

RUDOLF BRÁZDIL, MICHAL BÍL

JEV EL NIÑO – JIŽNÍ OSCILACE A JEHO MOŽNÉ PROJEVY V POLÍCH TLAKU VZDUCHU, TEPLoty VZDUCHU A SRAŽEK V EVROPĚ VE 20. STOLETÍ

R. Brázdil, M. Bíl: *El Niño – Southern Oscillation and its Effects on Air Pressure, Air Temperature and Precipitation in Europe in the 20th Century.* – Geografie-Sborník ČGS, 103, 2, pp. 65 – 87 (1998). – Fields of the geopotential heights of 500 hPa (1946 – 1991) and sea level pressure (1901 – 1991) have been studied in the Atlantic-European region with respect to the warm and cold events of ENSO. The effects of ENSO on selected series of air temperature and precipitation (1901 – 1991) in Central Europe and in the Czech Republic have been analysed. Significant differences of cold and warm events of ENSO have been observed. In the case of air pressure and temperature this happens above all in winter (0/1), as regards temperature and precipitation in summer (0), and in the case of precipitation in autumn (0).

KEY WORDS: ENSO – warm event – cold event – air pressure – air temperature – precipitation – Europe.

1. Úvod

Za nejvýraznější projev nestability v systému oceán – atmosféra je považován jev, projevující se v tropické části Tichého oceánu a označovaný jako ENSO (El Niño – Southern Oscillation). Vždy po několika rocích zde dochází k významným změnám povrchových teplot oceánu (dále SST, tj. sea surface temperature) a cirkulace, které podmiňují zejména význačné změny v transportu tepelné energie do atmosféry. Důsledkem toho jsou výrazné změny povětrnostních podmínek, které mají závažné dopady nejen na přírodní ekosystémy, ale i na člověka (Fleer 1991), jak tomu bylo např. při zatím nejsilnějším ENSO tohoto století 1982–83 (viz Glynn ed. 1990). To dokonce vedlo k ustavení mezinárodního výzkumného programu TOGA (Tropical Ocean-Global Atmosphere) na léta 1985–1994 (Halpern 1996), zabývajících se odezvou globální atmosférické cirkulace na kolísání SST v tropické části Tichého oceánu.

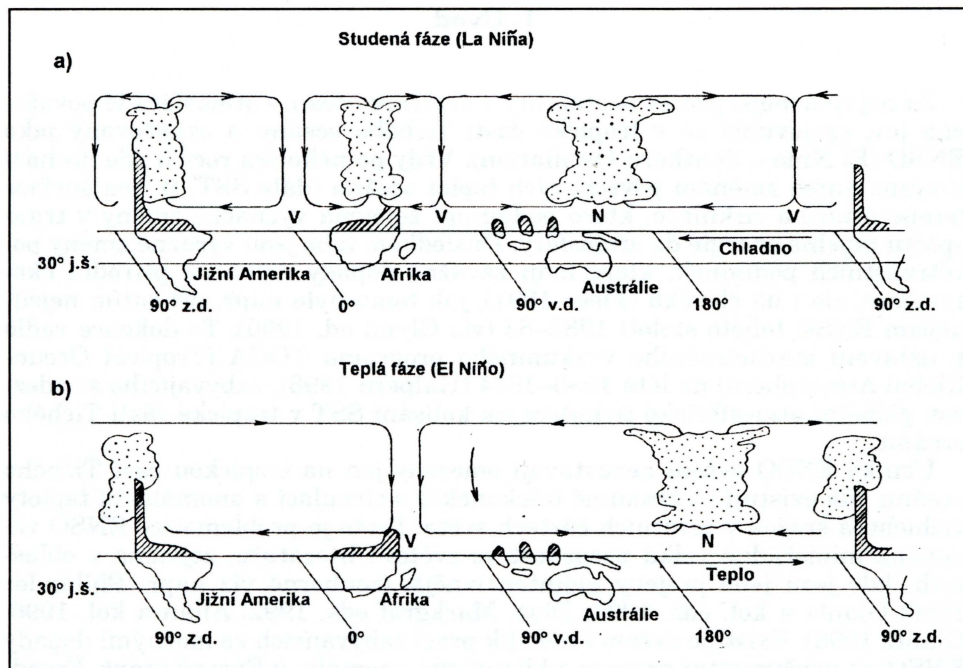
Účinky ENSO ovšem nezůstávají omezeny jen na tropickou část Tichého oceánu, ale existují i významné telekonekce s cirkulací a anomáliemi teploty vzduchu a srážek v ostatních částech světa. Proto je problematice ENSO věnována mimořádně velká pozornost ve světové literatuře, zejména v oblastech, kde jsou jeho projevy nejintenzivnější (souborně viz např. Philander 1990; Glantz a kol. eds. 1991; Diaz, Markgraf eds. 1992; Allan a kol. 1996; Glantz 1996). Existuje ovšem i několik prací zabývajících se možnými dopady ENSO na povětrnostní procesy a klimatické anomálie v Evropě (např. Fraedrich 1990; Sidorenkov 1991; Fraedrich, Müller 1992; Fraedrich a kol. 1992; Wilby 1993). Předložený příspěvek si proto v návaznosti na tyto studie klade

za cíl analyzovat možné projevy teplé a chladné fáze ENSO v poli tlaku vzduchu, teploty vzduchu a srážek v Evropě během 20. století.

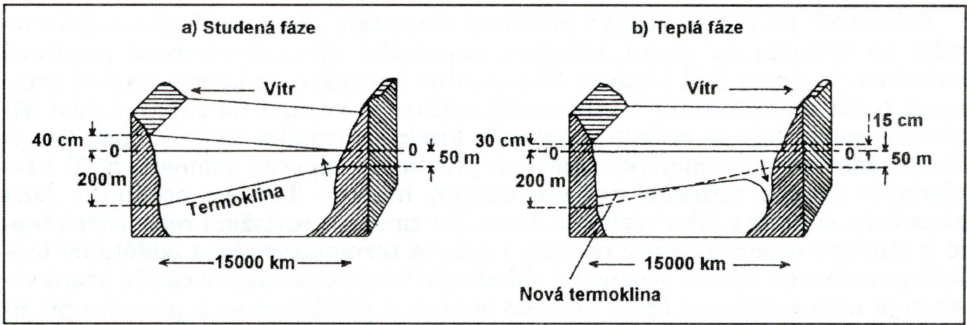
2. El Niño a Jižní oscilace

Pojem El Niño byl původně používán k označení slabého teplého oceánského proudu, vznikajícího v období kolem vánoc při západním pobřeží Jižní Ameriky a směřujícího od rovníku podél pobřeží Peru a Ekvádoru na jih (El Niño je španělsky chlapec, přeneseně Ježíšek). Teprve následně se začalo tímto pojmem označovat neobvykle velké oteplení, objevující se vždy po několika rocích v Tichém oceánu (Trenberth 1996). Pojmem Jižní oscilace se rozumí kolísání atmosférických mas a pohybových polí s protichůdnými akčními centry nad Indonésií (oblast nízkého tlaku vzduchu) a jihovýchodní tropickou částí Tichého oceánu (oblast vysokého tlaku vzduchu) (Meteorological Office 1991). Nejčastěji se charakterizuje indexem Jižní oscilace (SOI – Southern Oscillation Index), který je dán rozdílem přízemního tlaku vzduchu mezi Tahiti (Francouzská Polynésie) a Darwinem (Austrálie), i když v literatuře se objevuje i jiné vymezení. Tedy El Niño značí oceánskou a Jižní oscilace atmosférickou složku jevu, zahrnovaného pod společný název ENSO. V rámci ENSO se pak vymezuje jeho teplá fáze (El Niño) a studená fáze (La Niña – španělsky dívka).

