsou okomentovány. Výjimku tvoří derecha a downbursty. U těchto dvou vybraných nebezpečných meteorologických jevů jsou pouze názorné ukázky jejich výskytů, jelikož vzhledem k minimálnímu výskytu k nim neexistují adekvátní data.

Součástí předkládané práce jsou 2 mapové výstupy vytvořené v prostředí programu ArcGis. Jeden z mapových výstupů poukazuje na výskyt jevů méně častých – konkrétněji tornád a tromba za období 2000 – 2016 v České republice. Druhý mapový výstup poukazuje na výskyt častých jevů – konkrétněji velkých krupobití (větší než 2cm v průměru) za stejné období na území České republiky.

Na závěr analytické části jsem vložil poznatky z vlastního pozorování meteorologického jevu – konkrétněji pozorování dvou supercel 16. 06. 2016, která jsou doplněny o analýzu pozorovaných jevů a průběhu přechodu daného jevu přes místo pozorování.

Závěr práce

Na závěr práce jsem sestavil souhrn nebezpečných meteorologických jevů vyskytujících se na území České republiky. K tomuto souhrnu jsem sestavil přehled nejčastěji vyskytujících se synoptických situací při výskytu těchto jevů, který poukazuje na možné

souvislosti mezi jednotlivými nebezpečnými meteorologickými situacemi a jednotlivými synoptickými situacemi. Zhodnotil jsem možný vliv prostředí (reliéfu a hustoty obyvatel) na výskyt jevů či jejich pozorování a následné hlášení.

5. Výskyt nebezpečných meteorologických jevů

V této části bakalářské práce se budu zabývat jednotlivými nebezpečnými meteorologickými jevy. Tyto jsou rozděleny podle četnosti výskytu na méně časté a časté. Mezi méně časté jevy jsou zařazené tornáda a tromby, supercely, derecha a downbursty. Tyto jevy se vyskytují nepravidelně v různé intenzitě. Daleko častější jsou jevy zařazené do podkapitoly časté. Mezi ně patří přívalové srážky a krupobití. S těmito jevy se setkal téměř každý z nás.

U všech jevů je doplněna převládající synoptická situace v den výskytu jevu a celkový přehled situací, které tyto nebezpečné projevy přinesly. Výskyty tornád (a tromb) a krupobití jsou doplněny o mapy s místy výskytů a komentáři.

Tato kapitola obsahuje podrobný přehled četnosti výskytů daných jevů a souhrn synoptických situací, které přinesly nejvíce nebezpečných jevů.

Na závěr je tato kapitola doplněna o vlastní pozorování dvou supercel, které se vyskytly při tzv. „*supercell outbreak*“ 16. 06. 2016. Toto pozorování je doplněno o rozbor předpovědi a podmínkách, které takto výjimečnou situaci způsobily. Vlastní pozorování je doplněno o fotky jevu a o komentář průběhu přechodu supercel.

5.1 Výskyt méně častých jevů

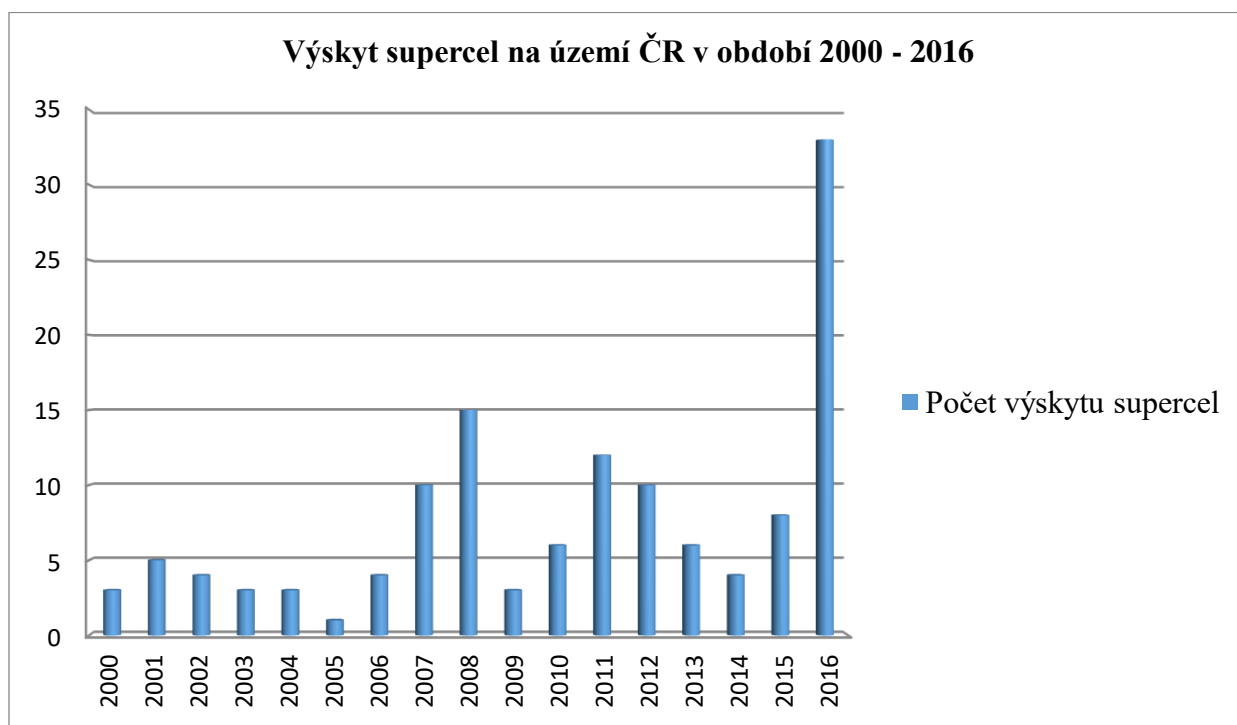
Výskyt supercel

Supercela byla v České republice v minulém století téměř neznámým pojmem. Ovšem postupem času se tento pojem začíná objevovat více a více. Mezi nejznámější supercely, které se vyskytly v České republice od roku 2000, patří HP supercela z roku 2000, které byla významná obrovským rozměrem. Tato supercela zasáhla především oblast Benešovska, přes které postupovala od jihozápadu směrem na Pardubicko a dále na severovýchod. Další významná supercela se vyskytla o rok později téměř na stejném místě. Jednalo se o silnou tornádickou supercelu, která postupovala od západu na východ. Při své cestě vyprodukovala tornádo o síle F2 poblíž měst Zruč nad Sázavou a Světlá nad Sázavou. Takto silná supercela byla způsobena postupující přízemní tlakovou níží, s níž byla spojená frontální vlna. Velice příznivý byl stříh větru a rozdíly stříhu mezi nižšími hladinami vzduchu a vyššími. V hladině 925 hPa dosahoval stříh větru 5m/s a v hladině 400 hPa dosahoval hodnot až 45 m/s (Tornado-cz, 2017).

Následující graf poukazuje na fakt, že výskyt supercel není nijak pravidelný. Jejich výskyt je náhodný a nelze říci, v jakých letech jich bude hodně a kdy málo. Nejvíce supercel

se na našem území vyskytlo v letech 2008, 2011 a 2016. Naopak nejméně jich bylo v roce 2005 a celkově na začátku 21. století jejich výskyt nebyl nijak výrazný. Neplatí, že v roce, kdy je více supercel, se vyskytne silnější supercela. Jak již bylo uvedeno, jedny z nejsilnějších supercel na našem území se vyskytly v roce 2000 a 2001, tedy v letech, kdy výskyt supercel nebyl nijak výrazný. Výjimečný co se výskytu supercel týče, byl 16. červen v roce 2016. V tento den se v České republice vyskytl supercell outbreak – mnoho supercel v jeden den. Celkově se v tento den vyskytlo 13 supercel a za celý rok 2016 jich bylo 33.

Graf č. 1: Výskyt supercel na území ČR v období 2000 - 2016



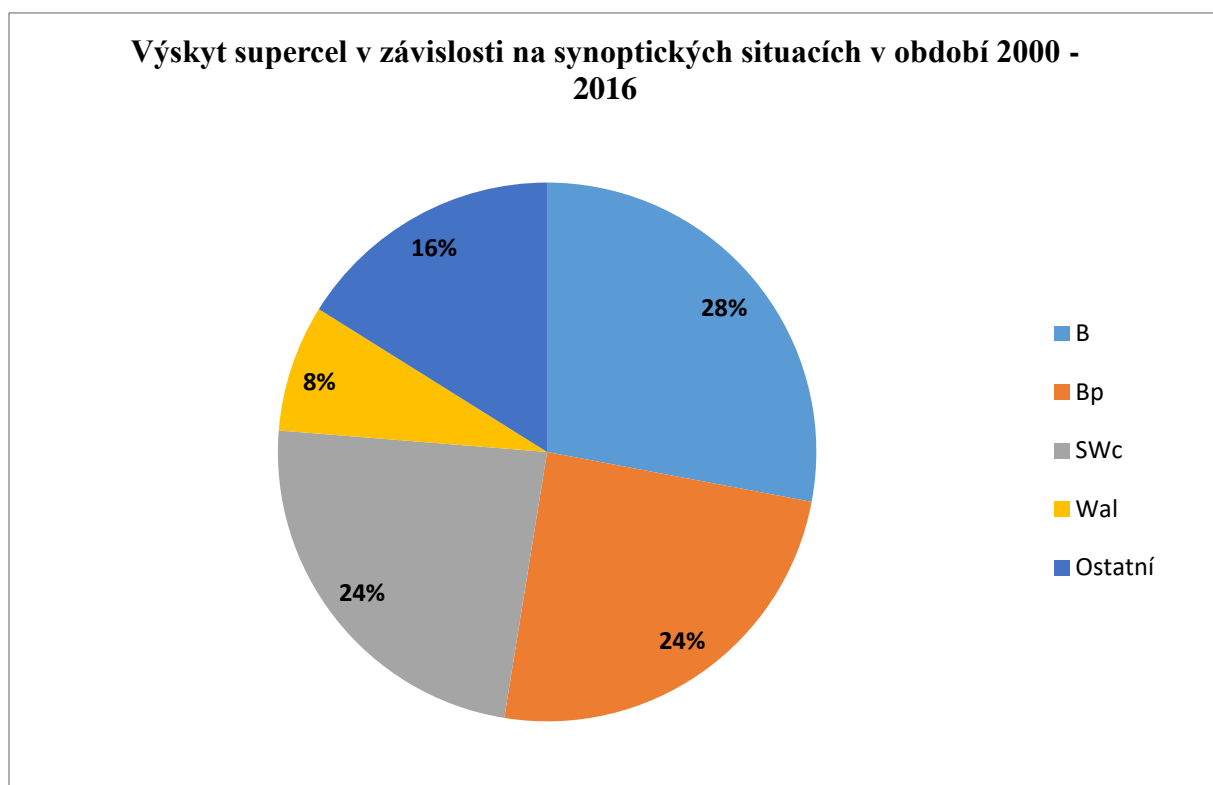
Zdroj: <http://www.bourky.com/>, vlastní zpracování

