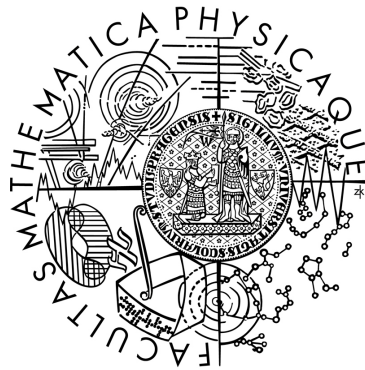


Univerzita Karlova v Praze
Matematicko-fyzikální fakulta

DIPLOMOVÁ PRÁCE



Petr Suchan

Klimatologie středomořských cyklón

Katedra meteorologie a ochrany prostředí

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Michal Žák, Ph.D.

Studijní program: Fyzika

Studijní obor: Meteorologie a klimatologie

Praha 2012

Děkuji vedoucímu práce Mgr. Michalu Žákovi, Ph.D. za odbornou pomoc a cenné rady, které mi poskytl při zpracování mé diplomové práce. Děkuji ČHMÚ za poskytnutí dat s vysokými srážkovými úhrny, za srážková data z poboček České Budějovice a Ostrava a za družicové snímky použité v kapitole 4.7.1.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů, literatury a dalších odborných zdrojů.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona v platném znění, zejména skutečnost, že Univerzita Karlova v Praze má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

V Praze dne 12. 4. 2012

Petr Suchan

Název práce: Klimatologie středomořských cyklón

Autor: Petr Suchan

Katedra: Katedra meteorologie a ochrany prostředí

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Michal Žák, Ph.D., Katedra meteorologie a ochrany prostředí

Abstrakt: Práce se zabývá klimatologií středomořských cyklón. V první části je uveden popis středomořské oblasti, druhá část se věnuje klimatickým poměrům ve Středomoří, tj. teplotám vzduchu, povrchu moře a srážkovým poměrům. Třetí část se zabývá středomořskými cyklónami, včetně stručného popisu jejich základního dělení a možností cyklogeneze ve Středomoří. Poslední, čtvrtá kapitola studuje vliv tlakových níží s vazbou na Středomoří na počasí v České republice s ohledem na výskyt srážkově významných epizod.

Klíčová slova: cyklóny, cyklogeneze, Středomoří

Title: Climatology of mediterranean cyclones

Author: Petr Suchan

Department: Department of Meteorology and Environment Protection

Supervisor: Mgr. Michal Žák, Ph.D., Department of Meteorology and Environment Protection

Abstract: This work deals with climatology of mediterranean cyclones. In first chapter short description of the Mediterranean area is given, second chapter depicts climate properties of Mediterranean focussed on air temperature, sea surface temperature and precipitations. Third chapter characterises Mediterranean cyclones, briefly brings some facts about their dividing and possibilities of their cyclogenesis in the Mediterranean area. In the last chapter the influence of cyclones at least partly originating in Mediterranean on the weather in the Czech Republic is studied.

Keywords: cyclones, cyclogenesis, Mediterranean

Obsah

Úvod	8
1. Geomorfologie a popis	9
2. Klimatické poměry Středomoří	11
2.1. Teploty vzduchu a povrchu moře	14
2.2. Srážkové poměry	16
3. Středomořské cyklóny	25
3.1. Doba života cyklón	33
3.2. Cyklóny vznikající přímo ve středomořské oblasti	33
3.2.1. Cyklogeneze pod vlivem evropských „mateřských“ cyklón	33
3.2.2. Cyklogeneze ve východní brázdě postupující přes sever Afriky	37
3.2.3. Cyklogeneze pod vlivem středomořských „mateřských“ cyklón	39
3.3. Cyklóny vstupující do Středomoří	40
3.4. Četnost cyklogeneze ve středomořské oblasti	41
3.4.1. Cyklogeneze v zimě	42
3.4.2. Cyklogeneze na jaře	42
3.4.3. Cyklogeneze na podzim	43
3.5. Tlakové níže podobné hurikánu („Medicane“)	44
4. Vliv tlakových níží s vazbou na Středomoří na počasí v České republice za období 1961 - 2010	50
4.1. Severovýchodní cyklonální situace (NEc)	52
4.2. Východní cyklonální situace (Ec)	53
4.3. Jihovýchodní cyklonální situace (SEc)	54
4.4. Jihozápadní cyklonální situace (SWc3)	55

4.5. Cyklóna nad střední Evropou (C)	56
4.6. Brázda nízkého tlaku nad střední Evropou (B)	57
4.7. Vliv cyklón s vazbou na Středomoří na vysoké srážkové úhrny v České republice za období 1961 – 2010	58
4.7.1. Příklady vlivu cyklón spjatých se Středomořím na vysoké srážkové události v České republice	65
Závěr	97
Seznam použité literatury	98
Seznam tabulek	101
Seznam použitých zkratk	102

Úvod

Středomořská oblast je tvořena pevninou a mořem. Obklopují ji vysoká pohoří, z nejvýznamnějších jmenujme: Atlas, Pyreneje, Alpy, Apeniny, Rila, Taurus, Pontské pohoří, pohoří Libanon, pohoří Antilibanon. Výskyt vysokých pohoří působí pozitivně na výskyt závětrné cyklogeneze.

V severních částech Středomoří v Alpách se nacházejí stálé ledovce, na jihu subtropické středně aridní zóny, na západě Středomoří se projevují oceánské vlivy, na východě kontinentální.

I když je počasí v České republice nejvíce ovlivňováno západním prouděním (proudění mezi Islandskou tlakovou níží a Azorskou tlakovou výší) z Atlantického oceánu, tak i přesto můžeme říci, že i Středomoří poměrně významně ovlivňuje počasí v České republice. Příkladem jsou cyklóny mající svůj původ ve Středomoří, které postupují často retrográdně přes střední Evropu a jsou příčinou vysokých srážkových úhrnů na území České republiky. To je ostatně známo i ze synoptické praxe. Jedním z cílů této práce je i studium vazby mezi výskytem cyklón mající svůj původ ve Středomoří a vysokými srážkovými úhrny v České republice.

Cílem této práce je tedy vytvořit text, který o klimatologii středomořských cyklón shrne základní poznatky, neboť v české literatuře o tomto tématu mnoho nenajdeme. Pozornost je nejprve věnována stručnému popisu oblasti zájmu, dále jejím klimatickým poměrům, které mají vliv na cyklonální činnost a dále základním informacím o výskytu cyklón v této oblasti. V poslední části bude studována vazba a významnost vlivu tlakových níží spjatých se Středomořím na počasí v České republice s ohledem na výskyt významných srážkových událostí.

1. Geomorfologie a popis

Středomořím rozumíme oblast Středozemního moře, jež se nalézá mezi Evropou, Asií a Afrikou. Rozloha Středomoří je cca 1,35 mil. km² pevniny a 2,5 mil. km² moře [18]. Do středomořského regionu zahrneme Středozemní moře, jižní a jihozápadní Evropu, severní Afriku a část Asie. Je to tedy oblast přibližně od 27° do 47° s. š. a od 10° z. d. do 37° v. d. Tj. od Portugalska k Jordánsku a ze severní Itálie k saharské poušti.

Středozemní moře je součástí Atlantského oceánu. S tím ho spojuje Gibraltarský průliv. S Černým mořem ho spojují průlivy Bospor a Dardanely. S Rudým mořem je spojeno umělým Suezským průplavem. Rozloha Středozemního moře je 2,5 mil. km², maximální hloubka je 5121 m [21].

Středomořskou oblast obklopují dlouhé a vysoké horské hřebeny (obr. 1), z nichž hlavními jsou: Atlas, Pyreneje, Alpy, Apeniny, Rila, Taurus, Pontské pohoří, pohoří Libanon, pohoří Antilibanon. Protože pohoří obklopující Středomoří mají významný vliv na středomořské klima, tak věnujeme pozornost obecnému popisu výše uvedených hlavních horských systémů nalézajících se kolem zmíněné oblasti.

Pohoří Atlas se nachází v severozápadní Africe. Nejvyšší horou Atlasu je 4167 m vysoký Džabal Tubkal (Djebel Toubkal).

Pyreneje tvoří přirozenou hranici mezi Španělskem a Francií. Nejvyšším bodem tohoto pohoří je Pico de Aneto (3404 m n. m.).

Alpy jsou rozsáhlým pohořím táhnoucím se z Francie (Francouzské riviéry), dále přes území Německa, Švýcarska, Lichtenštejnska, Rakouska, Itálie a Slovinska. Nejvyšším vrcholem 4807 m vysokým je Mont Blanc.

Apeniny je horská soustava na Apeninském poloostrově, táhnoucí se od severozápadu k jihovýchodu Itálie. Nejvyšší horou je Corno Grande s výškou 2912 m n. m.

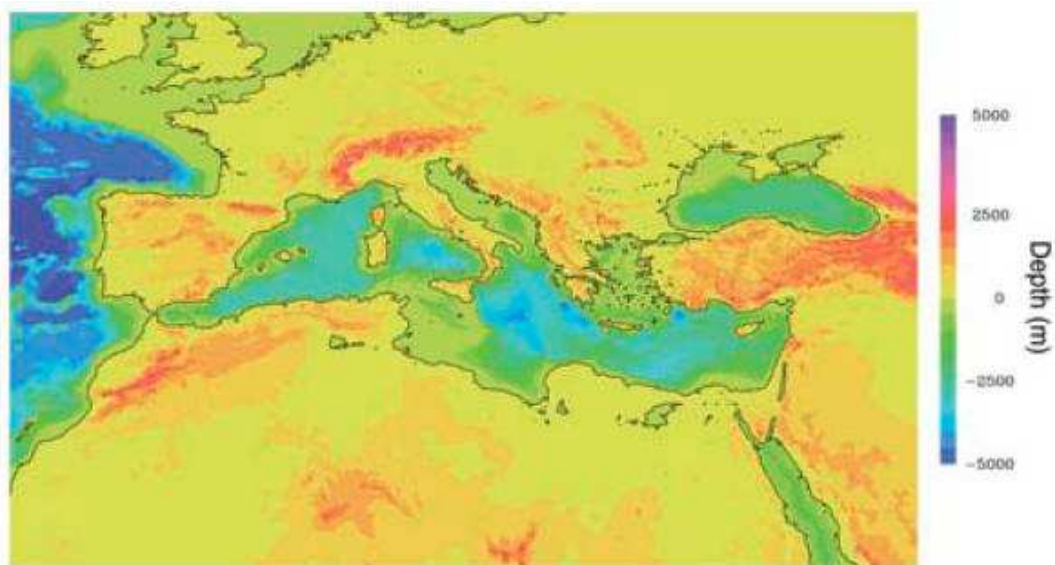
Na Balkánském poloostrově jsou tři základní horské systémy: Dinárský, Rilsko - rodopský a Stará Planina. Nejvyšší horou Balkánského poloostrova je Musala se svými 2925 m n. m, nalézající se v pohoří Rila, které je součástí Rilsko – rodopského masívu.

Pohoří Taurus se rozprostírá v oblasti jižního a východního Turecka. Nejvyšším bodem je Demirkazik s výškou 3756 m.

Pontské pohoří se táhne mezi hranicemi Turecka a Černého moře. Nejvyšším vrcholem Pontského pohoří je hora Kackar (3937 m n. m.).

Pohoří Libanon se nalézá v Libanonu a táhne se rovnoběžně s pobřežím Středozemního moře. Nejvyšší horou je Karnat as – Saudá (3083 m n. m.)

Pohoří Antilibanon se táhne na pomezí Sýrie a Libanonu. Nejvyšším bodem je hora Mount Hermon (2814 m n. m.).



Obr. 1: Orografie středomořského regionu. (Zdroj: [18])

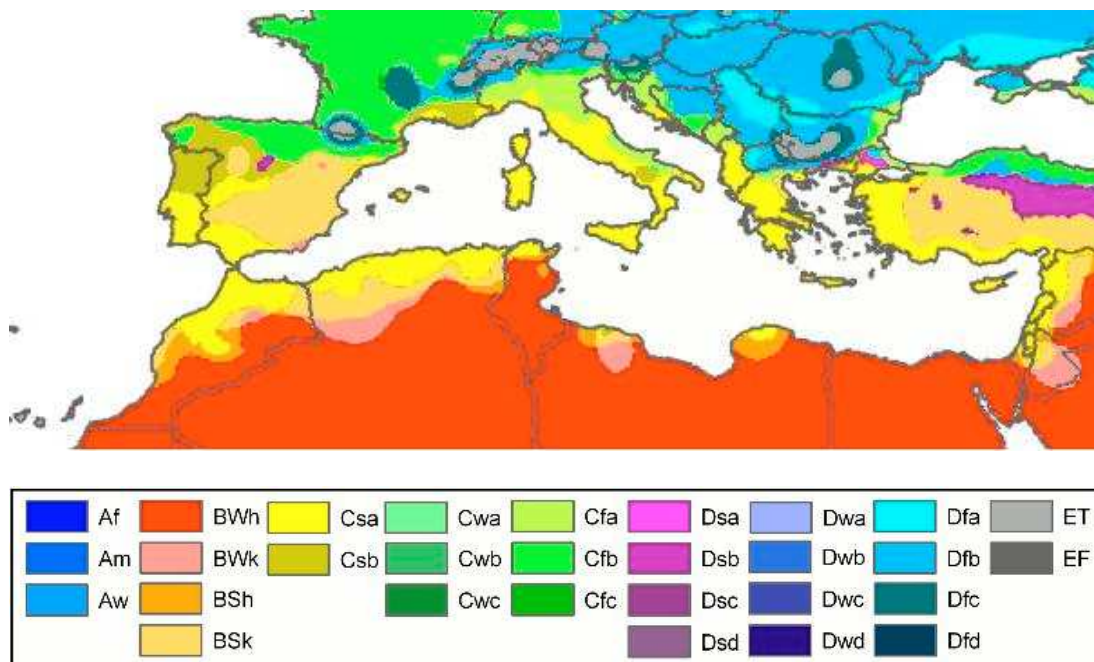
2. Klimatické poměry Středomoří

Středomořské klima je určováno Středozemním mořem a jeho polohou (umístění ve středních zeměpisných šířkách, obklopení třemi kontinenty s dlouhými a vysokými pohořími). V západních částech Středomoří se projevují oceánské vlivy, ve východních částech kontinentální. Klima přechází postupně z oceánského ke kontinentálnímu. Jako příklad rozdílu mezi oceánským klimatem na západě Středomoří a kontinentálním klimatem na východě Středomoří lze uvést průměrné lednové a srpnové teploty za období 1961 – 1990 v Lisabonu (zeměpisné souřadnice: 38,7 ° s. š., 9,2 ° z. d., nadmořská výška: 95 m) a v Aténách (zeměpisné souřadnice: 37,9 ° s. š., 23,7 ° v. d., nadmořská výška: 15 m): Lisabon 11,4 °C v lednu, 22,8 °C v srpnu, Atény 10,2 °C v lednu, 27,6 °C v srpnu [31]. V západním Středomoří jsou tedy mírnější zimy a chladnější léta než na východě Středomoří. Dlouhá a vysoká pohoří, která obklopují středomořskou oblast, jsou častým místem závětrné cyklogeneze [15].

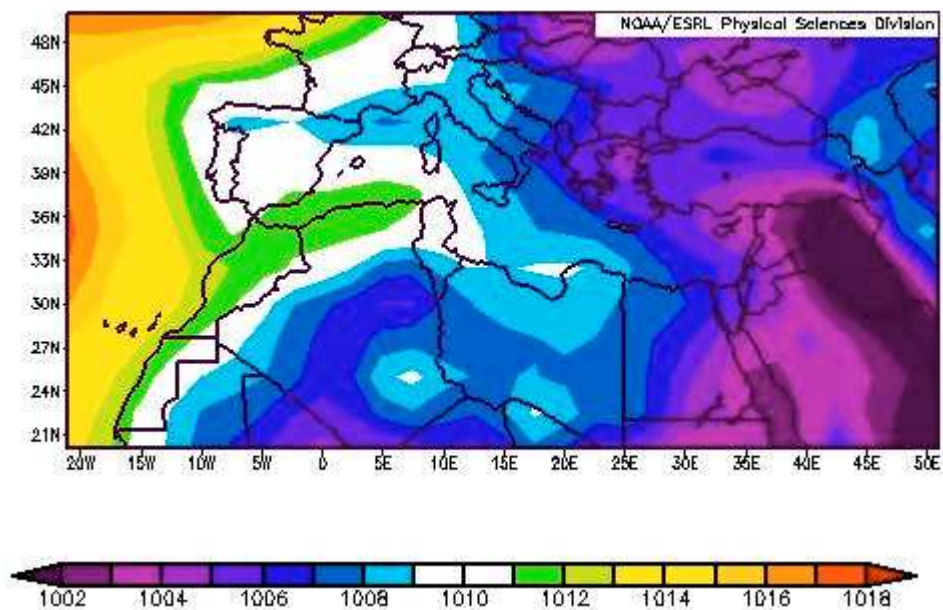
Podle Köppenovy klimatické klasifikace je převažujícím středomořským klimatem typ Csa, Csb (Cs – mírně teplé klima se suchým létem, a – klima s horkým létem, b – klima s teplým létem). Dále se zde vyskytují typy Aw (Aw – klima tropických savan), BWh, BWk (BW – klima pouští, h – suché až horké, k – suché až chladné), Cfb (Cf – mírně teplé klima s rovnoměrným rozložením srážek během roku, b – klima s teplým létem), Dsb (D – pás mírně studeného klimatu, s – suché období v létě, b – s teplým létem), ET (ET – klima tundry). Köppenovu - Geigerovu klimatickou klasifikaci Středomoří za období 1951 – 2000 znázorňuje obr. 2.

Klima je v prostoru Středomoří teplé (viz kap. 2.1., kde jsou uvedeny teploty vzduchu a povrchu moře). Léta jsou převážně suchá. Téměř celé léto je většinou pod vlivem výběžku vysokého tlaku zasahujícího sem z Azorské subtropické tlakové výše, východní části Středomoří zůstávají pod vlivem Rudomořské brázd (její rozšíření do Středomoří souvisí s orografickými efekty v oblasti Rudého moře), což je patrné z obr. 3a, který znázorňuje přízemní tlakové pole za léta (1. 6. – 31. 8.) v období 1961 – 2010. Středomořské zimy jsou mírné a bohaté na srážky. Srážky jsou v tomto období nejčetnější na západě. Jejich četnost klesá od západu na východ. V zimě zůstává především západní část Středomoří pod vlivem oblasti nízkého tlaku vzduchu zasahujícího sem z Islandské tlakové níže, což je vidět z obr. 3b, který

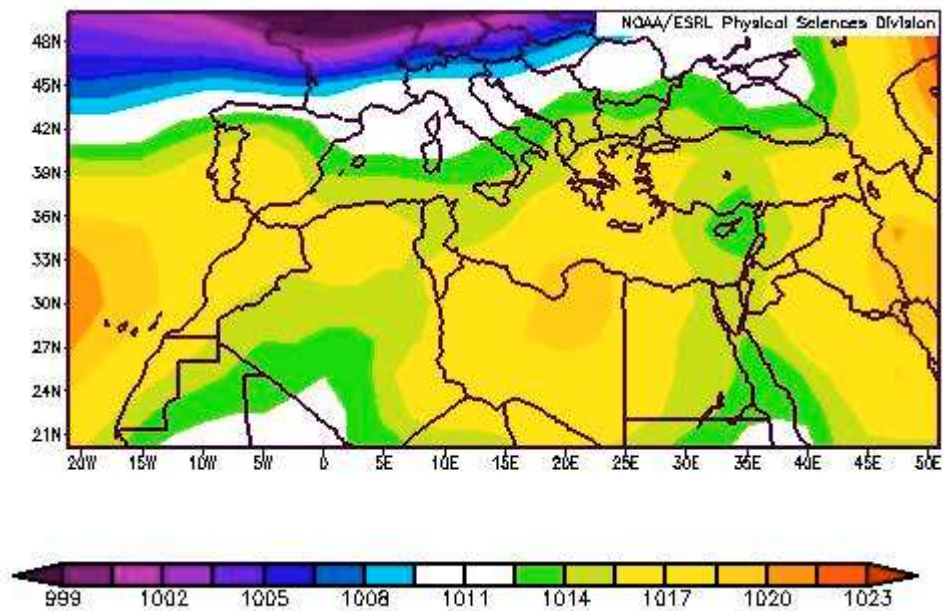
znázorňuje přízemní tlakové pole za zimy (1. 12. – 28. 2.) v období 1961 – 2010. Východní oblasti Středomoří mohou být v zimě pod vlivem sibiřské tlakové výše [9].



Obr. 2: Köppenova - Geigerova klimatická klasifikace Středomoří za období 1951 – 2000. (Zdroj: [16])



Obr. 3a: Příklad přízemního tlakového pole (hPa) za léta (1. 6. – 31. 8.) v období 1961 – 2010. (Zdroj: [24])



Obr. 3b: Příklad přízemního tlakového pole (hPa) za zimu (1. 12. – 28. 2.) v období 1961 – 2010. (Zdroj: [24])

Středomořské klima je charakteristické proměnlivostí mezi frontální zónou se vzduchovou hmotou mírných zeměpisných šířek v zimě a subtropickou tlakovou výší s tropickou vzduchovou hmotou v létě [9]. V zimě se subtropické tlakové výše posouvají blíže k rovníku, do středomořské oblasti proudí vlhký maritimní vzduch mírných zeměpisných šířek, což se ve Středomoří projevuje výraznou cyklonální činností, která přináší srážky. V létě se subtropické tlakové výše posouvají směrem k pólům. Do Středomoří proudí kontinentální tropický vzduch.

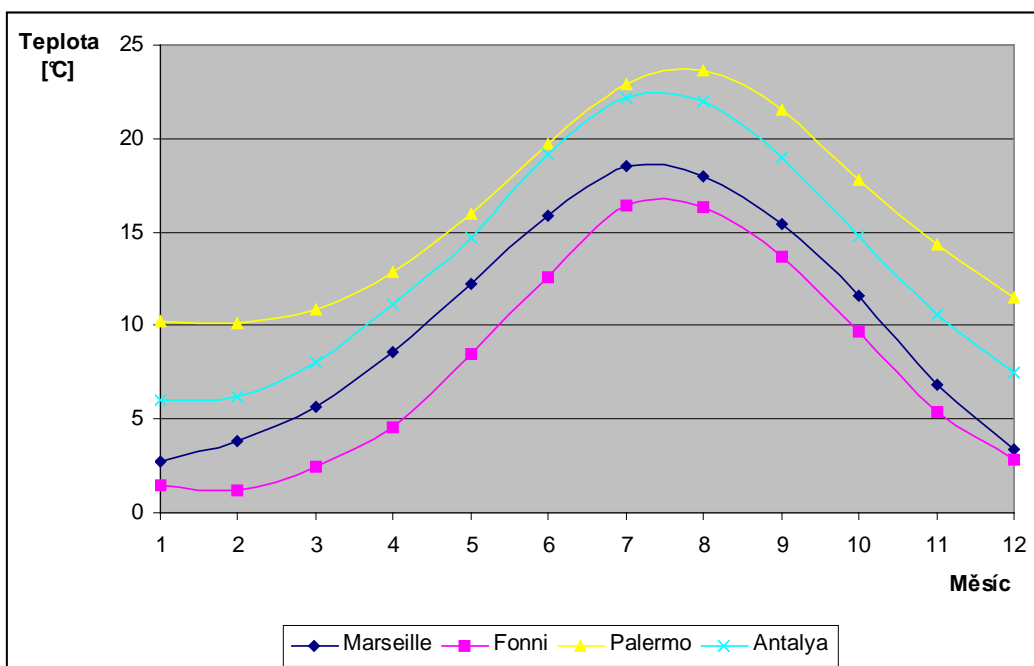
2.1. Teploty vzduchu a povrchu moře

Jak již bylo výše uvedeno, klima v prostoru Středomoří je teplé. Teploty pod bodem mrazu však nejsou v zimě výjimečné. Na obr. 4 je znázorněna průměrná roční teplota středomořského regionu za referenční období 1961 – 1990. Z obr. 4 je vidět prostorová variabilita průměrné roční teploty ve středomořském regionu za výše uvedené období.

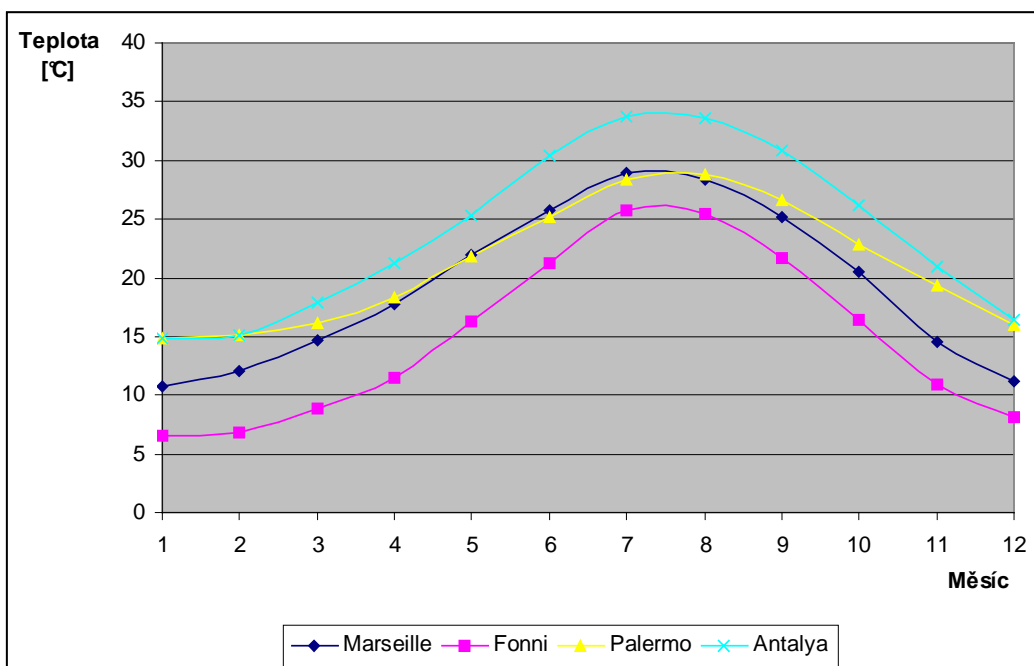
Bližší představu o teplotách vzduchu ve vybraných místech (Marseille, Fonní, Palermo, Antalya) si lze udělat z obr. 5a a 5b, kde jsou uvedena pro období 1961 - 1990 průměrná denní minima a maxima teplot. Z obr. 5a a 5b je vidět, že nejnižší denní minima z vybraných míst jsou ve Fonní a nejvyšší denní maxima v Antalyi.



Obr. 4: Průměrná roční teplota za období 1961 - 1990 ve středomořském regionu. (Zdroj: [36])

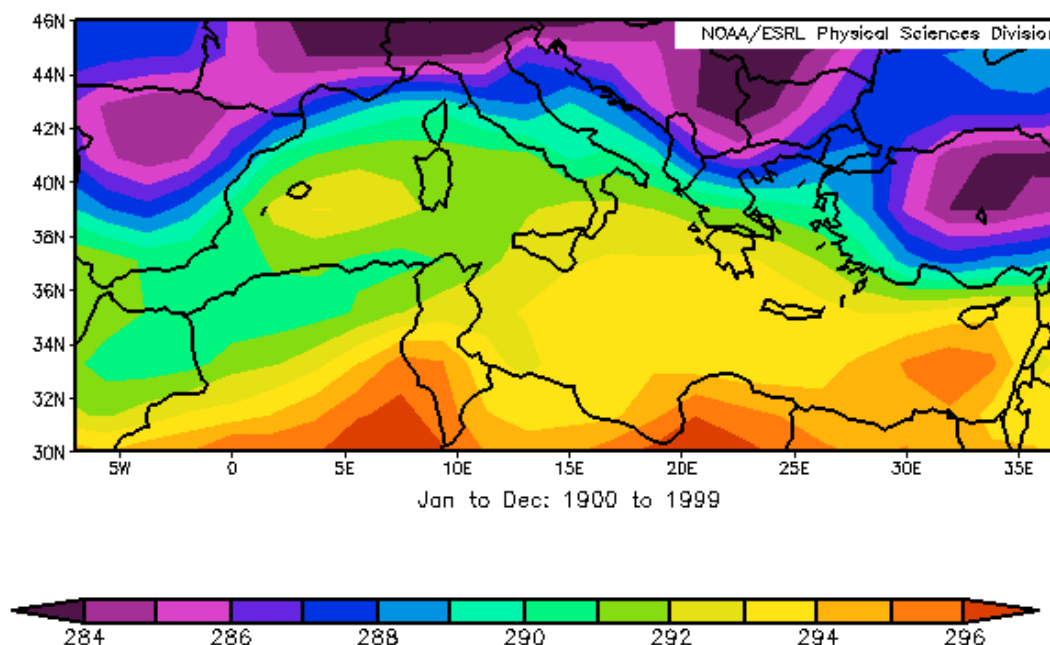


Obr. 5a: Průměrná denní minima za období 1961 – 1990 v Marseille (Francie), v Fonnì (Itálie), v Palermu (Sicílie) a v Antalyi (Turecko). (Zdroj: [31])



Obr. 5b: Průměrná denní maxima za období 1961 - 1990 v Marseille (Francie), v Fonnì (Itálie), v Palermu (Sicílie) a v Antalyi (Turecko). (Zdroj: [31])

V referenčním období 1961 - 1990 byla průměrná teplota povrchu Středozemního moře 19,4 °C [13]. Průměrnou teplotu povrchu Středozemního moře za období 1900 - 1999 ukazuje obr. 6. Z obr. 6 je vidět, že západní část Středozemního moře byla za období 1900 - 1999 chladnější než východní.



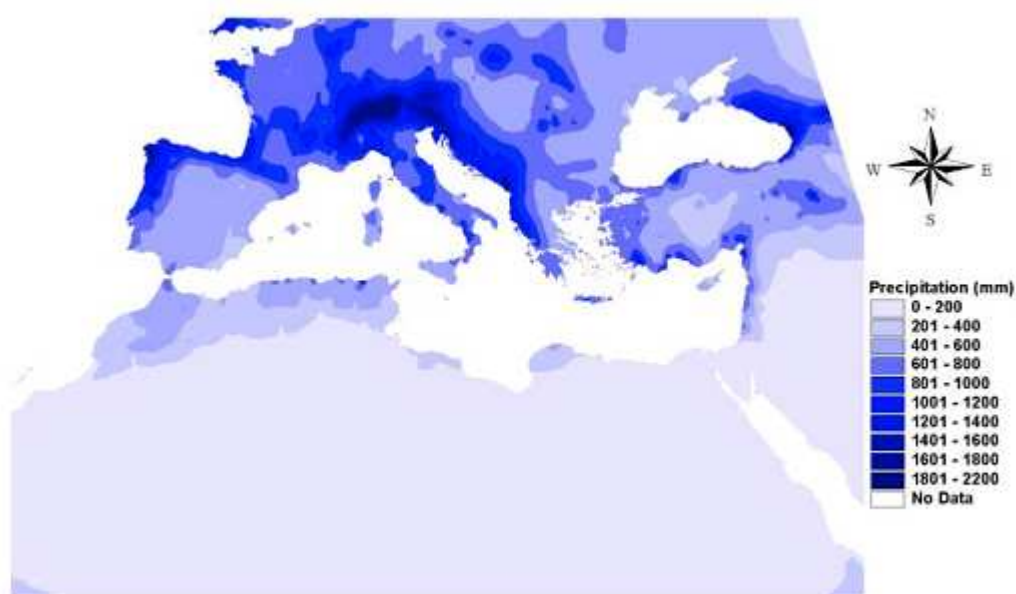
Obr. 6: Průměrná teplota (K) povrchu Středozemního moře za období 1900 – 1999. (Zdroj: [23])

2.2. Srážkové poměry

Z hlediska ročních srážek je Středomoří aridní (území, kde je srážkový úhrn nižší než výpar) až humidní (území, kde je srážkový úhrn vyšší než výpar) oblastí [25].

Bližší představu o srážkových poměrech ve Středomoří za delší časové období (1961 - 1990) si lze udělat z obr. 7, kde je uveden průměrný roční srážkový úhrn za období 1961 – 1990 ve středomořském regionu. Z obr. 7 je vidět, že srážkové úhrny jsou prostorově značně variabilní. Např. podél západní části Balkánského poloostrova, v hornatých evropských regionech a podél západní části Pyrenejského poloostrova je to zhruba 1500 mm/rok. V severní Africe je to jen do 200 mm/rok, kromě severních částí Maroka, Alžírsko a Tunisko, kde je do zhruba do 400 mm/rok. V letním období jsou ve velké části středomořského regionu srážkové úhrny velmi

nízké. Což je způsobeno tlakovou výší, pod jejímž vlivem zůstává Středomoří kromě východních částí skoro celé léto. Většina srážek tedy spadne v chladné části roku. Konkrétní hodnoty průměrného úhrnu srážek a průměrný počet srážkových dnů (počet dní s úhrnem srážek alespoň 1 mm) pro období 1961 - 1990 ve vybraných místech (Marseille, Fonni, Palermo, Antalya) středomořského regionu lze nalézt v tab. 1 a 2. Grafické vyjádření průměrného měsíčního úhrnu srážek ve vybraných místech středomořského regionu pak uvádí obr. 8, jež potvrzuje výše uvedenou skutečnost, že letní měsíce jsou ve Středomoří obdobím s nízkými srážkovými úhrny.