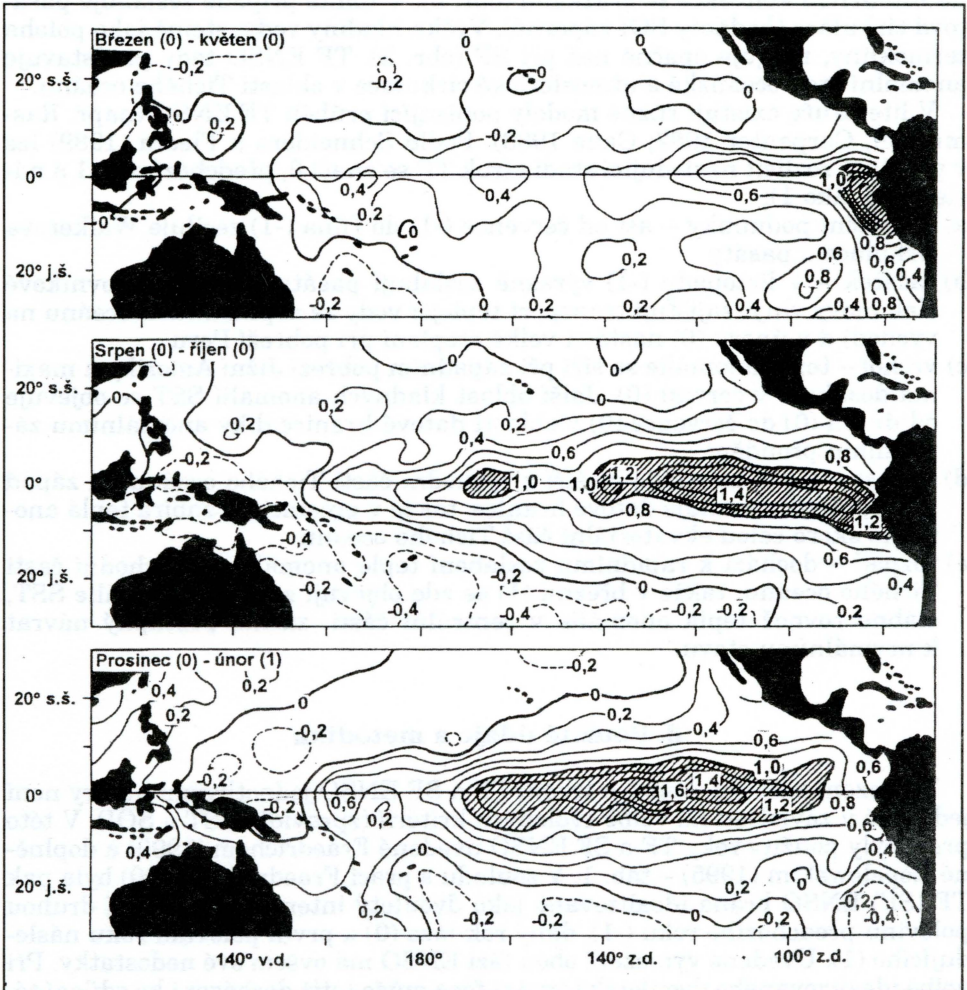
Procesy odehrávající se v tropické části Tichého oceánu během teplé fáze (dále TF) a studené fáze (dále SF) ENSO souvisí se změnami Walkerovy cirkulace, která charakterizuje proudění v zonálním řezu podél rovníku (obr. 1).



Obr. 1 – Schéma Walkerovy cirkulace v oblasti Tichého oceánu pro TF a SF ENSO (upraveno podle Barryho a Chorleye 1992)



Obr. 2 – Změny polohy hladiny Tichého oceánu a termokliny během TF (b) a SF (a) ENSO (upraveno podle Fleera 1991)



Obr. 3 – Anomálie SST (°C) průměrované pro TF ENSO v letech 1950 – 1973 (upraveno podle Rasmussona a Carpentera 1982)

Během SF ENSO převládá v přízemní atmosféře přenos vzduchu podél rovníku od východu na západ, kterému napomáhá výrazně vyvinutá pasátová cirkulace (hodnoty SOI kladné). Oblast silné konvekce, se kterou souvisí transport tepla do atmosféry a intenzivní srážky, je vázána na západní část Tichého oceánu, kde se vyskytují nejvyšší kladné anomálie SST. Naopak ve východní části při jihoamerickém pobřeží převládají záporné anomálie SST. Převládající přenos vzduchu zvyšuje úroveň hladiny Tichého oceánu v jeho západní a snižuje v jeho východní části. Na změny v rozložení rezervuárů teple a studené oceánské vody reaguje i poloha termokliny (čára oddělující teplejší povrchovou vrstvu oceánu od chladnější hlubokooceánské části), která sestupuje níže v západní části Tichého oceánu a přibližuje se k povrchu při jihoamerickém pobřeží (obr. 2).

Naopak v období TF ENSO se vytváří ve východní a centrální části Tichého oceánu oblast s výraznými kladnými anomáliemi SST, na kterou je vázána intenzivní konvekce se srážkami (obr. 3). V tomto případě zeslabuje pasátová cirkulace (hodnoty SOI záporné). Výška hladiny vody, stejně jako poloha termokliny, reaguje opačně než při SF (obr. 2). TF ENSO tedy představuje anomální stav oceánské a atmosférické cirkulace v oblasti Tichého oceánu.

V literatuře existují různé modely popisující průběh TF ENSO (např. Rasmusson, Carpenter 1982; Cane 1983). Podle Schneidera a Fleera (1989) lze v podstatě rozlišit následující stadia (rok TF se značí 0, předchozí rok -1 a následující jako 1):