Tab. č. 1: Výskyt supercel v závislosti na synoptických situacích v období 2000-2016

Typ situace	Četnost výskytů
B	33
Bp	29
SWc	28
Wal	9
Ostatní	19

Zdroj: <http://synopinfo.wz.cz/>, <http://www.bourky.com/>, vlastní zpracování

Graf. č. 2: Výskyt supercel v závislosti na synoptických situacích v období 2000 - 2016



Zdroj: <http://www.bourky.com/databaze-supercel/>, vlastní zpracování

Supercely jsou vázány na výraznější povětrnostní situace. Tyto situace nejvíce nastávaly, když Českou republiku přecházela brázda nízkého tlaku vzduchu nebo se vyskytovala nad Českou republikou. Další synoptickou situací, která přinesla počet supercel byla synoptická situace SWc 1,2,3 - jihozápadní cyklonální situace. Ostatní synoptické situace typu Wal, Wc, C, SWa, NWC či Vfz přinesly podstatně menší počet výskytu supercel. Zbývající neuvedené synoptické situace, které nejsou uvedené v tabulce, nepřinesly žádný výskyt supercely. Lze tedy částečně říci, že existují synoptické situace, za kterých je výskyt supercel na našem území častější a situace, při kterých výskyt supercel je nulový. Avšak pro 100% potvrzení souvislosti mezi jednotlivými synoptickými situacemi a supercelami, by byl potřeba větší počet výskytů za více let, nežli zde uvedených 117 supercel za 16 let.

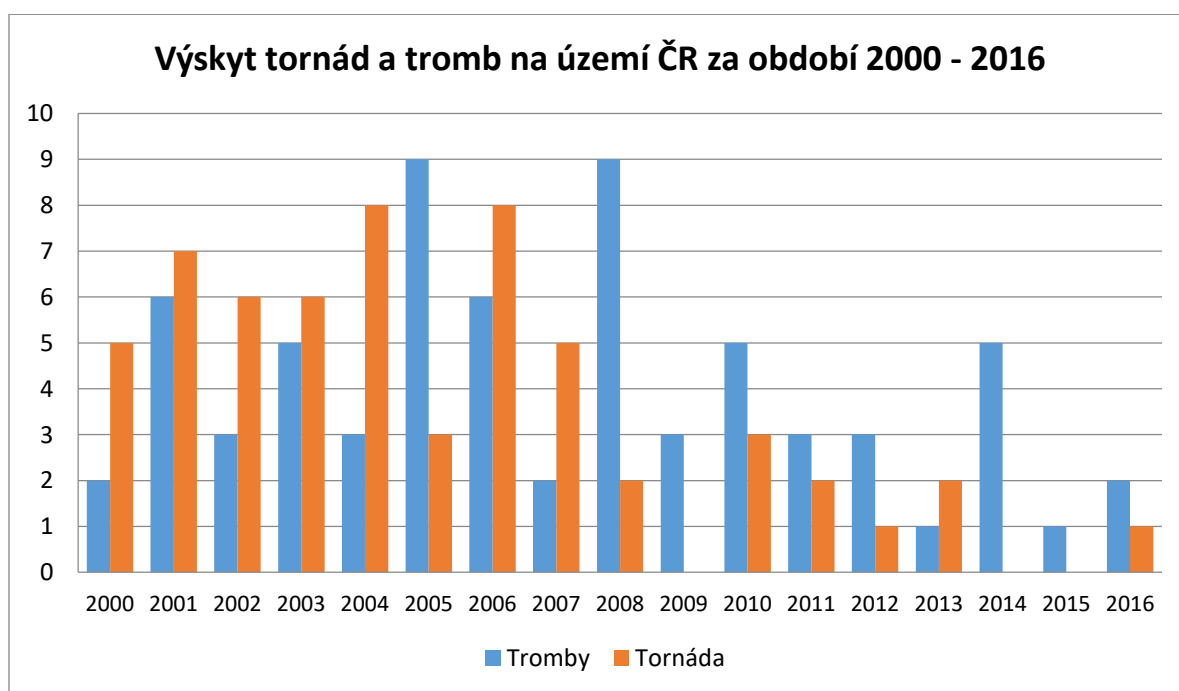
Výskyt tornád a tromb

Výskyt tornád není vázán pouze na americký středozápad, jak si mnozí myslí. Tornáda se hojně vyskytují i v Evropě, avšak nebývají tak silná. Ale i v Evropě se najdou výjimky. Například tornáda v minulých letech v Itálii, která dosáhla stupně F4. V ČR se vyskytují slabší tornáda nebo převažuje výskyt tromb. Jen ojediněle se vyskytne silnější tornáda. Oproti Spojeným státům, kde je většina tornád vázaná na supercelu, se u nás především vyskytují

tornáda vázaná na obyčejnou bouřku. Například v roce 2001, jak již bylo zmíněno, se na Benešovsku vyskytla silnější tornádická supercela s tornádem o síle F2. Další známé tornádo je to, které se vyskytlo ve městě Litovel v roce 2004, které dosáhlo síly F3. Za posledních 16 let se zde vyskytlo 127 tornád a tromb, přičemž počet tromb lehce převyšoval počet tornád.

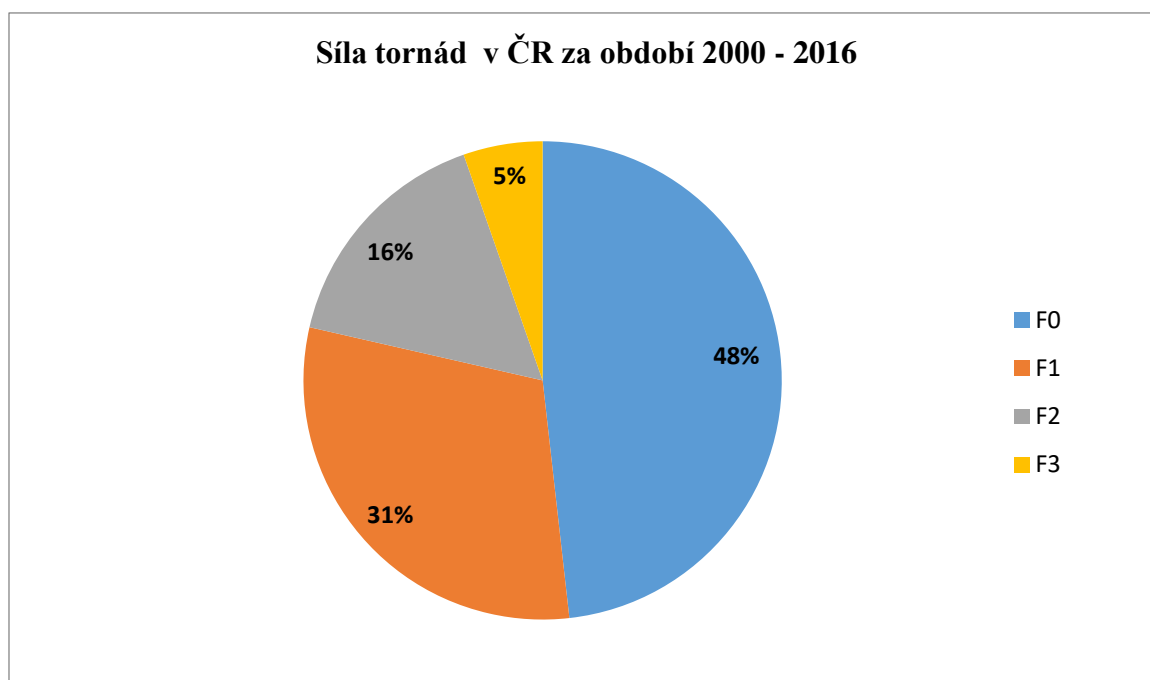
V grafu níže jsou zaneseny výskyty tornád a tromb na území České republiky za posledních 16 let. Dle grafu lze tvrdit, že se v České republice vyskytnou v průměru 3 – 4 tornáda za rok a zhruba stejně počet tromb, a také, že jejich výskyt má klesající tendenci. Avšak je nutno tento graf brát pouze jako ilustrační či orientační přehled výskytu daných jevů, jelikož mnoho tornád či tromb nebylo nahlášeno nebo potvrzeno. Domnívám se, že největší zkreslující faktor výskytu jevů je jejich nezpozorování, kdy „velký“ počet tornád a tromb se buďto vyskytne v méně obydlených lokalitách nebo v nočních hodinách. Tudíž klesající tendence výskytu dle grafu nemusí být pravdivá.