Obr. 7: Průměrný roční srážkový úhrn (mm) za období 1961 - 1990 ve středomořském regionu. (Zdroj: [36])

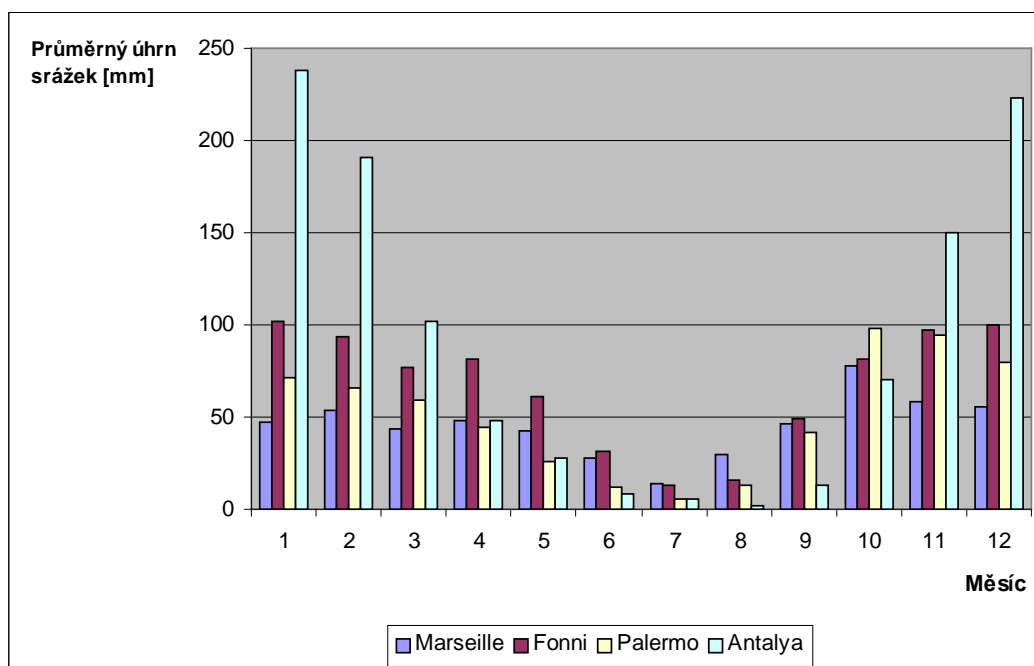
Měsíc	Marseille (Francie)		Fonni (Itálie)	
	Průměrný úhrn srážek (mm) v období 1961 - 1990	Průměrný počet srážkových dnů v období 1961 - 1990	Průměrný úhrn srážek (mm) v období 1961 - 1990	Průměrný počet srážkových dnů v období 1961 - 1990
Leden	47,2	6,5	101,6	9,9
Únor	54,0	6,0	93,2	10,0
Březen	43,7	5,5	76,9	9,4
Duben	47,9	5,3	81,1	10,5

Květen	42,3	4,9	60,7	7,4
Červen	27,8	3,5	31,4	4,2
Červenec	13,7	1,6	13,2	1,6
Srpen	29,3	3,0	15,6	2,4
Září	46,7	3,6	48,8	4,8
Říjen	77,6	5,8	81,1	8,8
Listopad	58,4	5,1	97,0	9,7
Prosinec	55,8	6,0	100,1	9,9

Tab. 1: Průměrný úhrn srážek a průměrný počet srážkových dnů pro Marseille (Francie) a Fonni (Itálie). (Zdroj: [31])

Měsíc	Palermo (Itálie)		Antalya (Turecko)	
	Průměrný úhrn srážek (mm) v období 1961 - 1990	Průměrný počet srážkových dnů v období 1961 - 1990	Průměrný úhrn srážek (mm) v období 1961 - 1990	Průměrný počet srážkových dnů v období 1961 - 1990
Leden	71,6	9,7	237,9	10
Únor	65,4	10,0	191,0	10
Březen	59,5	8,7	101,5	7
Duben	44,1	6,1	47,9	5
Květen	25,5	3,2	27,5	3
Červen	12,2	1,6	8,6	1
Červenec	5,1	0,8	5,4	1
Srpen	13,3	1,6	2,3	0
Září	41,5	4,1	12,6	1
Říjen	98,0	8,3	70,4	4
Listopad	94,3	9,4	149,7	6
Prosinec	80,0	10,8	222,2	10

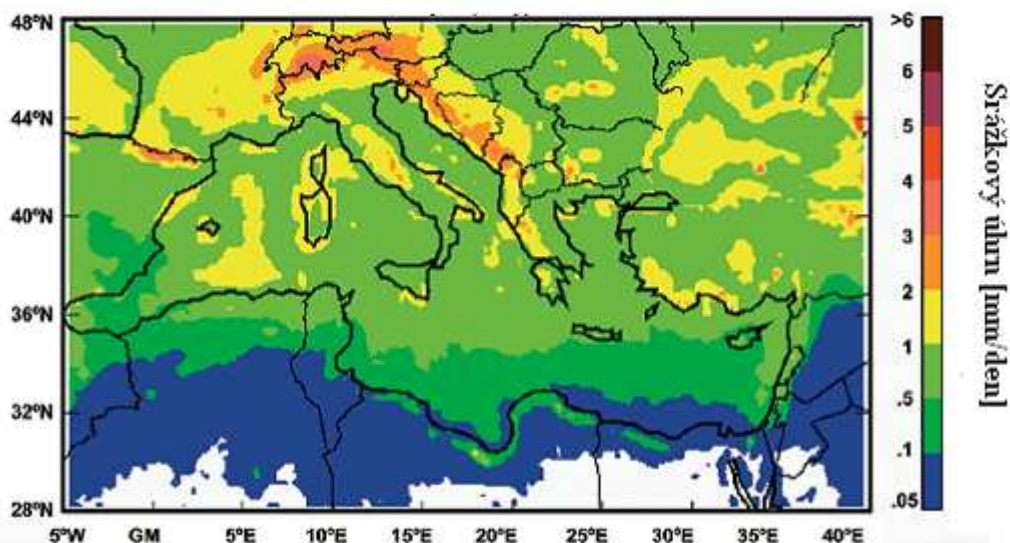
Tab. 2: Průměrný úhrn srážek a průměrný počet srážkových dnů pro Palermo (Itálie) a Antalyi (Turecko). (Zdroj: [31])



Obr. 8: Průměrný měsíční úhrn srážek za období 1961 - 1990 pro Marseille, Fonni, Palermo a Antalyi. (Zdroj: [31])

Studie [14], která zkoumala období 10 let (leden 1998 - červenec 2007), ukázala, že hlavní srážková sezóna trvá ve středomořském regionu od října do března, s maximem v listopadu až prosinci. Průměrný denní srážkový úhrn ve Středomoří za výše uvedené období je znázorněn na obr. 9. Maximální srážkové úhrny 2 až 5 mm/den se vyskytují v hornatých regionech Evropy (Pyreneje, Alpy, západní část Balkánského poloostrova). Minimální srážkové úhrny 0,05 až 0,1 mm/den jsou v severní Africe, kromě pohoří Atlas (0,5 – 1 mm/den). V oblasti Středozemního moře je průměrný srážkový úhrn cca 1 mm/den. Během srážkové sezóny jsou srážkové úhrny o 20 % vyšší v západní části Středomoří než ve východní. Výsledky výše uvedené studie ukazují značné regionální rozdíly v celém středomořském regionu. V průběhu hlavní srážkové sezóny postupují cyklóny zpravidla od západu k východu a nebo od severu až severozápadu k jihu. Tento postup je pravděpodobně ovlivněn severoatlantickou oscilací [14] (oscilace mezi Islandskou tlakovou níží a Azorskou tlakovou výší, při kladné fázi NAO jsou Islandská tlaková níže a Azorská tlaková výše silněji vyvinuty, cyklóny putují přibližně od západu na východ. Takže méně ovlivňují středomořskou oblast. Naopak

při záporné fázi NAO je Islandská tlaková níže i Azorská tlaková výše slabší, cyklóny putují jižněji, mohou více ovlivňovat Středomoří).



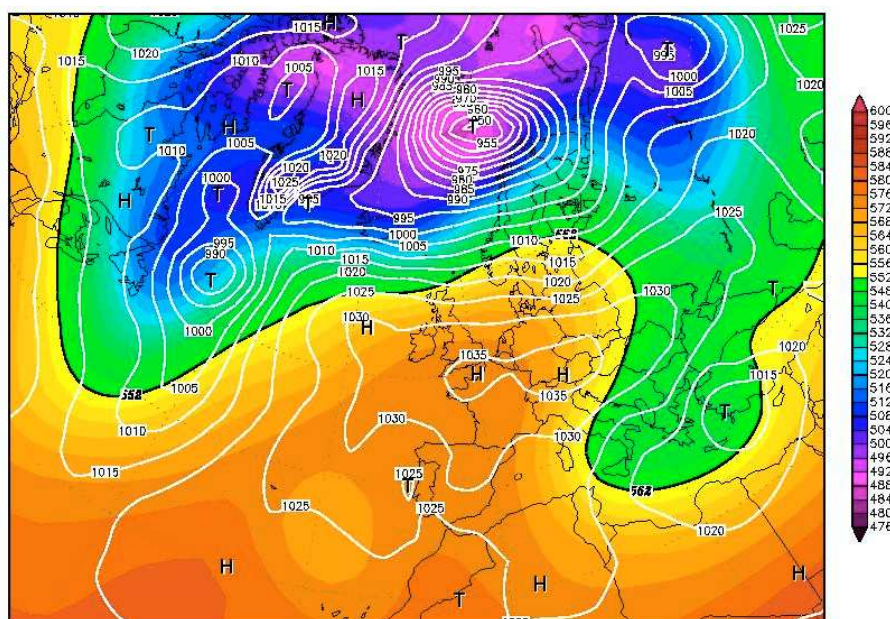
Obr. 9: Průměrný denní srážkový úhrn ve Středomoří za období leden 1998 až červenec 2007. (Zdroj: [14])

Meziroční variabilita srážkových úhrnů ve Středomoří je poměrně velká. V některých letech je celkové množství srážek podstatně větší, než je dlouhodobý normál. Příčinou může být sibiřská tlaková výše, která blokuje postup tlakových níží dále na východ [9]. Intenzivnější cyklonální činnost vede ke zvýšeným srážkovým úhrnům, což se pak projevuje záplavami, v zimním období sněhovými bouřemi. Země nejvíce ovlivněné záplavami byly v posledních letech Francie (22 % z celkového množství v Evropě) a Itálie (17 % z celkového množství v Evropě) [11].

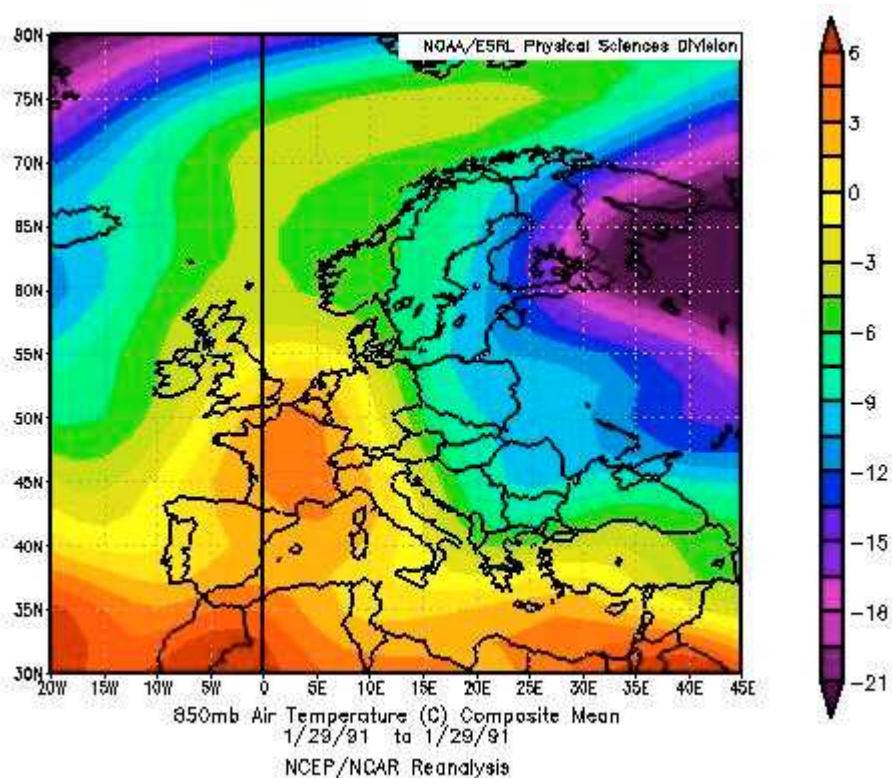
Intenzivní srážky se ve Středomoří vyskytují zejména na podzim, kdy slabne subtropická tlaková výše a narůstá cyklonální činnost. Do Středomoří začíná proudit chladnější vzduch od západu a střetává se tam s teplým vzduchem. Zejména v tomto ročním období se teplá a vlhká vzduchová hmota nachází v hladinách pod 2000 m [22], což je vhodné pro vznik intenzivních srážek. Hlavní příčinou silných srážek vzniklých ve středomořském regionu je konvekční instabilita (výstup původně stabilní vzduchové hmoty, např. na návětrné straně hor) často podpořená výstupnými pohyby způsobenými tlakovou níží, případně dostatečně dlouho trvající výstupné pohyby způsobené tlakovou níží. Příčinou intenzivních srážek ve Středomoří a rovněž i příčinou vichřic může být ve výjimečných případech i tzv.

středomořská subtropická bouře („Medicane“). O středomořských subtropických bouřích pojednává kapitola 3.5.

Sněžení ve Středomoří není ničím výjimečným. Jako příklad lze uvést studii [8]. Ta analyzovala za období 1958 - 2001 61 případů sněžení v Aténách. Z [8] vyplývá, že sněžení v zimě ve Středomoří nastává zejména při následující synoptické situaci: když mezi tlakovou výší se středem zpravidla nad západní Evropou a tlakovou níží se středem kolem Kypru proudí do Středomoří studený vzduch od severovýchodu až východu. Což lze dokumentovat např. na situaci z 29. 12. 1991, kterou ukazuje obr. 10. Na obr. 10a je vidět tlaková výše se středem nad střední Evropou a tlaková níže se středem u Kypru. Mezi těmito tlakovými útvary proudí do Středomoří chladný vzduch přes východní Balkán, což je vidět z obr. 10b, kde je znázorněna teplota hladiny 850 hPa z 29. 12. 1991.



Obr. 10a: Přízemní tlakové pole (hPa) a geopotenciál hladiny 500 hPa (gpm) z 29. 12. 1991 00 UTC. (Zdroj: [35])

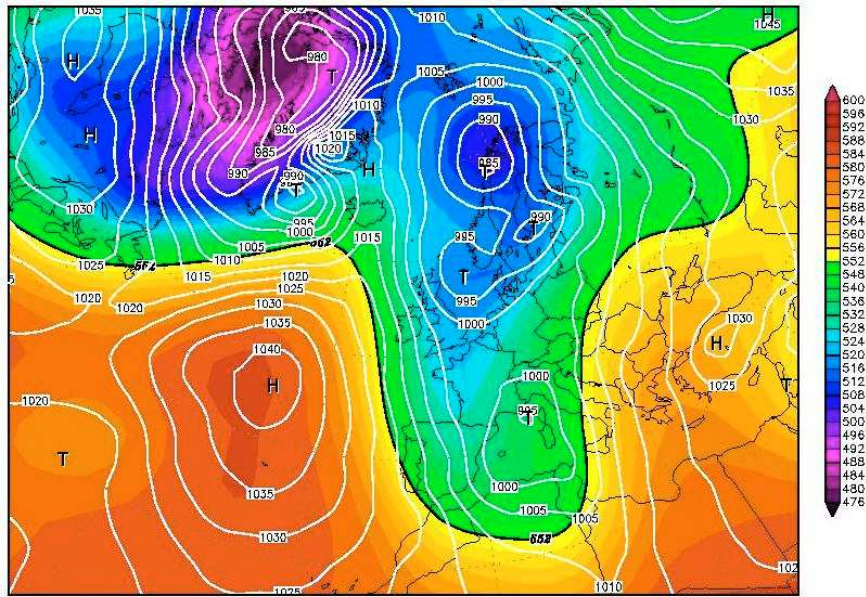


Obr. 10b: Teplota hladiny 850 hPa (°C) z 29. 12. 1991. (Zdroj: [24])

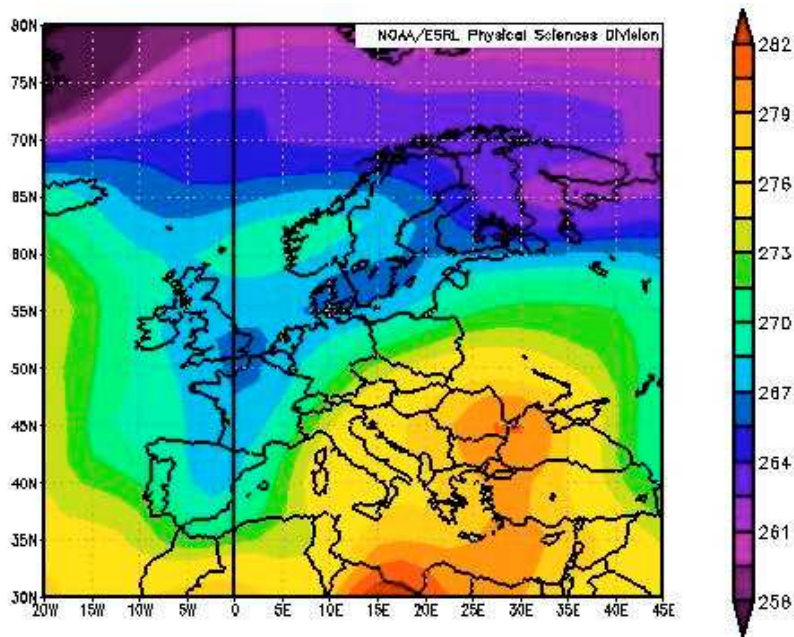
Výskyt sněžení na území Řecka, konkrétně v Aténách v období 1958 - 2001 trval z více než 50 % pouze jeden den. Pouze jednou sněžilo čtyři dny za sebou. Sněžení se vyskytovalo zejména v prosinci, lednu a únoru. Pouze jednou sněžilo v listopadu. Nejbohatší na sněž byly zimy 1982 – 1983, 1986 – 1987 a 1991 – 1992 [8].

Jiným příkladem sněžení ve středomořském regionu může být situace z 26. 12. 2004. Mezi tlakovou výší nad Atlantským oceánem a tlakovou níží se středem v oblasti Janovského zálivu, Sardinie a Korsiky proudil do Středomoří studený a vlhký vzduch od severu, což je vidět z obr. 11 a 12, kde je znázorněna synoptická situace ze dne 26.12. 2004 00 UTC (obr. 11) a teplota hladiny 850 hPa (obr. 12).

26. prosince 2004 byla po vydatném sněžení zaznamenána v Burgosu (město v severní části Španělska) nejvyšší známá sněhová pokrývka [29]. Observatoř Villafria (letišťe Burgos) naměřila srážkový úhrn 70 mm/den. Dosavadní srážkový rekord za 1 den byl ve Villafria 52,4 mm.



Obr. 11: Přizemní tlakové pole (hPa) a geopotenciál hladiny 500 hPa (gpm) z 26.12. 2004 00 UTC. (Zdroj: [35])



Obr. 12: Teplota hladiny 850 hPa (K) z 26. 12. 2004. (Zdroj: [24])

Jak již bylo uvedeno, většina srážek spadne ve středomořské oblasti v chladné části roku, protože do Středomoří proudí vlhký maritimní vzduch mírných zeměpisných šířek, což se projevuje výraznou cyklonální činností, která přináší srážky. V tomto odstavci proto uvedeme stručné výsledky zdroje [12], který zkoumal

srážkové trendy ve Středomoří za období 1950 – 2002. Obecným výsledkem je, že srážkové trendy za výše uvedené období ukazují velkou prostorovou variabilitu. Podrobnější výsledky jsou následující: snížení srážkových úhrnů v západní části Středomoří v březnu a zvýšení v dubnu a v květnu, dále zvýšení srážkových úhrnů v září a říjnu v severním Středomoří a snížení srážkových úhrnů od ledna do března ve většině států Balkánského poloostrova a Turecka.

3. Středomořské cyklóny

Středomořské cyklóny můžeme podle původu vzniku rozdělit do dvou skupin. První skupinou jsou cyklóny vzniklé přímo ve středomořské oblasti (kap. 3.2.). Druhou skupinu tvoří cyklóny vzniklé mimo středomořskou oblast, které následně vstoupí do Středomoří (kap. 3.3.). Středomořské cyklóny jsou obecně menší a mají kratší životnost než severoatlantické cyklóny.

Přes 65 % středomořských cyklón má průměr menší než 550 km, což je např. ve srovnání se severoatlantickými cyklónami relativně málo, neboť jejich běžný průměr je 1000 – 2000 km. Průměrná doba existence cyklón ve středomořské oblasti za období 1979 – 1996 byla 28 hodin [20]. Více o době života cyklón viz kap. 3.1. Pokud opět srovnáme průměrnou dobu existence cyklón za období 1979 - 1996 se severoatlantickými cyklónami, tak tam je to 3 – 3,5 dne [20]. Co se týče rychlosti postupu cyklón vzniklých ve Středomoří, tak za období 1955 – 1974 mělo 45 % rychlost v rozmezí 20 - 50 km/h, 33 % nižší než 20 km/h a v 22 % to bylo přes 50 km/h [3]. Průměrný tlak v centrech cyklón byl za období 1958 – 2002 1003 – 1014 hPa [9].

Středomoří je přinejmenším v zimě jedním z nejvíce cyklogenetických regionů na světě [19]. Ve středomořské oblasti jsou hlavními cyklogenetickými faktory: orografie regionu, kladné anomálie PV (potenciální vorticity) v horní troposféře (obvykle dobře detekovatelné na mapách hladiny 300 hPa), anomálie PV v nižších hladinách (pro jejich analýzu je vhodná izobarická hladina 850 hPa) a vzájemná interakce mezi těmito anomáliemi v různých hladinách, baroklinní instabilita, teplotní gradient moře – pevnina nebo pevnina – moře.

Orografie regionu je příčinnou vzniku mělké cyklóny v závětrí pohoří, teplotního gradientu a anomálií PV v nižších hladinách [28]. Orografie regionu je ve Středomoří důležitým cyklogenetickým faktorem, neboť, jak již bylo uvedeno, středomořská oblast je obklopena dlouhými a vysokými horskými hřebeny, které jsou častým místem závětrné cyklogeneze [15].

Výskyt kladných anomálií PV v horní troposféře souvisí s advekcí studeného vzduchu ve vyšších hladinách. Pod kladnými anomáliemi PV se nacházejí oblasti s cyklonální vorticitou, tj. oblasti, kde je relativní vorticity kladná. Kladné anomálie PV v horní troposféře vedou k prohlubování cyklóny. Dále jsou však významné i

anomálie PV v nižších hladinách a vzájemná interakce mezi těmito anomáliemi v různých hladinách. Nízkohladinové anomálie mohou např. „vznikat“ odštěpením od výškové anomálie. Níže budou uvedeny výsledky studie [6], která zkoumala dynamické vývojové aspekty 11 tlakových níží.

Působením baroklinní instability dochází ke vzrůstu amplitudy vln v zonálním proudění, což za vhodných podmínek vede k transformaci vlnových deformací v horizontální vzdušné víry synoptického měřítká [17].

Teplotní gradient moře – pevnina (tj. prohřátá pevnina a chladné moře) se uplatňuje nejčastěji na jaře a v létě. Velký teplotní gradient moře - pevnina vede ke vzniku termické tlakové níže. Mnohé z nich zůstávají mělkými cyklónami a omezují se na spodní troposféru. Jsou tedy nízkými tlakovými útvary. Modelové studie ukazují, že termické tlakové níže mohou vzniknout také na podzim a v zimě, kdy se uplatňuje teplotní gradient pevnina – moře (tj. prohřáté moře a chladná pevnina) [26].

Studie [6], která zkoumala, jak již bylo uvedeno, dynamické vývojové aspekty 11 středomořských cyklón z databáze MEDEX (<http://medex.inm.uib.es>). Zkoumané cyklóny vznikly v severní Africe (5 cyklón), v závětrí Alp (4 cyklóny), u pobřeží Kypru (1 cyklóna) a v Atlantiku a následně vstoupily do Středomoří (1 cyklóna). Jako dynamické vývojové aspekty uvádí [6] následující faktory:

- 1) anomálie PV v hladině < 700 hPa s RH (relativní vlhkost) < 70 %
- 2) anomálie PV v hladině > 700 hPa s RH < 70 %
- 3) anomálií PV v hladině > 500 hPa s RH > 70 %

Výsledkem [6] je, že cyklóny západního a centrálního Středomoří jsou ovládány zejména anomáliemi 1 a 2 a jejich vzájemnými interakcemi. Cyklóny východního Středomoří jsou ovládány více efekty. Jedná se o anomálie 1, kombinace anomálií 1 a 2 a o kombinaci anomálií 1, 2 a 3.

Příkladem cyklogeneze může být cyklogeneze v závětrí Alp. Chladný vzduch proudící ze severozápadu je blokován v jižní části Alp. Blokující účinek Alp se projevuje deformací studené fronty. Jižně od Alp se studený vzduch setkává s teplým vzduchem, který tam proudí od jihu, což je vhodnou podmínkou pro vznik výrazného frontálního rozhraní ve spodních hladinách. V závětrí Alp vzniká mělká cyklóna. V horních hladinách dochází k advekci cyklonální vorticity, což vede k prohlubování cyklóny.

Regiony s největším výskytem cyklogeneze jsou: Janovský záliv, okolí Kréty a Kypru, Egejské moře a obvykle oblasti většinou jižně od Pyrenejí (v západní části Středomoří), Alp a Apenin (v centrální části Středomoří) [37]. Pořadí je však uváděno některými autory různě, ale místa s největším výskytem cyklogeneze jsou totožná. Rozdíl lze vysvětlit délkou zkoumaného období a ročními obdobími, která byla zkoumána. Regiony s největším výskytem cyklogeneze podle ročních období za zkoumané období 1979 - 1996 shrnuje tab. 3, kde je uveden název regionu, jeho zeměpisné souřadnice a období maximálního výskytu cyklogeneze v daném regionu. Z tab. 3 je vidět, že hlavním regionem cyklogeneze, který se projevuje po celý rok je Janovský záliv. Možnosti cyklogeneze ve středomořské oblasti budou podrobněji rozebírány v kap. 3.2. – 3.4.

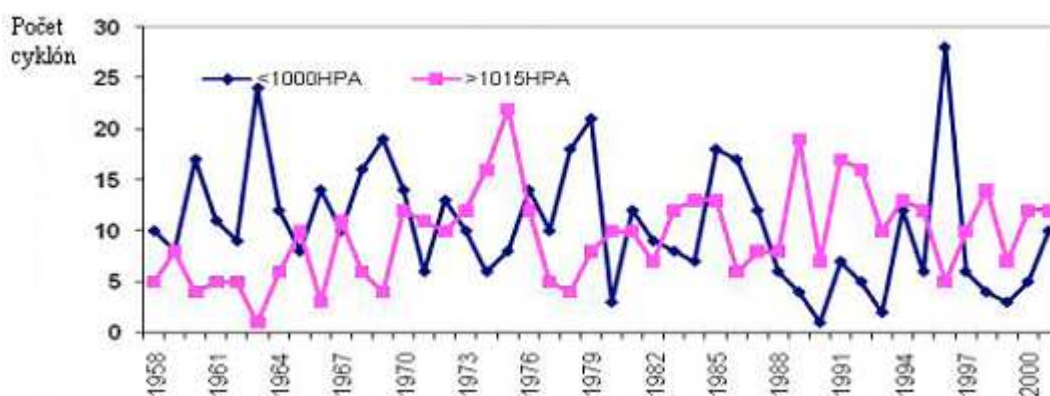
Region	Umístění	Roční období
Sahara (zejména závětrří pohoří Atlas)	28° - 32° s. š.; 7,5°-2,5° z. d.	jaro a léto
Pyrenejský poloostrov	36° - 42° s. š.; 10° z. d. - 0°	léto
Janovský záliv	40° - 45° s. š.; 7,5° - 12,5° v. d.	celoročně
jižní Itálie	38° - 42° s. š.; 15° - 19° v. d.	zima
okolí Kréty a Kypru	34° - 38° s. š.; 32,5° - 37,5° v. d.	jaro a léto
Egejské moře	36° - 40° s. š.; 22,5° - 27,5° v. d.	zima a jaro

Tab. 3: Regiony s největším výskytem cyklogeneze za období 1979 - 1996. (Zdroj: [20])

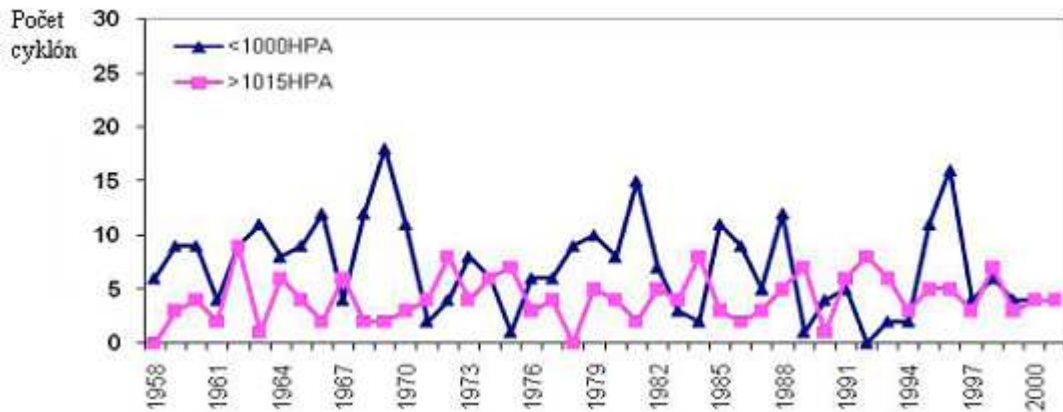
Hlavní aktivní sezónou (co se týče cyklón) je zima. Do Středomoří proudí v zimě studený vzduch od západu až severozápadu. Tam se setkává s teplým vzduchem, čímž vzniká frontální vlna, na které může vzniknout cyklóna.

Pro bližší představu obr. 13a – 13c znázorňují výskyt hlubokých (v jádře mají nižší tlak než 1000 hPa) a mělkých (v jádře mají vyšší tlak než 1015 hPa) cyklón v zimě v období 1957 - 2002. V [9] se uvádí, že v letech 1957 - 2002 byl zjištěn

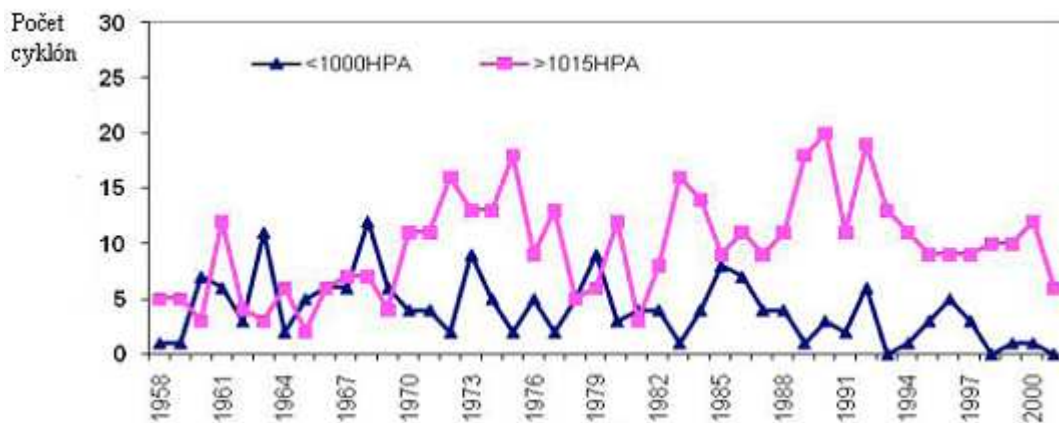
rostoucí trend (kromě podzimu) co se týče frekvence výskytu mělkých tlakových níží ve východním Středomoří a rostoucí trend (pro všechna roční období) v centrálním a západním Středomoří. Vztaženo na celou středomořskou oblast za období 1958 - 2001, tak frekvence výskytu mělkých cyklón ukazuje vzrůstající trend a to o 67 %. Naproti tomu výskyt hlubokých zimních cyklón převážně klesá ve všech oblastech Středomoří a to o 61 % - 97 %. Největší pokles výskytu byl zaznamenán ve východním Středomoří (97 %). Od roku 1970 je také registrováno zintenzivnění azorské tlakové výše [9]. Trendy výskytu hlubokých a mělkých cyklón pro jednotlivá roční období za periodu 1958 - 2002 shrnuje tab. 4.



Obr. 13a: Počet hlubokých (v jádře mají nižší tlak než 1000 hPa) a mělkých (v jádře mají vyšší tlak než 1015 hPa) cyklón v jednotlivých letech (1957-2002) v zimě v západní oblasti Středomoří (oblast od Portugalska zhruba k Janovskému zálivu). (Zdroj: [9])



Obr. 13b: Počet hlubokých (v jádře mají nižší tlak než 1000 hPa) a mělkých (v jádře mají vyšší tlak než 1015 hPa) cyklón v jednotlivých letech (1957-2002) v zimě v centrální oblasti Středomoří (oblast zhruba od Janovského zálivu k Balkánskému poloostrovu). (Zdroj: [9])



Obr. 13c: Počet hlubokých (v jádře mají nižší tlak než 1000 hPa) a mělkých (v jádře mají vyšší tlak než 1015 hPa) cyklón v jednotlivých letech (1957-2002) v zimě ve východní oblasti Středomoří (oblast přibližně od Balkánského poloostrova k Jordánsku). (Zdroj: [9])

Roční období	Oblast	Hluboká cyklóna	Mělká cyklóna
jaro	západní Středomoří	-13,03 %	23,7 %
	centrální Středomoří	31,43 %	0,2 %
	východní Středomoří	0,52 %	16,0 %
podzim	západní Středomoří	4,0 %	8,9 %
	centrální Středomoří	76,06 %	29,9 %
	východní Středomoří	-22,23 %	-0,1 %
zima	západní Středomoří	-61,26 %	65,3 %
	centrální Středomoří	-56,74 %	32,4 %
	východní Středomoří	-97,04 %	67,4 %

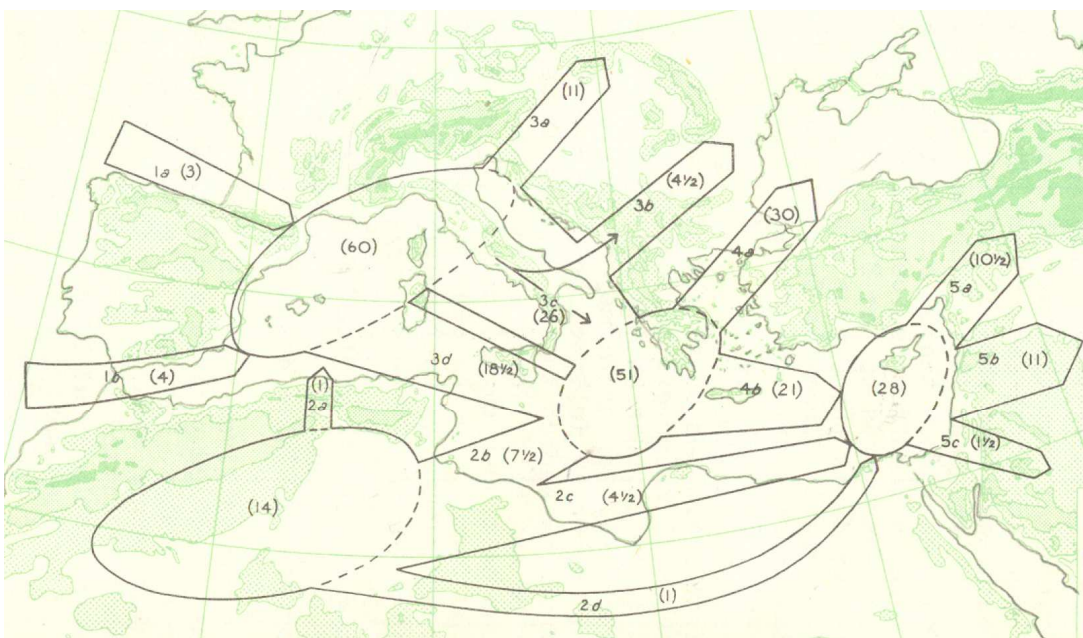
Tab. 4: Trendy výskytu hlubokých (v centru mají nižší tlak než 1000 hPa) a mělkých (v centru mají vyšší tlak než 1015 hPa) cyklón pro jednotlivé části Středomoří za období 1958 - 2002 v procentech (tučně je 20 % hladina významnosti). (Zdroj: [9])

Zimní cyklóny mají několik typických charakteristik. Vyvíjejí se hlavně na severu středozemního pobřeží (závětrí Alp, Egejské moře, závětrí pohoří Taurus [26]). Doba života je od 1 do 4 dnů, typická rychlost postupu je $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. V chladné polovině roku se ve středomořské oblasti mimo frontálních cyklón objevují ještě tzv. „severoafriické cyklóny“, které jsou nejčastější na jaře. Vznikají a pohybují se podél jižního pobřeží středomořské oblasti. Za existenci vděčí velkému teplotnímu gradientu mezi Středozemním mořem a severní Afrikou v této době [19], tj. již prohřátá pevnina a ještě chladné moře. „Severoafriické cyklóny“ jsou na jaře nejčastěji termickými cyklónami.

Středomořské cyklóny se nejčastěji pohybují podél severního pobřeží tohoto regionu a jejich dráhy jsou orientované víceméně na východ, s několika vedlejšími drahami směřujícími do Evropy a severní Afriky.