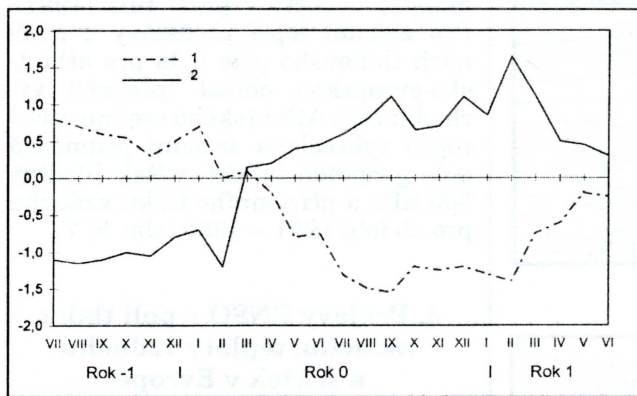
- a) počáteční podmínky – asi od července (-1) do října (-1) zesiluje Walkerova cirkulace a pasáty
- b) začátek – v listopadu (-1) výrazně zeslabují pasáty, nastupují rovníkové Kelvinovy vlny (zajišťují transport teplejší vody ze západní části oceánu na východ) a v únoru (0) nastává velké oteplení při pobřeží Peru
- c) vrchol – teplá anomálie se šíří při západním pobřeží Jižní Ameriky a maxima dosahuje v červnu (0), další oblast kladných anomálií SST se objevuje od února (0) do července (0) v oblasti datové hranice díky anomálnímu západnímu proudění
- d) zralost – teplá anomálie se šíří z východní části Tichého oceánu na západ a v srpnu (0) dosahuje datové hranice, takže v prosinci (0) zabírá teplá anomálie skoro celou ekvatoriální část Tichého oceánu
- e) rozpad – dochází k rapidnímu zeslabení teplé anomálie ve východní části Tichého oceánu, takže v březnu (1) se zde objevují záporné anomálie SST, slábne rovněž teplá anomálie v centrální části, začíná postupný návrat k normálnímu stavu.

3. Použité údaje a metodika

Vymezení začátku, konce a trvání TF a SF ENSO jednotlivými autory není jednotné v závislosti na volbě zvolených kritérií (zpravidla SST a SOI). V této práci byly použity roky TF a SF ENSO uvedené Fraedrichem (1990) a doplněné Ropelewskim (1995) – tab. 1. V souladu s prací Fraedricha (1990) byla pak TF (SF) ENSO brána idealizovaně jako dvouletý interval, zahrnující druhou polovinu předchozího roku (-1), daný rok fáze (0) a první polovinu roku následujícího (1). Uvedené vymezení obou fází ENSO má ovšem své nedostatky. Při volbě idealizovaného dvouletého trvání fáze může totiž docházet i ke sdílení téhož roku oběma fázemi (např. SF roku 1924 spadá mezi TF v roce 1923 a 1925). Navíc se do dané skupiny řadí fáze odlišného trvání i intenzity.

Tab. 1 – Roky TF a SF ENSO v období 1901 – 1996 podle Fraedricha (1990) a Ropelewského (1995)

Fáze ENSO	Rok									
TF	1902	1905	1911	1914	1918	1923	1925	1930	1932	
	1939	1941	1951	1953	1957	1963	1965	1969	1972	
	1976	1982	1986	1991	1993	1994				
SF	1903	1906	1908	1916	1920	1924	1931	1938	1942	
	1949	1954	1964	1966	1970	1973	1975	1978	1988	
	1995									



Obr. 4 – Průměrné měsíční hodnoty SOI během idealizovaného dvouletého intervalu TF (1) a SF (2) ENSO v období 1901 – 1991

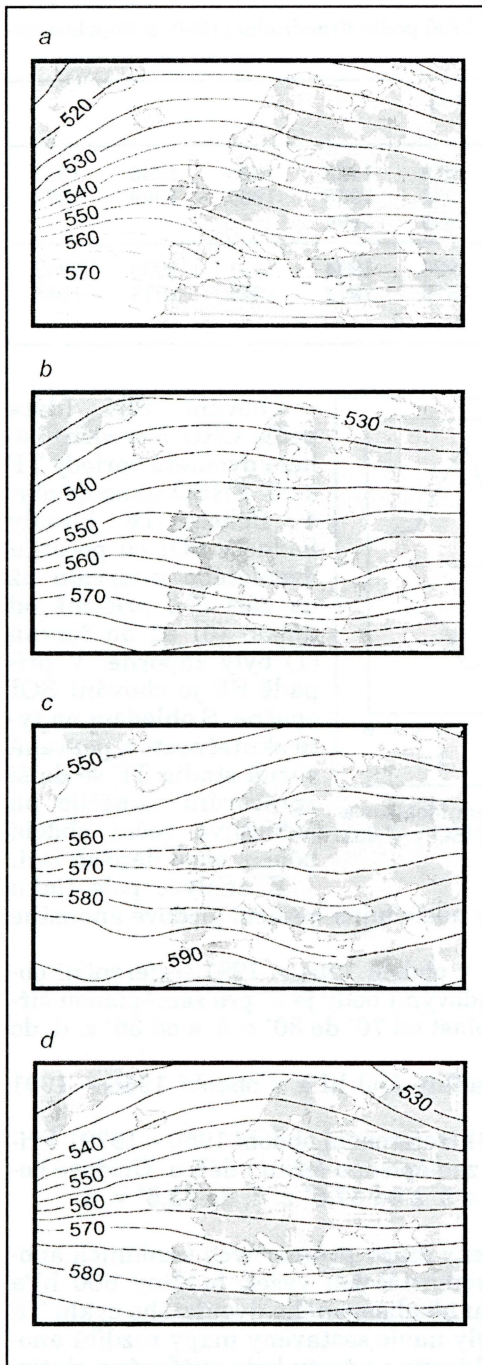
Chování SOI (data podle CRU Norwich) během dvouleté periody TF a SF ENSO ukazuje obr. 4. Během TF klesaly hodnoty SOI od počátku dvouletého intervalu až do září (0), přičemž od dubna (0) až do června (1) byly záporné. V případě SF je chování SOI opačné. S ohledem na tyto skutečnosti a popsaná různá stadia TF se další zpracování zaměřilo na jednotlivá roční období během obou daných fází.

K analýze pole tlaku a teploty vzduchu v Evropě byly použity následující měsíční gridové anomálie (data podle NCAR):

- Anomálie přízemního tlaku vzduchu v období 1901 – 1991 (referenční období 1951 – 1980). Přírůstek mezi gridovými body je 5° pro zeměpisnou šířku i délku. Gridové body pokrývají oblast od 70° do 30° s. š. a od 35° z. d. do 60° v. d.
- Anomálie geopotenciálních výšek hladiny 500 hPa v období 1946 – 1991 (dále viz bod a).
- Anomálie teploty vzduchu 1901 – 1991 (referenční období 1950 – 1979). Přírůstek mezi gridovými body je 5° pro zeměpisnou šířku i délku. Gridové body pokrývají oblast od $72,5^\circ$ do $27,5^\circ$ s. š. a od $37,5^\circ$ z. d. do $62,5^\circ$ v. d.

Na základě těchto údajů byly sestaveny mapy průměrných sezónních anomálií přízemního tlaku vzduchu, geopotenciálních výšek hladiny 500 hPa a teplot vzduchu, vždy po každou sezónu idealizovaného dvouletého cyklu TF a SF ENSO. Pro odpovídající sezóny byly navíc sestaveny mapy rozdílů anomálií TF a SF ENSO, přičemž pomocí F-testu a t-testu byla zjišťována statistická významnost diferencí. Na zpracovávané období 1901 – 1991 připadá celkem 22 epizod TF a 18 epizod SF ENSO (tab. 1).