Graf č. 3: Výskyt tornád a tromb na území ČR za období 2000 - 2016



Zdroj: <http://www.tornada-cz.cz/> , vlastní zpracování

Graf č. 4: Síla tornád v ČR za období 2000 - 2016



Zdroj: <http://www.tornada-cz.cz/>, vlastní zpracování

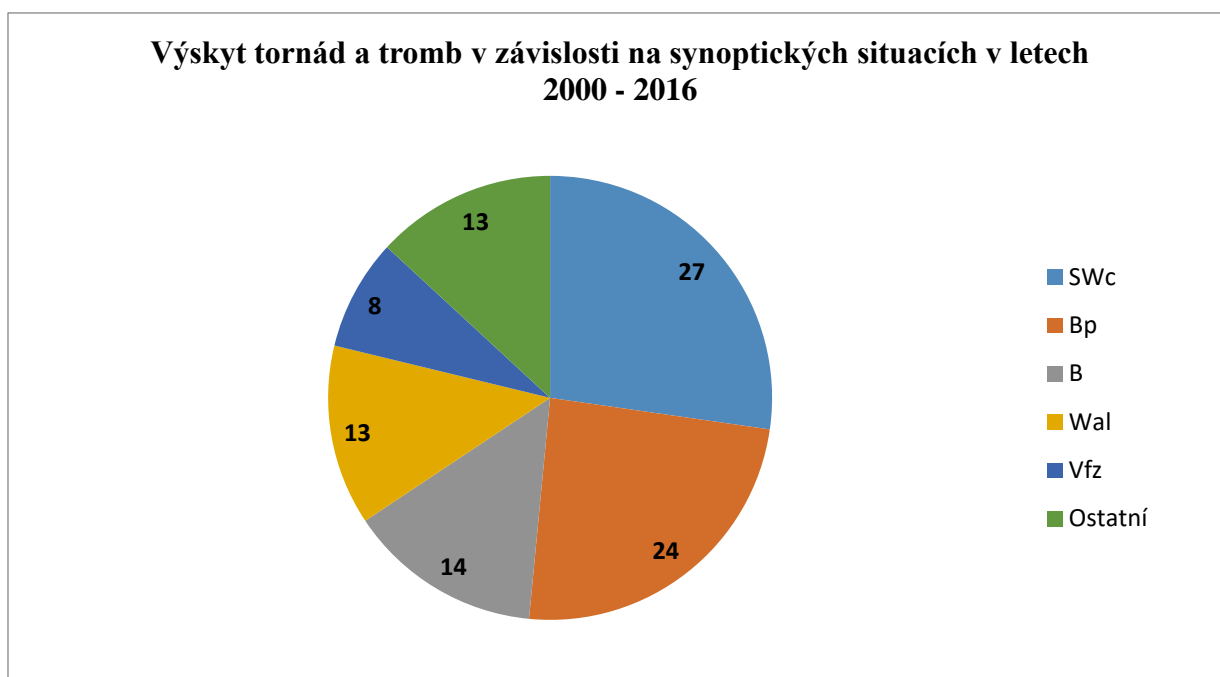
Za posledních 16 let se v České republice vyskytlo 59 tornád, přičemž pouze tři z celkového počtu byla silnější tornáda o síle F3. Nebylo hlášeno žádné silnější o síle F4 či F5. Taková tornáda jsou tu výjimečná a dalo by se diskutovat zda-li se tu nějaké tornádo o síle F5 vyskytlo. Dle grafu je patrné, že zde převládá výskyt tornád F0, tedy velice slabých. Takto silné tornádo se za uvedené období vyskytlo 27 krát. O něco silnější tornádo, F1, se zde vyskytlo 17 krát. Toto tornádo dokáže porazit slabší stromy či porušit střechy. Tornádo o síle F2 se vyskytlo 9 krát. Takové tornádo již dokáže napáchat značnější škody. Mnohdy bylo problémem klasifikovat tornádo. Klasifikace se provádí dle napáchaných škod a síle větru.

Tab. č. 2: Výskyt tornád a tromb v závislosti na synoptických situacích v letech 2000 -2016

Typ situace	Četnost výskytu
SWc	27
Bp	24
B	14
Wal	13
Vfz	8
Ostatní	41

Zdroj: <http://synopinfo.wz.cz/>, vlastní zpracování

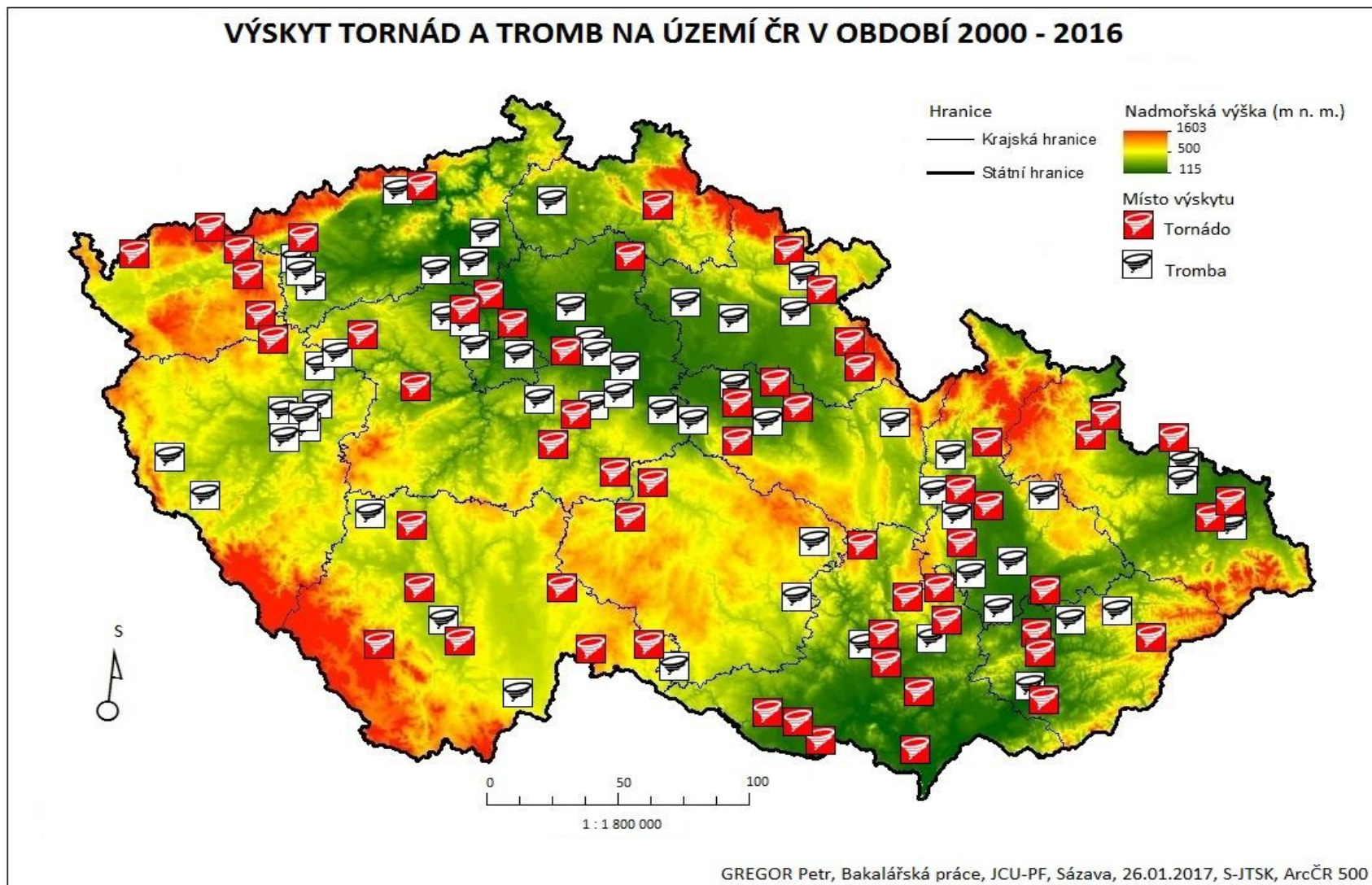
Graf č. 5: Výskyt tornád a tromb v závislosti na synoptických situacích v letech 2000 -2016



Zdroj: <http://www.tornada-cz.cz/>, <http://synopinfo.wz.cz/>, vlastní zpracování

Výskyt tornád je nahodilý a není pravidlem, že při výraznější bouřkové situaci se vyskytne více tornád. V České republice spíše převládá trend výskytu slabších tornád či tromb při slabších bouřkách a výjimečně se vyskytne tornádo vázané na supercelu. Největší počet tornád se vyskytl při situace SWc 1, 2, 3. Při této situace je nahlášeno 27 výskytů tornád a tromb. Situace Bp přinesla 24 výskytů. Značně méně se tyto jevy vyskytovaly při situacích B, Wal, Vfz a Wcs. Dalo by se říct, že při uvedených situacích je pravděpodobnější výskyt tornád. Celkem 35 případů za 16 let se vyskytlo při jiných 11 typech situací, které v době výskytů ovlivňovaly Českou republiku. Tudiž nelze tyto situace brát za ty, které přinášejí tyto jevy častěji, ale pouze ojediněle.

Mapa č. 1: Výskyt tornád a tromb na území ČR v období 2000 - 2016



Zdroj: <http://www.tornada-cz.cz/>, vlastní zpracování

Výskyt tornád v ČR je nerovnoměrně rozložen. Avšak na mapě je zřetelné, že vyšší četnost výskytu je vázána na nížinné oblasti, celkově více na nižší polohy nežli na vrchoviny či hornatiny. Lze tvrdit, že tornáda se více vyskytují v mimo horských oblastech, ale je třeba brát v potaz v jaké míře, znázorněná vyšší četnost výskytů jeví, je zkrslena vyšší hustotou osídlení. Je zřejmé, že čím vyšší hustota obyvatel v dané oblasti, tím je větší pravděpodobnost zpozorování a nahlášení výskytu tornáda či tromby.