Hlavní dráha zimních středomořských cyklón dle [19] vede na východ severní částí středomořské oblasti, směrem k Levantskému regionu (nejvýchodnější část středomořské oblasti) viz obr. 14. Dráhy označené jako Ia, Ib, 2a a 2b reprezentují místa, kudy vstupují cyklóny do Středomoří. Více o vstupujících cyklónách viz kap. 3.3. V oblasti mezi Apeninským a Balkánským poloostrovem se od hlavní dráhy oddělují tři vedlejší větve označené 3a, 3b a 4a a směřují k severovýchodu. Tyto

dráhy opouštějí středomořskou oblast a slučují se s evropskou dráhou (zpravidla dráha západního proudění, tj. proudění mezi Islandskou tlakovou níží a Azorskou tlakovou výší). Vedlejší dráha cyklón v zimě jde ze závětří Atlasu podél pobřeží severní Afriky, na obr. 14 označená jako 2c.



Obr. 14: Hlavní dráha zimních cyklón ve Středomoří. V závorkách jsou průměrné roční frekvence. (Zdroj: [19])

Studie [19], pro kterou byl zdrojem dat archiv NCEP/NCAR CDAS-1, zkoumala období říjen až březen pro roky 1986/1987, 1991/1992, 2001/2002, 2002/2003 a 2003/2004 a uvádí, že pouze 13 % cyklón vstupuje do Středomoří, zatímco 87% vzniká přímo tam. Existují i jiné studie, např. [7], které se od výše uvedené liší. Studie [7] uvádí, že 42 % cyklón vzniká ve Středomoří, 58 % tam vstupuje. Rozdíl se vysvětluje tím, že na jaře jsou dominantní cyklóny vytvořené v Saharské poušti a to zejména v dubnu a v květnu. Tyto měsíce však nebyly zahrnuty do studie [19].

Dráhy středomořských tlakových níží pro všechny čtyři roční období popisuje studie [1]. Ta zkoumala období od listopadu 1982 do prosince 1987 a uvádí následující výsledky.

Pro zimní měsíce prosinec, leden, únor jde dominantní dráha středomořských cyklón severní částí Středomoří, což rovněž uvádí i zdroj [19]. Místa, kudy cyklóny

opouštějí Středomoří, jsou pro jednotlivé zimní měsíce různá. Většina cyklón opouští v prosinci a v lednu středomořskou oblast přes její jihovýchodní část. Menší část jde přes Egejské moře směrem k Černému moři. V únoru postupuje větší část cyklón ze Středomoří přes Egejské moře, menší část přes Itálii k severovýchodu. Vedlejší dráhou zimních cyklón je severoafrická trasa, tj. přibližně podél pobřeží severní Afriky, což je rovněž shodné se studií [19]. V prosinci a lednu se cyklóny vzniklé v severní Africe (saharské cyklóny) poblíž pohoří Atlas pohybují severovýchodním směrem. V únoru směřují zhruba podél pobřeží severní Afriky na východ.

Jarní měsíce březen, duben a květen se vyznačují výraznější proměnlivostí cyklonálních drah než v zimě [1]. V březnu se zhruba stejné množství cyklón pohybuje severní částí Středomoří a podél severoafrického pobřeží. V dubnu se většina cyklón pohybuje přibližně podél pobřeží severní Afriky. Hlavní dráhy, kterými cyklóny postupují ze Středomoří jsou v jarních měsících proměnné. V březnu cyklóny opouštějí středomořskou oblast přes její východní část, v květnu pak přes západní.

Saharské (severoafrické) cyklóny vznikající v závětrí Atlasu se zejména v březnu pohybují východním směrem. V dubnu se mírně otáčejí k severovýchodu, v květnu jdou jejich dráhy severovýchodně. Saharské cyklóny vstupují v březnu do Středomoří hlavně východní částí středomořské oblasti, v průběhu května pak přes západní část Středomoří.

V letních měsících (červen, červenec a srpen) je centrální a východní Středomoří a sever Afriky obvykle pod vlivem subtropické tlakové výše [1]. (Což platí pro období, které zkoumala studie [1]). Pokud dojde v tomto období k zformování cyklón, tak zpravidla mělkých. V červnu vede několik cyklonálních drah ze západního Středomoří do východního, obvykle dosahují do Egejského moře. Cyklonální dráhy vedou poblíž pobřeží severní Afriky a centrálním Středomořím. V červenci a v srpnu tyto dráhy neexistují. Jediná společná dráha pro všechny tři letní měsíce, kudy cyklóny opouštějí Středomoří, vede ze závětrí Alp k severovýchodu [1]. V srpnu však tato dráha slábne nebo úplně zaniká.

Podzim je obecně charakterizován zvýšením cyklonální aktivity ve středomořské oblasti v porovnání s létem. V září dochází k mírnému vzestupu počtu cyklonálních drah severním Středomořím, stejně tak podél pobřeží severní Afriky, což je přičítáno slábnutí subtropické tlakové výše v oblasti Středomoří. K dalšímu vzestupu v počtu cyklonálních drah dochází v říjnu. Tehdy také zesiluje dráha

z východního Středomoří směřující ven ze středomořské oblasti. V listopadu dochází k výraznému nárůstu cyklonálních drah a k zformování severovýchodní dráhy z Egejského moře.

3.1. Doba života cyklón

Podle [9] mělo za období 1957 – 2001 zhruba 70 % všech středomořských cyklón průměrnou délku života dva dny, 21 % jeden den. Pro srovnání např. [20] uvádí, že za sledované období 1979 – 1996 byla průměrná doba života cyklóny 28 hodin. Za období 1957 – 2001 byla asi u 87 % životnost cyklón menší než tři dny. Výskyt cyklón existujících tři a více dní za stejné období byl v jednotlivých ročních obdobích následující: v zimě 14 %, na jaře 16 % a na podzim 21 %. Cyklóny existující čtyři dny tvořily rovněž za období 1957 - 2001 cca 6 % v zimě, 7 % na jaře a 10 % na podzim [9]. Lze konstatovat, že cyklóny mají na jaře vyšší životnost než v zimě a trochu menší než na podzim.

3.2. Cyklóny vznikající přímo ve středomořské oblasti

Ve středomořské oblasti vzniká, jak již bylo uvedeno, dle studie [19], která zkoumala období říjen až březen pro roky 1986/1987, 1991/1992, 2001/2002, 2002/2003 a 2003/2004, 87 % cyklón. Cyklóny vznikající přímo ve středomořské oblasti mohou vzniknout třemi způsoby. Prvním způsobem je cyklogeneze pod vlivem evropských „mateřských“ cyklón (cyklóna, na jejíž frontě, nejčastěji studené nebo stacionární se vyvine cyklóna nová), druhou možností vzniku cyklóny je cyklogeneze ve východní brázdě postupující přes sever Afriky a poslední možností je cyklogeneze pod vlivem středomořských „mateřských“ cyklón. „Mateřské“ systémy se nalézají ve třech regionech: v Evropě (61 %), na severu Afriky a v Rudém moři (34,5 %), přímo ve středomořské oblasti (4,5 %) [19].

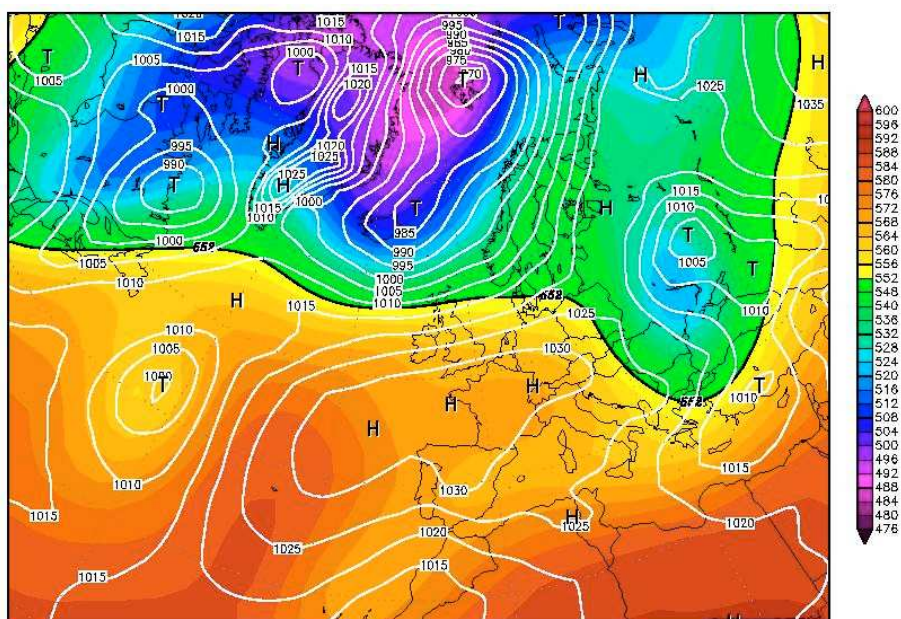
3.2.1. Cyklogeneze pod vlivem evropských „mateřských“ cyklón

První možností je, že evropská „mateřská“ cyklóna se nalézá ve východní Evropě (obr. 15a). Cyklogeneze vzniká v Egejském moři nebo v zátvrtí pohoří

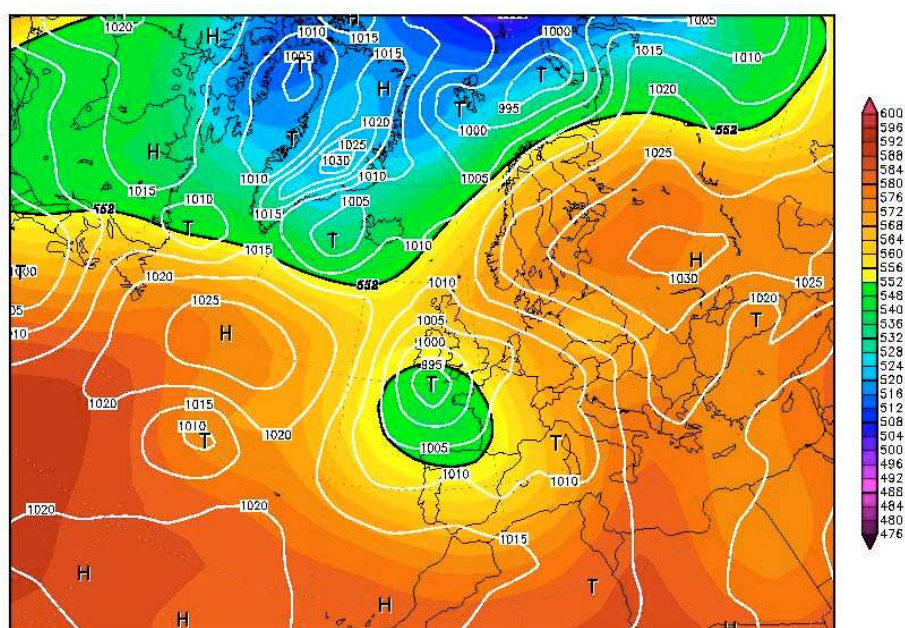
Taurus. V tomto případě je dominantním cyklogenetickým faktorem orografie regionu. Do této oblasti spadá 51 % případů vznikajících cyklón. (Vztaženo k cyklogenezi vznikající pod vlivem evropských „mateřských“ cyklón.) Dráha takto vzniklých cyklón směřuje obvykle na východ středomořské oblasti. Poté se rozděluje na dvě. V prvním případě cyklóny postupují dále na východ, v druhém případě se jejich dráha stáčí severním směrem, tj. zhruba v jihovýchodním Turecku dochází ke stáčení směrem k Černému moři.

Druhou možností vzniku (25,5 %) je především Janovský záliv, nebo zátvrtí Pyrenejí. Tam vznikají cyklóny pod vlivem atlantských cyklón postupujících nad Evropu (obr. 15b). Zde se rovněž uplatňuje zejména orografická cyklogeneze (blokuující vliv Alp a Pyrenejí). Z této skupiny je nejznámější cyklónou cyklóna janovská. Ta vzniká nejčastěji na studené frontě postupující od severozápadu do oblasti Alp, kde se začíná vlnit. Údolím řeky Rhóny se studený vzduch dostává do Janovského zálivu. V oblasti Pádské nížiny chráněné Alpami se studený vzduch, setkává s teplým vzduchem. Vzniklý teplotní kontrast se stává zárodkem vzniku janovské cyklóny. Takto vzniklé cyklóny se zpravidla přesunují na východ. Při dosažení Itálie nebo Egejského moře se většinou stáčí k severu a slučují se s dráhou západního proudění, tj. přibližně od západu na východ. Pouze 10 % z těchto cyklón dosáhne východní části Středomoří [19].

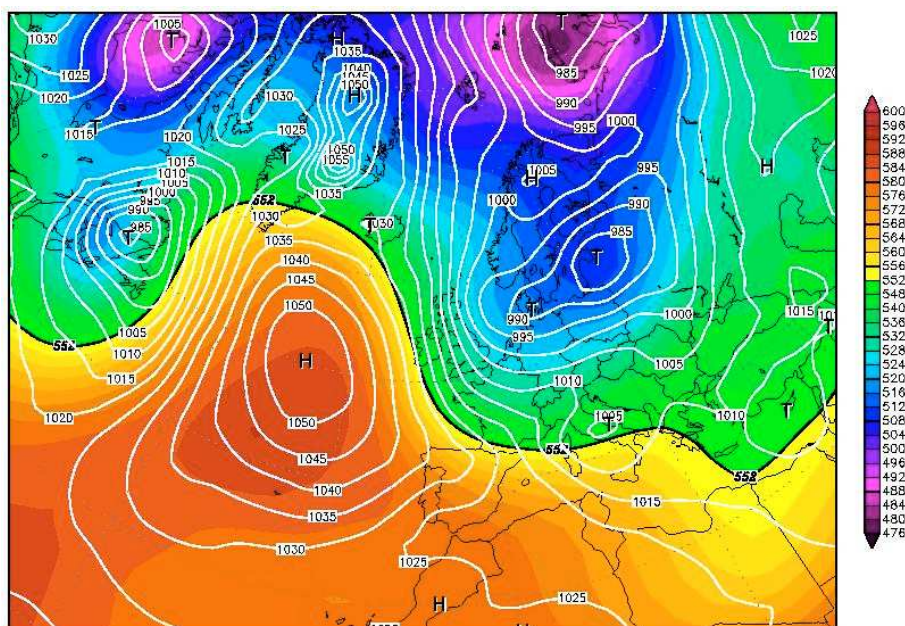
Třetí možností vzniku (23,5 %) je přímo centrum Středomoří, většinou je to jižně od italských Alp. I zde je dominantním prvkem zátvrtá cyklogeneze (zejména blokuující vliv Apenin). V tomto případě bývá „mateřská“ cyklóna umístěná nad střední Evropou, obvykle severně od středomořské zóny cyklogeneze (obr. 15c). Z takto vzniklých cyklón dosáhne jen 10,7 % východní oblasti Středozemního moře. Zbylých téměř 90 % cyklón se stáčí v Egejském moři nebo jižním Turecku severovýchodním směrem [19].



Obr. 15a: Přízemní tlakové pole (hPa) a geopotenciál hladiny 500 hPa (gpm) z 21. 11. 2001 00 UTC (Zdroj: [35]). Mateřská cyklóna se nachází ve východní Evropě a indukovaná cyklóna se vytváří u pohoří Taurus.



Obr. 15b: Přízemní tlakové pole (hPa) a geopotenciál hladiny 500 hPa (gpm) z 12. 10. 1991 00 UTC (Zdroj: [35]). Mateřská cyklóna se nachází nad Atlantickým oceánem a indukovaná cyklóna vzniká u Janovského zálivu.



Obr. 15c: Přízemní tlakové pole (hPa) a geopotenciál hladiny 500 hPa (gpm) z 29. 1. 2003 00 UTC (Zdroj: [35]). Mateřská cyklóna se nachází nad střední Evropou a indukovaná cyklóna se vytváří nad střední částí Apeninského poloostrova.

Souhrnně lze říci o cyklónách vznikajících pod vlivem evropských „mateřských“ cyklón to, že tímto typem cyklogeneze vzniká 61 % středomořských cyklón a že jejich dráhy směřují zejména na východ. Některé z takto vzniklých cyklón se sloučí s hlavní evropskou cyklonální dráhou, některé zanikají v centrálním Středomoří, zbytek dosahuje východního Středomoří. Výše uvedené shrnuje tab. 5.

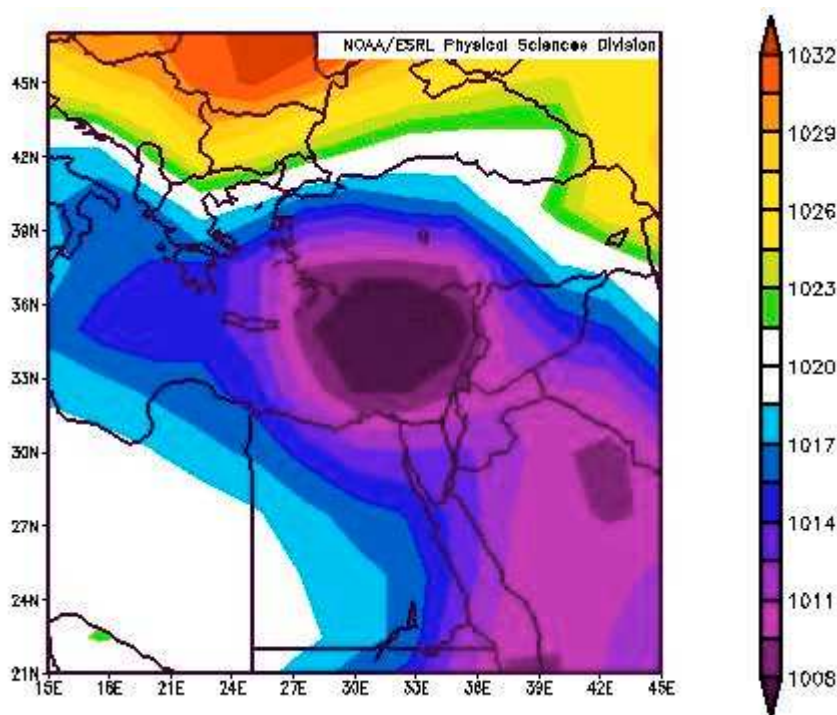
Umístění mateřské cyklóny	Místo cyklogeneze	Počet případů (%)
východní Evropa	Egejské moře, nebo zúvětří pohoří Taurus	51
atlantské cyklóny přesunuté nad Evropu	Janovský záliv, nebo zúvětří Pyrenejí	25,5
centrální část Evropy	centrum Středomoří	23,5

Tab. 5: Cyklogeneze pod vlivem evropských mateřských cyklón.

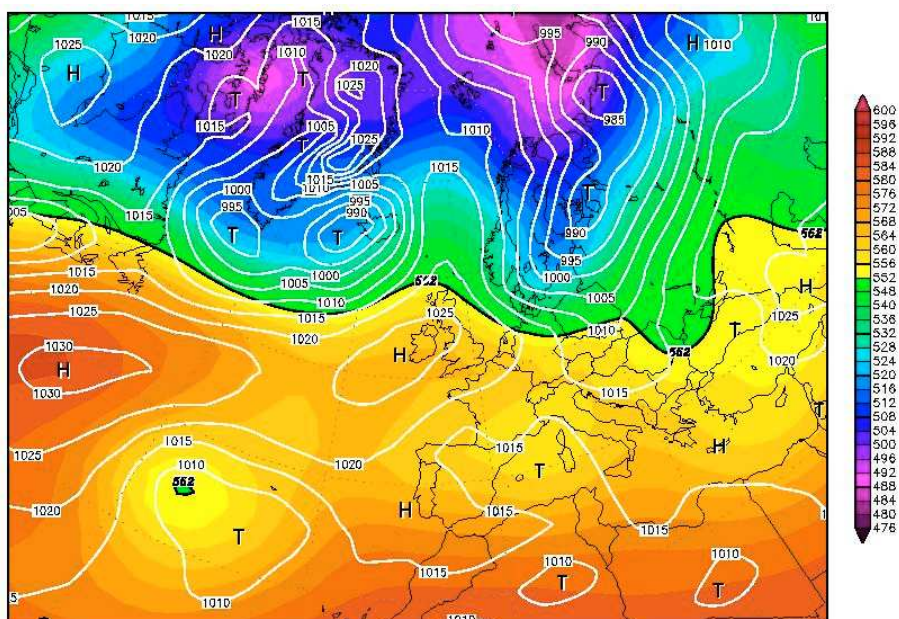
3.2.2. Cyklogeneze ve východní brázdě postupující přes sever

Afriky

Když brázda nízkého tlaku vzduchu zasahuje z Afriky do Středomoří, cyklogeneze vzniká v jižní části středomořské oblasti. Tímto typem cyklogeneze vzniká 34,5 % středomořských cyklón. Hlavní místa výše uvedeného typu cyklogeneze jsou dvě. První oblast (68,5 %) je ve východní části Středomoří. Zpravidla se jedná o okolí Kréty a Kypru. Příkladem východní brázdy může být Rudomořská brázda, uvnitř které je cyklóna formována blízko Kypru (obr. 16a). Kyperské cyklóny většinou vznikají orograficky a nebo jsou orografií zesílené [26]. Takto vzniklé cyklóny se pohybují k východní oblasti Středomoří, nebo severním směrem k Černému moři. Druhé místo cyklogeneze tohoto typu (31,5 %) je v západní a centrální části Středomoří (obr. 16b). Základním cyklogenetickým faktorem je při tomto typu orografická cyklogeneze (blokuující vliv Alp a Apenin). Cyklóny zde vzniklé postupují zpravidla na východ a dosáhnou východního pobřeží Středomoří. Výše uvedené shrnuje tab. 6.



Obr. 16a: Přízemní tlakové pole (hPa) z 13. 2. 2003 06 UTC. Rudomořská brázda zasahující do Středomoří a cyklóna vznikající okolo Kypru. (Zdroj: [24])



Obr. 16b: Přízemní tlakové pole (hPa) a geopotenciál hladiny 500 hPa (gpm) z 31. 3. 2003 00 UTC (Zdroj: [35]). Cyklóna vznikající v západní části Středomoří.

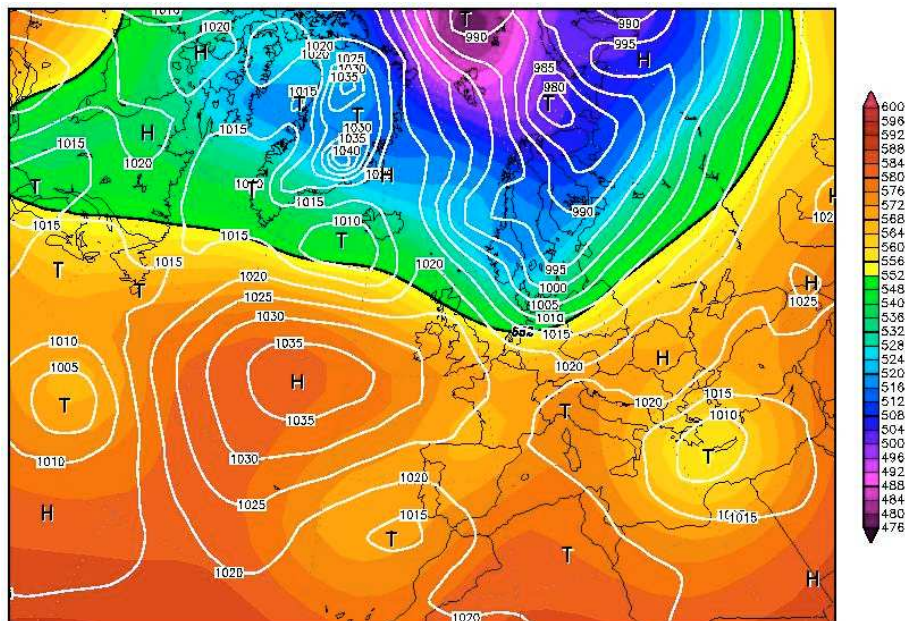
Brázdy, uvnitř kterých byly zformovány západostředomořské cyklóny, byly orientovány většinou od jihozápadu k severovýchodu. Ovšem pro brázdy, ve kterých vznikly cyklóny na východě Středomoří, to neplatí. Ty jsou orientovány z jihu na sever [19].

Orientace brázdy	Místo cyklogeneze	Počet případů (%)
z jihu na sever	Okolí Kréty, Kypru	68,5
od jihozápadu k severovýchodu	Sardinie, Sicílie, sever Libye	31,5

Tab. 6: Cyklogeneze ve východní brázdě postupující přes sever Afriky.

3.2.3. Cyklogeneze pod vlivem středomořských „mateřských“ cyklón

Pod vlivem středomořských „mateřských“ cyklón vznikají tlakové níže, když se „mateřská“ cyklóna nachází ve východní části středomořské oblasti a z ní zasahuje brázda k západu, tj. směrem k centrální části středomořské oblasti. V té pak vznikne indukovaná cyklóna, obvykle u Apeninského poloostrova, tj. v oblasti kolem Janovského zálivu (obr. 17). Základním cyklogenetickým faktorem je opět orografie (blokující vliv Alp). Indukovaná cyklóna se pak pohybuje východně nebo severně. Při pohybu na východ většinou dosáhne Turecka. Cyklogenezí pod vlivem středomořských „mateřských“ cyklón vzniká ve Středomoří pouze 4,5 % tlakových níží.



Obr. 17: Přízemní tlakové pole (hPa) a geopotenciál hladiny 500 hPa (gpm) z 5. 11. 2001 00 UTC (Zdroj: [35]). Cyklóna vznikající pod vlivem středomořské „mateřské“ cyklóny.

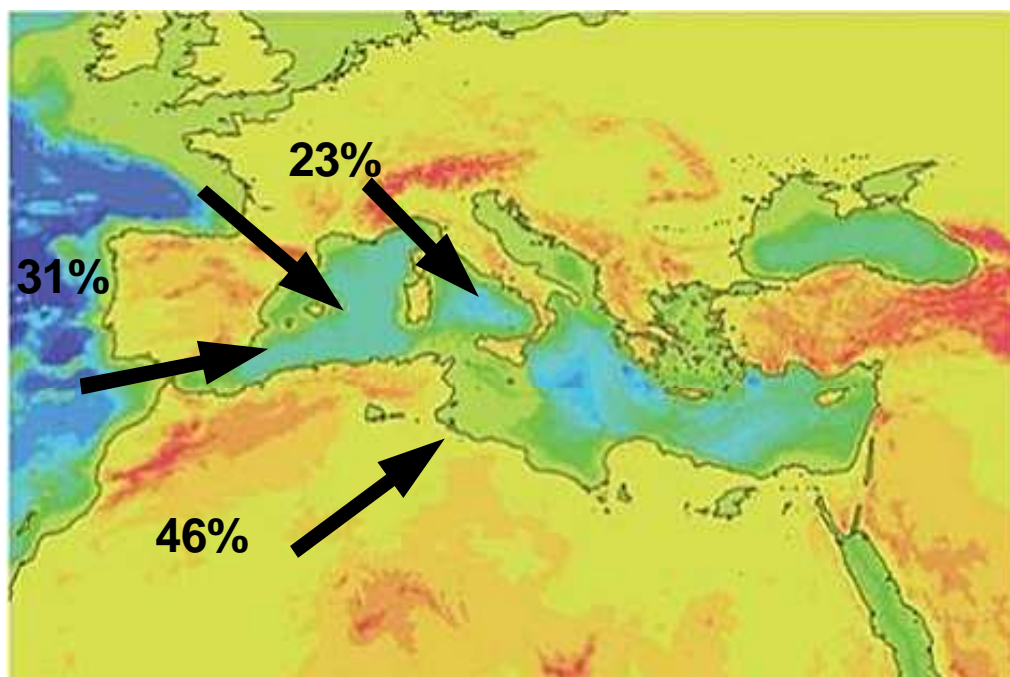
3.3. Cyklóny vstupující do Středomoří

Jak již bylo uvedeno, studie [19], která zkoumala období říjen až březen pro roky 1986/1987, 1991/1992, 2001/2002, 2002/2003 a 2003/2004 uvádí, že pouze 13 % cyklón vzniklo mimo středomořskou oblast. Do středomořské oblasti vstupují ze tří různých zón: Saharská poušť, Atlantský oceán a západní Evropa. Nejvíce vstupujících cyklón (46 %) vzniká v Saharské poušti, v závětrří Atlasu (obr. 18).

Při severozápadním proudění v severní Africe dochází v chladné části roku k advekci studeného a vlhkého vzduchu, který je blokován pohořím Atlas u jeho jihozápadního okraje. Studený vzduch se tam setkává se suchým a teplým vzduchem ze střední Afriky, tím vzniká frontální rozhraní. Stádiem vzniku tlakové níže je vytvoření vlny na frontálním rozhraní teplé a studené vzduchové hmoty, čímž vzniká úsek teplé a studené fronty. Teplý vzduch vniká do studeného, dochází k oteplování, snižuje se hustota vzduchu a dochází k poklesu tlaku. Za vhodných podmínek se frontální rozhraní dále vlní a deformace frontální vlny se transformuje na vír, pak se objeví první uzavřená izobara, a tím již existuje tlaková níže (stadium mladé cyklóny). Vzniklé cyklóny poté vstupují do Středomoří a nad mořem zesilují z důvodu velkého výparu a následného uvolňování latentního tepla při kondenzaci vodní páry.

Cyklóny vzniklé v Saharské poušti (závětrří Atlasu) se pohybují podélně Středomořským mořem, což přibližně odpovídá i výsledkům studie [1]. 43 % z těchto cyklón dosáhne východního pobřeží Středomoří [19].

Další oblast, kde vznikají cyklóny vstupující do Středomoří přes Gibraltarský průliv a Biskajský záliv, je Atlantský oceán. V Atlantském oceánu vzniká 31 % cyklón (obr. 18). Tyto cyklóny se většinou pohybují dále na východ. Většina z nich (88 %) se stáčí severovýchodně v Egejském moři a dosáhne Černého moře. Zbývajících 12 % cyklón se nejčastěji pohybuje na východ a dosáhne až východního pobřeží Středomoří.



Obr. 18: Cyklogeneze v okolí Středomoří: cyklóny vstupují do Středomoří z Atlantického oceánu (31 %) obvykle přes Gibraltarský průliv a Biskajský záliv, dále přes západní Evropu (obvykle Francouzská riviéra 23 %) a ze Saharské pouště (obvykle ze závětrí Atlasu 46 %). (Zdroj: [19])

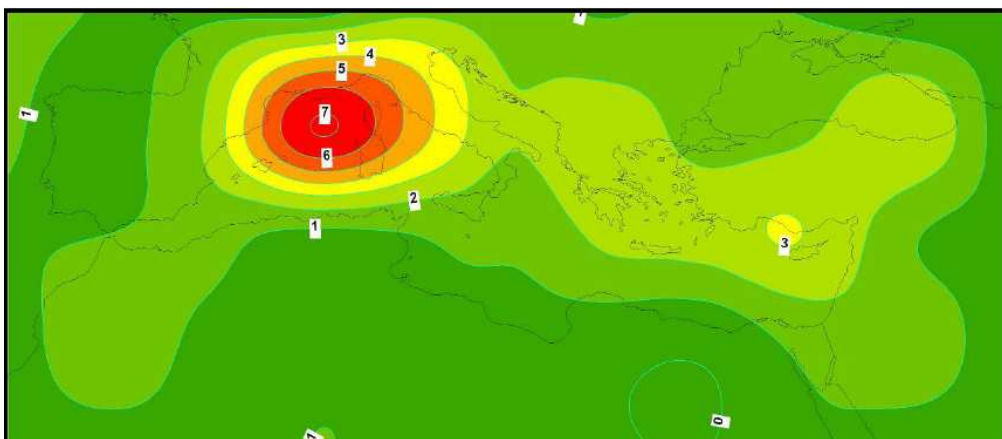
Poslední oblastí původu (23 %) je západní Evropa. Cyklóny z této oblasti většinou vstupují do Středomoří přes Francouzskou riviéru (obr. 18). Poté postupují nejčastěji na východ, při svém postupu se stáčíjí na severovýchod, kde se některé z nich připojují k evropské trase (což je zpravidla dráha západního proudění, tj. přibližně od západu na východ). Z cyklón, které mají původ v západní Evropě, nedosáhne východního pobřeží Středomoří téměř žádná [19].

3.4. Četnost cyklogeneze ve středomořské oblasti

V této kapitole uvedeme regiony s největší četností cyklogeneze v procentech pro zimu, jaro a podzim podle zdroje [9], který vychází z ERA – 40 za období září 1957 – srpen 2002. Četnost tlakových níží v procentech udává pravděpodobnost, že v celém časovém kroku (čtyři časové kroky za den, např. za zimu je tedy počet časových kroků 360) se vytvoří jedna cyklona v rozsahu 1000 km² [9].

3.4.1. Cyklogeneze v zimě

Obr. 19 zobrazuje četnost cyklogeneze v procentech v zimních obdobích 1957/58 - 2001/02. Oblast s nejvyšší četností cyklogeneze se nalézá kolem severního a západního Středomoří s hodnotami 5 - 7 %. Jedná se zejména o Janovský a Lyonský záliv, Ligurské moře. Je to dáno zvláště Alpami, které tvoří orografickou překážku a výše uvedené regiony jsou vhodná místa pro cyklogenezi v závětrří Alp. Další oblasti Středomoří mají četnost pod 5 %. Pokud srovnáme se zdrojem [19], tak nedojdeme ke shodě. Neboť podle [19] je východní Středomoří cyklogenetičtějším regionem než západní Středomoří. Rozdíl lze vysvětlit délkou zkoumaného období (studie [19] zkoumala pouze 5 období) a měsíci, které byly zkoumány, protože ve zdroji [19] je do zimních měsíců kromě prosince, ledna a února zařazen ještě říjen, listopad a březen.

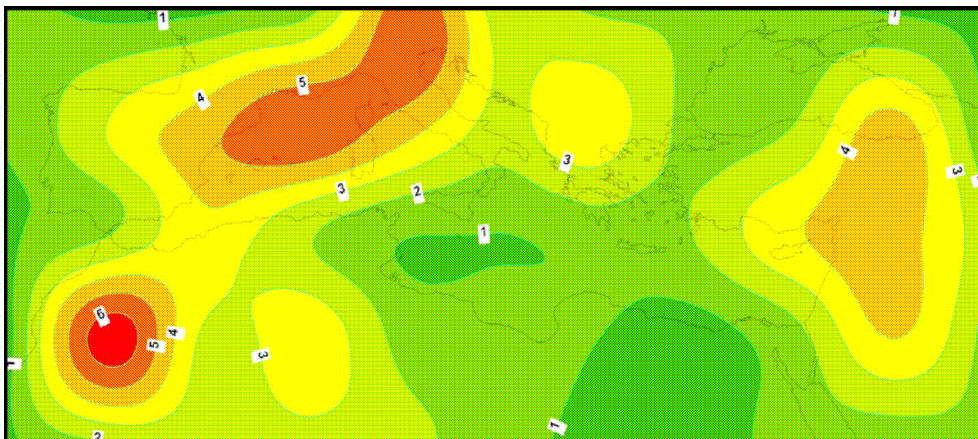


Obr. 19: Četnost cyklogeneze v procentech na 1000 km² v zimě pro období 1957/58 - 2001/02. (Zdroj: [9])

3.4.2. Cyklogeneze na jaře

Na obr. 20 je znázorněna četnost cyklogeneze na jaře v procentech pro období 1958 - 2002. Cyklogeneze s největší četností je v závětrří Atlasu, kolem Janovského zálivu, jižní Francie a části Pyrenejského poloostrova. V oblasti závětrří Atlasu je maximální hodnota 6 %. Pro oblast Janovského zálivu, jižní Francie a části Pyrenejského poloostrova je to 5 %. Důvody zvýšené cyklogeneze jsou opět dány zejména vhodným umístěním regionů v závětrří Atlasu, Pyrenejí a Alp. Teplotní

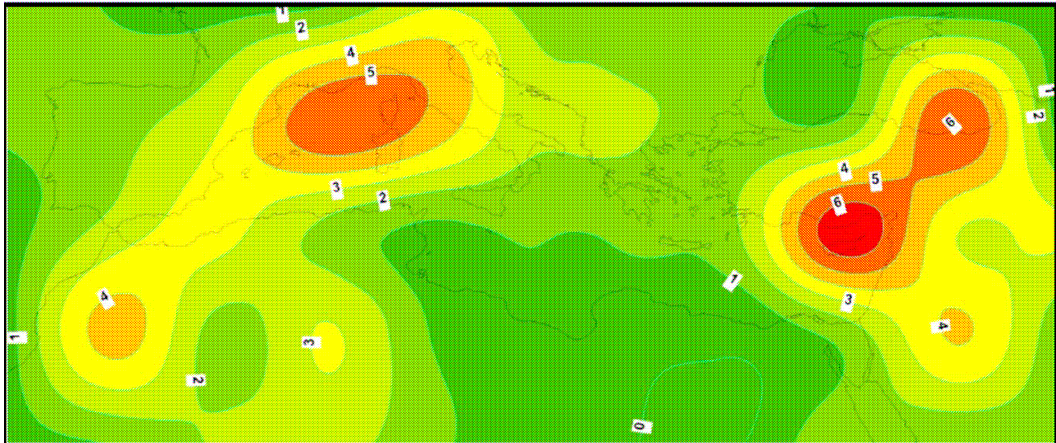
gradient moře – pevnina v pozdním jaru a během léta také podporuje tvorbu termických tlakových níží nad Pyrenejským poloostrovem [20]. Další oblasti Středomoří mají četnost pod 5 % [9].