Pro střední Evropu byly dále použity řady průměrných měsíčních teplot vzduchu z 21 stanic, řady měsíčních úhrnů srážek z 18 stanic a řady prosto-



Obr. 5 – Průměrná sezónní pole geopotenciálních výšek hladiny 500 hPa (gpm) v období 1951 – 1980 v atlantsko-evropské oblasti: a – zima, b – jaro, c – léto, d – podzim

rových měsíčních průměrů srážek Čech, Moravy a Slovenska (k těmto řadám blíže viz Brázdil 1986). Pro každou z těchto řad byly opět vyjádřeny průměrné teploty vzduchu a průměrné úhrny srážek pro každou sezónu dvouletého trvání TF a SF ENSO. Významnost rozdílů teplot a srážek mezi oběma fázemi byla opět testována F-testem a t-testem.

V následující kapitole jsou uvedeny pouze vybrané výsledky analýzy. V kompletní podobě lze najít všechny mapy a výpočty v práci Bíla (1997). Pro získání lepší představy o změnách tlakového pole byla pro atlantsko-evropskou oblast (přesněji východní část Atlantského oceánu a Evropu) vykreslena sezónní průměrná pole geopotenciálních výšek hladiny 500 hPa a přízemního tlaku vzduchu pro období 1951 – 1980 (obr. 5, 7).

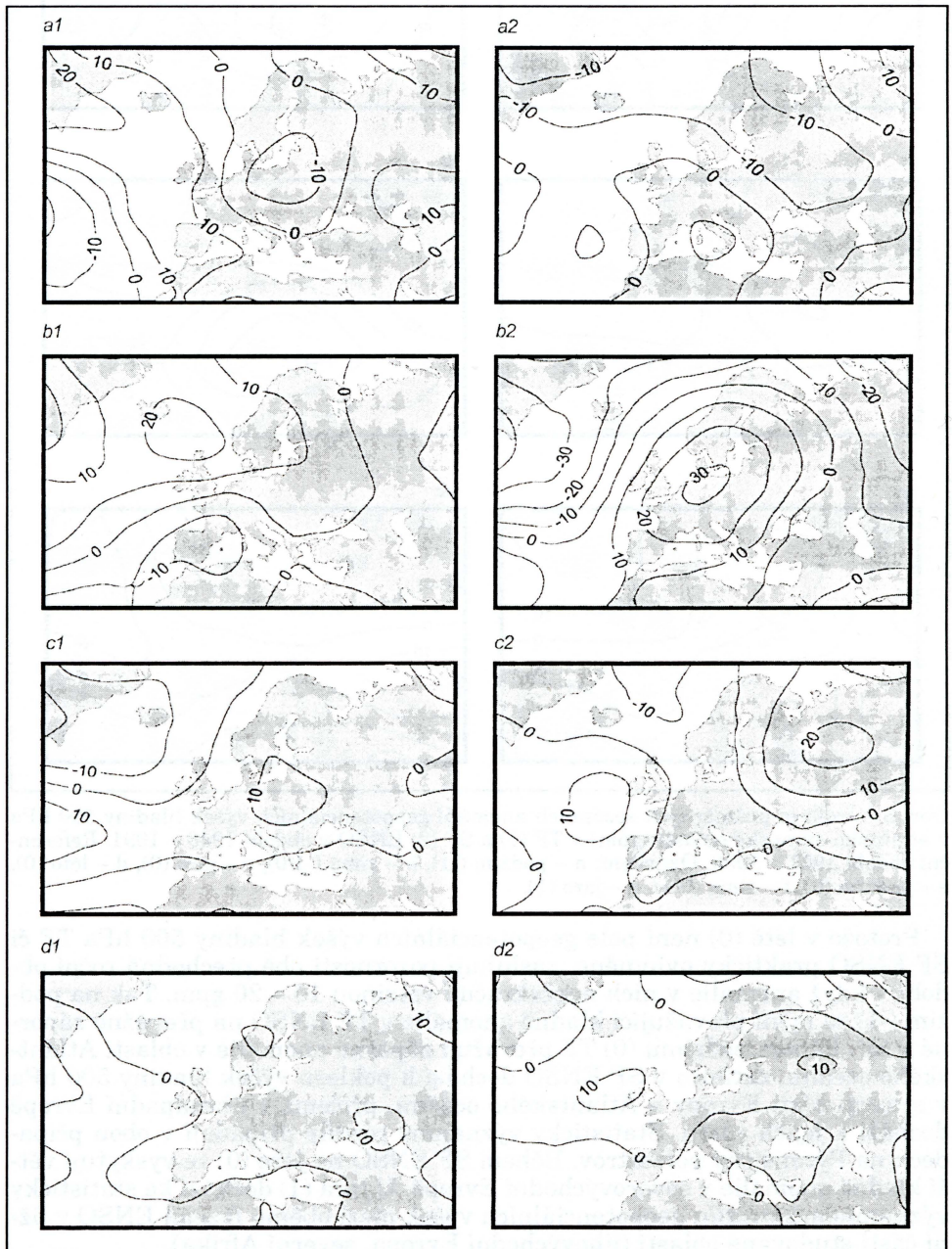
4. Projevy ENSO v poli tlaku vzduchu, teploty vzduchu a srážek v Evropě