Nejvíce pozorovaných výskytů tornád a tromb bylo nahlášeno v Polabí v pásu táhnoucího se od Českého Středochoří až k podhůří Orlických hor. Další oblast s častějším výskytem je nížinná oblast podél toku řeky Moravy a v okolí Brna. Toto jsou dvě oblasti s nejvíce zaznamenanými tornády a trombami. Dále se pak nahodile po ČR vyskytují oblasti s menšími počty výskytů. Jedná se například o okolí města Plzeň, Ostravsko, Posázaví či v oblastech řek Úpy a Metuje. Ostatní části ČR mají zanedbatelné množství výskytů.

Bez výskytů tornád a tromb jsou horské oblasti a část Vysočiny, Tábořsko či Slavkovský les.

Výskyt derecha

Na rozdíl od Spojených států amerických se derecha v ČR vyskytují výjimečně. Výskyt tohoto jevu není nijak pravidelný a vyskytne se jednou za několik let. Rok 2013 byl výjimečný, co se týče počtu výskytu derecha. Na přelomu července a srpna 2013 se v České republice vyskytly tři derecha. Takto silné derecho se v České republice vyskytlo i v roce 2008. Jiné výskyty derecha nejsou v ČR zaznamenány a spíše se zde vyskytují MCS systémy.

Derecho 29. 07. 2013

Převládající synoptická situace - Bp

V tento den v ČR vrcholila vlna veder, při které dosahovaly teploty hodnot kolem 38°C. Přes západní Evropu postupovala studená fronta spojená s tlakovou níží, která postupovala přes Velkou Británii dále východ.

Organizace ESTOFEX pro tento den vydala nejvyšší možný stupeň (3) a upozorňovala především na extrémní nárazy větru spojené s postupem fronty a s ní spojenými bouřkami, velké až extrémně velké kroupy či vydatné přívalové srážky (ESTOFEX 2013).

První bouřky začaly vznikat v Bavorsku a postupovaly dále do České republiky, kde se začaly spojovat to komplexu, který nadále nabíral na síle a postupoval přes území ČR. Derecho bylo doprovázeno především silnými nárazy větru dosahující až 30 m/s a silnou bleskovou aktivitou.

Derecho 04. 08. 2013

Převládající synoptická situace - Bp

Střední Evropu ovlivňovala mělká brázda nízkého tlaku vzduchu, kolem které k nám pronikal teplý vzduch od jihozápadu. Tuto situaci ukončil přechod silné studené fronty ve večerních hodinách od jihozápadu až západu. Organizace ESTOFEX pro tento den předpovídala druhý nejvyšší stupeň. Výstraha pojednávala hlavně o silných nárazech větru až kolem 30 m/s či o velkých krupobití. Předpovědi slibovaly silné, dobře organizované bouřky na základě velice vhodných podmínek. Rosný bod se pohyboval až kolem 19°C, střih větru ve vrstvě 0 – 6 km byl kolem 15 m/s, avšak místy dosahoval hodnot kolem 20 m/s. Hodnoty CAPE se pohybovaly až na hodnotách 1500 J/kg (ESTOFEX 2013, CHMI 2013)

Obr. č. 16: Přechod derecha přes Sázavu (okr. Benešov) 04. 08. 2013



Zdroj: Petr Gregor 2013

První nefrontální bouřky začaly vznikat krátce po poledni především na jihozápadní straně Krušných hor a na Chebsku. Samotná fronta se touto dobou nacházela v okolí německého Mnichova. S postupem času studená fronta dosáhla hranic České republiky a stále nabírala na síle. Nejsilnější projevy přinesla do oblasti mezi Prahou a Českými Budějovicemi, kde nárazy větru dosáhly nejvyšších hodnot kolem 30 m/s (AMS 2013, CHMI 2016).

Derecho 06. 08. 2013

Převládající synoptická situace - B

Třetí derecho v pořadí během pár dnů zakončilo neobvyklou bouřkovou situaci v ČR. Meteorologové předpovídali výraznější bouřkovou činnost západněji, nežli v dny minulé, avšak přecházející studená fronta zasáhla východněji.

Při pobřeží severní Francie se prohlubovala tlaková níže, při které postupovala studená fronta z jihozápadní Evropy směrem na severovýchod a oddělovala teplý vzduch na východě od studeného na západě (ESTOFEX 2013, Wetterzentrale 2017).

Přechod tohoto derecha nebyl již tak silný jako přechody dvou předešlých.

Výskyt downburstu

Silnější nárazový vítr doprovází značnou část bouřek. Avšak vítr způsobený downburstem bývá daleko ničivější, přičemž ty nejsilnější mohou mít sílu odpovídající tornádu stupně F3. Naštěstí se tento jev vyskytuje zřídka a není tak častý.

Prozatím neexistuje žádná databáze, která by obsahovala soupis výskytu downburstu. Tudíž nelze vytvořit přesnější statistiku četnosti apod. Omezený seznam výskytu downburstu lze najít na internetových stránkách www.tornado-cz.cz.

Downburst 25. 06. 2008

Synoptická situace - Sea

Tento výskyt downburstu patří mezi nejsilnější nahlášené výskyty tohoto jevu na území ČR. Jeho síla se odhaduje zhruba na stupeň tornáda F2 až F3, což odpovídá síle větru od 180 do 332 km/h. Downburst zanechal za sebou několik set dlouhý a široký pruh vykáčeného lesa (Tornáda-cz, 2008). Jednalo se jednu z nejvíce extrémních bouřkových situací za posledních několik let. ČR přešlo pravděpodobně derecho doprovázené supercelárními bouřemi (AMS, 2008).

V tento den se nad Středozezemním mořem vyskytovala subtropická tlaková výše postupující dále na východ. V severní Evropě u pobřeží Skandinávie se nacházela prohlubující se tlaková níže. Podél této níže postupovala fronta od Biskajského zálivu studená fronta přes západní Evropu dále směrem do ČR.

Podporou pro vznik takto silného downburstu byly velice vhodné podmínky. Hodnoty CAPE dosahovaly až hodnot kolem 2000 J/kg. Střih větru v hladině 0 – 6 km dosahoval hodnot 25 m/s a helicity až 300 J/KG, což jsou výrazné hodnoty (AMS, 2008, ESTOFEX

2008).

Bouřky začaly vznikat již v poledních hodinách nad Německem a rychle postupovala směrem do ČR, kde se zformovaly do linie, na které se během postupu vytvořil shelf cloud. Před linií se vytvořily tři silné supercely, které postupně splynuly se squall line. Během přechodů bouře byly naměřeny nárazy kolem 30 m/s. Avšak, jak již bylo řečeno, v místě výskytu downburstu to bylo mnohokrát více (AMS, 2008).

Obr. č. 17: Zdevastovaný les nedaleko Chrudimi po výskytu downburstu v červnu 2008



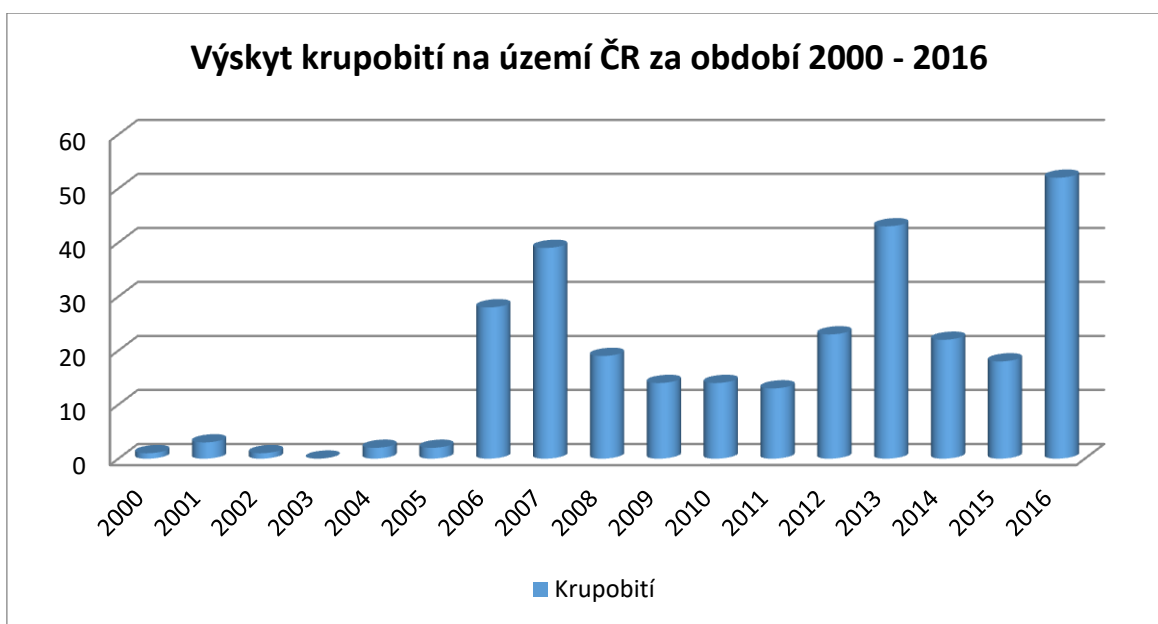
Zdroj: <http://www.bourky.com/pozorovani/skody-zpusobene-silnymi-bouremi-dne-25-6-2008/>

5.2 Výskyt častých jevů

Výskyt krupobití

Krupobití je poměrně častě vyskytující se jev na území České republiky. Většinou velikost krup je zanedbatelná, avšak jsou případy, kdy se vyskytnou kroupy i větších rozměrů. Velké kroupy bývají většinou vázány na supercely, kde vzdušné proudy supercely vyprodukují kroupy o rozměrech až 10 cm. Kroupy o velkých rozměrech se vyskytly například v roce 2016 v jihočeských Malontech. Kroupy dosahovaly dle místních 5 cm, přičemž ty největší měly až 8 cm (Zprávy-idnes, 2016). Takto velké kroupy byly způsobeny supercelou, která vznikla v podhůří Šumavy a postupovala dále směrem na jihovýchod do Rakouska. Další případ velkých krup je spojen se supercelou přecházející přes Prahu v srpnu 2010 (AMS, 2010).