Obr. 20: Četnost cyklogeneze v procentech na 1000 km² na jaře pro období 1958 – 2002. (Zdroj: [9])

3.4.3. Cyklogeneze na podzim

Na obr. 21 je znázorněna četnost cyklogeneze na podzim v procentech pro období 1957 – 2001. První region cyklogeneze zaujímá závětrí Alp (Janovský záliv, střední části Tyrhénského moře a sever Jaderského moře). Četnost tohoto regionu je 3 – 5 %. Druhý region cyklogeneze se rozprostírá přes Kypr, Atalyanský záliv, Levantský region (nejvýchodnější část středomořské oblasti) a táhne se až do Černého moře s četností 3 – 6 % [9]. Třetím regionem cyklogeneze je závětrí pohoří Atlas s četností 4 %. Vyšší četnost cyklogeneze je dána zejména cyklogenezí v závětrí pohoří (Alp, Taurusu, Atlasu). Ve zbylé části Středomoří nepřesahuje četnost cyklogeneze 3 %.



Obr. 21: Četnost cyklogeneze v procentech na 1000 km² na podzim pro období 1957 – 2001. (Zdroj: [9])

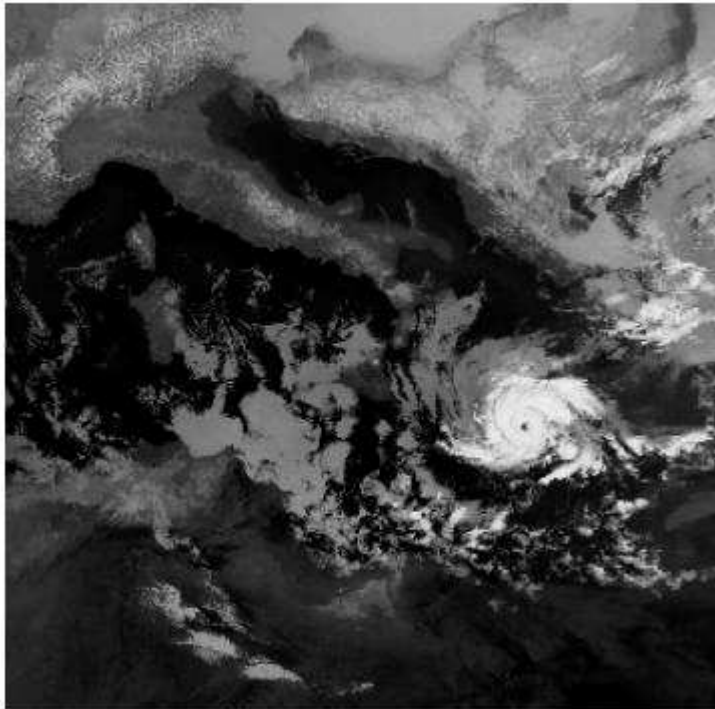
3.5. Tlakové níže podobné hurikánu („Medicane“)

Středomořská subtropická bouře („Medicane“ vzniklo složením **Mediterranean + hurricane**) je útvar s charakteristickým okem uprostřed a spirálovitým uspořádáním oblačnosti, se silným větrem a velkými srážkovými úhrny. Výskyt takovýchto útvarů je ve Středomoří vzácný (okolo 15 případů v posledních 20 letech). Svoji strukturou se podobají hurikánům (tropické cyklóny vytvořené v Atlantiku nebo na východě Pacifiku). Jsou ale obvykle slabší a menší (průměr zpravidla menší než 1000 km) než tropické, ale rychlost větru v nich může být jako v tropické cyklóně (rychlost větru větší než 33 m/s). Středomořské subtropické bouře se mohou objevit ve všech ročních obdobích s největší četností na podzim [5].

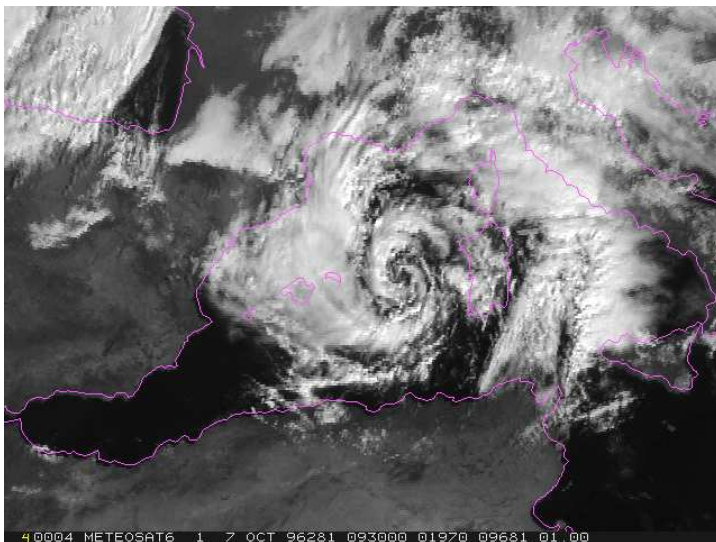
Charakteristické rysy středomořských bouří jsou podobné těm tropickým (intenzivní konvekce, silný vliv povrchu oceánu, povrch oceánu je relativně teplý a má vysokou relativní vlhkost, vertikální teplotní gradient). Ideální pro rozvoj středomořských hurikánů je tedy kombinace intenzivní konvekce, relativně teplého moře a vertikálního teplotního gradientu. Vhodnými synoptickými podmínkami pro vývoj subtropické bouře jsou tedy: tlaková níže ve vyšších hladinách nebo jen brázda nízkého tlaku způsobující advekci studeného vzduchu do Středomoří a relativně teplé moře. Teplá voda se dobře vypařuje do relativně chladného vzduchu (velký vertikální gradient měrné vlhkosti). Vodní pára stoupá do výšky, kde kondenzuje. Přitom se uvolňuje latentní teplo, které je hlavním zdrojem energie středomořských

subtropických bouří. Mezi nejvýznamnější vlivy, které omezují a modifikují vývoj systémů podobných hurikánům ve středomořské oblasti, jsou orografie prostředí, malé rozměry oblasti a kontinentální vlivy [5]. Středomořská subtropická bouře se může rovněž vyvinout i transformováním z cyklóny vzniklé mimo Středozemní moře. Příkladem může být cyklóna, která vznikla 24. 9. 2006 v závětrí pohoří Atlas, a následně se nad Středozemním mořem přetransformovala v subtropickou bouři, která zasáhla 26. 9. 2006 jihovýchodní Itálii.

Výskyt tlakových níží podobných hurikánům je ve Středomoří, jak již bylo uvedeno, poměrně vzácný. Jedná se např. o: září 1947 a 1969, leden 1982, září 1983, 13. až 17. leden 1995, říjen 1996, září 1997, prosinec 2005, září 2006. Příklady takovýchto útvarů („950116“, „961007“) jsou na obr. 22. V tab. 7 jsou uvedeny jejich základní charakteristiky, obr. 23 znázorňuje analýzu přízemního tlakového pole, geopotenciál hladiny 500 hPa a advekci absolutní vorticity v této hladině pro případ z 15. ledna 1995 00 UTC („950116“). Z obr. 23 je vidět, že střed cyklóny v přízemním tlakovém poli i v hladině 500 hPa je nad Balkánským poloostrovem. Z advekce absolutní vorticity (obr. 24b) nejsou vidět žádné výrazné kladné hodnoty. Tlaková níže v hladině 500 hPa způsobovala příliv studeného vzduchu od severu až severovýchodu do Středomoří. Což v kombinaci s relativně teplým Středozemním mořem vedlo k vhodným podmínkám pro vývoj subtropické bouře. Pro případ z října 1996 („961007“) je z obr. 24 vidět, že tlaková níže měla na přízemní povětrnostní mapě střed u Sardinie, v hladině 500 hPa měla cyklóna střed nad jižní částí Pyrenejského poloostrova. Tlaková níže v hladině 500 hPa způsobovala příliv studeného vzduchu od severovýchodu do západního Středomoří, což opět v kombinaci s relativně teplým Středozemním mořem vedlo k vývoji subtropické bouře „961007“. Stejně jako pro středomořskou subtropickou bouři „950116“, tak i v případě bouře „961007“ nejsou vidět žádné výrazné kladné hodnoty advekce absolutní vorticity (obr. 23b, 24b) .



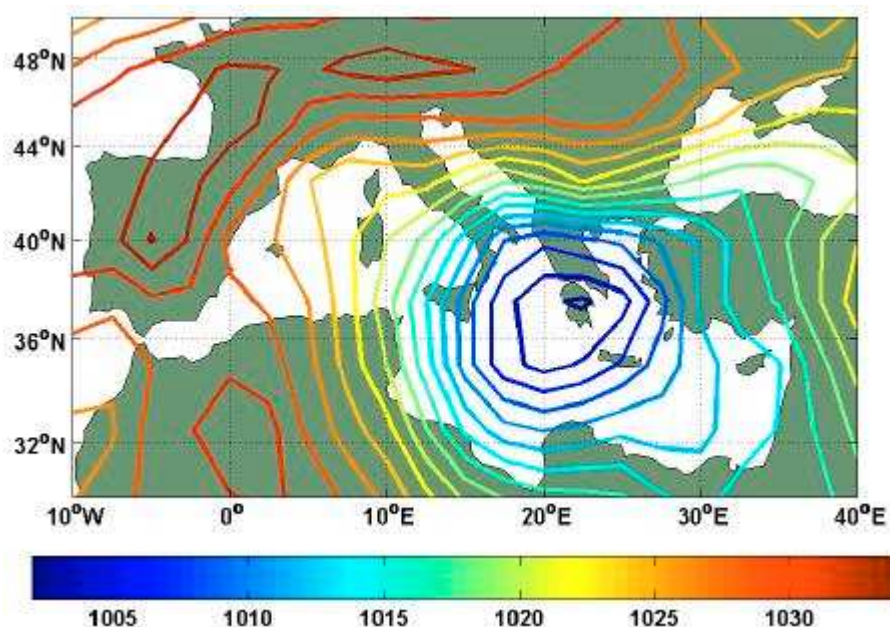
Obr. 22a: Subtropická cyklóna ve Středomoří („950116“) 15. ledna 1995 00 GTM.
(Zdroj: [4])



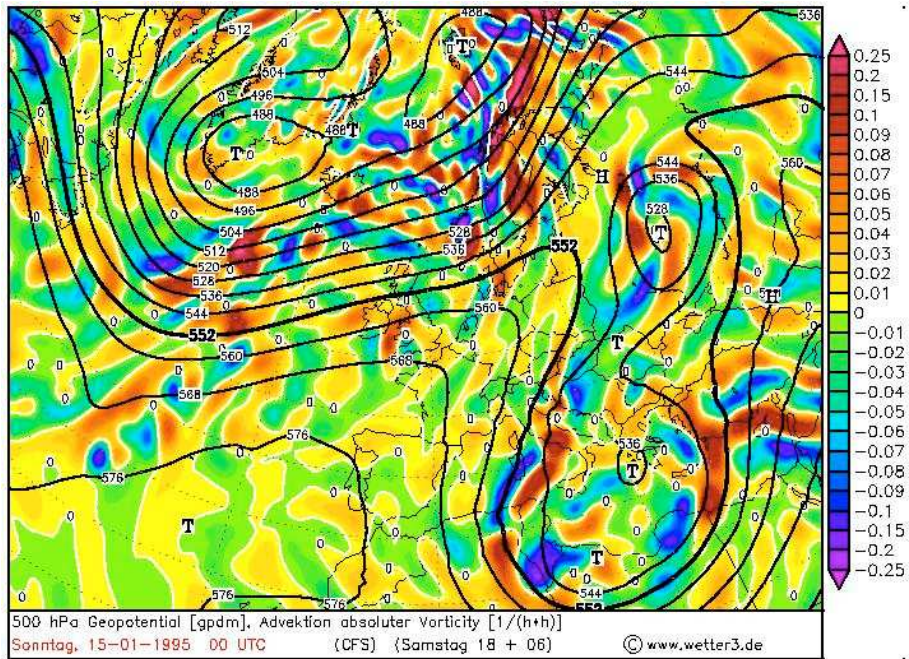
Obr. 22b: Subtropická cyklóna ve Středomoří („961007“) 7. října 1996 9:30 UTC. (Zdroj: [33])

Typ bouře	„950116“	„961007“
Začátek bouře	14. 1. 12:00 1995	6. 10. 3:30 1996
Konec bouře	18. 1. 20:00 1995	11. 10. 3:00 1996
Začátek pozorování oka	15. 1. 7:00	7. 10. 5:30 8. 10. 6:00
Konec pozorování oka	18. 1. 6:30	7. 10. 6:30 10. 10. 12:00
Min. tlak (hPa)	1009,0	997,0
Max. povrchová rychlost větru (m/s)	26,0	53,0

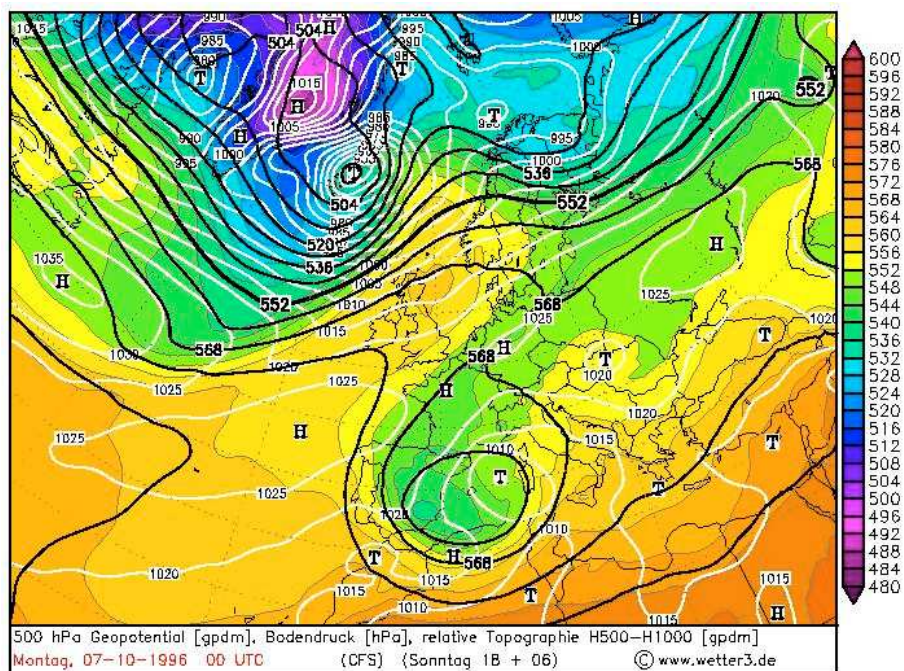
Tab. 7: Základní charakteristiky (typ bouře, čas začátku, čas konce, začátek pozorování oka, konec pozorování oka, minimální tlak, maximální povrchová rychlost větru) středomořských subtropických bouří „950116“ (bouře trvala 14.1. – 18.1. 1995), „961007“ (bouře trvala 6.10. – 11.10. 1996). (Zdroj: [5])



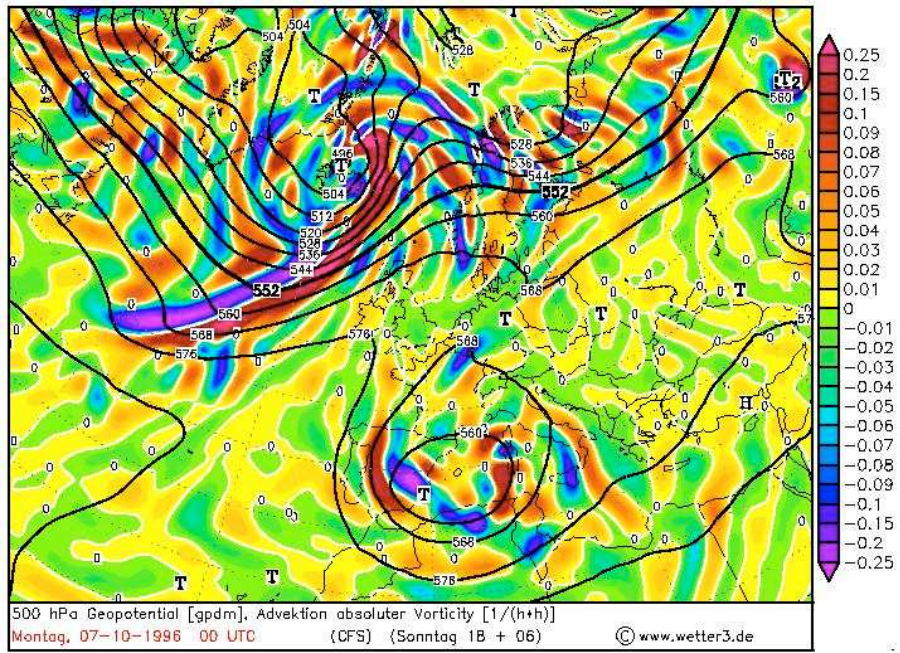
Obr. 23a: Analýza přízemního tlakového pole (hPa) z 15. ledna 1995 00 UTC. (Zdroj [4])



Obr. 23b: Geopotenciál hladiny 500 hPa (gpm) a advekce absolutní vorticity ($1/(h + h)$) v hladině 500 hPa z 15. 1. 1995 00 UTC. (Zdroj [32])



Obr. 24a: Přizemní tlakové pole (hPa), geopotenciál hladiny 500 hPa (gpm) a relativní topografie hladin 500 hPa a 1000 hPa (gpm) z 7. 10. 1996 00 UTC. (Zdroj [32])



Obr. 24b: Geopotenciál hladiny 500 hPa (gpm) a advekce absolutní vorticity ($1/(h + h)$) v hladině 500 hPa z 7. 10. 1996 00 UTC. (Zdroj [32])

4. Vliv tlakových níží s vazbou na Středomoří na počasí v České republice za období 1961 -2010

Ke zkoumání vlivu tlakových níží s vazbou na Středomoří na počasí v České republice jsme využili zdroj [10] (Katalog povětrnostních situací pro území ČSSR. Praha, HMÚ 1968), který používá ČHMÚ k tvorbě kalendáře synoptických situací. Katalog vychází z typizace Brádky a kol (1961) a typizace Ballona a kol. (1964). Celkový počet rozlišovaných cirkulačních typů je 25. Výhodou tohoto katalogu je, že jsou typizovány všechny dny, na rozdíl od také používaného německého katalogu Hesse – Brezowského, v kterém jsou případy nezařazených dnů. Další nevýhodou katalogu Hesse – Brezowského oproti katalogu [10] je to, že je dělán pro Německo a v mnohých případech není pro naše území vhodný.

Vliv tlakových níží spjatých se Středomořím na počasí v České republice jsme posuzovali za období 1961 – 2010 na šesti povětrnostních situacích, tj. na severovýchodní cyklonální situaci (NEc), východní cyklonální situaci (Ec), jihovýchodní cyklonální situaci (SEc), jihozápadní cyklonální situaci (SWc3), cyklóně nad střední Evropou (C) a brázdě nízkého tlaku nad střední Evropou (B). Výše uvedené povětrnostní situace se uvažují z více důvodů. Prvním důvodem je, že tlaková níže se nachází v oblasti, která spadá do Středomoří. Poté může dále postupovat ze středomořské oblasti a ovlivnit počasí u nás (platí pro povětrnostní situace NEc, Ec a SEc). Dalším důvodem jsou vstupující cyklóny. Ty vstoupí do Středomoří z Atlantického oceánu, pak dále postupují ze středomořské oblasti a ovlivňují počasí v České republice (platí pro povětrnostní situaci SWc3). Poslední možností jsou frontální poruchy vzniklé nebo zesílené přímo ve středomořské oblasti. Vzniklé nebo zesílené frontální poruchy poté mohou zasáhnout naše území. Toto platí pro povětrnostní situace B a C. Při povětrnostní situaci B dochází k přílivu studeného vzduchu ze severozápadu do Středomoří. Tam se v oblasti severní Itálie a Středozemního moře setkává s teplým vzduchem od jihovýchodu a vzniká nová frontální zóna. U povětrnostní situace C kolem řídicí tlakové níže, která je vyjádřena obzvláště ve výšce, postupují přízemní frontální poruchy. Ve východní části řídicí tlakové níže (zhruba severní část Středomoří) jsou příznivé podmínky pro oživení frontálních poruch z důvodu advekce teplého vzduchu od jihu. Výše uvedené synoptické situace se tedy uvažují, protože trajektorie vzduchových hmot má nějakou

vazbu na Středomoří a tlakové níže mohou ovlivňovat zcela nebo částečně území České republiky.

Povětrnostní situace	Počet výskytů za období 1961 - 2010
NEc	962
Ec	780
SEc	569
SWc3	665
C	547
B	1567

Tab. 8: Počet výskytů jednotlivých povětrnostních situací za období 1961 – 2010.

Povětrnostní situace	Počty povětrnostní situace/rok		Rok výskytu povětrnostní situace	
	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum
NEc	45	4	1976	1961
Ec	47	0	1975	1983
SEc	29	0	1996	1964, 2001, 2005
SWc3	32	0	1994	1966, 1975
C	38	0	1984	1962, 1971, 2009
B	67	6	1962	2006

Tab. 9: Maximální a minimální roční výskyty jednotlivých povětrnostních situací za období 1961 – 2010.

Počty výskytů jednotlivých povětrnostních situací za období 1961 - 2010 uvádí tab. 8, ze které je patrné, že maximálního výskytu z uvažovaných situací dosáhla brázda nízkého tlaku nad střední Evropou a minimálního jihovýchodní cyklonální situace. Maximální a minimální roční výskyty pak uvádí tab. 9. Z ní vyplývá, že maximální četnost výskytu ze všech šesti situací za období 1961 - 2010

měla situace B, a že situacemi, které měly nejvíce nulových výskytů byly situace SEc a C. Tab. 8, 9 a obr. 25 – 30 jsou sestaveny na základě zdroje [27].

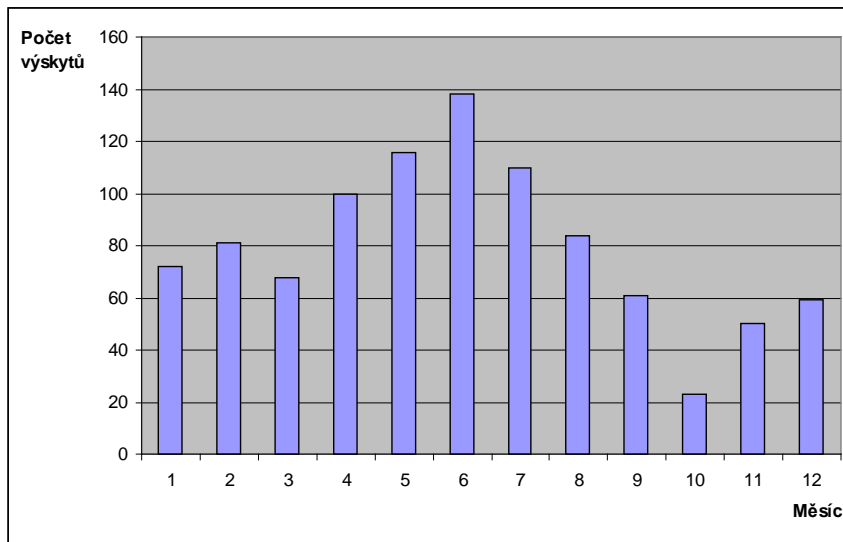
4.1. Severovýchodní cyklonální situace (NEc)

Severovýchodní cyklonální situace se dělí na dvě skupiny, které jsou odlišné hlavně stavem cirkulace nad Atlantským oceánem a západní Evropou. Druhá skupina má nižší četnost než první.

Pro první skupinu je charakteristický hřeben vysokého tlaku vzduchu. Ten zasahuje při zemi i ve výšce od jihozápadu přes Francii, Britské ostrovy až do Skandinávie. Druhým znakem je cyklóna, která se vyskytuje ve vyšších vrstvách většinou nad Balkánem [10]. Mezi těmito tlakovými útvary pak proudí do střední Evropy při zemi studený vzduch od severu až severovýchodu a ve vyšších vrstvách kolem cyklóny teplý vzduch, který se projevuje ve střední Evropě trvalými srážkami.

Druhá skupina je charakterizovaná v přízemním i výškovém poli tlakovou výší v prostoru kolem Britských ostrovů a Skandinávie a výškovou cyklónou, která se nachází nad Balkánským poloostrovem. Při této situaci dochází při zemi k výraznému přílivu studeného vzduchu. Příliv teplého vzduchu ve výšce nebývá tak silný. Fronty pak postupují kolem výškové cyklóny přes Bílou Rus a Polsko na naše území.

Situace NEc se tvoří nejčastěji uprostřed léta, nejmenší výskyt má na podzim a na začátku zimy [10]. Největší četnost za období 1961 – 2010 (obr. 25) je dle našich zjištění v červnu a nejnižší v říjnu. Největší četnost se tedy neshoduje s údaji zdroje [10]. Lze to přičíst délce zkoumaného období, neboť ve zdroji [10] je tento údaj uváděn za období 1946 – 1965.



Obr. 25: Měsíční výskyty povětrnostní situace NEc za období 1961 – 2010.

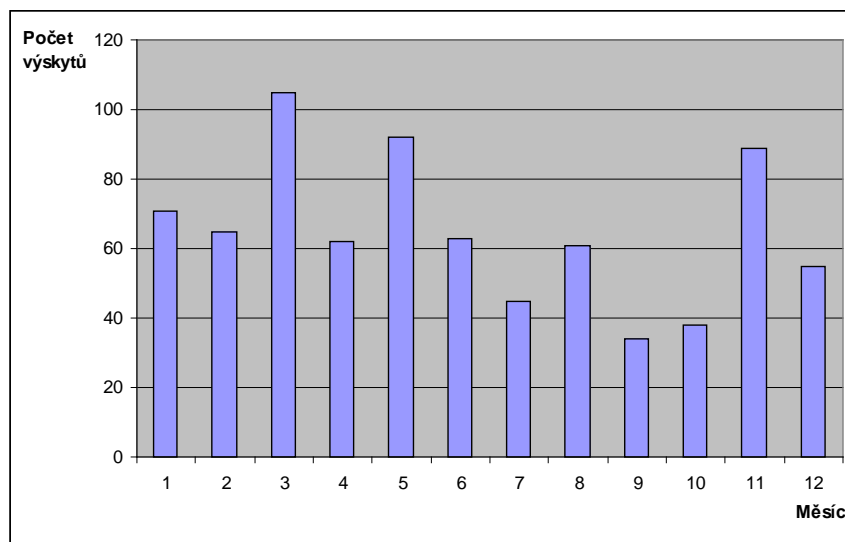
4.2. Východní cyklonální situace (Ec)

Pro tuto situaci je charakteristická tlaková výše ležící většinou nad Skandinávií a stacionární tlaková níže se středem většinou nad Tyrhénským mořem. Ta je vyjádřena i ve vyšších hladinách a určuje cirkulaci ve střední Evropě. Tlaková výše vyvolává v nižších hladinách příliv studeného vzduchu od severovýchodu do střední Evropy. Naproti tomu tlaková níže vyvolává ve vyšších hladinách příliv teplého vzduchu od východu až jihovýchodu do střední Evropy. Východní cyklonální situaci je možno vzhledem k cirkulaci nad Atlantským oceánem a severní Evropou rozdělit na dvě skupiny. První skupina má zhruba čtyřikrát větší četnost než druhá [10].

První skupina je charakterizována tlakovou níží, která se nalézá západně od Islandu a tlakovou výší většinou se středem nad Skandinávií.

Druhá skupina je charakterizována zonální cirkulací s frontální zónou ze severního Atlantiku přes Skandinávii až do severních oblastí Ruska. Jižně od frontální zóny se při zemi táhne hřeben vysokého tlaku vzduchu z Atlantského oceánu až ke střednímu Uralu. Česká republika se nachází na jižní straně hřebene vysokého tlaku vzduchu.

Situace Ec má největší četnost v březnu a nejmenší ke konci léta a na počátku podzimu [10]. Naše zjištění za období 1961 – 2010 (obr. 26) se shoduje se zdrojem [10].



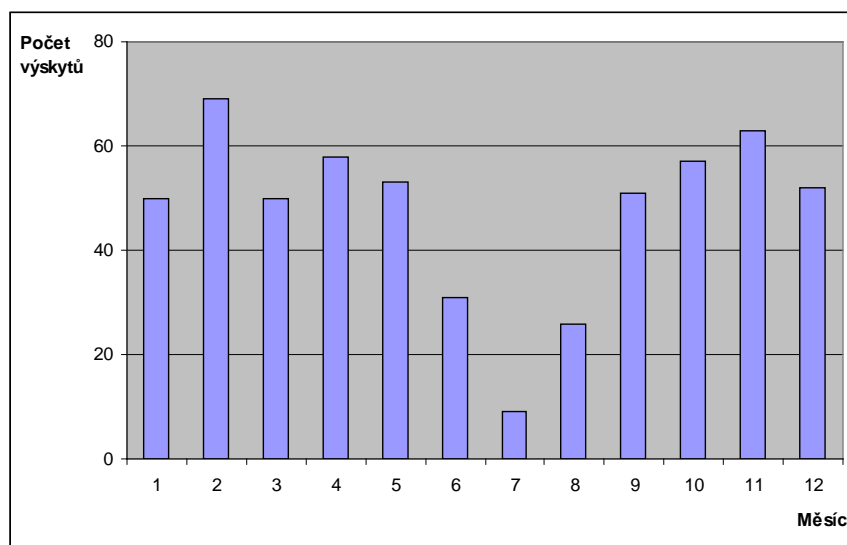
Obr. 26: Měsíční výskyty povětrnostní situace Ec za období 1961 – 2010.

4.3. Jihovýchodní cyklonální situace (SEc)

Tato povětrnostní situace je charakterizována ve výškovém tlakovém poli hřebenem vysokého tlaku vzduchu, který se táhne přes Černé moře, Ukrajinu až nad Skandinávii, anticyklónou nad Ukrajinou a brázdou nízkého tlaku. Ta se vysouvá z islandské tlakové níže do západního Středomoří, kde bývá samostatný střed nízkého tlaku [10]. V přízemním tlakovém poli je jihovýchodní cyklonální situace charakterizována stacionární tlakovou výší se středem nejčastěji v oblasti kolem Moskvy a tlakovou níží se středem nad Ligurským mořem. Frontální zóna zasahuje ze Sicílie přes východní Alpy a Českou republiku až k Dánsku. Frontální vlny regenerují ve vchodu frontální zóny u Sicílie z důvodu advekce teplého vzduchu z jihovýchodu a postupují přes naše území k severozápadu. Poté rychle zanikají nad severozápadním Německem a Dánskem.

Jihovýchodní cyklonální situace se vyskytuje málo a nejčastěji při nástupu zimy [10]. Dle našich zjištění za období 1961 – 2010 však měla situace SEc největší

četnost, jak ukazuje obr. 27 v únoru, což není ve shodě s údaji ČHMÚ (zdroj [10]) a nejnižší v červenci. Rozdíl lze vysvětlit rozdílnou délkou zkoumaného období.



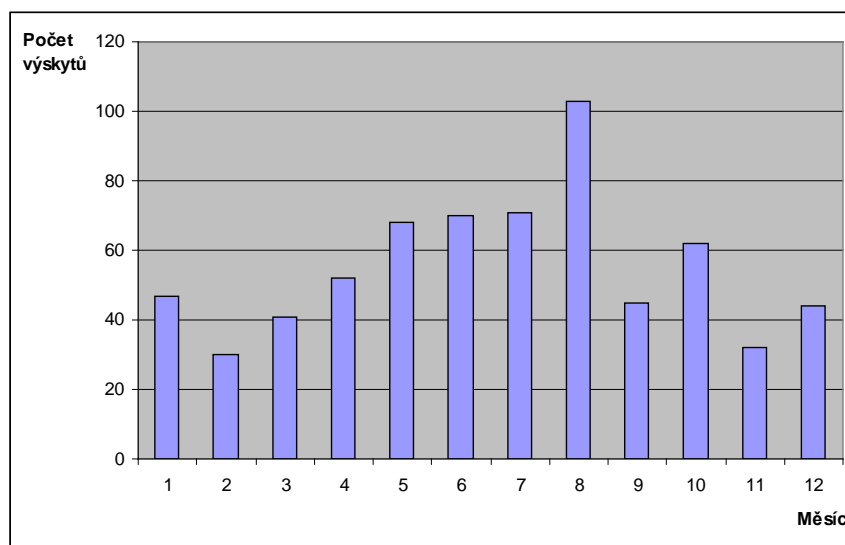
Obr. 27: Měsíční výskyty povětrnostní situace S E c za období 1961 – 2010.

4.4. Jihozápadní cyklonální typ (SWc3)

Tato situace je charakterizována tlakovou výší, která není při zemi výrazně vyjádřena. Ve výšce se nachází její střed nad severní Afrikou a odtud vysunuje výběžek nad Balkánský poloostrov. Cyklóna, často jen brázda nízkého tlaku, ležící ve vyšších hladinách nad Britskými ostrovy a Severním mořem bývá podle množství studeného vzduchu vyjádřena i v přízemním poli a nebo ji maskuje studená anticyklóna v oblasti mezi Islandem a Skotskem. Studený vzduch, pronikající od Islandu přes Britské ostrovy k jihu, se nad Biskajským zálivem a Španělskem setkává s teplým a poměrně vlhkým vzduchem proudícím od jihozápadu. Zde vzniká ostré frontální rozhraní a to jak při zemi, tak i ve výšce [10]. Frontální vlny poté postupují přes Biskajský záliv, jižní Francii, Českou republiku, Polsko a často i dále k severovýchodu. V létě bývá u Islandu jen hřeben vyššího tlaku vzduchu a proudění je slabší. Tvoří se jen mělké tlakové níže, které postupují po téměř stacionární frontě. Ve studené části roku je rozhraní lépe vyjádřeno a vzniklé cyklóny se prohlubují.