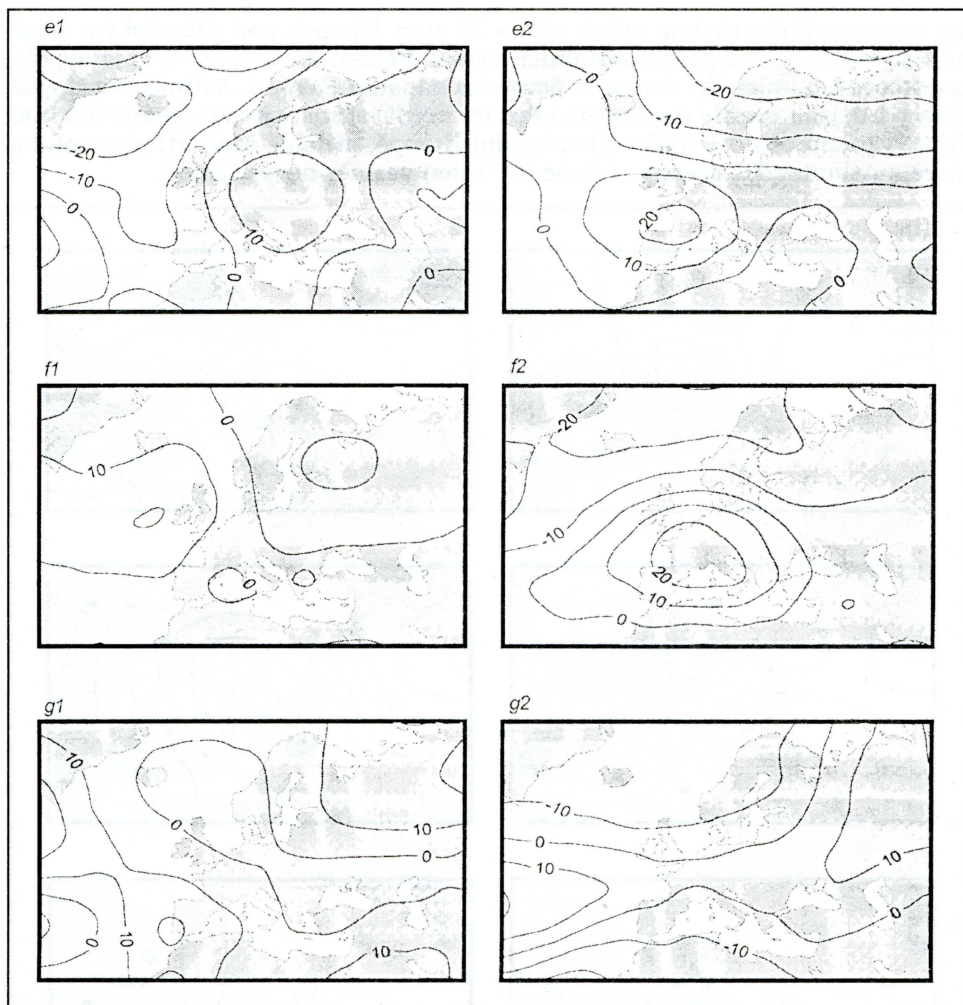
4.1 Tlak vzduchu

4.1.1 Geopotenciální výšky hladiny 500 hPa

Analýza pole geopotenciálních výšek hladiny 500 hPa má význam pro studium utváření cirkulačních podmínek v dané oblasti. Průměrné sezónní anomálie geopotenciálních výšek hladiny 500 hPa během 11 TF a 9 SF ENSO v atlantsko-evropské oblasti ukazuje obr. 6. Je zřejmé, že v některých sezónách dochází k významným změnám geopotenciálních výšek, ovlivňujících průměrnou polohu hřebenů vysokého tlaku a brázd nízkého tlaku v tomto prostoru (obr. 5, blíže viz Brázdil, Štekl 1986). Tak během SF zimy (-1/0) dochází k posunu hřebene, nacházejícího se v průměru na rozhraní pevniny a oceánu od Pyrenejského poloostrova ke Skandinávii, k výcho-

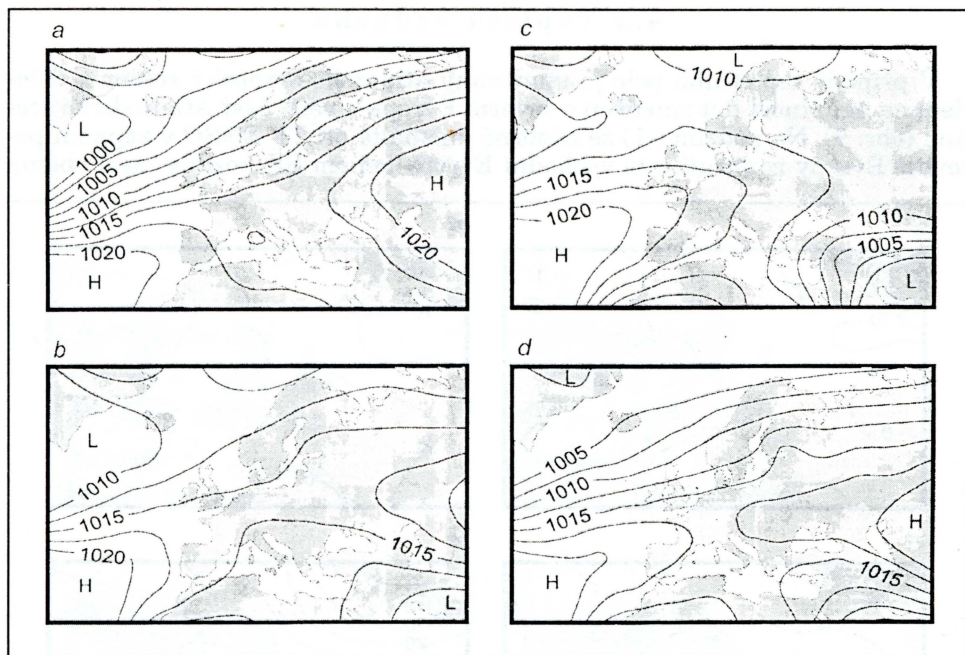
du, s maximálním růstem výšek o 20 – 30 gpm. Naopak nad Atlantským oceánem nastává pokles geopotenciálních výšek. Během další zimy (0/1) je ale oblast kladných anomálií omezena pouze na západní Evropu. Zatímco v případě zimy (-1/0) jsou rozdíly mezi oběma fázemi ENSO statisticky významné pro hladinu významnosti $\alpha = 0,05$ v jihozápadní Evropě, přilehlé části Středozemního moře a Atlantského oceánu, v zimě (0/1) jsou vesměs nevýznamné.





Obr. 6 – Izolinie průměrných sezónních anomálií geopotenciálních výšek hladiny 500 hPa v atlantsko-evropské oblasti (gpm) v TF (1) a SF (2) ENSO v období 1946 – 1991. Referenční období 1951 – 1980. Označení: a – podzim (-1), b – zima (-1/0), c – jaro (0), d – léto (0), e – podzim (0), f – zima (0/1), g – jaro (1).

Protože v létě (0) není pole geopotenciálních výšek hladiny 500 hPa TF či SF ENSO prakticky ovlivněno, zasluhují pozornosti obě přechodná roční období, i když anomálie v nich nepřekračují většinou 10 – 20 gpm. Tak na podzim (-1) se mění převažující kladné anomálie v TF ENSO na převážně záporné v SF. Během podzimu (0) TF převažují záporné anomálie v oblasti Atlantského oceánu, zatímco v SF ENSO dochází k poklesu výšek hladiny 500 hPa v severní části Evropy a Atlantského oceánu, přičemž v jihozápadní Evropě dochází k jejich růstu. Statisticky významné rozdíly připadají v obou případech na Pyrenejský poloostrov. Během SF ENSO na jaře (0) se vyskytují větší kladné anomálie v severovýchodní Evropě. U jara (1) dochází ke statisticky významnému rozdílu geopotenciálních výšek mezi oběma fázemi ENSO v jižní části studované oblasti (jihovýchodní Evropa, severní Afrika).



Obr. 7 – Průměrná sezónní pole přízemního tlaku vzduchu (hPa) v období 1951 – 1980 v atlantsko-evropské oblasti: a – zima, b – jaro, c – léto, d – podzim; L – tlaková níže, H – tlaková výše