Graf č. 6: Výskyt krupobití na území ČR za období 2000 - 2016



Zdroj: <http://www.eswd.eu/cgi-bin/eswd.cgi>

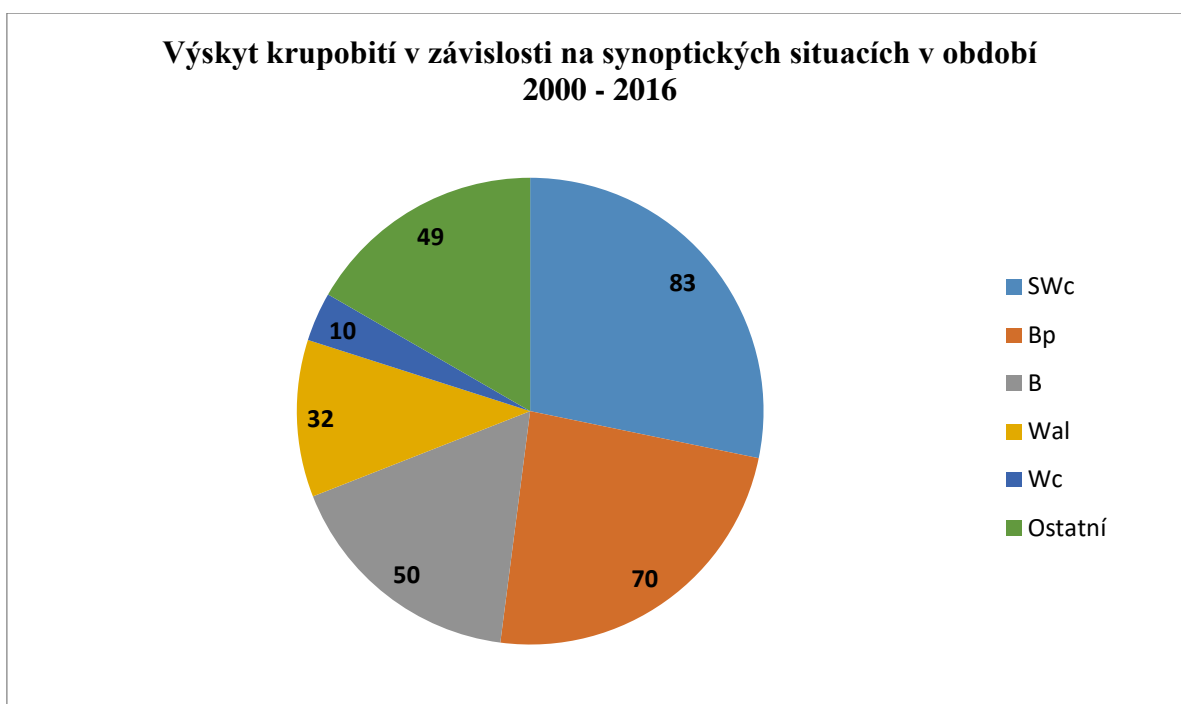
V grafu výše je uvedeno počet výskytů velkých krupobití na území České republiky, které amatérští pozorovatelé nahlásili na *European Severe Weather Database*. Je samozřejmé, že mnoho krupobití nebylo nahlášeno, a tedy graf obsahuje pouze část. Avšak i z této části lze vypočítat četnost krupobití zhruba od roku 2006. Za zmínku stojí především roky 2013 a 2016. Rok 2013 byl hojný na výskyt výraznějších meteorologických projevů a celková bouřková činnost v tomto roce byla nadprůměrná. V roce 2016 se vyskytl supercell outbreak, který přinesl značnou část výskytů krupobití.

Tab. č. 3: Výskyt krupobití v závislosti na synoptických situacích v letech 2000 – 2016

Typ situace	Četnost výskytu
SWc	83
Bp	70
B	50
Wal	32
Wc	10
Ostatní	49

Zdroj: <http://synopinfo.wz.cz/>, <http://www.eswd.eu/cgi-bin/eswd.cgi>

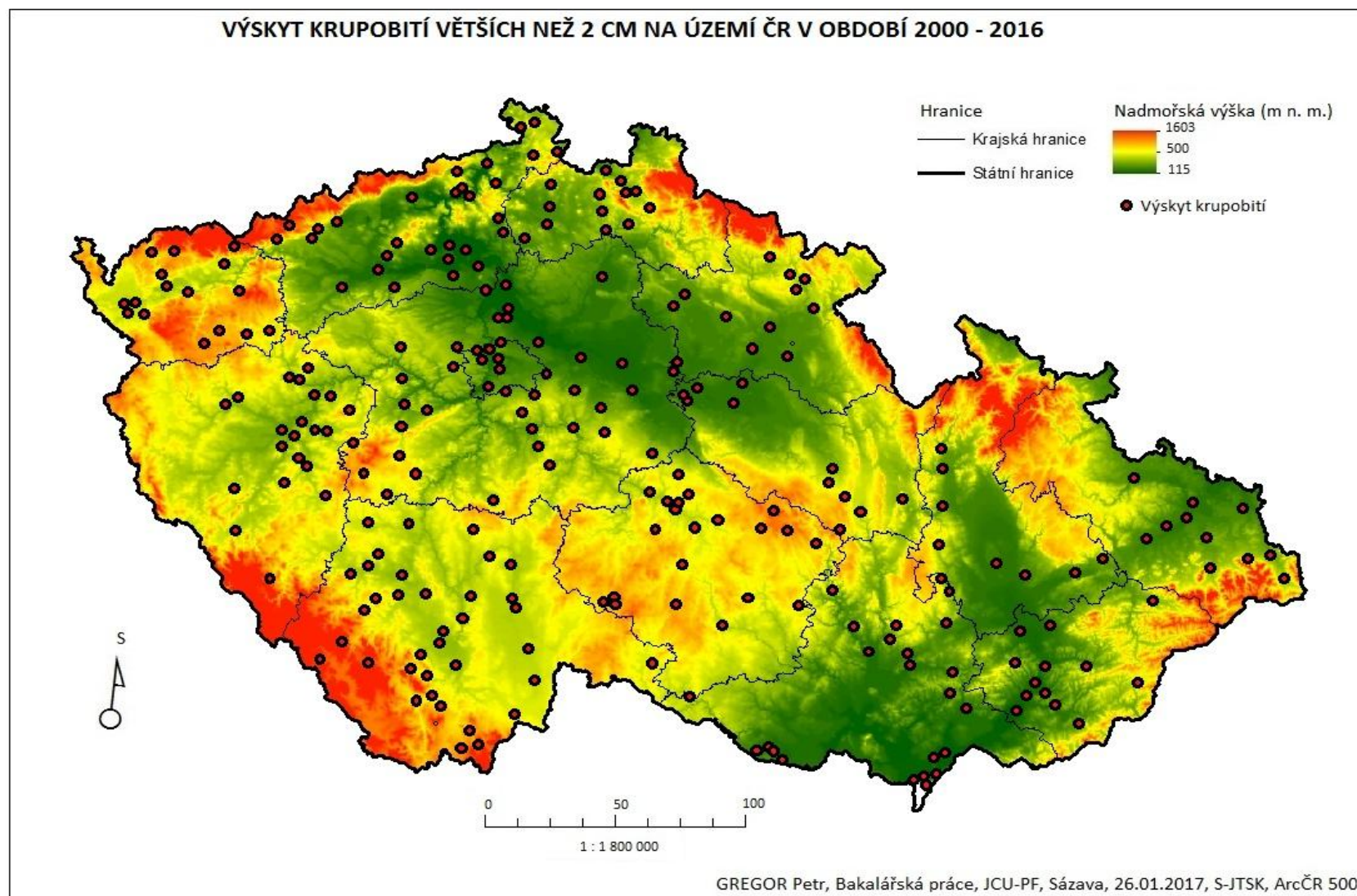
Graf č. 7: Výskyt krupobití v závislosti na synoptických situacích v období 2000 - 2016



Zdroj: <http://synopinfo.wz.cz/>, <http://www.eswd.eu/cgi-bin/eswd.cgi>

Větší krupobití (2 cm v průměru a více) jsou většinou spojena s výraznějšími bouřkovými situacemi. Za posledních 16 let bylo nahlášeno na ESWD 294 případů krupobití větších nežli 2 cm, která se vyskytla na území České republiky. Za toto období se nejvíce krupobití vyskytlo při jihozápadních cyklonálních situacích. Další synoptickou situací, která přinášela často krupobití je brázda nízkého tlaku vzduchu nad střední Evropou nebo postupující přes střední Evropu. Při západní anticyklonální situaci s jižní drahou je nahlášeno 32 výskytů silnějších krupobití za 16 let. Avšak předpokládám, že při anticyklonální situaci tato krupobití způsobily především nefrontální bouřky způsobené „z tepla“. Ostatní situace přinášejí krupobití spíše ojediněle. Avšak nelze tvrdit, že situace, při kterých se krupobití vyskytuje méně, nemůže „přinést“ krupobití o extrémních rozměrech.

Mapa č. 2: Výskyt krupobití větších než 2 cm na území ČR v období 2000 - 2016



Zdroj: <http://tornado-cz.cz/>, vlastní zpracování

Stejně jako výskyt tornád a tromb je výskyt krupobití značně nerovnoměrně rozložený na území ČR. Na rozdíl od tornád a tromb se krupobití vyskytuje i ve výše položených oblastech.