Jihozápadní cyklonální situace má největší četnost v létě a nejmenší v zimě [10]. Z obr. 28 je vidět, že za období 1961 – 2010 měla situace SWc3 největší četnost

v srpnu a nejnižší v únoru a v listopadu. V únoru byla četnost pouze o dva výskyty nižší než v listopadu. Náš výsledek se tedy v shoduje s údaji ČHMÚ (zdroj [10]).

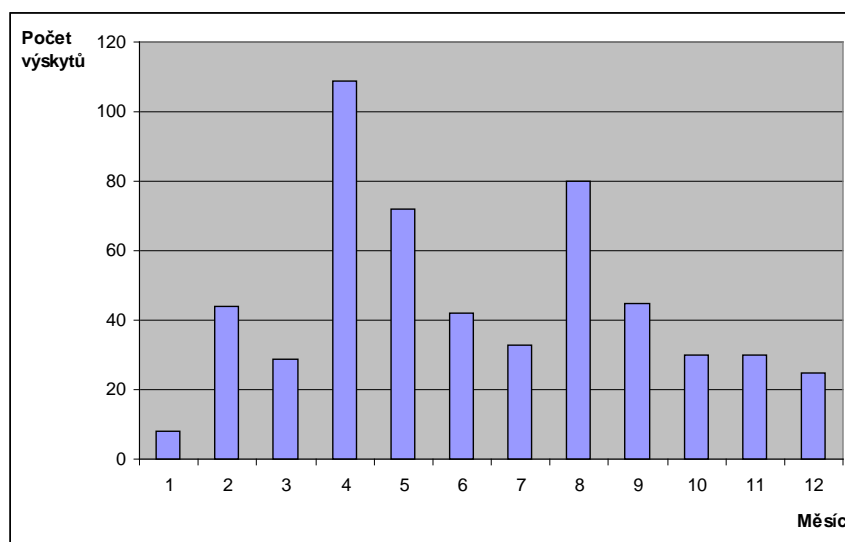


Obr. 28: Měsíční výskyty povětrnostní situace SWc3 za období 1961 – 2010.

4.5. Cyklóna nad střední Evropou (C)

Tato povětrnostní situace je charakterizována stacionární cyklónou, vyjádřenou obzvláště ve výšce, ležící v západní části střední Evropy a tlakovou výší nad severozápadní částí Ruska a Skandinávií. Okolo řídicí cyklóny nad západní částí střední Evropy postupují přízemní frontální poruchy. Ve východní části řídicí tlakové níže jsou příznivé podmínky pro jejich oživení z důvodu advekce teplého vzduchu od jihu [10]. Významný vliv na počasí v České republice má i poloha centra cyklóny. Podle toho naše území zasahují frontální poruchy od jihovýchodu a někdy i ze severního sektoru.

Tato situace se vyskytuje po celý rok. Největší četnost má však v letních měsících (květen až srpen) [10]. Za období 1961 – 2010 měla situace C největší četnost, jak ukazuje obr. 29 v dubnu, což se neshoduje se zdrojem [10]. Rozdíl lze opět přičíst rozdílné délce zkoumaného období. Neboť, jak již bylo uvedeno, tak zdroj [10] tento údaj uvádí za období 1946 – 1965. Nejnižší četnost situace C za období 1961 – 2010 byla zaznamenána v lednu.

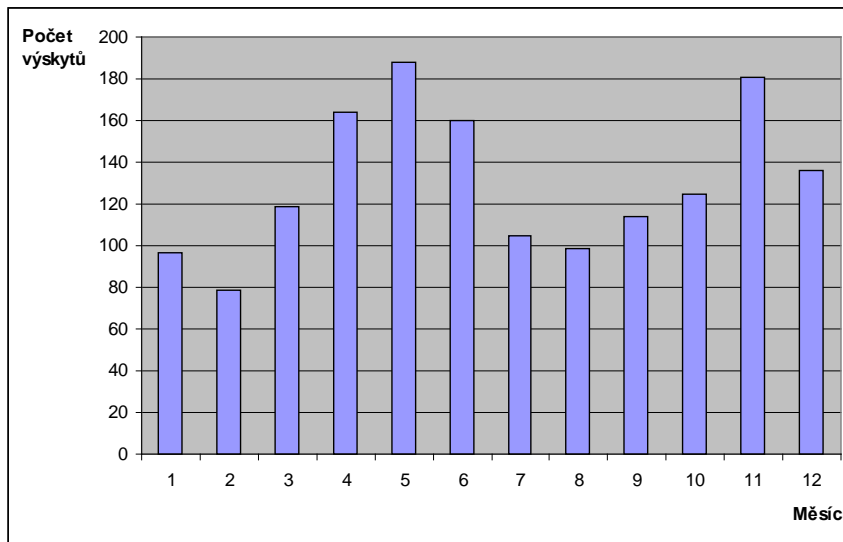


Obr. 29: Měsíční výskyty povětrnostní situace C za období 1961 – 2010.

4.6. Brázda nízkého tlaku nad střední Evropou (B)

Pro tuto situaci je charakteristická řídicí cyklóna v oblasti kolem západní Skandinávie, Severního a Norského moře. Cyklóna vysunuje brázdu až do středomořské oblasti [10]. Tlakové výše se nacházejí nad Atlantským oceánem a východní Evropou. Do západního Středomoří proudí studený vzduch od severozápadu až severu. V oblasti severní Itálie a Středozevního moře interaguje s teplým vzduchem od jihovýchodu a vzniká nová frontální zóna, která postupuje přes Maďarsko, Slovensko a Polsko dále na východ. Mělké frontální poruchy ze Středomoří se mohou dále vyvíjet a mezi nimi vznikají hřebeny vyššího tlaku vzduchu (situace se pak označuje jako Vb) [10]. Frontální vlny ovlivňují zejména východ České republiky.

Povětrnostní situace brázda nízkého tlaku vzduchu nad střední Evropou se nejvíce vyskytuje v obdobích duben – květen a říjen – prosinec, nejméně v srpnu [10]. Z obr. 30 je vidět, že největší četnost za období 1961 – 2010 měla situace B v květnu a nejnižší v únoru. Maximální četnost se tedy shoduje se zdrojem [10], minimální četnost ne. Rozdíl lze zase vysvětlit délkou zkoumaného období.



Obr. 30: Měsíční výskyty povětrnostní situace B za období 1961 – 2010.

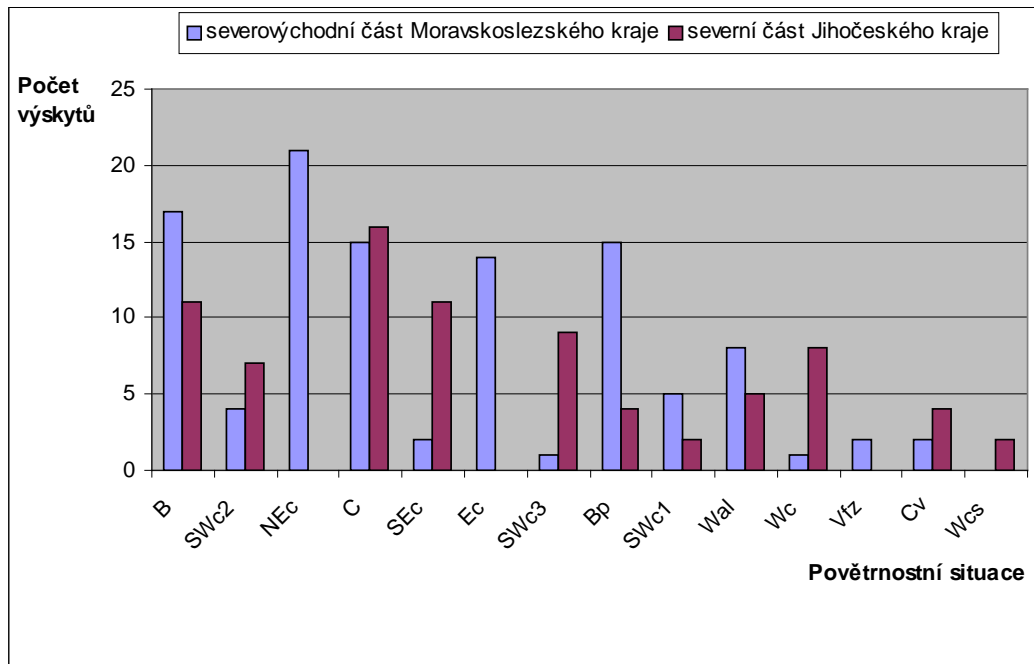
4.7. Vliv cyklón s vazbou na Středomoří na vysoké srážkové úhrny v České republice za období 1961 - 2010

Za období 1961 – 2010 byl posuzován vliv tlakových níží s vazbou na Středomoří na vysoké srážkové úhrny (45 mm / den a více, 13cm sněhu / den a více) ve dvou regionech (severní část Jihočeského kraje, severovýchodní část Moravskoslezského kraje) České republiky. Důvodem takto zvolené hranice vysokých srážkových a sněhových úhrnů je snížení původní meze (50 mm / den a více, 15cm sněhu / den a více) používané ČHMÚ o 10 % a zaokrouhlené na celé číslo. Snížení o 10 % bylo voleno kvůli tomu, abychom analyzovali ještě vysoké srážkové a sněhové úhrny a abychom získali více dat k analýze. Z obou regionů bylo vybráno šest stanic, které neměly přerušenu dobu měření v období 1961 - 2010. V severní části Jihočeského kraje se jednalo o Chýnov, Jistebnici, Kovářov, Nadějkov, Planou nad Lužnicí a Tábor, v severovýchodní části Moravskoslezského kraje to byly Bohdanovice, Hať, Hrabyně, Klimkovic, Mošnov a Skřipov. Přehled použitých stanic uvádí tab. 10, kde je uveden region, název stanice, okres, zeměpisná šířka, délka a nadmořská výška stanice.

Region	Název stanice	Okres	Zeměpisná šířka [°]	Zeměpisná délka [°]	Nadmořská výška [m]
Sever	Chýnov	Tábor	49,4075	14,8147	468
Jihočeského kraje	Jistebnice	Tábor	49,4842	14,5311	581
	Kovářov	Písek	49,5172	14,2783	529
	Nadějkov	Tábor	49,5169	14,4653	616
	Planá nad Lužnicí	Tábor	49,3426	14,7141	425
	Tábor	Tábor	49,4361	14,6603	459
Severový- chod Moravsko- slezského kraje	Bohdanovice	Opava	49,9003	17,6292	463
	Hať	Opava	49,9458	18,2542	220
	Hrabyně	Opava	49,8783	18,0533	395
	Klimkovice	Ostrava	49,7844	18,1347	240
	Mošnov	Nový Jičín	49,6983	18,1217	250,4
	Skřipov	Opava	49,8178	17,9139	485

Tab. 10: Přehled použitých stanic.

Výskyt situací, které přinesly vysoké srážkové úhrny v obou regionech, uvádí obr. 31. Z toho je vidět, že vysoké srážkové úhrny jsou v severní části Jihočeského kraje spojeny nejvíce s cyklónou nad střední Evropou (C) s četností 20,25 %, v severovýchodní části Moravskoslezského kraje se severovýchodní cyklonální situací (NEc) s četností 19,63 %.



Obr. 31: Výskyt vysokých srážkových úhrnů (45 mm / den a více) pro jednotlivé povětrnostní situace za období 1961 – 2010 ve dvou sledovaných regionech (severní část Jihočeského kraje, severovýchodní část Moravskoslezského kraje).

Povětrnostní situace, které přinesly vysoké srážkové úhrny, jsme analyzovali pomocí Chí-kvadrát testu dobré shody. Statistika testu je dána vzorcem (1) podle [2],

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(X_i - Np_i)^2}{Np_i} \quad (1)$$

kde X_i jsou empirické (pozorované) četnosti, Np_i jsou očekávané četnosti, $i = 1, \dots, k$ jsou jednotlivé synoptické situace.

Byla testována nulová hypotéza, že frekvence výskytu významných srážkových situací je rozložena rovnoměrně pro všechny synoptické situace, které přinesly vysoké srážkové úhrny. Očekávaná četnost je rovnoměrně rozložený výskyt dní s významnými srážkovými událostmi mezi všechny takovéto situace. Pozorovaná četnost je pak rovna počtu dní dané povětrnostní situace s významnými srážkovými událostmi. Hladinu významnosti jsme v obou regionech zvolili 0,05. Počty rozlišovaných tříd jsou následující: severní část Jihočeského kraje – 11,

severovýchodní část Moravskoslezského kraje – 13. Výsledky Chí-kvadrát testu pro srážky v jednotlivých regionech uvádí tab. 11 a 12. Povětrnostní situace, při nichž byla překročena kritická hodnota (rovnoměrně rozložená mezi všechny situace, které přinesly vysoké srážkové úhrny) 95 % percentilu a rozdíl mezi pozorovanou a očekávanou četností je kladné číslo, mají v posledním sloupci tab. 11 a 12 ano u daných situací. To znamená, že výskyt dní s vysokými srážkovými úhrny není pro dané povětrnostní situace rovnoměrně rozložen, a že počet výskytů dní s vysokými srážkovými úhrny překračuje pro dané situace očekávanou četnost.

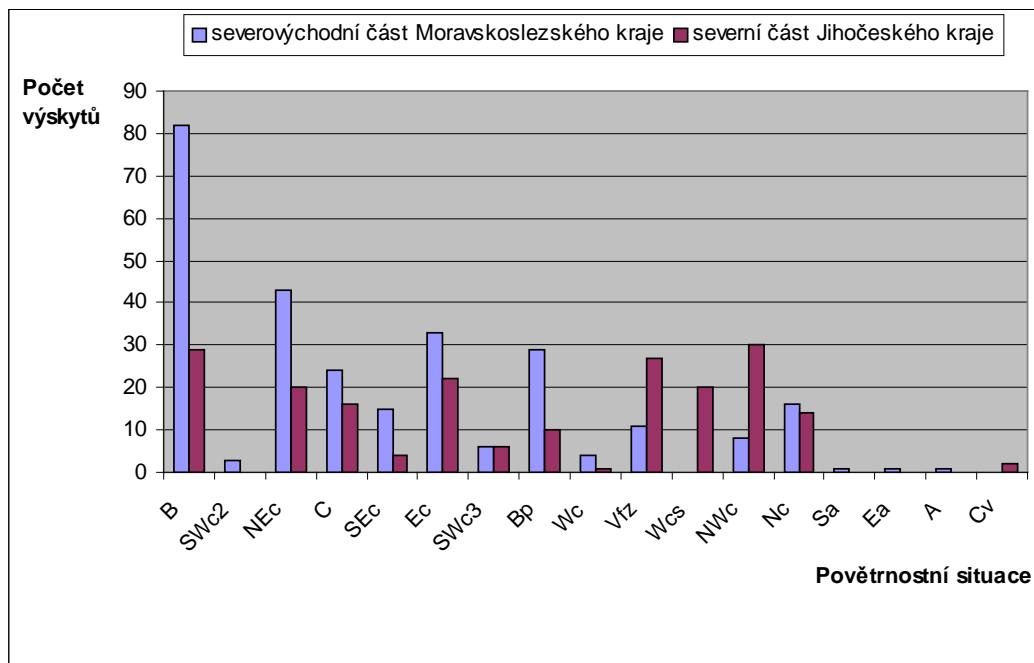
Situace	Očekávaná četnost	Chí-kvadrát test	Kritická hodnota 95 % percentilu	Překročení kritické hodnoty a kladný rozdíl mezi pozorovanou a očekávanou četností
B	7,18	2,03	1,66	ano
SWc2	7,18	0,00	1,66	ne
C	7,18	10,83	1,66	ano
SEc	7,18	2,03	1,66	ano
SWc3	7,18	0,46	1,66	ne
Bp	7,18	1,41	1,66	ne
SWc1	7,18	3,74	1,66	ne
Wal	7,18	0,66	1,66	ne
Wc	7,18	0,93	1,66	ne
Cv	7,18	1,41	1,66	ne
Wcs	7,18	3,74	1,66	ne

Tab. 11: Výsledky Chí-kvadrát testu pro srážky v severní části Jihočeského kraje.

Situace	Očekávaná četnost	Chí-kvadrát test	Kritická hodnota 95 % percentilu	Překročení kritické hodnoty a kladný rozdíl mezi pozorovanou a očekávanou četností
B	8,23	8,23	1,62	ano
SWc2	8,23	2,17	1,62	ne
NEc	8,23	19,81	1,62	ano
C	8,23	5,57	1,62	ano
SEc	8,23	4,72	1,62	ne
Ec	8,23	4,04	1,62	ano
SWc3	8,23	6,35	1,62	ne
Bp	8,23	5,57	1,62	ano
SWc1	8,23	1,27	1,62	ne
Wal	8,23	0,01	1,62	ne
Wc	8,23	6,35	1,62	ne
Vfz	8,23	4,72	1,62	ne
Cv	8,23	4,72	1,62	ne

Tab. 12: Výsledky Chí-kvadrát testu pro srážky v severovýchodní části Moravskoslezského kraje.

Výskyt situací, při kterých byly zaznamenány vysoké sněhové úhrny v jednotlivých regionech, uvádí obr. 32. Z něj je vidět, že vysoké sněhové úhrny jsou nejvíce v severní části Jihočeského kraje spojeny se severozápadní cyklonální situací (NWc) s četností 14,93 % a v severovýchodní části Moravskoslezského kraje s brázdou nízkého tlaku vzduchu nad střední Evropou (B) s četností 29,60 %.



Obr. 32: Výskyt vysokých sněhových úhrnů (13 cm sněhu / den a více) pro jednotlivé povětrnostní situace za období 1961 – 2010 ve dvou sledovaných regionech (severní část Jihočeského kraje, severovýchodní část Moravskoslezského kraje).

Povětrnostní situace, které přinesly vysoké sněhové úhrny jsme rovněž analyzovali pomocí Chí-kvadrát testu dobré shody. Statistika testu je daná vzorcem (1) podle [2]. Byla testována nulová hypotéza, že výskyt situací s významnými sněhovými úhrny je rozložen stejně pro všechny synoptické situace, které přinesly vysoké sněhové úhrny. Očekávaná četnost je rovnoměrně rozložený výskyt dní s významnými sněhovými úhrny mezi všechny situace, které přinesly vysoké sněhové úhrny. Pozorovaná četnost je pak zase rovna počtu dní dané povětrnostní situace s významnými sněhovými událostmi. Hladinu významnosti jsme v obou regionech stejně jako u vysokých srážkových úhrnů zvolili 0,05. Počty rozlišovaných tříd jsou: severní část Jihočeského kraje – 13, severovýchodní část Moravskoslezského kraje – 15. Výsledky Chí-kvadrát testu pro sněh v jednotlivých regionech uvádí tab. 13 a 14. Povětrnostní situace, při kterých byla překročena kritická hodnota (rovnoměrně rozložená mezi všechny situace, které přinesly vysoké sněhové úhrny) 95 % percentilu a rozdíl mezi pozorovanou a očekávanou četností je kladné číslo, mají v posledním sloupci tab. 13 a 14 ano u daných situací. To tedy

znamená, stejně jako u vysokých srážkových úhrnů, že výskyt dní s vysokými sněhovými úhrny není pro dané situace rovnoměrně rozložen, a že počet výskytů dní s vysokými sněhovými úhrny překračuje pro dané situace očekávanou četnost.

Situace	Očekávaná četnost	Chí-kvadrát test	Kritická hodnota 95 % percentilu	Překročení kritické hodnoty a kladný rozdíl mezi pozorovanou a očekávanou četností
B	15,46	11,85	1,62	ano
NEc	15,46	1,33	1,62	ne
C	15,46	0,02	1,62	ne
SEc	15,46	8,50	1,62	ne
Ec	15,46	2,77	1,62	ano
SWc3	15,46	5,79	1,62	ne
Bp	15,46	1,93	1,62	ne
Wc	15,46	13,53	1,62	ne
Vfz	15,46	8,61	1,62	ano
Wcs	15,46	1,33	1,62	ne
NWc	15,46	13,67	1,62	ano
Nc	15,46	0,14	1,62	ne
Cv	15,46	11,72	1,62	ne

Tab. 13: Výsledky Chí-kvadrát testu pro sněh v severní části Jihočeského kraje.

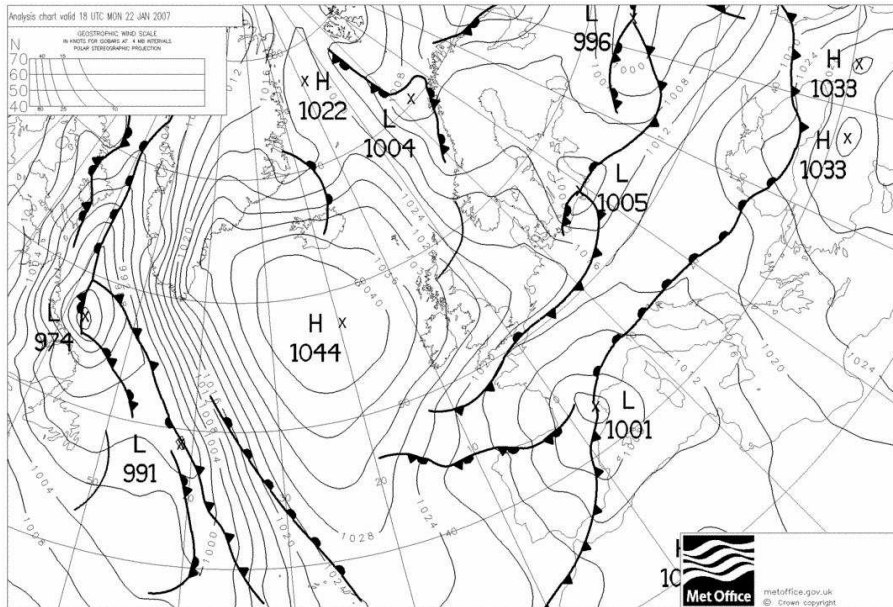
Situace	Očekávaná četnost	Chí-kvadrát test	Kritická hodnota 95 % percentilu	Překročení kritické hodnoty a kladný rozdíl mezi pozorovanou a očekávanou četností
B	18,47	218,58	1,58	ano
SWc2	18,47	12,95	1,58	ne
NEc	18,47	32,59	1,58	ano

C	18,47	1,66	1,58	ano
SEc	18,47	0,66	1,58	ne
Ec	18,47	11,44	1,58	ano
SWc3	18,47	8,42	1,58	ne
Bp	18,47	6,01	1,58	ano
Wc	18,47	11,33	1,58	ne
Vfz	18,47	3,02	1,58	ne
Nc	18,47	0,33	1,58	ne
Sa	18,47	16,52	1,58	ne
Ea	18,47	16,52	1,58	ne
A	18,47	16,52	1,58	ne
NWc	18,47	5,93	1,58	ne

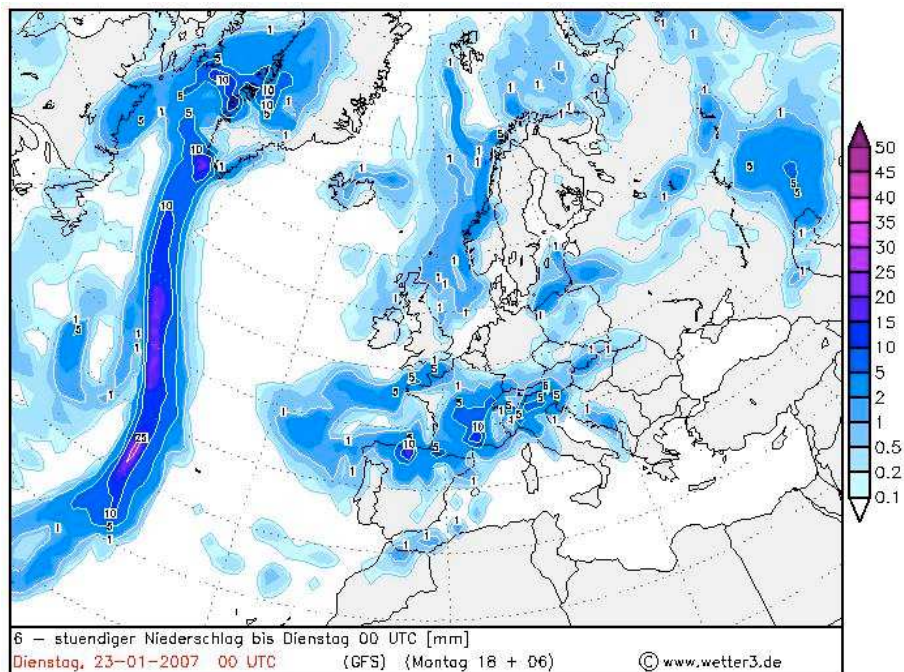
Tab. 14: Výsledky Chí-kvadrát testu pro snůh v severovýchodní části Moravskoslezského kraje.

4.7.1. Příklady vlivu cyklón spjatých se Středomořím na vysoké srážkové události v České republice

Příkladem vlivu severovýchodní cyklonální situace (NEc) na počasí v České republice může být sněžení z 23. 1. 2007 v severovýchodní části Moravskoslezského kraje. Stanice Bohdanovice tam zaznamenala denní úhrn sněhu 23,0 cm. Příčinou sněžení byla teplá fronta spojená s tlakovou níží se středem nad jižní Francií. Teplá fronta postupovala nad naše území od východu. Její polohu z 22. 1. 2007 18 UTC ukazuje obr. 33. Předpověď srážek numerickým modelem GFS na období od 22. 1. 2007 18 UTC do 23. 1. 2007 00 UTC je na obr. 34.



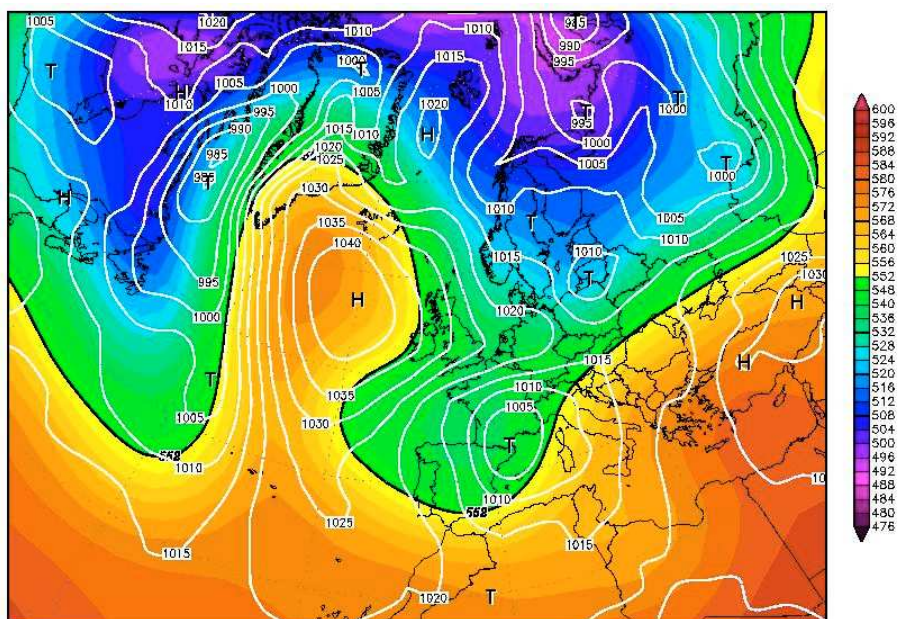
Obr. 33: Přizemní tlakové (hPa) pole z 22. 1. 2007 18 UTC. (Zdroj: [33])



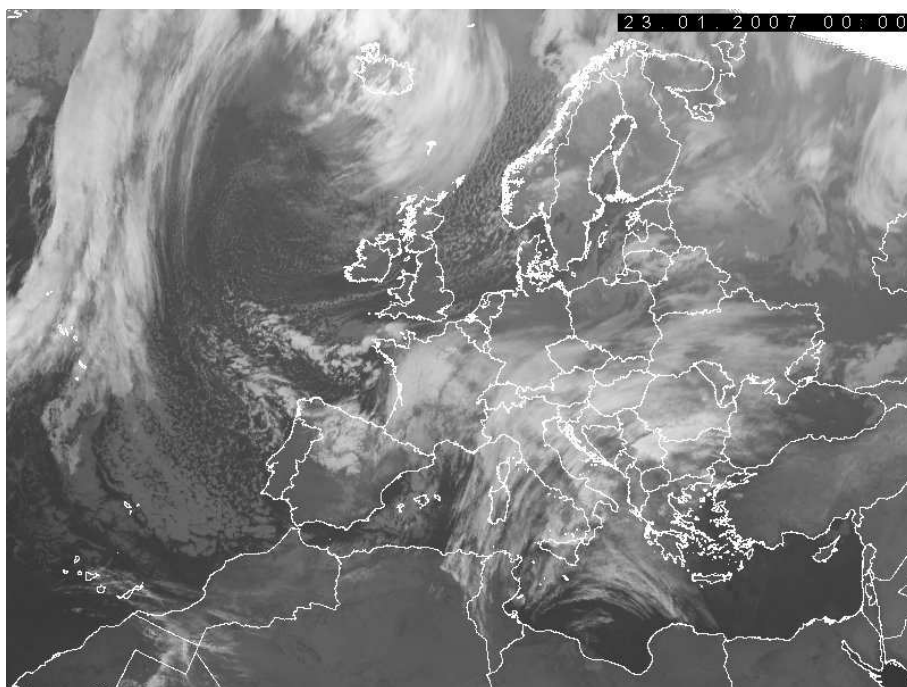
Obr. 34: Předpověď srážek numerickým modelem GFS na období od 22. 1. 2007 18 UTC do 23. 1. 2007 00 UTC. (Zdroj: [32])

Situace z 23. 1. 2007 00 UTC je vidět na obr. 35a, družicový snímek z téhož data pak na obr. 35b. Česká republika se nacházela mezi dvěma tlakovými nížemi. Severně od České republiky se nacházela jedna se středem v oblasti Pobaltských

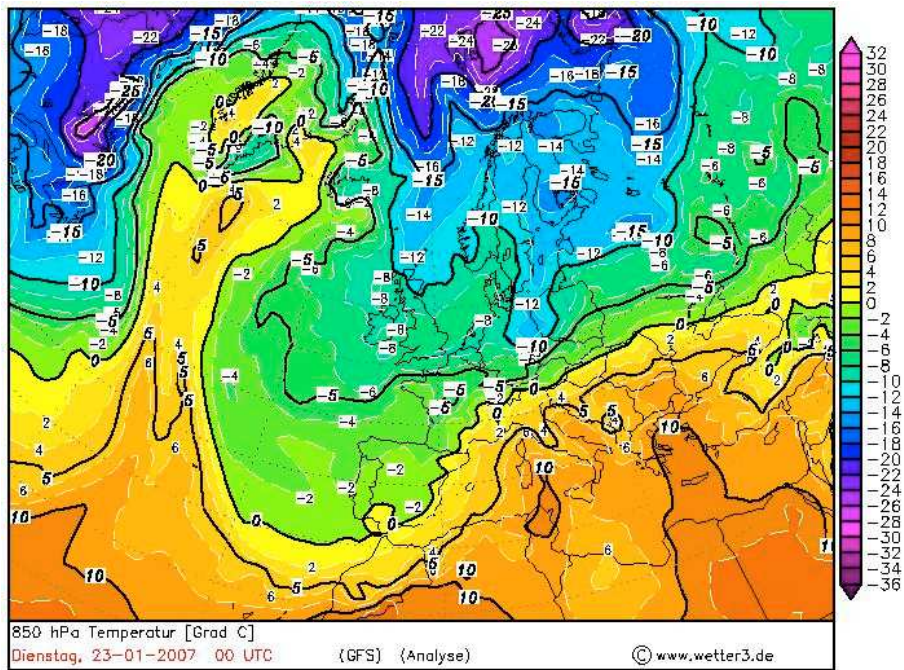
států, druhá tlaková níže měla střed nad jižní Francií. Do České republiky proudil studený vzduch od severu, což je vidět na obr. 35c.



Obr. 35a: Přízemní tlakové pole (hPa) a geopotenciál hladiny 500 hPa (gpm) z 23. 1. 2007 00 UTC. (Zdroj: [35])

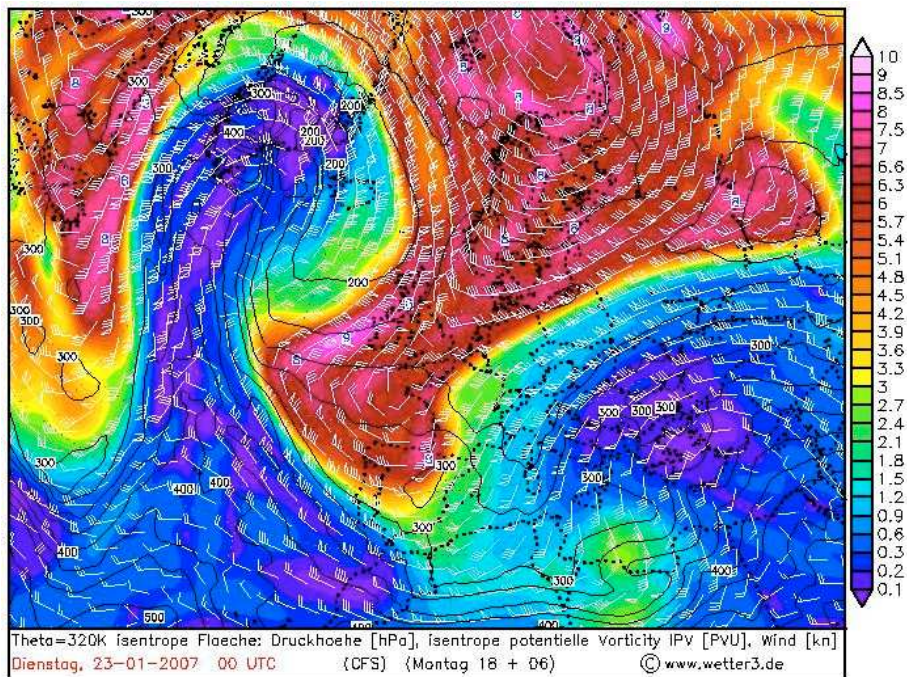


Obr. 35b: Infračervený snímek družice Meteosat 8 z 23. 1. 2007 00 UTC.



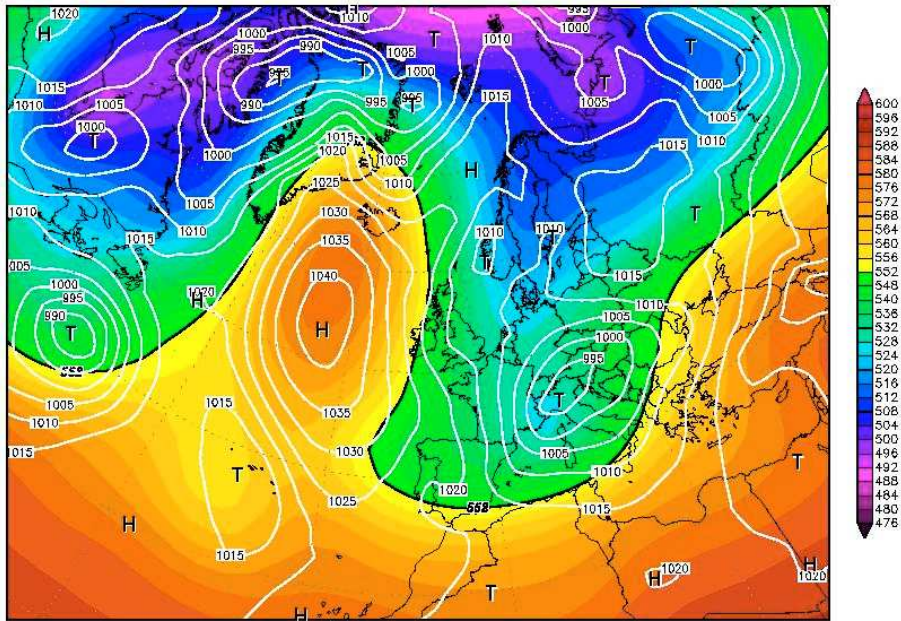
Obr. 35c: Teplota hladiny 850 hPa (°C) z 23. 1. 2007 00 UTC. (Zdroj: [32])

Pole potenciální vorticity a větru v izentropické hladině 330 K z 23. 1. 2007 00 UTC je na obr. 35d. Tato hladina se obvykle vyskytuje ve výškách kolem 9 km, což přibližně odpovídá izobarické hladině 300 hPa. Z obr. 35d je vidět, že severně až severovýchodně od České republiky se nacházejí výrazné kladné anomáliemi PV, které souvisí se studenou advekcí od severu až severovýchodu, a to zejména ve vyšších hladinách. Pod kladnými anomáliemi PV nacházíme oblasti s cyklonální vorticitou a studeným vzduchem. V oblasti záporných anomálií PV jsou oblasti s anticyklonální cirkulací a teplou vzduchovou hmotou.