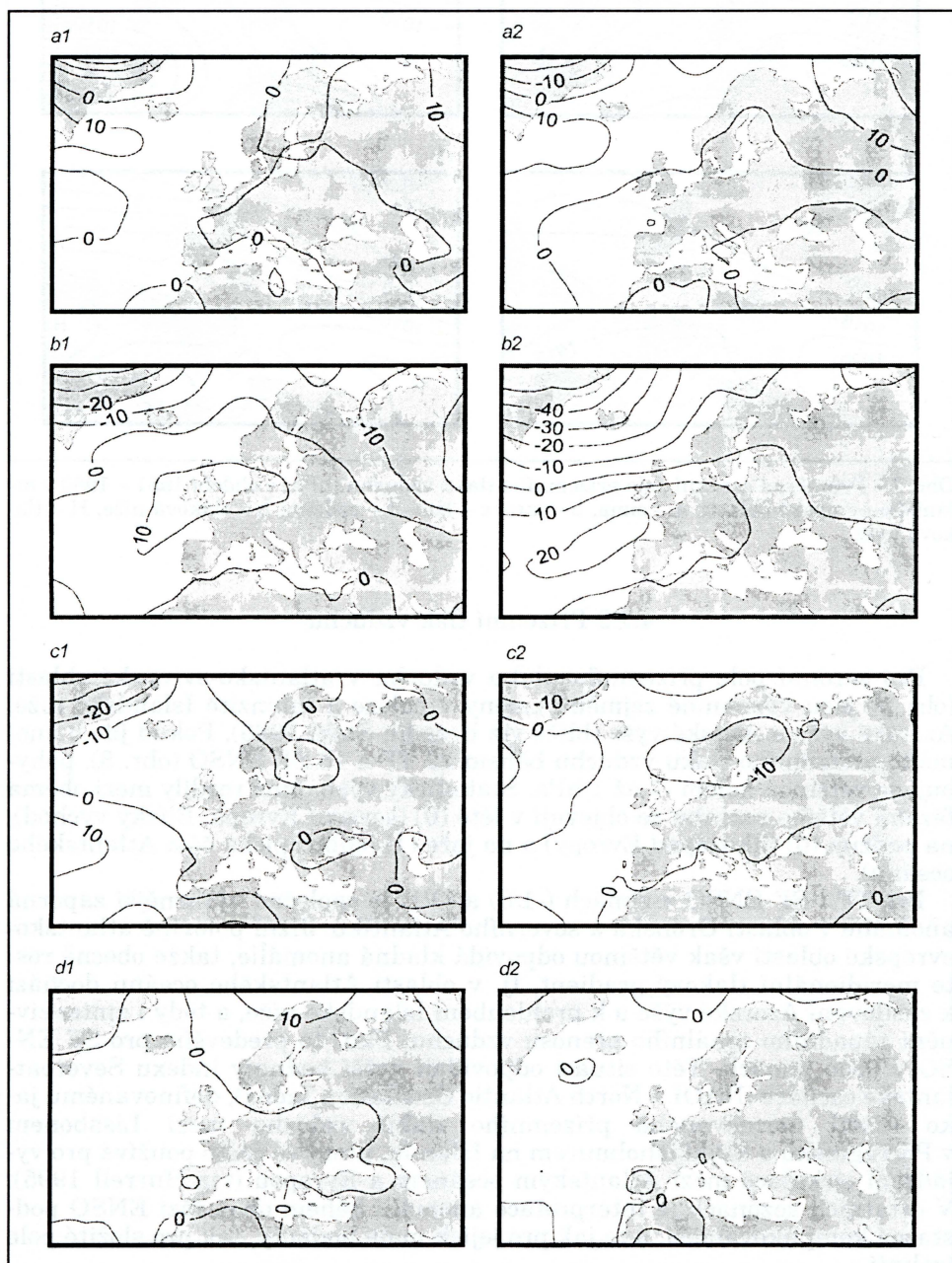
4.1.2 Přízemní tlak vzduchu

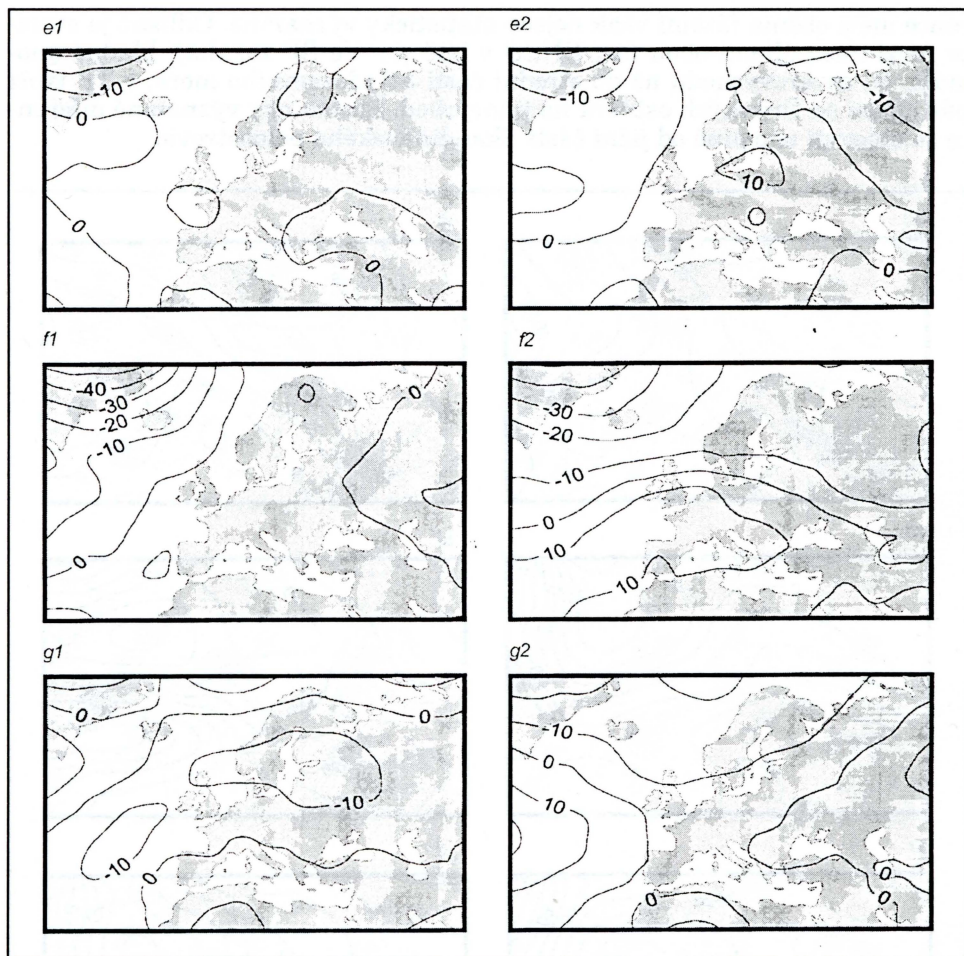
Pro sezónní pole přízemního tlaku vzduchu v atlantsko-evropské oblasti (obr. 7) jsou významné zejména změny v poloze a intenzitě Islandské níže, Azorské výše a Asijské výše (blíže viz Brázdil, Štekl 1986). Pokud jde o anomálie přízemního tlaku vzduchu během 22 TF a 18 SF ENSO (obr. 8), pohybují se většinou kolem -1 až 1 hPa. Statisticky významné rozdíly mezi oběma fázemi většího rozsahu se objevují v létě (0) (severní Evropa, Blízký východ), na podzim (0) (jihozápad Evropy) a na jaře (1) (subtropická část Atlantského oceánu).