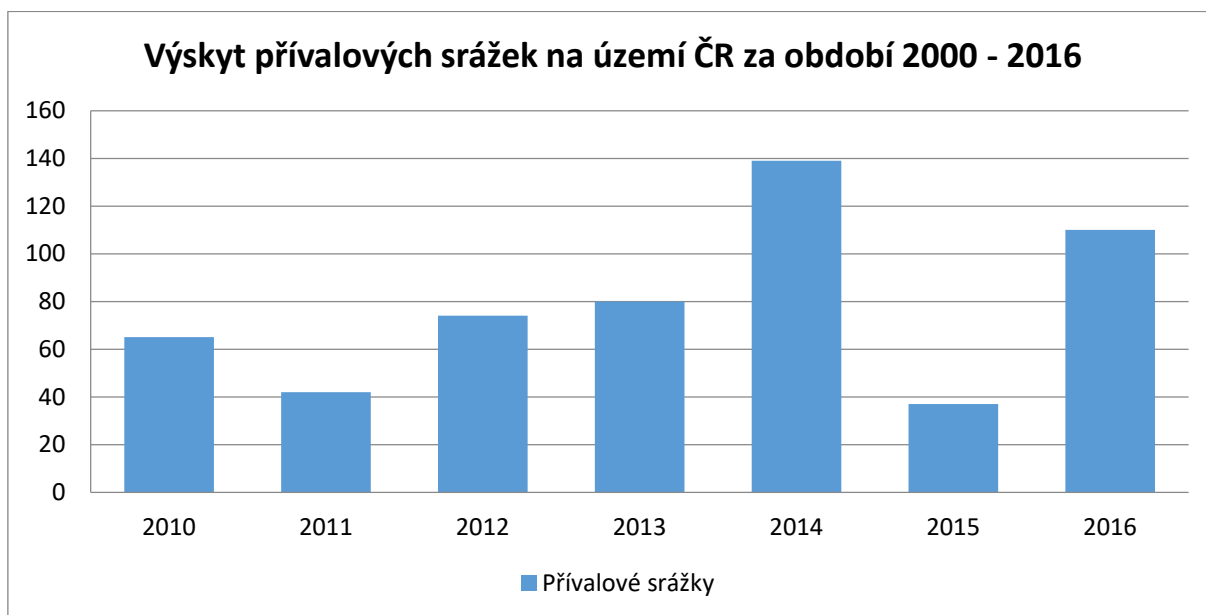
Na mapě jsou vyznačeny všechny výskyty krupobití od roku 2000 do roku 2016, přičemž krupobití musela dosáhnout velikosti 2 cm (průměr krup). Celkem se zde vyskytlo téměř 300 takto velkých krupobití, přičemž některá z nich dosahovala i průměru více nežli 5 cm. Takto velký krupobití již značně poškozují úrodu i lidský majetek.

Při pohledu do mapy se nejvíce výskytů krupobití soustřeďuje do oblastí s vyšší hustotou osídlení. Samozřejmě je toto způsobeno větší šancí zpozorování tohoto jevu a následného nahlášení jevu do ESWD. Domnívám se, že výskyt krupobití je možný ve stejné míře po celém území ČR bez ohledu na nadmořskou výšku či polohu. Samozřejmě v místech, kde je vyšší četnost bouřkové aktivity, lze očekávat častější výskyt jevu.

Výskyt přívalových srážek

Přívalové srážky patří mezi nejčastější nebezpečné jevy, které doprovázejí bouřkovou činnost. Mnohdy žádná větší nebezpečí nepředstavují, avšak čas od času se vyskytnou silné přívalové srážky, které za vhodných okolností, mohou vyvolat velmi nebezpečnou situaci. Mezi nebezpečné situace vyvolané přívalovými srážkami bývají přívalové povodně (někdy chybně nazývány bleskové), které představují nebezpečí v prudkosti a síle, kterou sebou přináší. Dalším velké nebezpečí představují sesuvy půd.

Graf č. 6: Výskyt přívalových srážek na území ČR za období 2000 - 2016



Zdroj: <http://www.eswd.eu/cgi-bin/eswd.cgi>

Databáze ESWD obsahuje hlášení o přívalových srážkách v přijatelném množství od

roku 2010. Za období od roku 2010 do roku 2016 v průměru bylo nahlášeno 547 případů s přívalovými srážkami. V roce 2014 bylo nahlášeno až 139 případů tohoto jevu, což bylo nejvíce za dané období. Naopak nejméně bylo v roce 2014. Tehdy bylo nahlášeno pouze 37 případů přívalových srážek. Předpokládám, že počet přívalových srážek je dvojnásobně či trojnásobně více, jelikož většina obyvatel nemá povědomí o ESWD databázi či se jev vyskytne v místě bez osídlení.

Obr. č. 19: Přívalové srážky v Sázavě (okr. Benešov) 06. 05. 2013



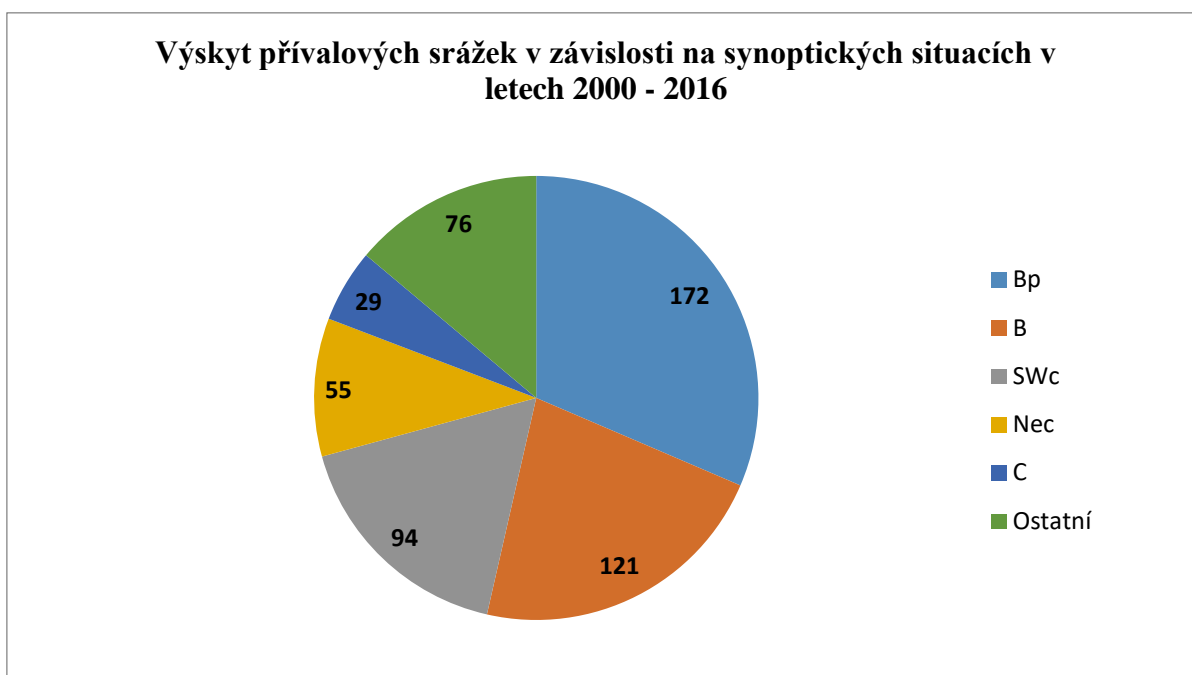
Zdroj: Vlastní fotografie

Tab. č. 4: Výskyt přívalových srážek v závislosti na synoptických situacích v letech 2000 – 2016

Typ situace	Četnost výskytu
Bp	172
B	121
SWc	94
Nec	55
C	29
Ostatní	76

Zdroj: <http://www.eswd.eu/cgi-bin/eswd.cgi>

Graf. č. 7: Výskyt přívalových srážek v závislosti na synoptických situacích v letech 2000 - 2016



Zdroj: <http://synopinfo.wz.cz/>,

Nejvíce přívalových srážek na území ČR přinesla synoptická situace Bp, tedy brázda postupující přes Evropu. Při této situaci bylo nahlášeno celkem 172 případů přívalových srážek, což je značné množství. Druhá situace, která přinesla velké množství přívalových srážek, je situace typu B, brázda nad střední Evropou. Jsou to velice podobné situace a lze tvrdit, že při těchto situacích lze čekat nejvíce přívalových srážek a s nimi spojených přívalových povodní. Situace SWc – jihozápadní cyklonální situace za posledních 16 let způsobila 94 nahlášených přívalových srážek. Tato situace je především v létě, společně se dvěma předešlými situacemi, nejvíce „náchylná“ k intenzivnějším projevům. Za zmínění stojí ještě situace C – cyklona nad střední Evropou a situace Nec – severovýchodní cyklonální situace. Ostatní situace způsobovaly ojediněle a náhodně přívalové srážky a nelze u nich pozorovat nějakou pravidelnost výskytu.

5.3 Vlastní pozorování

Supercely 16. 06. 2016

Synoptická situace - B

V tento den se v ČR vyskytl rekordní počet supercel, který je spíše typický pro tzv. tornádovou alej v USA. Tyto supercely byly intenzivní, avšak způsobily lokální škody, jelikož nezasáhly tak velké území. Škody byly způsobeny především velkými kroupami, jejichž průměr v Příbrami a na Strakonicku přesáhl 3 cm, přivalovými srážkami dosahujícími hodnot kolem 50 mm (Ondřejov, Nové Město pod Smrkem) nebo se při přechodu bouřek vyskytovaly výraznější nárazy větru (In-počasí 2016, AMS 2016, CHMI 2016).

Přes ČR přecházela zvlněná studená fronta, přičemž s postupem brázdy nízkého tlaku vzduchu postupovala na severovýchod (CHMI, 2016).

Většina předpovědních služeb vydala výstrahu před silnými bouřkami doprovázenými silnými nárazy větru, kroupami a přivalovými srážkami. Rovněž nevyloučily výskyt tornáda. Příliv teplého a hlavně vlhkého vzduchu od jihozápadu dohromady s vysokou dynamikou prostředí (helicita až 400 m/s, stříh větru 40 m/s, CAPE 1500 J/kg) byl vynikající shodou pro tvorbu extrémních bouřek (ESTOFEX 2016, AMS 2016, Lightingwizard 2016).