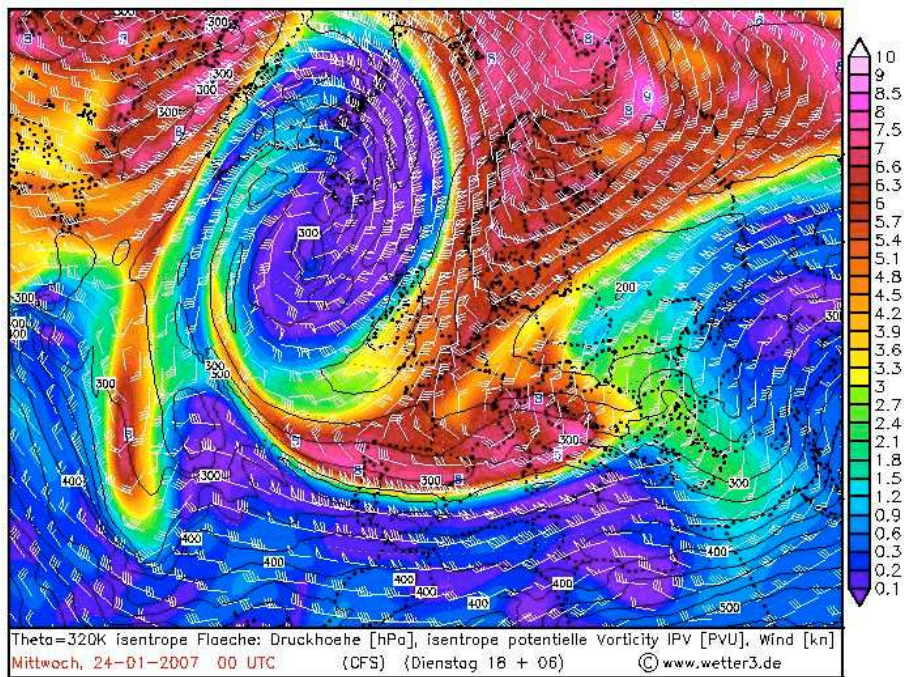


Obr. 35d: Pole potenciální vorticity a větru v izentropické hladině 330 K z 23. 1. 2007 00 UTC. (Zdroj: [32])

Tlaková níže, která měla původně střed nad jižní Francií (obr. 35a), postupovala severovýchodním směrem. 24. 1. 2007 00 UTC se její střed nacházel nad severní Itálií (obr. 36a). Česká republika byla pod vlivem této tlakové níže. Pole potenciální vorticity a větru v izentropické hladině 330 K z 24. 1. 2007 00 UTC je na obr. 36b. Z obr. 36b je vidět, že severně až severovýchodně od České republiky se nachází pás výrazných kladných anomálií PV, který je však již užší než byl 23. 1. 2007 00 UTC (obr. 35d). Další výrazné kladné anomálie jsou vidět v severní části Středomoří. Ty nejsou na obr. 35d patrné. Souvisí s advekcí studeného vzduchu do severní části Středomoří ve vyšších hladinách.



Obr. 36a: Přízemní tlakové pole (hPa) a geopotenciál hladiny 500 hPa (gpm) z 24. 1. 2007 00 UTC. (Zdroj: [35])

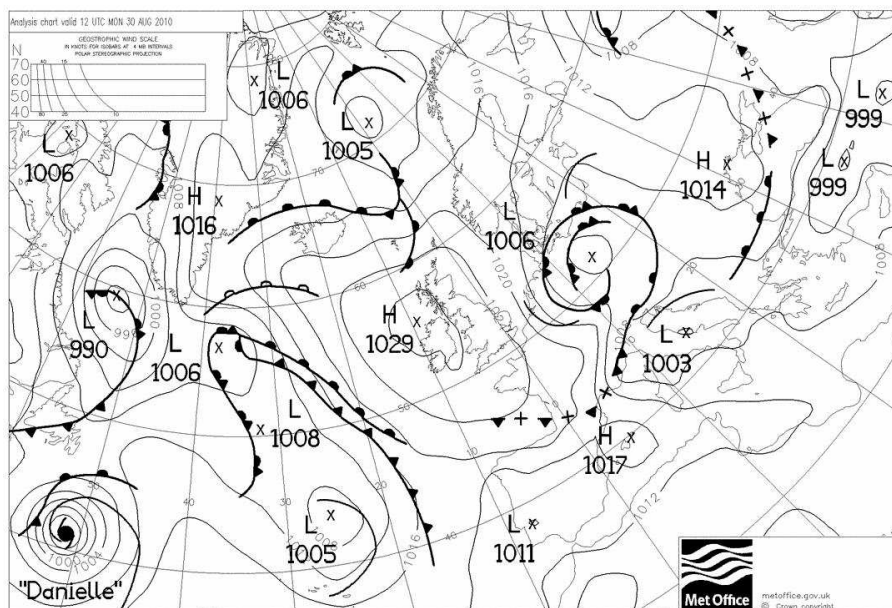


Obr. 36b: Pole potenciální vorticity a větru v izentropické hladině 330 K z 24. 1. 2007 00 UTC. (Zdroj: [32])

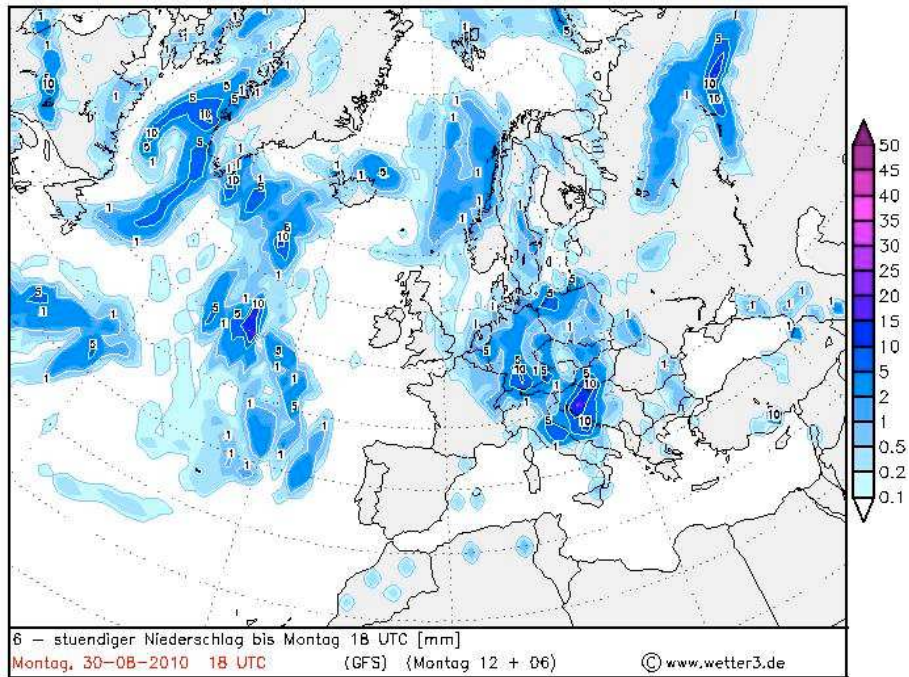
Příkladem vlivu cyklóny nad střední Evropou (C) na počasí v České republice mohou být srážky z 31. 8. 2010 v severovýchodní části Moravskoslez-

ského kraje. Na stanici Bohdanovice byl zaznamenán denní úhrn srážek 53,2 mm. Příčinnou srážek byla teplá okluzní fronta, která souvisela s tlakovou níže se středem nad střední Evropou. Poloha tlakové níže a teplé okluzní fronty 30. 8. 2010 12 UTC je vidět na obr. 37. Předpověď srážek numerickým modelem GFS na období od 30. 8. 2010 12 UTC do 30.8. 2010 18 UTC je pak na obr. 38.

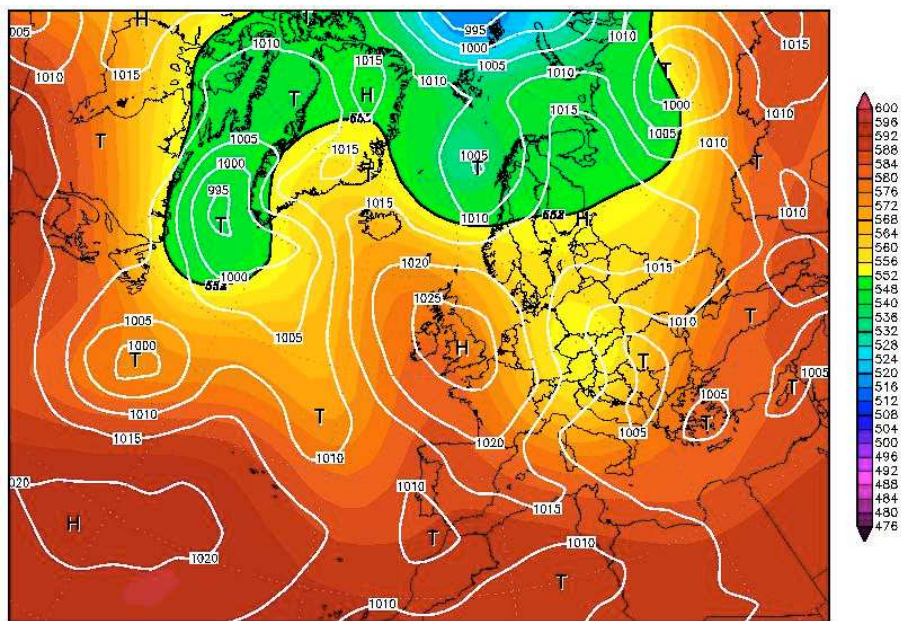
Situace z 31. 8. 2010 00 UTC je vidět na obr. 39a, obr. 39b pak ukazuje družicový snímek ze stejného data. Je vidět, že tlaková níže, která měla střed původně nad střední Evropou (obr. 37), se přesunula nad severní část Balkánského poloostrova, nad Britskými ostrovy se udržovala tlaková výše. Do České republiky proudil studený vzduch od severu až severovýchodu (obr. 39c). Z pole potenciální vorticity a větru v izentropické hladině 330 K (obr. 39d) je patrné, že oblast maximálních kladných anomálií se nachází nad střední Evropou, což souvisí se studenou advekcí od severu ve vyšších hladinách.



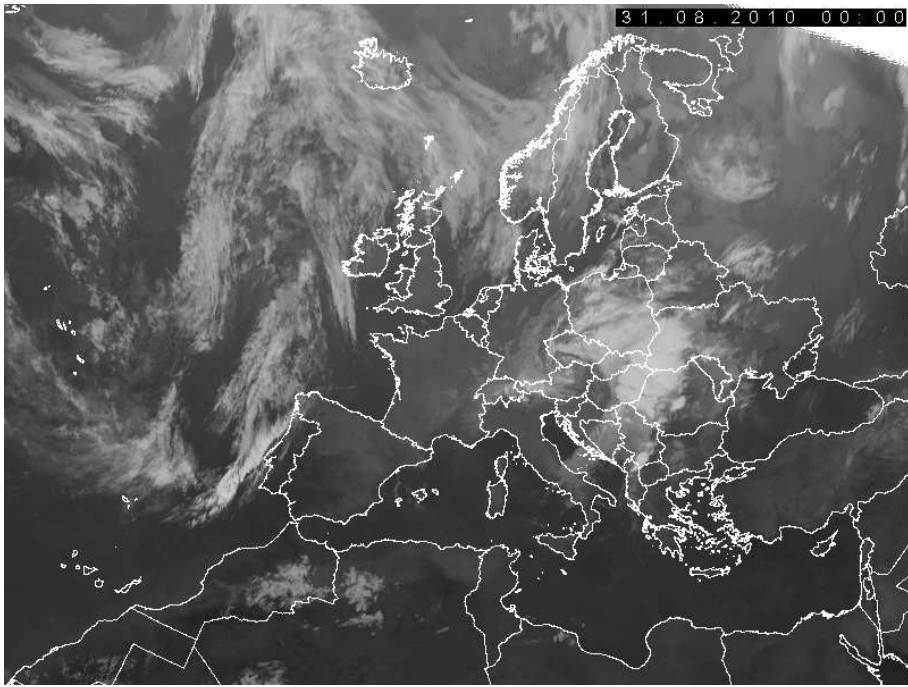
Obr. 37: Přízemní tlakové pole (hPa) z 30. 8. 2010 12 UTC. (Zdroj: [33])



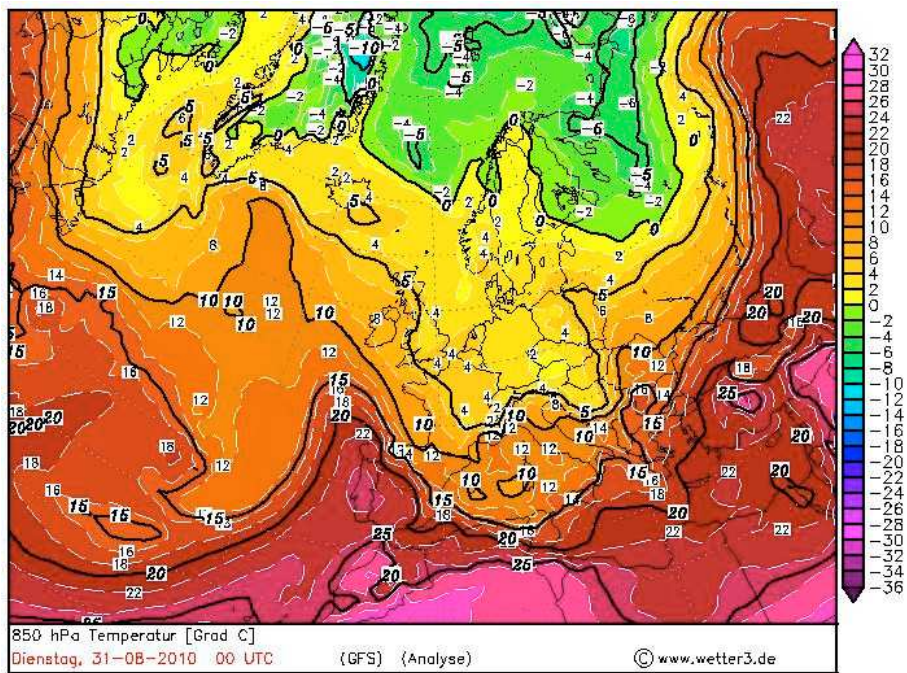
Obr. 38: Předpověď srážek numerickým modelem GFS na období od 30. 8. 2010 12 UTC do 30. 8. 2010 18 UTC. (Zdroj: [32])



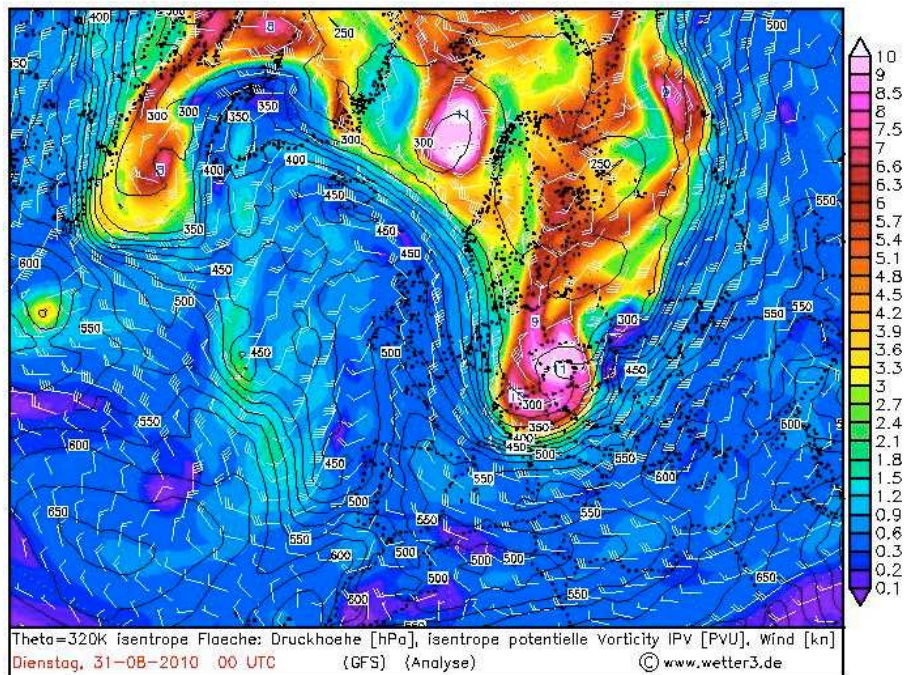
Obr. 39a: Přízemní tlakové pole (hPa) a geopotenciál hladiny 500 hPa (gpdm) z 31. 8. 2010 00 UTC. (Zdroj: [35])



Obr. 39b: Infračervený snímek družice Meteosat 8 z 31. 8. 2010 00 UTC.

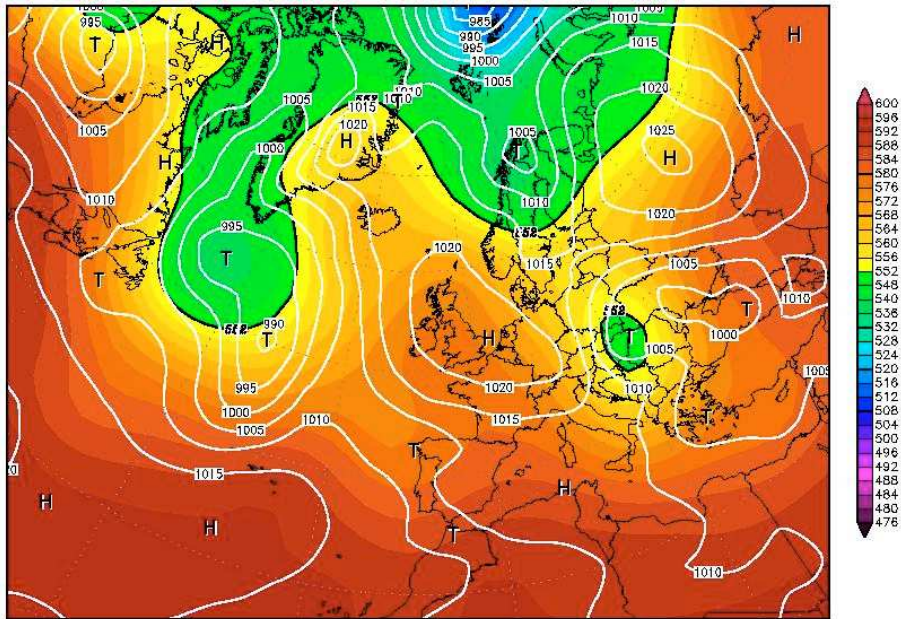


Obr. 39c: Teplota hladiny 850 hPa (°C) z 31. 8. 2010 00 UTC. (Zdroj: [32])

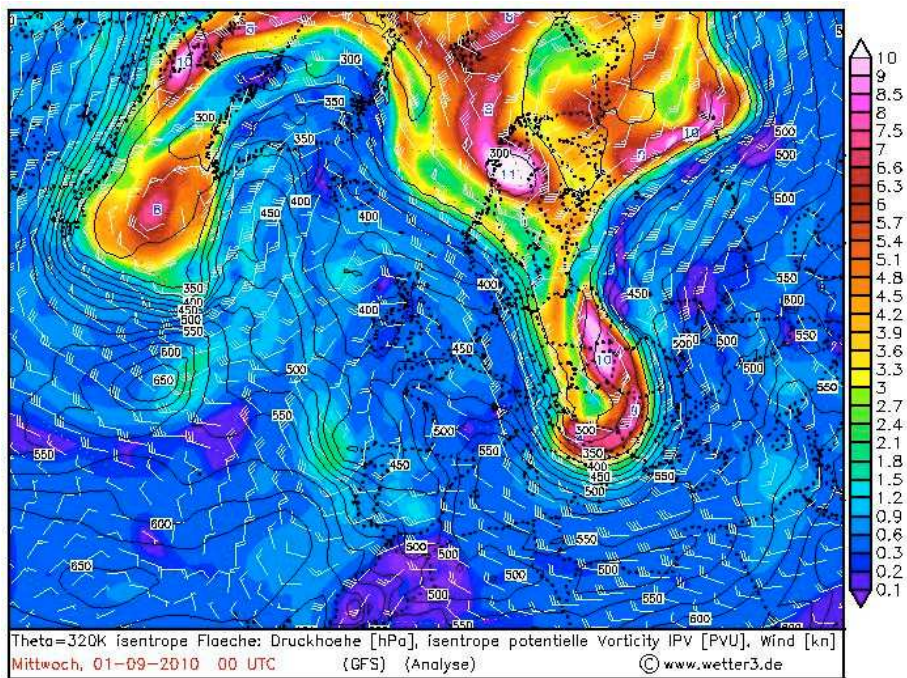


Obr. 39d: Pole potenciální vorticity a větru v izentropické hladině 330 K z 31. 8. 2010 00 UTC. (Zdroj: [32])

Situaci z 1. 9. 2010 00 UTC ukazuje obr. 40a. Na něm vidíme, že západně od našeho území se nachází tlaková výše se středem v oblasti Britských ostrovů a východně od našeho území tlaková níže se středem nad východní Evropou. Většina České republiky je pod vlivem tlakové výše kromě nejvýchodnějších částí. Ty zůstávají pod vlivem tlakové níže. Z pole potenciální vorticity a větru v izentropické hladině 330 K (obr. 40b) je vidět, že oblast maximálních kladných anomálií se ve srovnání s obr. 39d přesunula dále k východu.



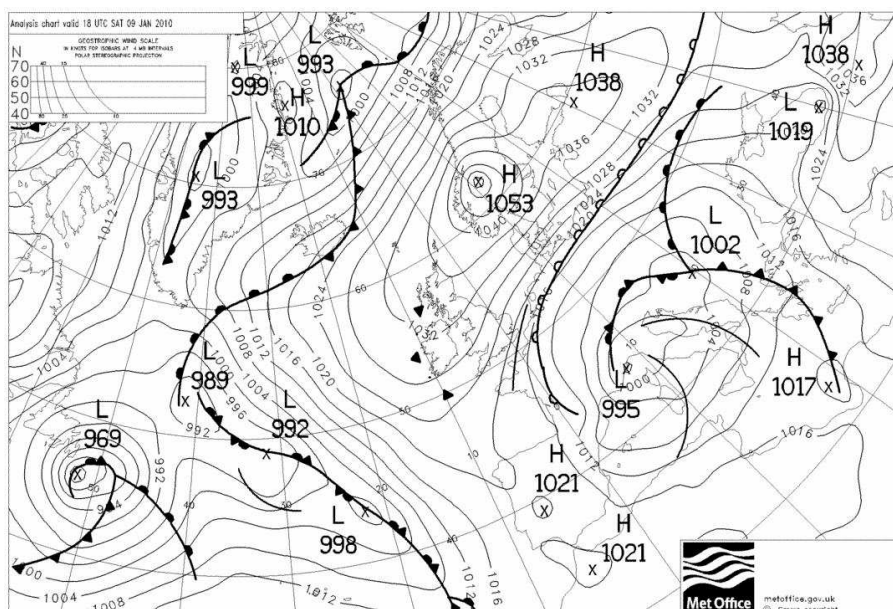
Obr. 40a: Přízemní tlakové pole (hPa) a geopotenciál hladiny 500 hPa (gpm) z 1. 9. 2010 00 UTC. (Zdroj: [35])



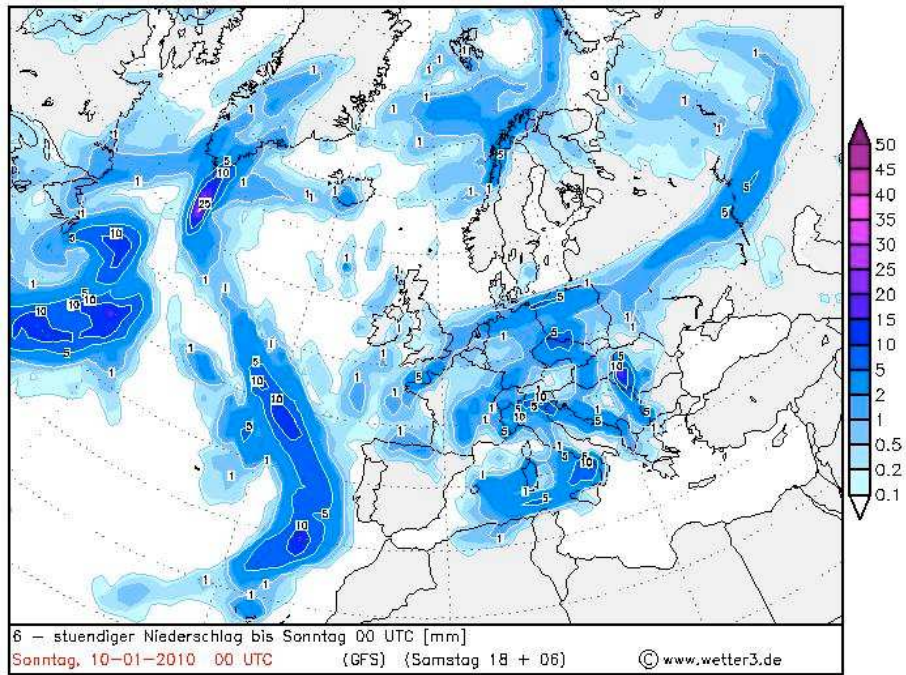
Obr. 40b: Pole potenciální vorticity a větru v izentropické hladině 330 K z 1. 9. 2010 00 UTC. (Zdroj: [32])

Příkladem vlivu východní cyklonální situace (Ec) na počasí v České republice může být sněžení z 10. 1. 2010. Stanice Tábor v severní části Jihočeského kraje zaznamenala denní úhrn sněhu 17,0 cm. Sněžení bylo způsobeno teplou okluzní frontou, jejíž poloha z 9. 1. 2010 18 UTC je patrná z obr. 41, předpověď srážek numerickým modelem GFS na období od 9. 1. 2010 18 UTC do 10. 1. 2010 00 UTC je na obr. 42.

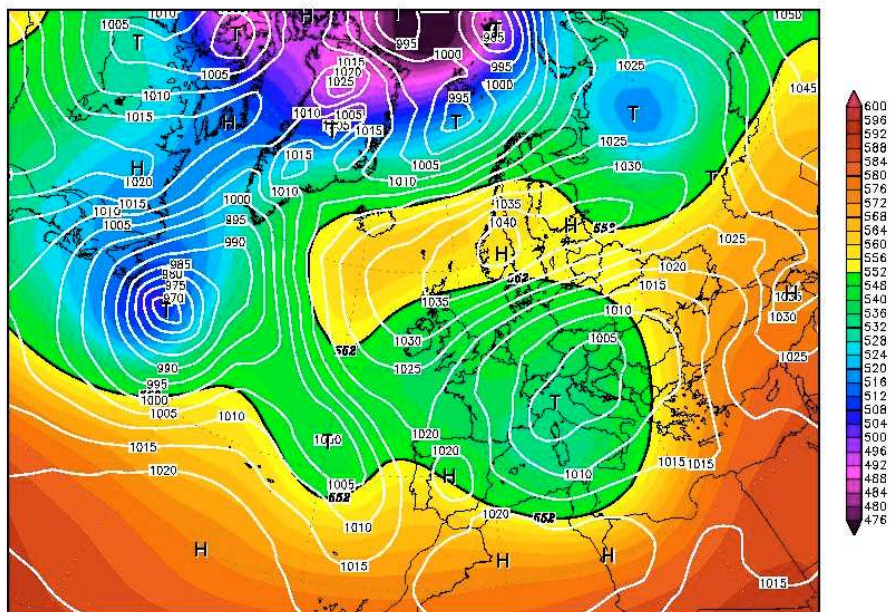
Situace z 10. 1. 2010 00 UTC je znázorněna na obr. 43a. Z obr. 43a je vidět, že počasí v České republice ovlivňuje tlaková níže se středem přibližně nad severní Itálií. Mezi ní a tlakovou výší se středem nad Skandinávským poloostrovem k nám proudil studený vzduch od východu (obr. 43c). Družicový snímek z 10. 1. 2010 00 UTC znázorňuje obr. 43b.



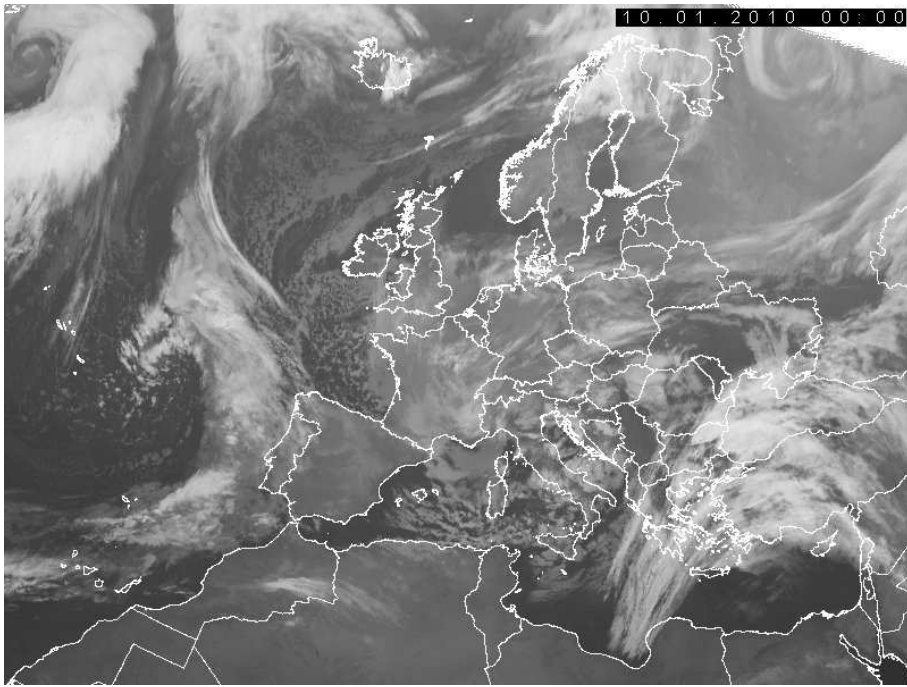
Obr. 41: Přízemní tlakové pole (hPa) z 9. 1. 2010 18 UTC. (Zdroj: [33])



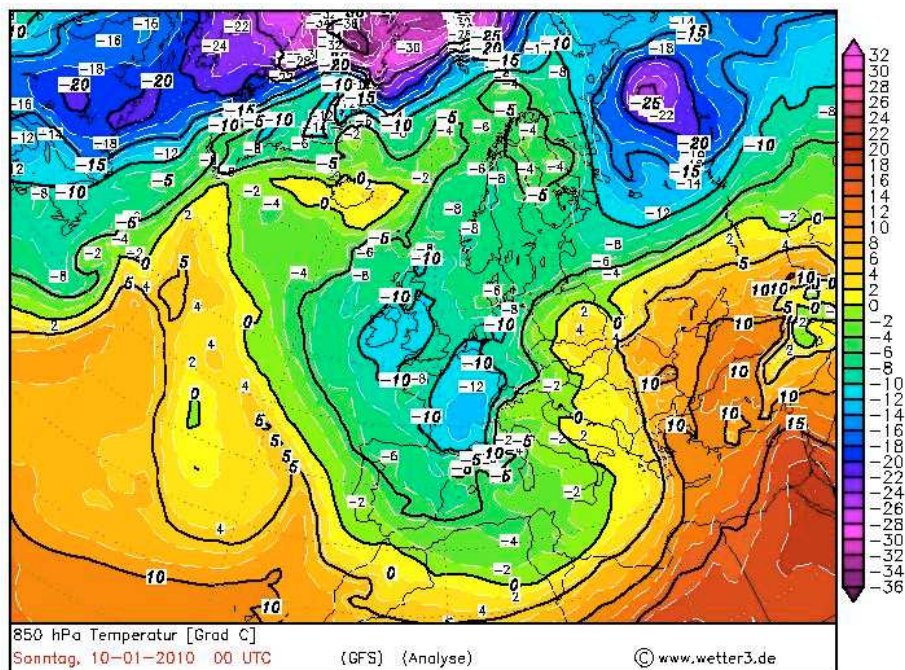
Obr. 42: Předpověď srážek numerickým modelem GFS na období od 9. 1. 2010 18 UTC do 10. 1. 2010 00 UTC. (Zdroj: [32])



Obr. 43a: Přízemní tlakové pole (hPa) a geopotenciál hladiny 500 hPa (gpm) z 10. 1. 2010 00 UTC. (Zdroj: [35])



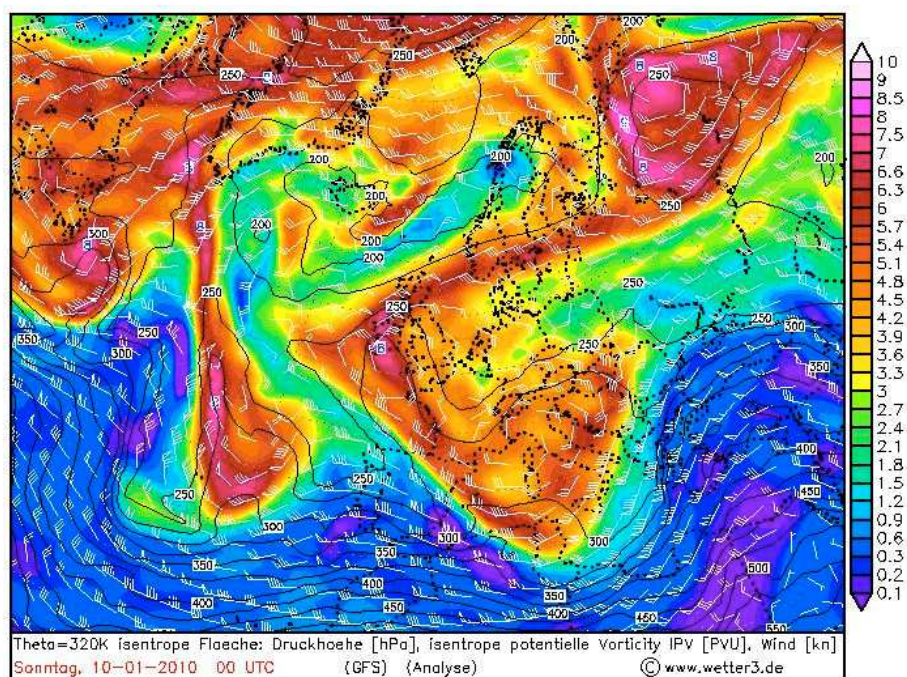
Obr. 43b: Infračervený snímek družice Meteosat 8 z 10. 1. 2010 00 UTC.