Pro TF i SF ENSO v zimách (-1/0) a (0/1) je společná výraznější záporná anomálie v oblasti Grónska a severního Atlantiku. Jižní polovině atlantsko-evropské oblasti však většinou odpovídá kladná anomálie, takže obecně roste meridionální tlakový gradient, tj. v oblasti Atlantského oceánu dochází k zesilování Azorské výše a k prohloubení Islandské níže, a tedy i zintenzivnění západního zonálního přenosu vzduchu. Platí to především pro SF ENSO v obou zimách. Této situaci odpovídají vyšší hodnoty indexu Severoatlantské oscilace (NAOI – North Atlantic Oscillation Index), definovanému jako rozdíl normovaného přízemního tlaku vzduchu mezi Lisabonem v Portugalsku a Stykkisholmurem na Islandu, který se často používá pro vyjádření cirkulace mezi Atlantským oceánem a Evropou (viz Hurrell 1995). V ostatních sezónách je interpretace anomálií během obou fází ENSO podstatně komplikovanější, a to jak pro jejich malé hodnoty, tak pro složité pole izoliní.

4.2 Teplota vzduchu

V případě teplotního pole je studován atlantsko-evropský sektor s ohledem na neúplnost dat zmenšen o severní Evropu a větší část Atlantského oceánu (obr. 9). Na podzim (-1) se záporné anomálie při TF ENSO v západní polovině Evropy rozšiřují i do východní Evropy během SF, rozdíl mezi oběma