Na základě předpovědí jsem se vydal nedaleko města Sázava (okr. Benešov). První náznaky konvekce se začaly objevovat kolem druhé hodiny odpolední, přičemž o hodinu později výrazně zesílily a začaly se objevovat výraznější bouřky. Z těchto bouřek, se díky vhodné dynamice prostředí, vytvořily supercely. První mnou pozorovaná supercela vznikla poblíž Jílového u Prahy, kde nejprve směřovala na severovýchod, avšak po nějaké době se stočila a směřovala na jihovýchod, mým směrem. Supercela byla doprovázena typickým wall-cloud mrakem, který se nadále vyvíjel a byla zřetelná rotace celé supercely. Supercela byla doprovázena intenzivní bleskovou činností (Lightingmaps 2016). Srážky vypadávaly především na severní straně supercely, kde se podle místních obyvatel vyskytly kroupy o velikosti 2 cm. Druhá supercela byla mnohem intenzivnější. Vyprodukovala kroupy o velikosti přesahující 3 cm a v plné síle doputovala až k mému místu pozorování. Kroupy se zde vyskytly menší, avšak supercelu doprovázel silný přivalový déšť. Supercela dosáhla hodnot odrazivosti až 70 dBz. Po přechodu města Sázavy začala postupně slábnout.

Obr. č. 20: První supercela v Sázavě (okr. Benešov) 16. 06. 2016



Zdroj: Petr Gregor 2016

Obr. č. 21: Druhá supercela v Sázavě (okr. Benešov) 16. 06. 2016



Zdroj: Petr Gregor 2016

6. Závěr

Předkládaná práce pojednává o výskytech nebezpečných meteorologických jevech na území ČR v souvislosti s převládajícími synoptickými situacemi. Poukazuje na potencionální nebezpečí těchto jevů a seznámení s tím, že i v ČR se mohou vyskytnou jevy, známé spíše z jiných částí světa - tornáda, supercely, atd. Problémem tohoto tématu je nedostatečná znalost některých principů vzniků zmiňovaných jevů či jejich předpověď a shromažďování dat.

Nebezpečné meteorologické jevy se zde v určité míře vyskytovaly vždy, avšak při ohledu za posledními lety, se zdá výskyt těchto jevů častější a někdy i intenzivnější. To je však otázkou, zdali tato představa není pouze zkrasleným dojmem dnešní moderní doby, kdy se pomocí moderních technologií podaří zachytit a následně sdílet výskyt nějakého nebezpečného jevu. Každopádně k pozorování a k pochopení této problematiky přispívají i „nově“ vzniklé amatérské organizace, které se zabývají „lovem“ bouřek a jevů s nimi spojenými.

Každý z nás se jistě setkal s bouřkou či nějakým silnějším jevem, který bouřku doprovázel. Ale zcela jistě, každý z nás nemá pojem o tom co to vlastně bouřka je, co může způsobit či jaké synoptické situace přinášejí více nebezpečných meteorologických jevů nebo kolik těch jevů se zde vůbec vyskytne. Právě o těchto otázkách je tato bakalářská práce.

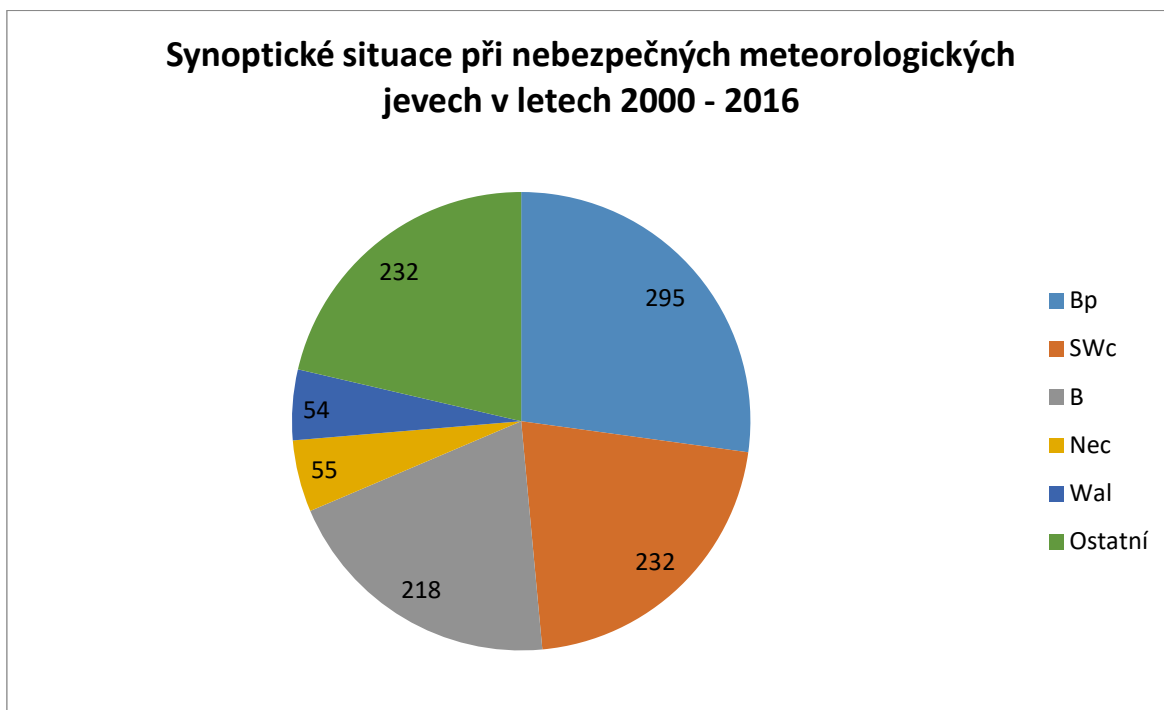
Následující část závěru obsahuje celkové shrnutí zjištěných výsledků a jejich následné okomentování.

Tab. č. 5: Převládající synoptické situace při výskytu nebezpečných jevů v období 2000 – 2016 na území ČR

<i>Typ situace</i>	<i>Četnost</i>
<i>Bp</i>	295
<i>SWc</i>	232
<i>B</i>	218
<i>NEc</i>	55
<i>Wal</i>	54
<i>Ostatní</i>	232

Zdroj: <http://www.eswd.eu/cgi-bin/eswd.cgi>, <http://synopinfo.wz.cz/>, vlastní zpracování

Graf č. 8: Převládající synoptické situace při nebezpečných jevech v ČR v období 2000 – 2016



Zdroj: ESWD 2017, Synopinfo 2017, vlastní zpracování

Z tabulky a grafu je zřejmé, že nejvíce nebezpečných meteorologických jevů se vyskytlo za převládající synoptické situace – Bp (brázda nízkého tlaku vzduchu putující přes střední Evropu. Při této situaci se celkem vyskytlo 295 krupobití, přivalových srážek, supercel či tornád a tromb. Nejvíce se při této situace vyskytovaly přivalové srážky. Tento typ synoptické situace například „přinesl“ výrazné derecho 29. 07. 2013 Synoptická situace SWc – jihozápadní cyklonální situace způsobila 232 výskytů nebezpečných meteorologických jevů. Při této situaci se nejvíce vyskytovalo velké krupobití s průměrem krup nad 2 cm. Na pomyslném třetím místě v počtu výskytu daných jevů se umínila synoptická situace B – brázda nízkého tlaku vzduchu nad Střední Evropou. Celkově se při této situaci bylo nahlášeno 218 výskytů nebezpečných meteorologických jevů. Nejvýraznějším projevem této situace za posledních 16 let bylo extrémní množství silných supercel 16. 06. 2016. Tyto tři výše zmíněné synoptické situace měly největší vliv na výskyt nebezpečných meteorologických jevů. Synoptické situace Nec (severovýchodní cyklonální situace) a Wal (západní anticyklonální situace letního typu) bylo příčinou dohromady 109 nebezpečných meteorologických jevů. Ostatní situace způsobovaly dané jevy nahodile a nepravidelně.

Souhrn hypotéz

I. hypotéza

První hypotéza pojednávala o vlivu oceánského proudění na ČR a její následný vliv na výskyt nebezpečných meteorologických jevů. Předpokládalo se, že větší výskyt nebezpečných meteorologických jevů bude v Čechách, nežli na Moravě či ve Slezsku. Na základě mapy č. 1 (výskyt tornád a tromb) a mapy č. 2 (výskyt krupobití) lze tuto hypotézu vyvrátit. Nenachází se zde žádný razantní rozdíl mezi těmito částmi ČR. Tudíž lze tvrdit, že oceanita nemá vliv na výskyt nebezpečných meteorologických jevů v ČR. Domnívám se, že například na výskyt tornád má vliv spíše nadmořská výška.

II. hypotéza

V druhé hypotéza se hovořilo o vlivu synoptických situací na počet výskytu nebezpečných meteorologických jevů v ČR. Brádka (1961) či Brázdil, Štekl (1986) vytipovali nejvíce se vyskytující synoptické situace v ČR (Wal, Wc, NWc, Bp, B – tedy situace západního směru) a zároveň Červený a kol. (1984) zmiňuje častější výskyt bouřkových situací při jihozápadním proudění. Tuto hypotézu lze brát jako pravdivou. Jelikož dle tabulek v bakalářské práci a dostupných statistik výskytu nebezpečných meteorologických jevů, lze tvrdit, že nejvíce těchto jevů se vyskytlo při západních prouděních. Největší vliv na výskyt daných jevů měly situace Bp, SWc a B (viz. tabulka č. 6). Tyto situace mají jednoznačně převahu v počtu nahlášených výskytů nebezpečných meteorologických jevů a lze je brát jako ty situace, při kterých se vyskytne daných jev pravděpodobněji nežli u jiných.