Obr. 43c: Teplota hladiny 850 hPa (°C) z 10. 1. 2010 00 UTC. (Zdroj: [32])

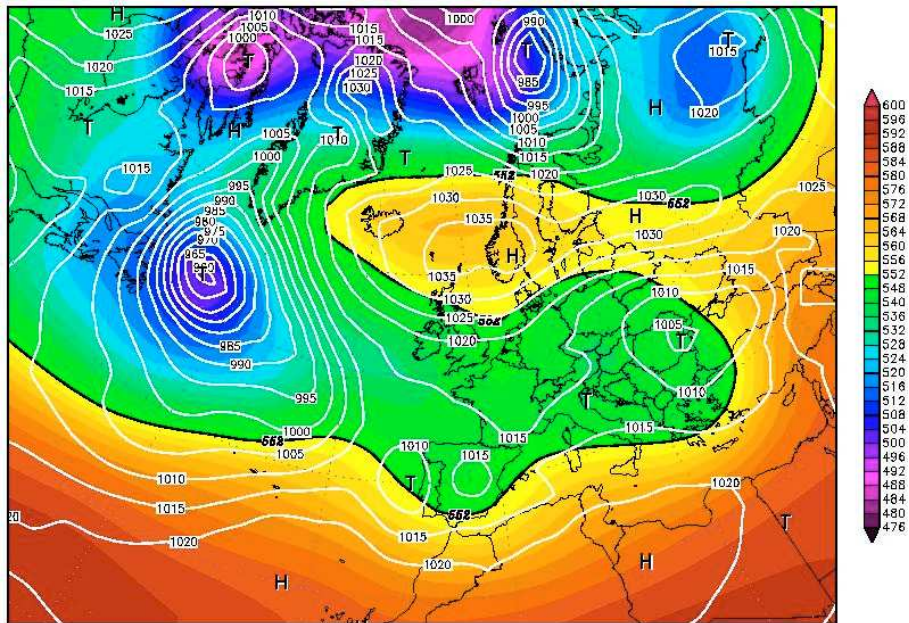
Pole potenciální vorticity a větru v izentropické hladině 330 K z 10. 1. 2010 00 UTC je na obr. 43d. Z obr. 43d je vidět pás kladných anomálií PV zasahující od východu až nad Britské ostrovy, dále kladné anomálie nad Českou republikou, severní Itálií a

centrálním Středomořím. Tyto kladné anomálie souvisí se studenou advekcí od východu, a to zejména ve vyšších hladinách.

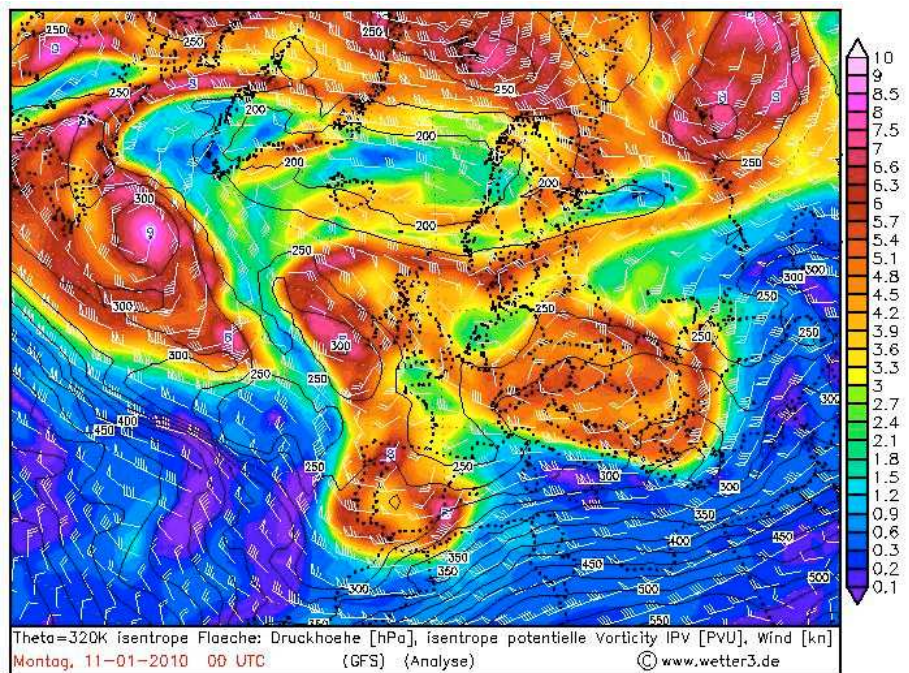


Obr. 43d: Pole potenciální vorticity a větru v izentropické hladině 330 K z 10. 1. 2010 00 UTC. (Zdroj: [32])

Tlaková níže, která měla střed původně nad severní Itálií (obr. 43a), se odsunula dále na východ. V severní části Evropy se nacházela tlaková výše se středem nad Skandinávským poloostrovem. Většina České republiky byla pod vlivem tlakové níže (obr. 44a). Pole potenciální vorticity a větru v izentropické hladině 330 K z 11. 1. 2010 00 UTC pak ukazuje obr. 44b. Nad Českou republikou a jižně až jihovýchodně od ní je vidět kladná anomálie PV, která souvisí se studeným vzduchem nacházejícím se v této oblasti ve vyšších hladinách. Advekce studeného vzduchu od východu je pak již slabší než tomu bylo 10. 1. 2010 00 UTC (obr. 43d).



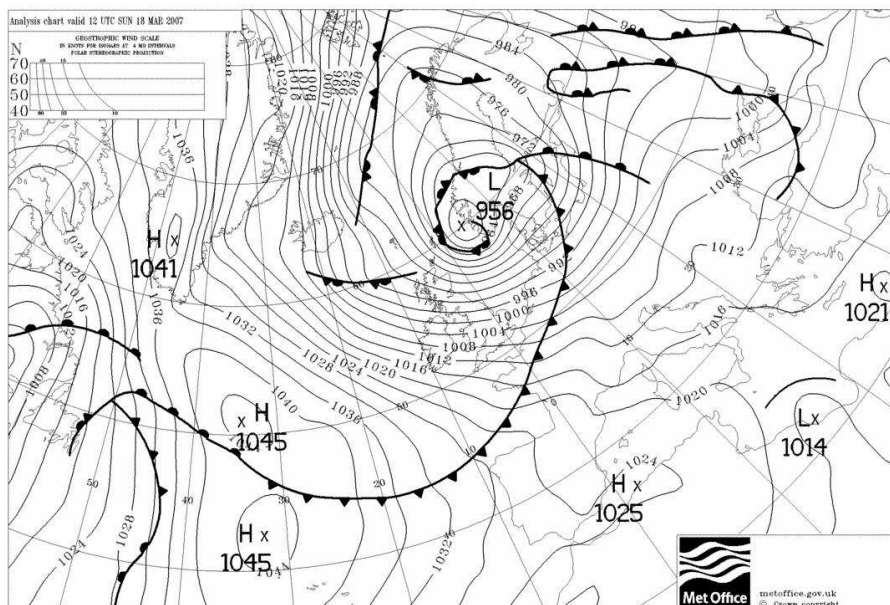
Obr. 44a: Přízemní tlakové pole (hPa) a geopotenciál hladiny 500 hPa (gpm) z 11. 1. 2010 00 UTC. (Zdroj: [35])



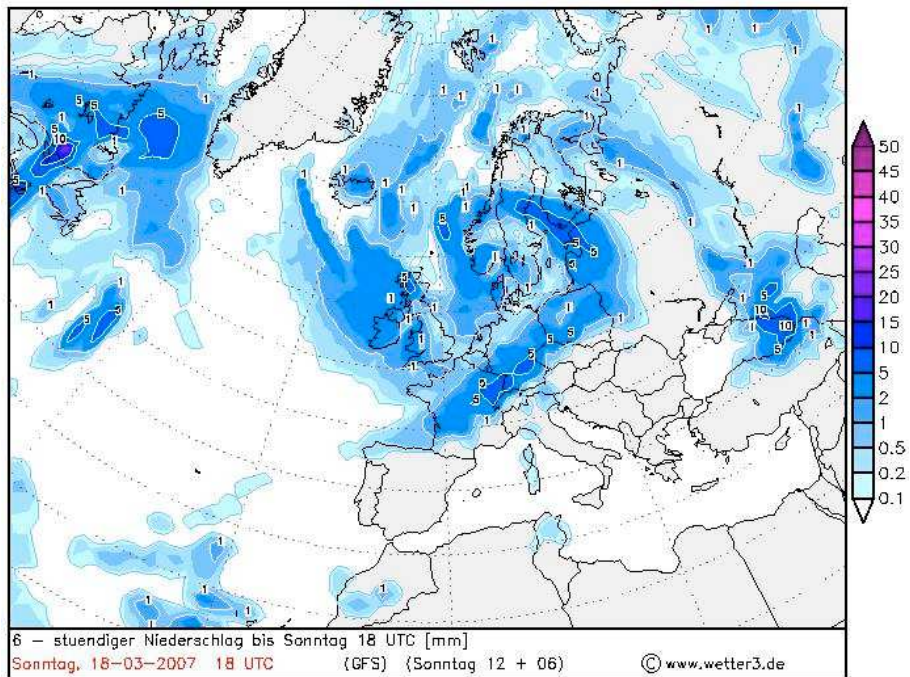
Obr. 44b: Pole potenciální vorticity a větru v izentropické hladině 330 K z 11. 1. 2010 00 UTC. (Zdroj: [32])

Příklad vlivu brázdy nízkého tlaku nad střední Evropou (B) na počasí v České republice lze ukázat na situaci z 19. 3. 2007. Stanice Skřípov v severovýchodní části Moravskoslezského kraje zaznamenala denní úhrn sněhu 21,0 cm. Příčinnou sněžení byla studená fronta spojená s brázdou nízkého tlaku vzduchu, která postupovala ze severozápadu přes naše území dále k jihovýchodu. Její polohu na přízemní povětrnostní mapě z 18. 3. 2007 12 UTC ukazuje obr. 45. Předpověď srážek numerickým modelem GFS na období od 18. 3. 12 UTC do 18.3. 18 UTC je na obr. 46.

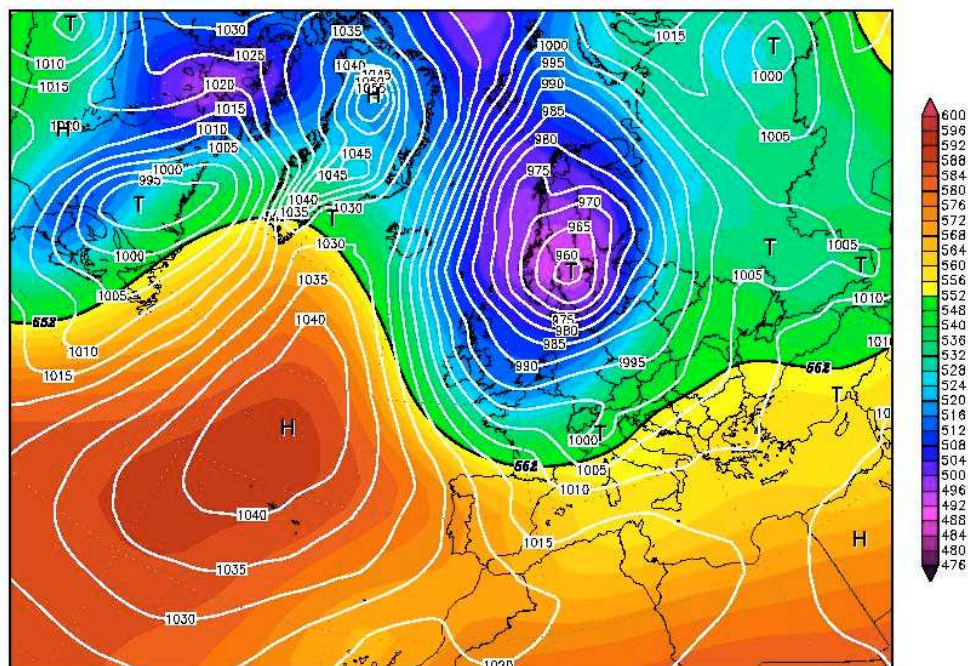
Situace z 19. 3. 2007 00 UTC je vidět na obr. 47a. Na něm vidíme tlakovou výši se středem nad Atlantickým oceánem a hlubokou tlakovou níží se středem nad Skandinávským poloostrovem, z které zasahuje zatím mělká brázda do střední Evropy a ovlivňuje i počasí u nás. Po zadní straně tlakové níže proudí do České republiky studený vzduch od severozápadu až severu, což je dobře vidět z obr. 47c. Družicový snímek z 19. 3. 2007 00 UTC, kde je dobře patrná studená fronta, ukazuje obr. 47b.



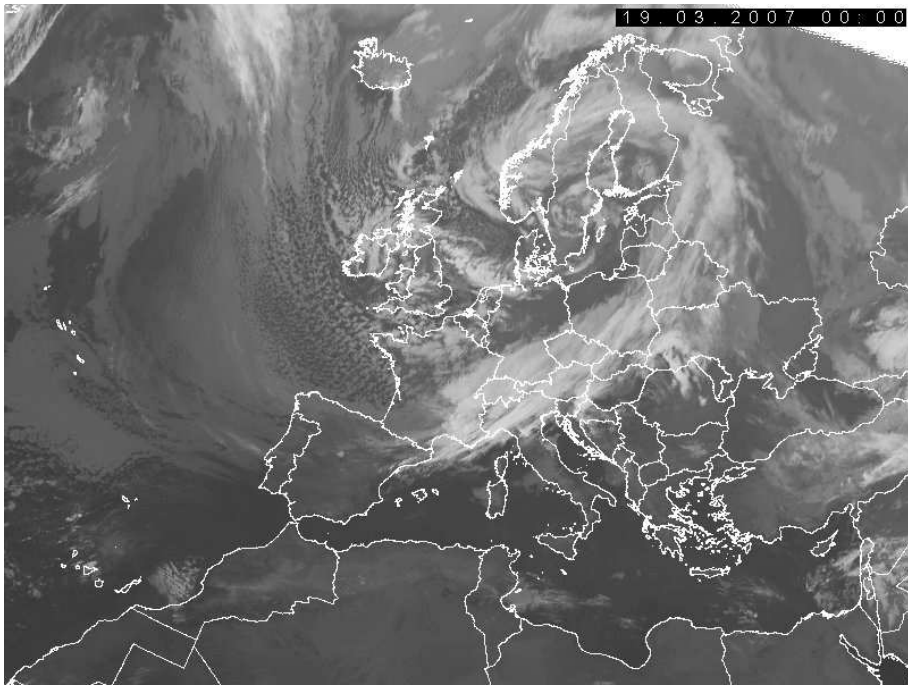
Obr. 45: Přízemní tlakové (hPa) pole z 18. 3. 2007 12 UTC. (Zdroj: [33])



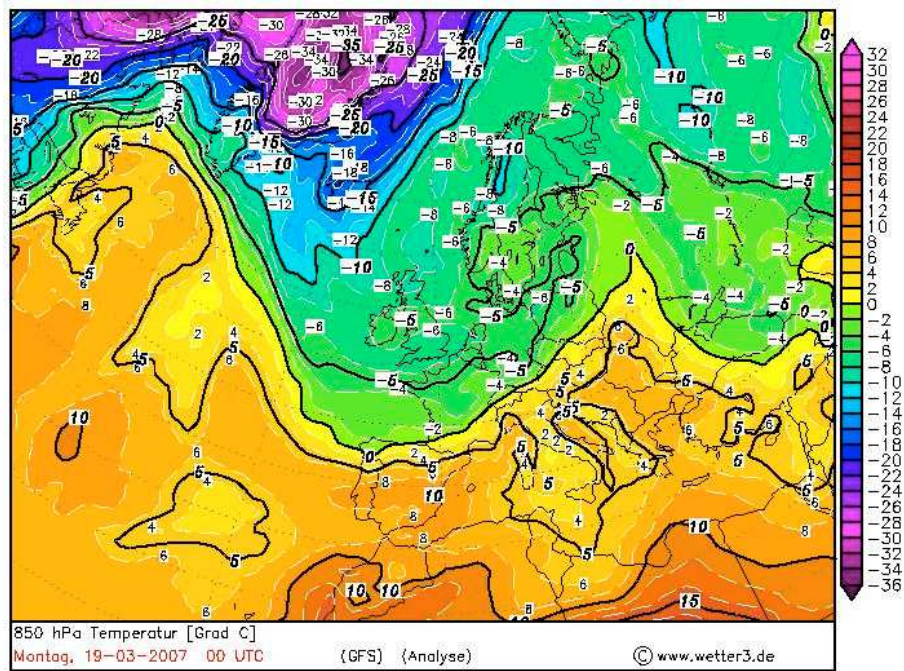
Obr. 46: Předpověď srážek numerickým modelem GFS na období 18. 3. 2007 12 UTC do 18. 3. 2007 18 UTC. (Zdroj: [32])



Obr. 47a: Přízemní tlakové pole (hPa) a geopotenciál hladiny 500 hPa (gpm) z 19. 3. 2007 00 UTC.



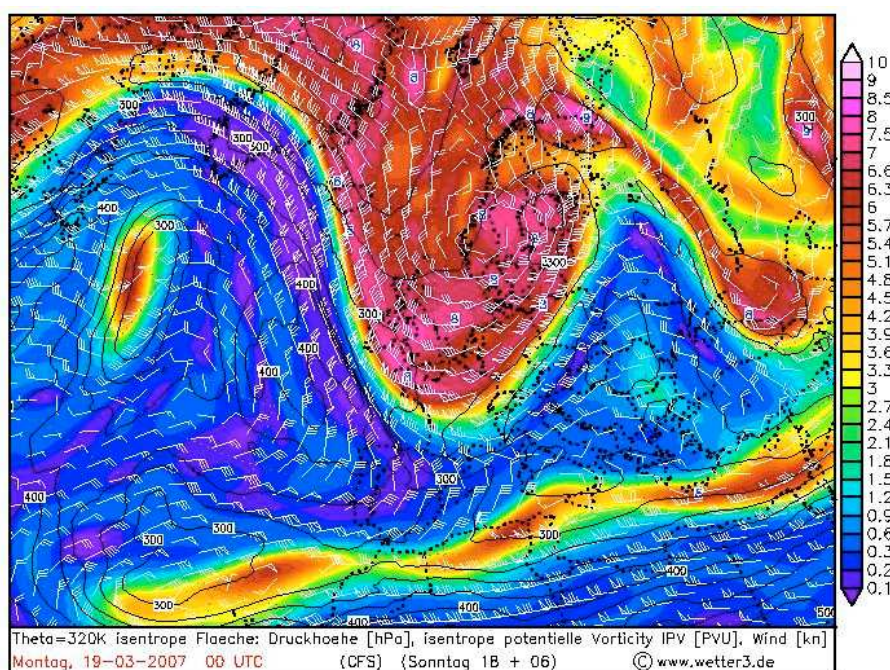
Obr. 47b: Infračervený snímek družice Meteosat 8 z 19. 3. 2007 00 UTC.



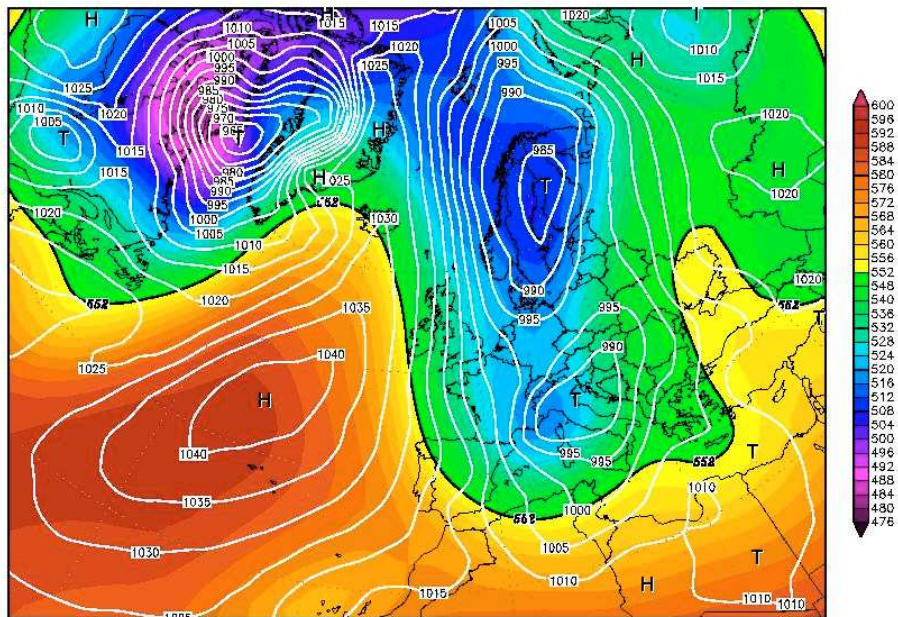
Obr. 47c: Teplota hladiny 850 hPa (°C) z 19. 3. 2007 00 UTC. (Zdroj: [32])

Z pole potenciální vorticity a větru v izentropické hladině 330 K (obr. 47d) je vidět, že severozápadně až severně od České republiky se nacházejí výrazné kladné anomálie PV, které souvisí se studenou advekcí od severozápadu až severu, a to zejména ve vyšších hladinách.

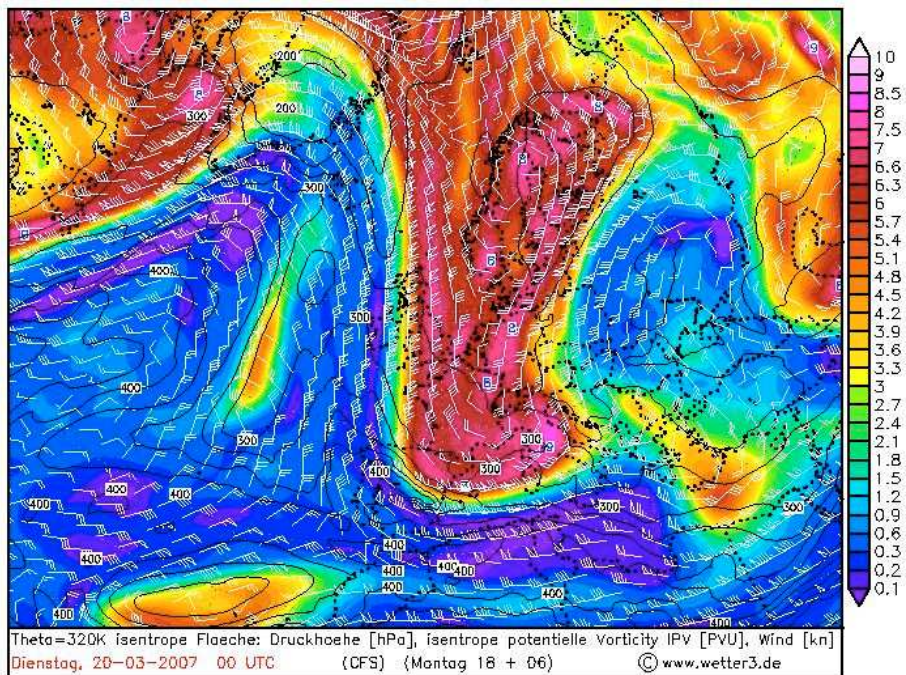
Na studené frontě, která přešla přes naše území dále k jihu, se vyvinula v oblasti severní Itálie indukovaná cyklóna. Její vznik byl podmíněn vpádem studeného vzduchu od severozápadu ve střední a vyšší troposféře do západního Středomoří. Tam se setkával s teplejším vzduchem (obr. 48a). Z pole potenciální vorticity a větru v izentropické hladině 330 K z 20. 3. 2007 00 UTC, které je znázorněno na obr. 48b, je vidět výrazná kladná anomálie PV táhnoucí se od Skandinávského poloostrova až do severní Itálie. Ta souvisí již ze zmiňovanou studenou advekcí od severozápadu do severní Itálie.



Obr. 47d: Pole potenciální vorticity a větru v izentropické hladině 330 K z 19. 3. 2007 00 UTC. (Zdroj: [32])

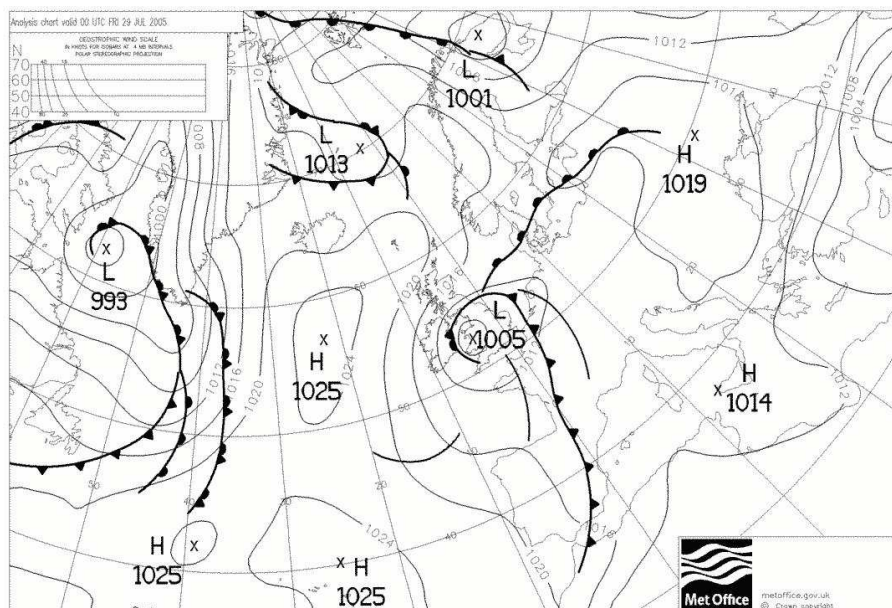


Obr. 48a: Přízemní tlakové pole (hPa) a geopotenciál hladiny 500 hPa (gpm) z 20. 3. 2007 00 UTC.

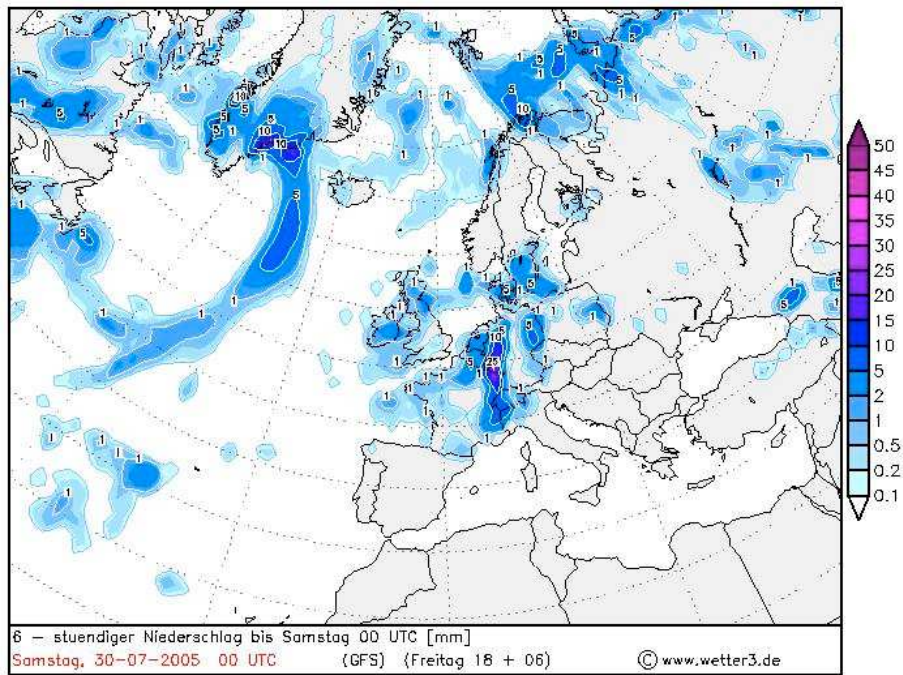


Obr. 48b: Pole potenciální vorticity a větru v izentropické hladině 330 K z 20. 3. 2007 00 UTC. (Zdroj: [32])

Vliv jihozápadní cyklonální situace (SWc3) na počasí v České republice lze popsat na situaci z 30. 7. 2005. Stanice Chýnov v severní části Jihočeského kraje naměřila denní srážkový úhrn 65,0 mm. Srážky byly způsobeny studenou frontou, jejíž polohu na přízemní povětrnostní mapě z 29. 7. 2005 00 UTC ukazuje obr. 49. Předpověď srážek numerickým modelem GFS na období od 29. 7. 2005 18 UTC do 30. 7. 2005 00 UTC je na obr. 50.

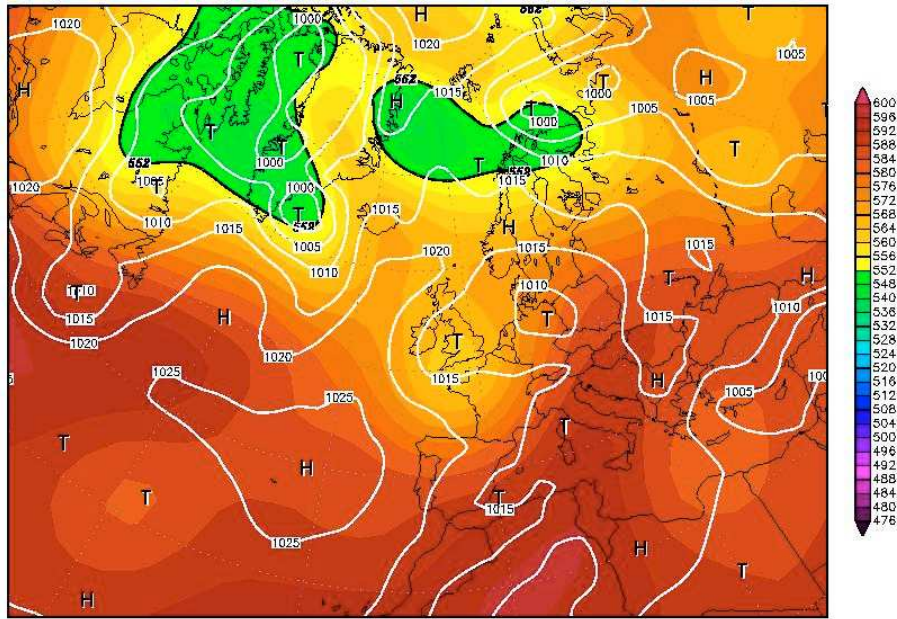


Obr. 49: Přízemní tlakové (hPa) pole z 29. 7. 2005 00 UTC. (Zdroj: [34])

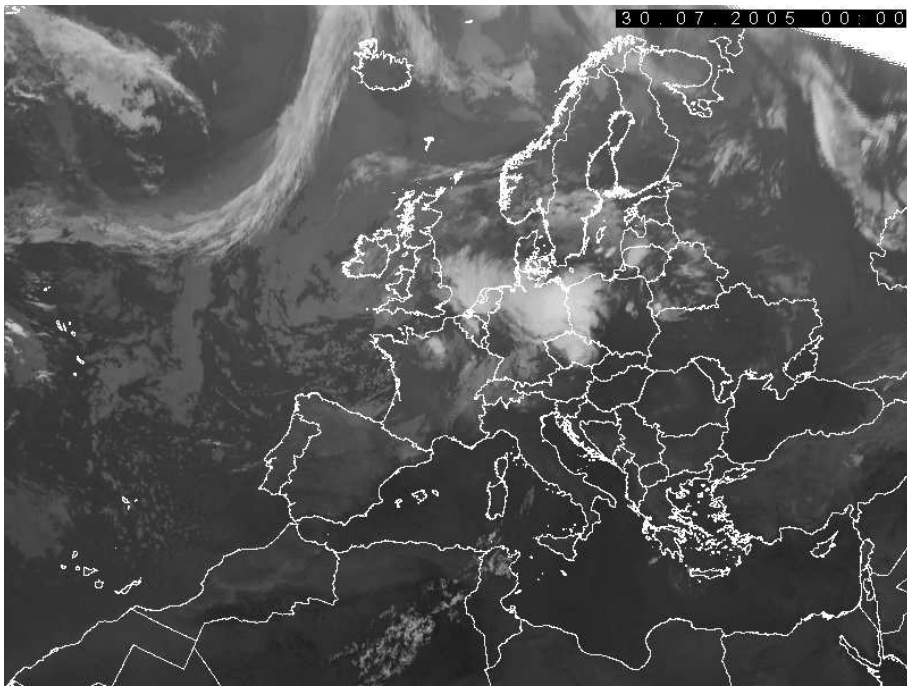


Obr. 50: Předpověď srážek numerickým modelem GFS na období od 29. 7. 2007 18 UTC do 30. 7. 2007 00 UTC. (Zdroj: [32])

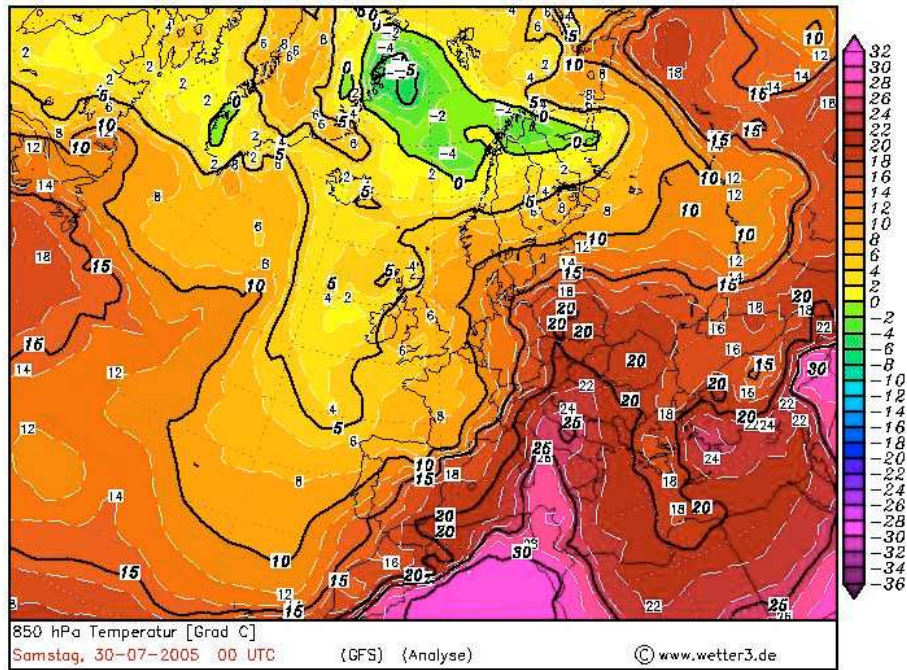
Situaci z 30. 7. 2005 00 UTC a družicový snímek z téhož data uvádí obr. 51a a 51b. Z obr. 51 je vidět, že naše území je pod vlivem tlakové níže, která má střed nad severní částí Německa a Polska. V hladině 500 hPa již není její střed patrný. Neboť v hladině 500 hPa ovlivňuje území České republiky výběžek vysokého tlaku vzduchu, který sem zasahuje ze severní Afriky. Do České republiky proudil teplý vzduch od jihu (obr. 51c). Z pole potenciální vorticity a větru v izentropické hladině 330 K (obr. 51d) jsou vidět nevýrazné kladné anomálie PV nad západní a střední Evropou. Výraznější kladná anomálie je vidět nad severní Francií a Německem.



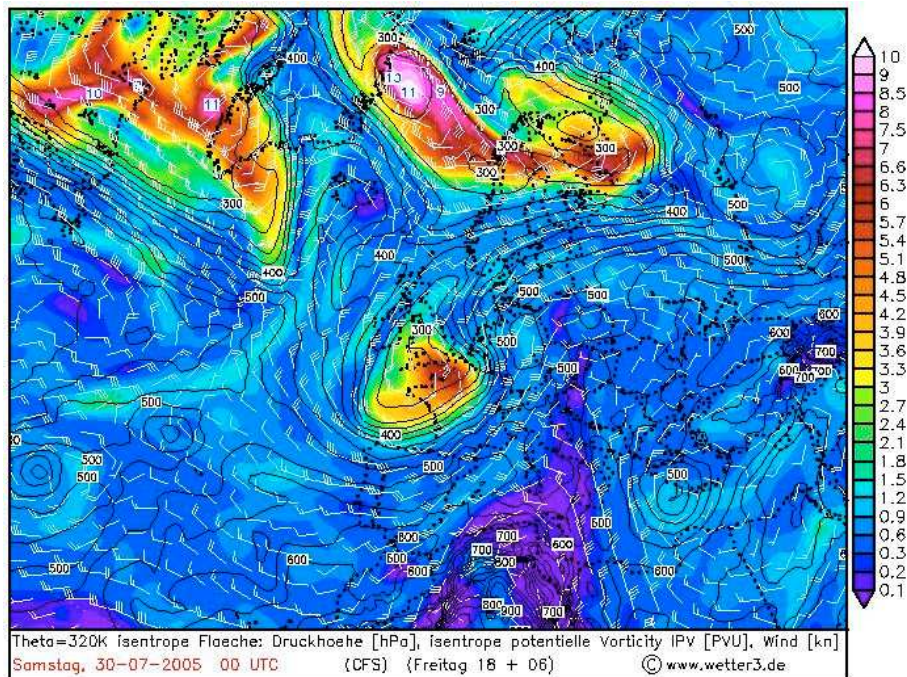
Obr. 51a: Přízemní tlakové pole (hPa) a geopotenciál hladiny 500 hPa (gpm) z 30. 7. 2005 00 UTC. (Zdroj: [35])



Obr. 51b: Infračervený snímek družice Meteosat 8 z 30. 7. 2005 00 UTC.



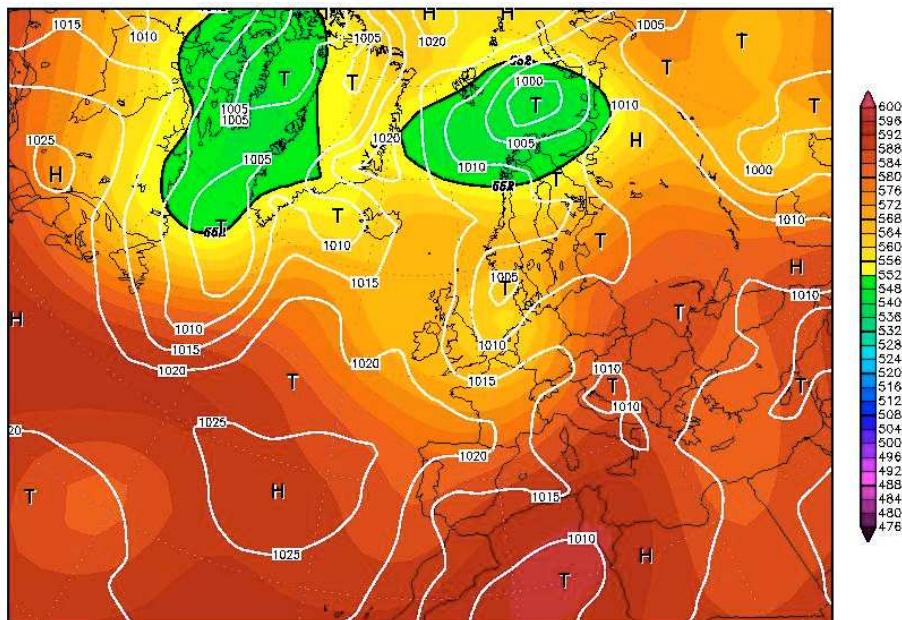
Obr. 51c: Teplota hladiny 850 hPa (°C) z 30. 7. 2005 00 UTC. (Zdroj: [32])



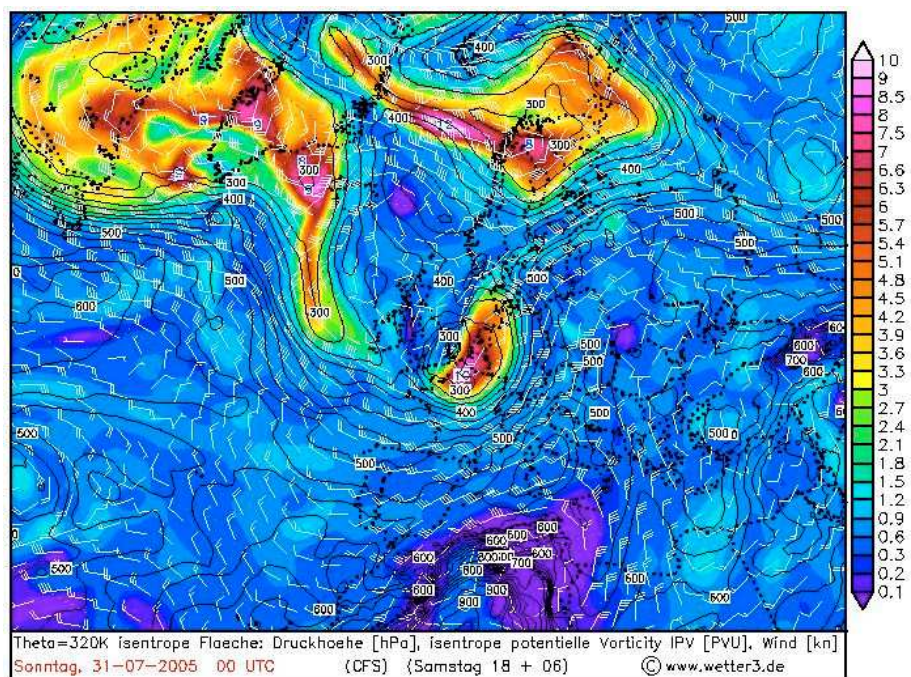
Obr. 51d: Pole potenciální vorticity a větru v izentropické hladině 330 K z 30. 7. 2005 00 UTC. (Zdroj: [32])

Situace z 31. 7. 2005 00 UTC je na obr. 52a. Z něj vidíme, že Česká republika je pod vlivem brázdy nízkého tlaku vzduchu. V hladině 500 hPa Českou republiku

ovlivňuje výběžek vysokého tlaku vzduchu zasahující nad naše území z Afriky. Pole potenciální vorticity a větru v izentropické hladině 330 K (obr. 52b) je téměř shodné nad západní a střední Evropou s polem na obr. 51d.

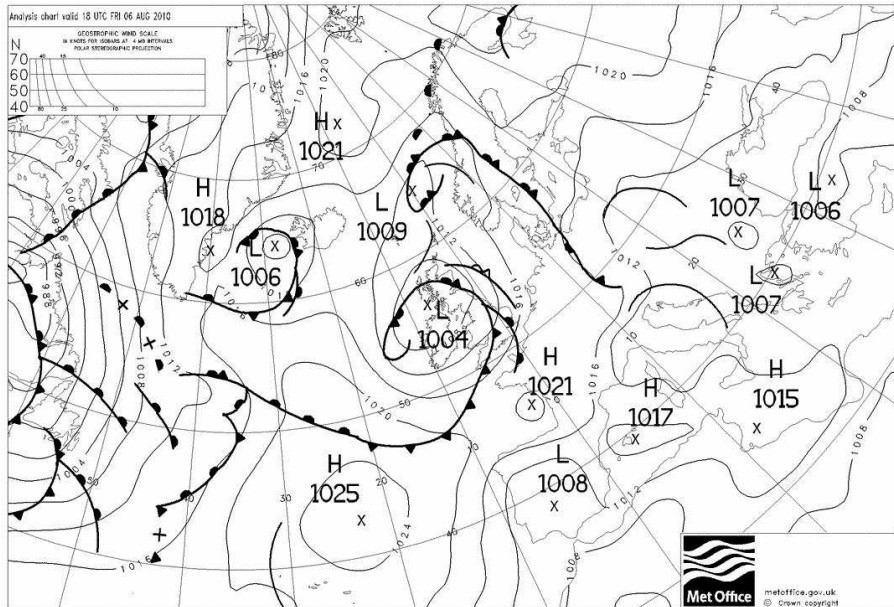


Obr. 52a: Přízemní tlakové pole (hPa) a geopotenciál hladiny 500 hPa (gpm) z 31. 7. 2005 00 UTC. (Zdroj: [35])

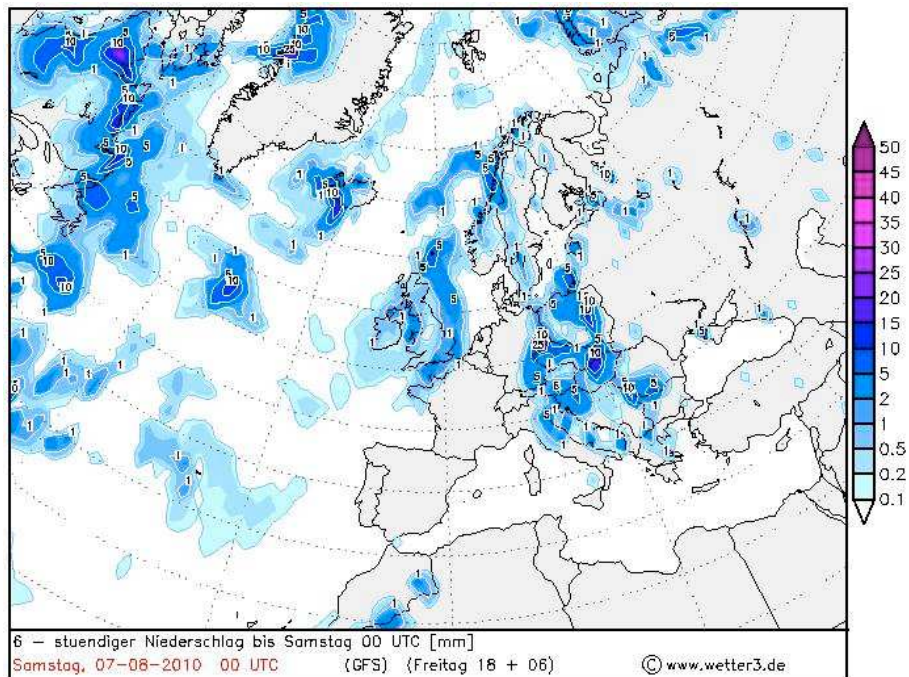


Obr. 52b: Pole potenciální vorticity a větru v izentropické hladině 330 K z 31. 7. 2005 00 UTC. (Zdroj: [32])

Příklad vlivu jihovýchodní cyklonální situace (SEc) na počasí v České republice lze ukázat na situaci z 7. 8. 2010. V severní části Jihočeského kraje zaznamenala stanice Planá nad Lužnicí denní srážkový úhrn 56,9 mm. Srážky byly způsobeny čarou instability. Její polohu z 6. 8. 2010 18 UTC ukazuje obr. 53. Předpověď srážek numerickým modelem GFS na období od 6. 8. 2010 18 UTC do 7. 8. 2010 00 UTC uvádí obr. 54.

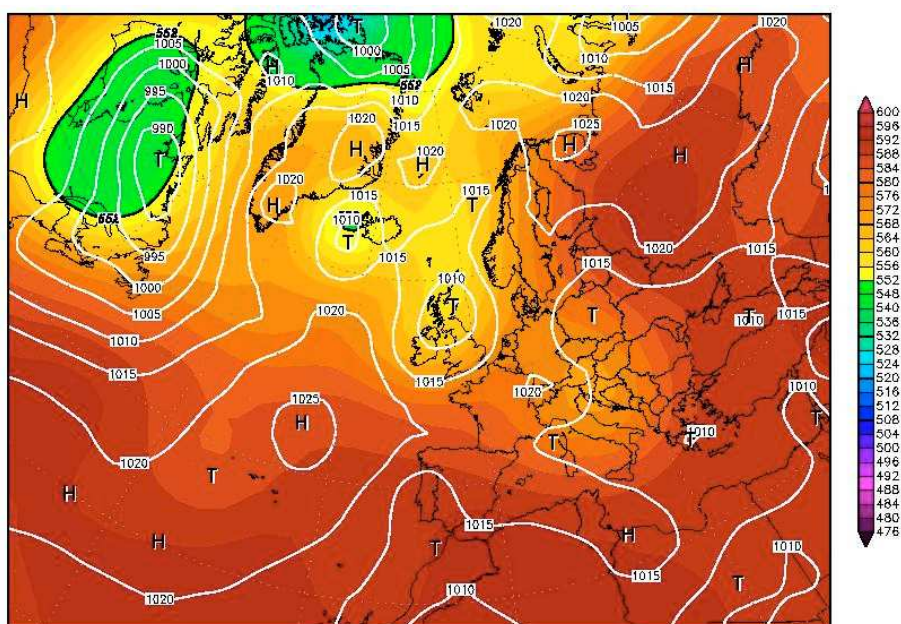


Obr. 53: Přizemní tlakové pole (hPa) 6. 8. 2010 18 UTC. (Zdroj: [33])

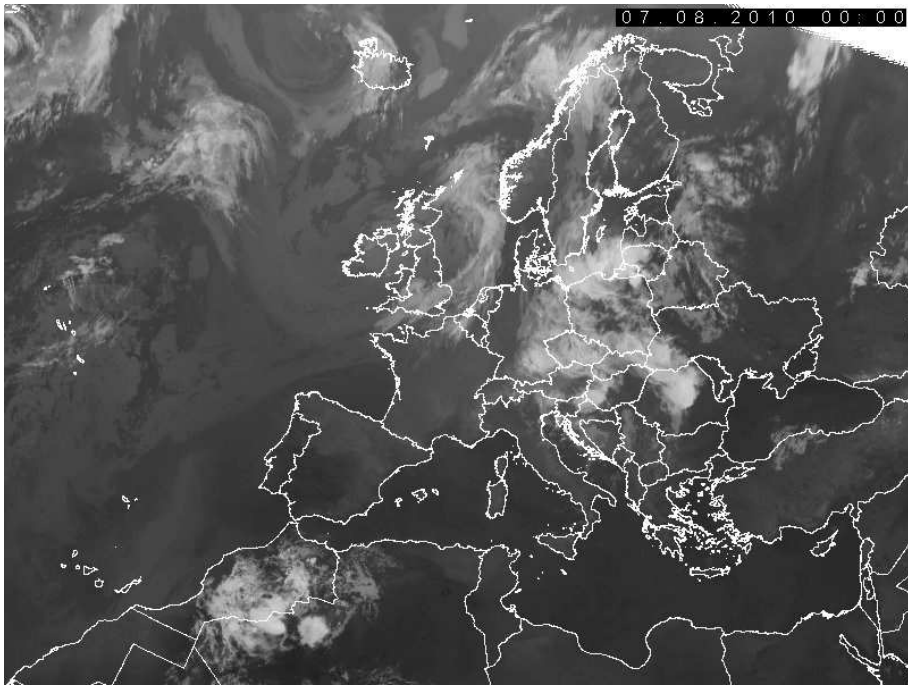


Obr. 54: Předpověď srážek numerickým modelem GFS na období od 6. 8. 2010 18 UTC do 7. 8. 2010 00 UTC. (Zdroj: [32])

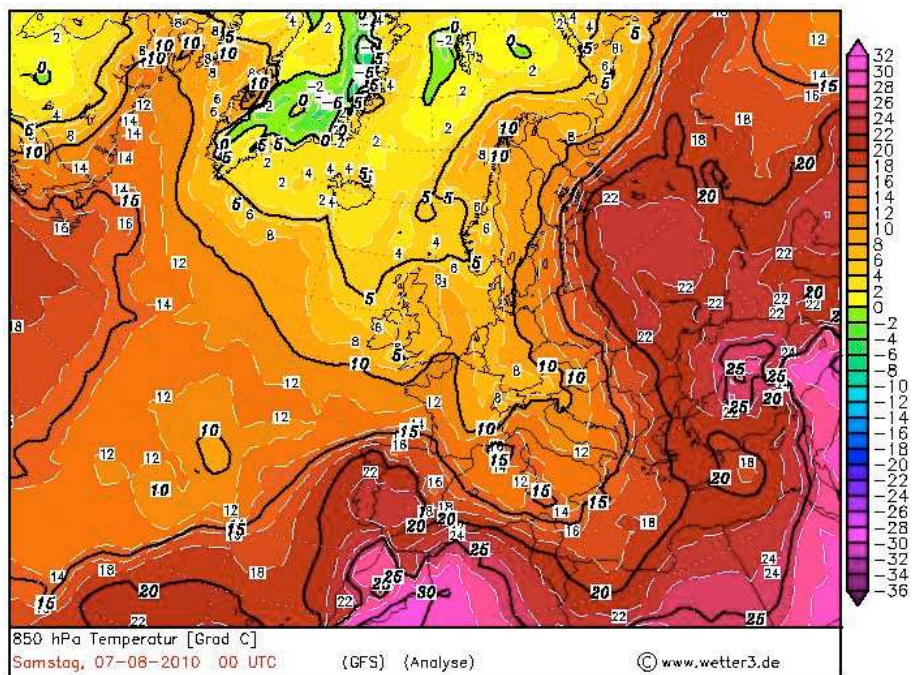
Situaci z 7. 8. 2010 00 UTC znázorňuje obr. 55a, družicový snímek z téhož data obr. 55b. Česká republika byla pod vlivem brázdy nízkého tlaku vzduchu, která zasahovala nad naše území od jihovýchodu. Brázda nízkého tlaku vzduchu zasahovala až nad Pobaltské státy a Bělorusko. Po její přední straně k nám proudil chladnější vzduch od severovýchodu, což je patrné z obr. 55c. Z pole potenciální vorticity a větru v izentropické hladině 330 K z 7. 8. 2010 00 UTC (obr. 55d) vidíme nevýrazné kladné anomálie PV nad evropským kontinentem.



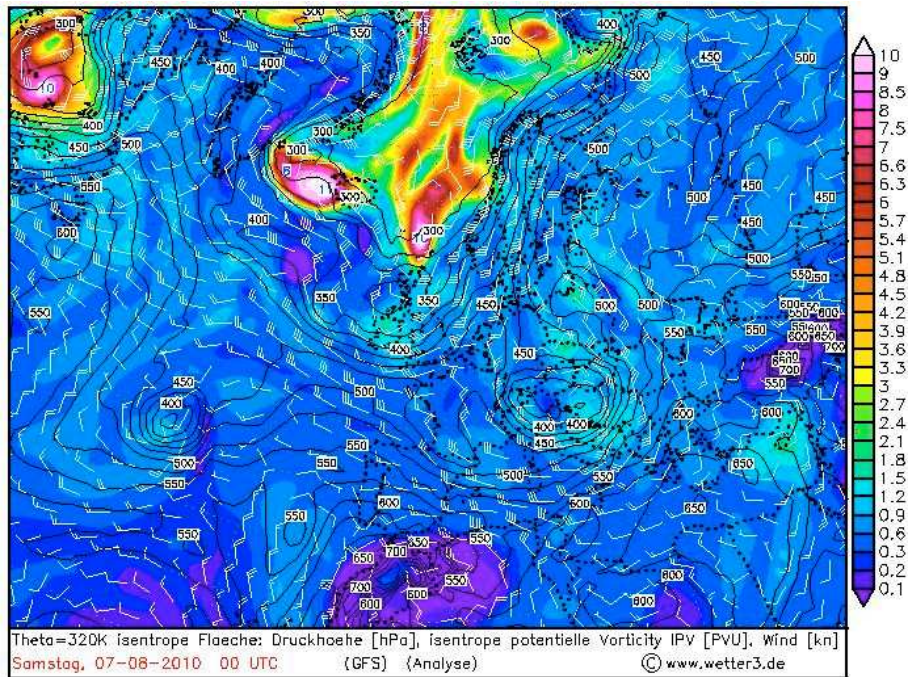
Obr. 55a: Přizemní tlakové pole (hPa) a geopotenciál hladiny 500 hPa (gpm) z 7. 8. 2010 00 UTC. (Zdroj: [35])



Obr. 55b: Infračervený snímek družice Meteosat 8 z 7. 8. 2010 00 UTC.

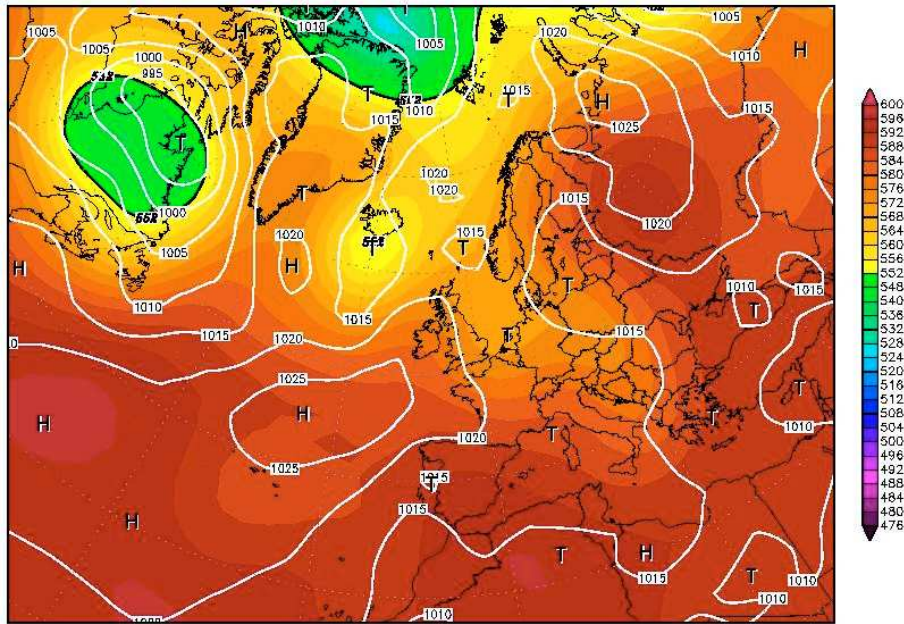


Obr. 55c: Teplota hladiny 850 hPa (°C) z 7. 8. 2010 00 UTC. (Zdroj: [32])

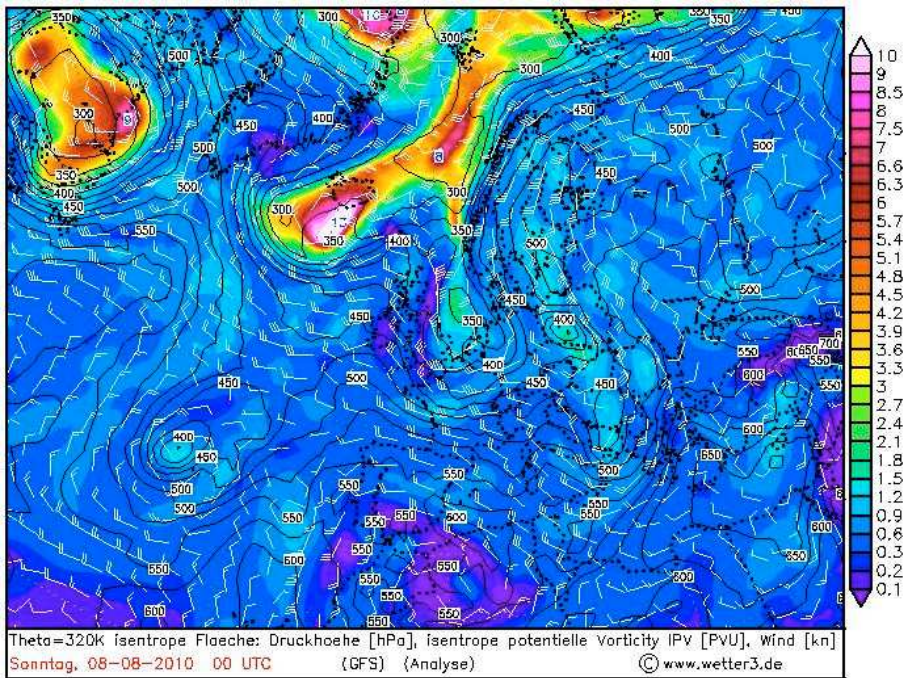


Obr. 55d: Pole potenciální vorticity a větru v izentropické hladině 330 K z 7. 8. 2010 00 UTC. (Zdroj: [32])

Brázda nízkého tlaku vzduchu, která zasahovala nad naše území od jihovýchodu (obr. 55a), zeslábla a od západu se nad Českou republiku rozšířila nová brázda, která ovlivňovala téměř celou západní a střední Evropu a také západní a centrální Středomoří (obr. 56a). Pole potenciální vorticity a větru v izentropické hladině 330 K z 8. 8. 2010 00 UTC pak ukazuje obr. 56b. Na obr. 56b vidíme stejně jako na obr. 55d nevýrazné kladné anomálie PV nad evropským kontinentem.



Obr. 56a: Přízemní tlakové pole (hPa) a geopotenciál hladiny 500 hPa (gpm) z 8. 8. 2010 00 UTC. (Zdroj: [35])



Obr. 56b: Pole potenciální vorticity a větru v izentropické hladině 330 K z 8. 8. 2010 00 UTC. (Zdroj: [32])

Závěr

Klimatologie středomořských cyklón je téma, které je velmi rozsáhlé. Text této práce se snažil z výše uvedeného tématu popsat to nejpodstatnější, tj.: zmínit klimatické poměry mající vliv na cyklonální činnost v tomto prostoru, charakteristické vlastnosti cyklón v této oblasti a vliv tlakových níží spjatých se Středomořím na počasí v České republice. Přitom byla studována jak frekvence výskytu takovýchto situací za období 1961 – 2010, tak i jejich vliv na vysoké srážkové události (dešťové i sněhové) ve dvou vybraných regionech (severní část Jihočeského kraje, severovýchodní část Moravskoslezského kraje).

Středomořské cyklóny lze rozdělit do dvou skupin. První skupinu tvoří cyklóny vzniklé přímo ve středomořské oblasti, druhou skupinou jsou cyklóny, které vznikly mimo oblast Středomoří, ale postoupily sem vlivem cirkulačních podmínek. Cyklóny vzniklé přímo ve Středomoří jsou obecně menší a mají kratší dobu života než severoatlantické cyklóny.

Nejcyklogenetičtějším obdobím ve středomořské oblasti je zima. V zimě se Středomoří řadí k místům s největším výskytem cyklogeneze na světě. Místa s největším výskytem cyklogeneze jsou: Janovský záliv, okolí Kréty a Kypru, Egejské moře a většinou jižně od Pyrenejí (západní část Středomoří), Alp a Apenin (centrum Středomoří).

Za období 1961 – 2010 byl posuzován vliv tlakových níží spjatých se Středomořím na vysoké srážkové události a to jak dešťové, tak sněhové ve dvou regionech České republiky (severní část Jihočeského kraje, severovýchodní část Moravskoslezského kraje). Výsledky uvádí obr. 31 a 32.

Povětrnostní situace, které přinesly vysoké srážkové úhrny (dešťové, sněhové) jsme analyzovali pomocí Chí-kvadrát testu dobré shody. Testovali jsme nulovou hypotézu, že frekvence výskytu významných srážkových situací je rozložena rovnoměrně pro všechny synoptické situace, které přinesly vysoké srážkové úhrny. Výsledky pro srážky jsou uvedeny v tab. 11 a 12, pro sníh v tab. 13 a 14.

Seznam použité literatury

- [1] Alpert, P., Neeman, B. U., Shay-El, Y. (1990): Intermonthly Variability of Cyclone Tracks in the Mediterranean, *Journal of Climate*, Volume 3.
- [2] Anděl, J. (2007): *Statistické metody*, MATFYZPRESS, Praha, ISBN 80-7378-003-8.
- [3] Apostol, L. (2008): The Mediterranean cyclones – the role in ensuring water resources and their potential of climatic risk, in the east of Romania, *Present Environment and Sustainable Development*, NR. 2.
- [4] Emanuel, K. (2005): Genesis and maintenance of „Mediterranean hurricanes“, *Advances in Geosciences*, 2, 217–220.
- [5] Fita, L., Romero, R., Luque, A., Emanuel, K., Ramis, C. (2007): Analysis of the environments of seven Mediterranean tropical-like storms using an axisymmetric, nonhydrostatic, cloud resolving model, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 7, 41–56.
- [6] Fita, I., Romero, R., Ramis, C. (2006): Intercomparison of intense cyclogenesis events over the Mediterranean basin based on baroclinic and diabatic influences, *Advances in Geosciences*, 7, 333–342.
- [7] HMSO (1962): *Weather in the Mediterranean I: General Meteorology*, 2d ed., Her Majesty's Stationery Office, 362 p.
- [8] Houssos, E. E., Lolis, C. J., Bartzokas, A. (2007): The atmospheric conditions over Europe and the Mediterranean, favoring snow events in Athens, Greece, *Advances in Geosciences*, 12, 127–135.
- [9] Hussein, A. (2009): *Klimavariabilität im Mittelmeerraum: Trend und Variabilität von Zyklonen und Niederschlag in der Levante und ihre Relationen mit Telekonnektionsindizes*. Dissertation Zur Erlangung des Doktorgrads der naturwissenschaftlichen Fachbereiche der Justus-Liebig-Universität Gießen.
- [10] *Katalog povětrnostních situací pro území ČSSR*. Praha, HMÚ 1968, 94 s.
- [11] Llasat-Botija, M., Llasat, M. C., L'opez, L. (2007): Natural Hazards and the press in the western Mediterranean region, *Advances in Geosciences*, 12, 81–85.
- [12] Lo'pez-Moreno, J. I., Vicente-Serrano, S. M., Gimeno, L., Nieto, R. (2009): Stability of the seasonal distribution of precipitation in the Mediterranean region: Observations since 1950 and projections for the 21st century, *Geophysical Research Letters*, VOL. 36, L10703, doi:10.1029/2009GL037956.

- [13] Marullo, S., Santoleri, R., Guarracino, M., Nardelli, B. B., Artale, V. (2006): Sea surface temperature trend of the last 125 years in the Mediterranean Sea: from daily to decadal variations, *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 38.
- [14] Mehta, A. V., Yang, S. (2008): Precipitation climatology over Mediterranean Basin from ten years of TRMM measurements, *Advances in Geosciences*, 17, 87–91.
- [15] Moscatello, A., Miglietta, M. (2008): Numerical Analysis of a Mediterranean “Hurricane” over Southeastern Italy, *Monthly Weather Review*, Volume 136.
- [16] Peel, M. C., Finlayson, B. L., McMahon, T. A. (2007): Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification, *Hydrology and Earth System Sciences*, 11, 1633–1644.
- [17] Pechala, F., Bednář J. (1991): *Příručka dynamické meteorologie*, Academia, Praha 1991.
- [18] Politano L. (2008): Temperature extreme events in the Mediterranean. Master’s Thesis, Faculty of Science University of Bern.
- [19] Romem, M., Ziv, B., Saaroni, H. (2007): Scenarios in the development of Mediterranean cyclones, *Advances in Geosciences*, 12, 59–65.
- [20] Trigo, I. F., Davies, T. D., Bigg, G. R. (1999): Objective Climatology of Cyclones in the Mediterranean Region, *Journal of Climate*, 12, 1685–1696.

Internetové zdroje:

- [21] <http://geography.about.com/od/specificplacesofinterest/a/Mediterranean-Sea-geography.htm> (přístup 20. 9. 2011)
- [22] <http://medex.aemet.uib.es/> (přístup 25. 9. 2011)
- [23] <http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/composites/plot20thc.v2.pl> (přístup 20. 2. 2012)
- [24] <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/composites/day/> (přístup 30. 5. 2011)
- [25] <http://www.geografie.webzdarma.cz/gk.htm> (přístup 25. 2. 2012)
- [26] http://www.giub.unibe.ch/klimet/docs/Lionello_Elsevier06.pdf (přístup 20. 11. 2011)
- [27] http://www.chmi.cz/portal/dt?menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_12_Typizace_situaci (přístup 25. 10. 2011)

- [28] <http://www.map.meteoswiss.ch/map-doc/icam2005/pdf/poster-sesion-c/C12.pdf>
(přístup 10. 10. 2011)
- [29] http://www.tiemposevero.es/imagenesreportajes/NI...BU/NI-261204-BU_I.pdf
(přístup 6. 5. 2009)
- [30] <http://www.uib.es/depart/dfs/meteorologia/METEOROLOGIA/MEDICANES/>
(přístup 30. 3. 2012)
- [31] http://www.weather.gov.hk/wxinfo/climat/world/eng/world_climat_e.htm
(přístup 7. 3. 2012)
- [32] <http://www.wetter3.de/Archiv/> (přístup 20. 2. 2012)
- [33] http://www.wetter3.de/Archiv/archiv_ukmet.html (přístup 20. 2. 2012)
- [34] <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/tkfaxbraar.htm> (přístup 4. 3. 2012)
- [35] <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsreaeur.html> (přístup 4. 5. 2011)
- [36] <http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/agm/meetings/bologna05/bologna05.php>
(přístup 4. 5. 2011)
- [37] <http://www.wmo.int/web/wcrp/news.htm> (přístup 24. 11. 2009)

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Průměrný úhrn srážek a průměrný počet srážkových dnů pro Marseille (Francie) a Fonni (Itálie)

Tabulka č. 2: Průměrný úhrn srážek a průměrný počet srážkových dnů pro Palermo (Itálie) a Antalya (Turecko)

Tabulka č. 3: Regiony s největším výskytem cyklogeneze za období 1979 - 1996

Tabulka č. 4: Trendy výskytu hlubokých (v centru mají nižší tlak než 1000 hPa) a mělkých (v centru mají vyšší tlak než 1015 hPa) cyklón pro jednotlivé části Středomoří za období 1958 - 2002 v procentech (tučně je 20 % hladina významnosti)

Tabulka č. 5: Cyklogeneze pod vlivem evropských mateřských cyklón

Tabulka č. 6: Cyklogeneze ve východní brázdě postupující přes sever Afriky

Tabulka č. 7: Základní charakteristiky (typ bouře, čas začátku, čas konce, začátek pozorování oka, konec pozorování oka, minimální tlak, maximální povrchová rychlost větru) středomořských subtropických bouří „950116“ (bouře trvala 14.1. – 18.1. 1995), „961007“ (bouře trvala 6.10. – 11.10. 1996)

Tabulka č. 8: Počet výskytů jednotlivých povětrnostních situací za období 1961 – 2010

Tabulka č. 9: Maximální a minimální roční výskyty jednotlivých povětrnostních situací za období 1961 – 2010

Tabulka č. 10: Přehled použitých stanic

Tabulka č. 11: Výsledky Chí-kvadrát testu pro srážky v severní části Jihočeského kraje

Tabulka č. 12: Výsledky Chí-kvadrát testu pro srážky v severovýchodní části Moravskoslezského kraje

Tabulka č. 13: Výsledky Chí-kvadrát testu pro sníh v severní části Jihočeského kraje

Tabulka č. 14: Výsledky Chí-kvadrát testu pro sníh v severovýchodní části Moravskoslezského kraje

Seznam použitých zkratk

PV - potenciální vorticity

RH - relativní vlhkost

A - anticyklóna na střední Evropou

B - brázda nízkého tlaku nad střední Evropou

Bp - brázda postupující přes střední Evropu

C - cyklóna nad střední Evropou

Cv - cyklóna výšková

Ea – východní anticyklonální situace

Ec - východní cyklonální situace

Nc - severní cyklonální situace

NEc - severovýchodní cyklonální situace

NWc - severozápadní cyklonální situace

Sa - jižní anticyklonální situace

SEc - jihovýchodní cyklonální situace

SWc1 - jihozápadní cyklonální situace

SWc2 - jihozápadní cyklonální situace

SWc3 - jihozápadní cyklonální situace

Vfz - vchod frontální zóny

Wal - západní anticyklonální situace letního typu

Wc - západní cyklonální situace

Wcs - západní cyklonální situace s jižní dráhou