Na závěr je třeba říci, že je nutno v brát v potaz, že tato bakalářská práce je pouze nástin výskytů nebezpečných meteorologických jevů v ČR. K obsáhlejšímu výskytu by bylo nutno zkoumat větší vzorek výskytů za delší období. Avšak taková práce by mohla být problémem, jelikož zde neexistují dostatečné zdroje o výskytech některých jevů či nejsou dostatečně podloženy či ověřeny odborníky.

7. Literatura

- ALLEN, J. (2000): Tornadoes. Capstone. Mankato. 48 p.
- BEDNÁŘ, J. (2003): Meteorologie. Portál. Praha. 224 s.
- BRÁDKA, J., DŘEVIKOVSKÝ, A., GREGOR, Z., KOLESÁR, J. (1961): Počasí na území Čech a Moravy v typických povětrnostních situacích. ČHMÚ. Praha. 32 s.
- BRÁZDIL, R. (2002): Meteorologické extrémy a povodně v České republice – přirozený trend nebo následek globálního oteplování? Geografie – sborník České geografické společnosti. str. 348
- BRÁZDIL, R., ŠTEKL, J. (1986): Cirkulační procesy a atmosférické srážky v ČSSR. Univerzita J. E. Purkyně. Brno. 293 s.
- ČERVENÝ a kol. (1984): Podnebí a vodní režim ČSSR. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 414 s.
- DVOŘÁK, P. (2001): Ilustrovaný atlas oblaků. Svět křídel. Cheb. 122 s.
- FREY, P., R. (2015): Whether the weather: Aviation Meteorology from A to Z. Books on Demand. Norderstedt. 180 p.
- FURGANG, K. (2010): Severe weather. Benchmark education comapy. New Rochelle. 48 p.
- KOBZOVÁ, E. (1998): Počasí. Rubico. Olomouc. 276 s.
- Kol. (2007): Atlas podnebí Česka. 1. Vydání. ČHMÚ, Univerzita Palackého. Praha, Olomouc. 255 s.
- Kol. (1993): Meteorologický slovník výkladový a terminologický s cizojazyčnými názvy hesel. Academia. Praha. 594 s.
- KRŠKA, K., ŠAMAJ, F. (2001): Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku. Karolinum. Univerzita Karlova. Praha. 568 s.
- LINHART, J. a kol. (2004): Slovník cizích slov pro nové století. Dialog. Litvínov. 413 s.
- MUNZAR, J., PERJML, K., Krška, K. (1990): Meteorologie skoro detektivní. Horizont. Praha. 284 s.
- MUNZAR, J. (1989): Malý průvodce meteorologií. Mladá fronta. Praha. 248 s.

ŘEZÁČOVÁ, D. a kol. (2007): Fyzika oblaků a srážek. Academia. Praha. 576 s.

SOBÍŠEK a kol. (1993): Meteorologický slovník výkladový a terminologický: s cizojazyčnými názvy hesel ve slovenštině, angličtině, němčině, francouzštině a ruštině. Ministerstvo životního prostředí ČR. Praha. 594 s.

TUFTY, B. (1987): 1010 Questions answered about hurricanes, tornadoes, and other natural air disasters. Dover Publications. 432 p.

YUH-LANG, L. (2007): Mesoscale dynamics. Cambridge University Press. New York. 630 p.

ZVEREV, A., S. (1986): Synoptická meteorologia. Nakladatelství technické literatury. Praha. 712 s.

8. Ostatní zdroje

AMS (2017): Amateur stormchasing society

<http://www.bourky.com/>

AMS (2013): Pozorování derecha

<http://www.bourky.com/pozorovani/derecho-6-8-2013/>

<http://www.bourky.com/pozorovani/derecho-4-8-2013/>

<http://www.bourky.com/pozorovani/derecho-29-7-2013/>

AMS (2010): Supercely a silné bouře 15. srpna 2010

<http://www.bourky.com/pozorovani/silne-boure-a-supercely-15-srpna-2010/>

AMS (2008): Škody způsobené silnými bouřemi 25. 06. 2008

<http://www.bourky.com/pozorovani/skody-zpusobene-silnymi-bouremi-dne-25-6-2008/>

CHMU (2017): Česká republika: Povodně a ochrana před nimi.

http://www.povis.cz/mzp/Privalove_povodne.pdf

CHMÚ (2016) – Český hydrometeorologický ústav

<http://portal.chmi.cz/>

CMES (2017): Meteorologický slovník výkladový a terminologický

<http://slovník.cmes.cz/>

ESTOFEX (2008): Forecast archiv 25. 06. 2008

<http://www.estofex.org/>

ESTOFEX (2008): Forecast archiv 29. 07., 04. 08., 06. 08. 2013

<http://www.estofex.org/>

ESWD (2017): European severe weather database

<http://www.eswd.eu/cgi-bin/eswd.cgi>

Infomet (2011): Jak vzniká bouřka?

<http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1307570519>

In-počasí (2016): Supercela – nejsilnější typ bouřky na světě

<http://www.in-pocasi.cz/clanky/teorie/supercela-26.5.2016/>

Lightingmaps (2016)

http://cs.blitzortung.org/live_lightning_maps.php

Lightingwizard (2016)

<http://www.lightningwizard.com/maps/>

Synopinfo (2017) : Typizace povětrnostních situací pro území České republiky

<http://synopinfo.wz.cz/typizace/syntypy.html>

Synopinfo (2017): Archiv převládajících synoptických situací na území České republiky

<http://synopinfo.wz.cz/typizace/>

Tornada-cz (2017): Tornáda a jevy příbuzné na území České republiky

<http://tornada-cz.cz/pripady/>

Wetterzentrale (2017): Archiv synoptických map

<http://www.wetterzentrale.de/de/reanalysis.php?map=1&model=noaa&var=1>

WW2010 (2017)

[http://ww2010.atmos.uiuc.edu/\(Gh\)/home.rxml](http://ww2010.atmos.uiuc.edu/(Gh)/home.rxml)

Zprávy-idnes (2016): Kroupy v Malontech

[http://zpravy.idnes.cz/vystraha-pred-bourkami-kroupy-dz1-
/domaci.aspx?c=A160528_111212_domaci_pku](http://zpravy.idnes.cz/vystraha-pred-bourkami-kroupy-dz1-/domaci.aspx?c=A160528_111212_domaci_pku)

Seznam obrázků

- Obr. č. 1: Schéma tlakové výše (H) a tlaková níže (L)
- Obr. č. 2: Schéma teplé fronty
- Obr. č. 3: Schéma studené fronty
- Obr. č. 4: Schéma studené okluzní fronty
- Obr. č. 5: Ukázka „*Wc*“ situace nad Evropu v roce 1962
- Obr. č. 6: Ukázka „*Wcs*“ situace nad Evropu v roce 1952
- Obr. č. 7: Ukázka „*SWc1*“ situace nad Evropou v roce 1954
- Obr. č. 8: Ukázka „*Wal*“ situace nad Evropou v roce 1963
- Obr. č. 9: Ukázka „*B*“ situace nad Evropou v roce 1961
- Obr. č. 10: Ukázka „*Bp*“ situace nad Evropou v roce 1963
- Obr. č. 11: Ukázka „*C*“ situace nad Evropou v roce 1960
- Obr. č. 12: Ukázka „*SWa*“ situace nad Evropou v roce 1959
- Obr. č. 13: Fáze vývoje, zralosti a rozpadu bouřkové buňky
- Obr. č. 14: Bouřkový mrak „*Cb*“ při vývoji
- Obr. č. 15: Pravděpodobná tromba v Sázavě (okr. Benešov) 27. 04.2014
- Obr. č. 16: Přejítí derecha přes Sázavu (okr. Benešov) 04. 08. 2013
- Obr. č. 17: Zdevastovaný les nedaleko Chrudimi po výskytu downburstu v červnu 2008
- Obr. č. 18: Přívalové srážky v Sázavě (okr. Benešov) 06. 05. 2013
- Obr. č. 19: První supercela v Sázavě (okr. Benešov) 16. 06. 2016
- Obr. č. 20: Druhá supercela v Sázavě (okr. Benešov) 16. 06. 2016

Seznam tabulek

- Tab. č. 1: Výskyt supercel v závislosti na synoptických situacích v období 2000 - 2016
- Tab. č. 2: Výskyt tornád a tromb v závislosti na synoptických situacích v období 2000 - 2016
- Tab. č. 3: Výskyt krupobití v závislosti na synoptických situacích v období 2000 - 2016
- Tab. č. 4: Výskyt přívalových srážek v závislosti na synoptických situacích v období 2000 – 2016
- Tab. č. 5: Převládající synoptické situace při výskytu nebezpečných meteorologických jevů v období 2000 - 2016 na území ČR

Seznam grafů

Graf č. 1: Výskyt supercel na území ČR v období 2000 – 2016

Graf č. 2: Výskyt supercel v závislosti na synoptických situacích v období 2000 – 2016

Graf č. 3: Výskyt tornád a tromb na území ČR v období 2000 – 2016

Graf č. 4: Síla tornád v ČR v období 2000 – 2016

Graf č. 5: Výskyt tornád a tromb v závislosti na synoptických situacích v období 2000 – 2016

Graf č. 6: Výskyt přívalových srážek na území ČR v období 2000 – 2016

Graf č. 7: Výskyt krupobití v závislosti na synoptických situacích v období 2000 - 2016

Graf č. 8: Výskyt přívalových srážek v závislosti na synoptických situacích

Graf č. 9: Převládající synoptické situace při výskytech nebezpečných meteorologických jevů na území ČR v období 2000 - 2016

Seznam map

Mapa č. 1: Výskyt tornád a tromb na území ČR v období 2000 – 2016

Mapa č. 2: Výskyt krupobití větších než 2 cm na území ČR v období 2000 - 2016