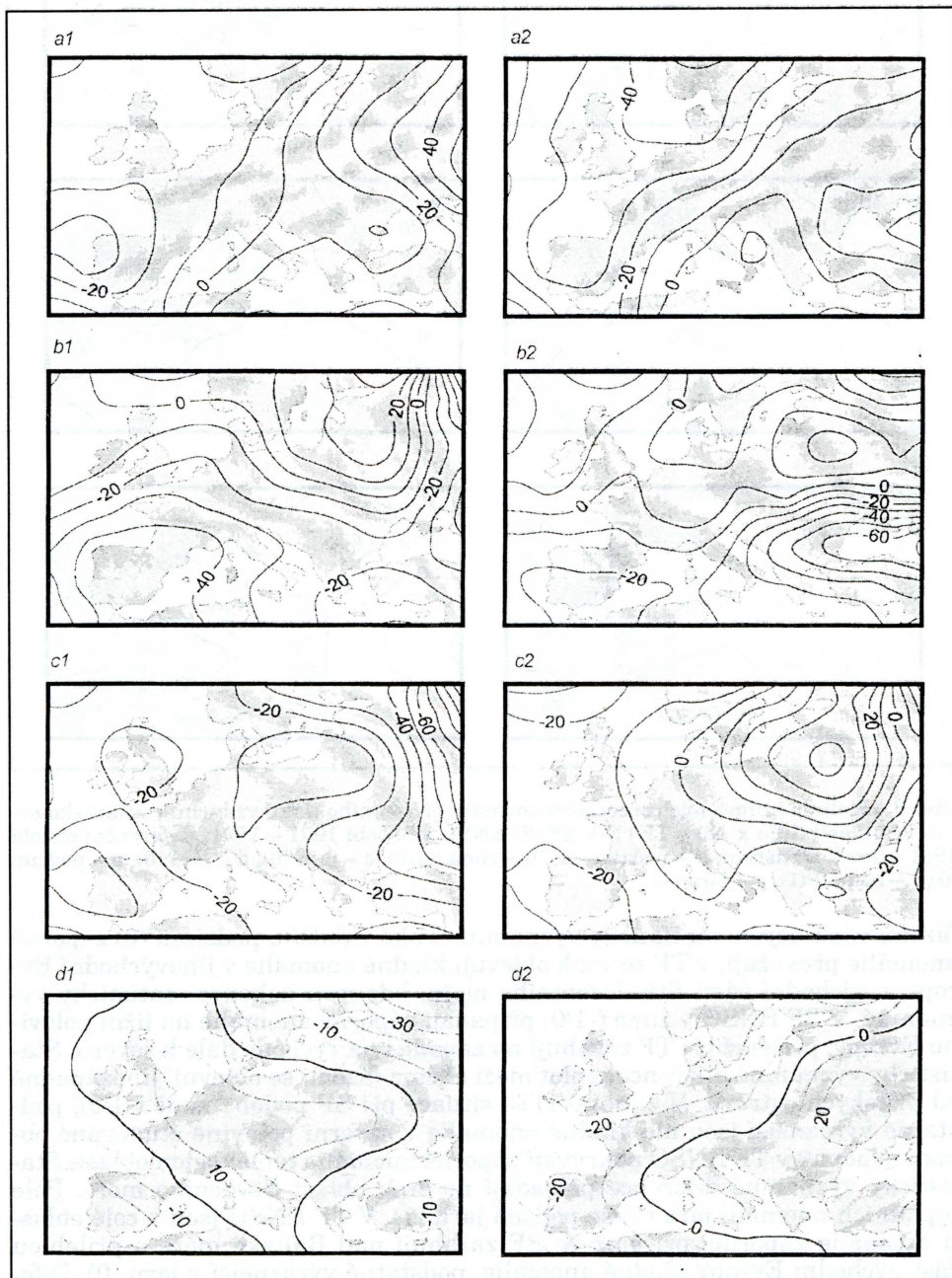


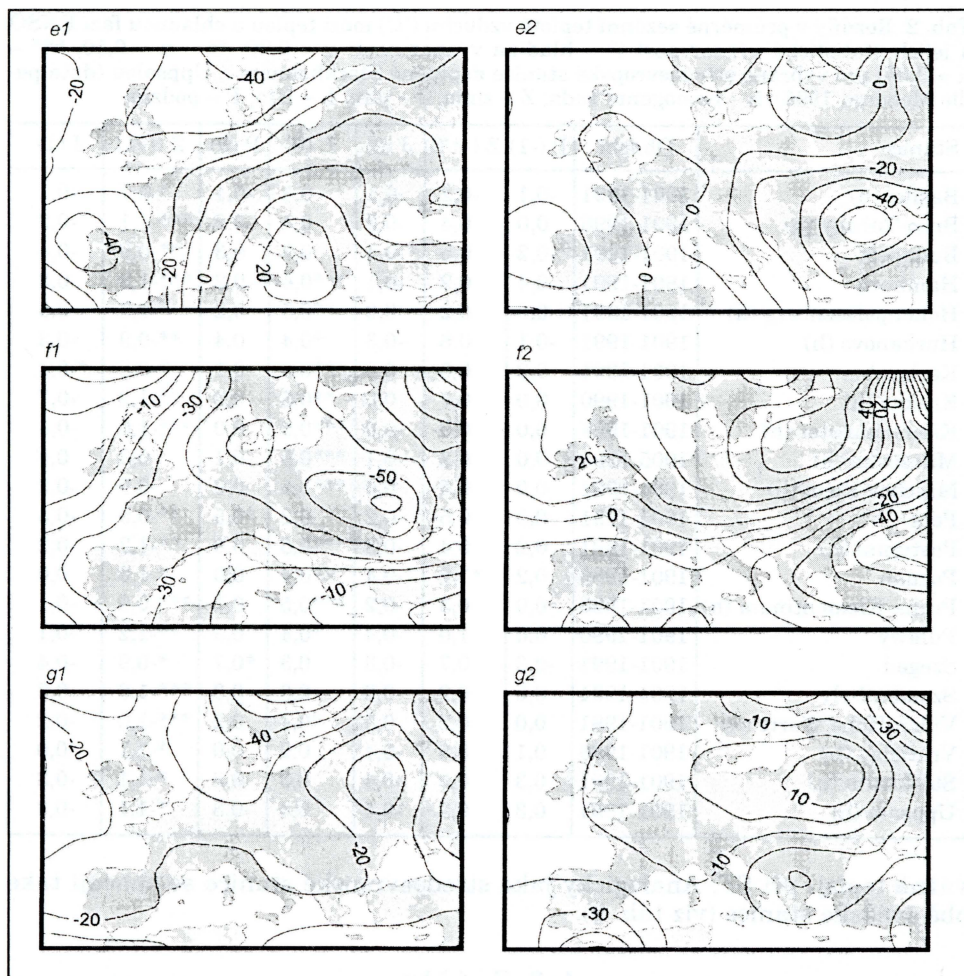


Obr. 8 – Izolinie průměrných sezónních anomálií přízemního tlaku vzduchu v atlantsko-evropské oblasti (hPa x 10) v TF (1) a SF (2) ENSO v období 1901 – 1991. Referenční období 1951 – 1980. Označení: a – podzim (-1), b – zima (-1/0), c – jaro (0), d – léto (0), e – podzim (0), f – zima (0/1), g – jaro (1)

fázemi však nejsou statisticky významné. Také v dalším podzimu (0) záporné anomálie převažují, v TF se však objevují kladné anomálie v jihovýchodní Evropě a východní části Středomoří, kde jsou dokonce statisticky významné. V SF ENSO v zimě (-1/0) připadají záporné anomálie na jižní polovinu Evropy, přičemž při TF zasahují na západě i na východě dále k severu. Statisticky významné difference teplot mezi oběma fázemi se objevují jihozápadně od britských ostrovů. V zimě (0/1) se situace při SF podobá zimě (-1/0), podstatně výraznější jsou ale kladné anomálie v severní polovině studované oblasti. Naopak v TF ENSO pokrývají záporné anomálie téměř celou oblast. Statisticky významné difference připadají na širší oblast Severního moře. Pole teplotních anomálií jara (0) se podobá jaru (1). V TF ENSO jsou v celé oblasti anomálie záporné, přičemž ve SF zasahují nad Baltské moře a přilehlou část východní Evropy kladné anomálie, podstatně výraznější v jaru (0). Dife-

rence mezi oběma fázemi však nejsou statisticky významné. Odlišná je situace mezi anomáliemi obou fází ENSO v létě (0). Ve SF zasahují kladné anomálie od severovýchodu až do střední části Středozemního moře, v TF tvoří pás jdoucí od Britských ostrovů na jihovýchod. Statisticky významné diference se objevují západně od jižní části Skandinávského poloostrova.





Obr. 9 – Izolinie průměrných sezónních anomálií teploty vzduchu v atlantsko-evropské oblasti ($^{\circ}\text{C} \times 100$) v TF (1) a SF (2) ENSO v období 1901-1991. Referenční období 1951-1980. Označení: a – podzim (-1), b – zima (-1/0), c – jaro (0), d – léto (0), e – podzim (0), f – zima (0/1), g – jaro (1).

Vedle uvedeného pole teploty vzduchu se analyzovaly také sezónní změny teploty vzduchu při TF a SF ENSO pro 21 vybraných středoevropských stanic. Pro každou sezónu TF a SF ENSO se zjišťovala jedná její odchylka od příslušného sezónního průměru za celé období měření, jednak se testovala statistická významnost rozdílů teplot odpovídajících si sezón v obou fázích (tab. 2). Např. léto (0) je pro Prahu-Klementinum v průměru o $0,5^{\circ}\text{C}$ teplejší při TF ENSO než při SF, přičemž tento rozdíl je podle t-testu statisticky významný na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Rozdíly mezi oběma fázemi jsou v případě analyzovaných středoevropských řad statisticky významné především v létě (0), kdy při TF ENSO jsou teploty vyšší než při SF, a v zimě (0/1), kdy je tomu naopak. Z ostatních sezón, v nichž jsou rozdíly teplot mezi oběma fázemi ENSO nevýznamné, zasluhují pozornost obě jara (0,1), v nichž je pře-

Tab. 2. Rozdíly v průměrné sezónní teplotě vzduchu (°C) mezi teplou a chladnou fází ENSO a jejich statistická významnost (* – hladina významnosti $\alpha = 0,20$, ** – $\alpha = 0,10$, *** – $\alpha = 0,05$) pro vybrané střeoevropské stanice doplněné Stockholmem a Uppsalou (data podle Moberga 1996); h – homogenní řada; Z – zima, J – jaro, L – léto, P – podzim.

Stanice	Období	P (-1)	Z (-1/0)	J (0)	L (0)	P (0)	Z (0/1)	J (1)
Basilej (h)	1901-1991	-0,1	-0,2	-0,1	0,3	0,1	*-0,7	-0,1
Brno-Tuřany (h)	1901-1996	0,0	0,4	-0,3	0,4	0,2	***-1,1	-0,2
Budapešť	1901-1991	-0,2	0,5	*-0,4	0,3	0,3	** -0,9	-0,4
Hamburk	1901-1991	0,4	0,2	-0,1	***0,6	-0,2	***-1,2	-0,3
Hohenpeissenberg (h)	1901-1991	0,0	0,2	0,0	**0,5	-0,2	*-0,8	-0,5
Hurbanovo (h)	1901-1991	-0,1	0,6	-0,3	*0,4	0,4	** -0,9	-0,3
Karlsruhe	1901-1991	0,2	0,0	0,0	***0,6	-0,1	*-0,8	*-0,4
Krakov (h)	1901-1990	0,0	0,7	0,0	**0,5	0,2	** -1,2	-0,7
Kremsmünster (h)	1901-1991	0,0	0,0	-0,0	***0,5	0,0	***-1,0	-0,3
Milešovka (h)	1905-1996	0,0	0,2	-0,1	***0,5	-0,1	-0,3	0,0
Mnichov-Riem (h)	1901-1991	0,0	0,5	0,0	***0,5	0,0	-0,9	-0,2
Pécs	1901-1991	-0,3	0,5	-0,2	0,2	*0,5	** -0,9	-0,3
Postupim (h)	1901-1991	0,2	0,4	-0,3	***0,5	0,0	** -1,2	-0,2
Poznaň	1901-1986	0,2	*1,2	-0,4	**0,4	0,0	*-1,0	0,0
Praha-Klementinum (h)	1901-1996	0,0	0,3	-0,2	***0,5	0,1	***-0,9	-0,1
Pulawy	1901-1990	0,0	1,0	-0,4	*0,4	0,3	** -1,2	-0,1
Szeged	1901-1991	-0,3	0,7	-0,3	0,3	*0,7	*-0,9	-0,4
Szombathely	1901-1991	0,0	0,2	-0,3	0,3	0,3	***-1,0	-0,0
Videň-Hohe Warte (h)	1901-1991	0,0	0,2	-0,3	*0,4	0,2	***-1,0	-0,2
Vratislav (h)	1901-1986	0,1	0,8	-0,4	0,2	0,0	*-1,1	0,0
Stockholm (h)	1901-1991	0,3	0,3	-0,4	0,3	-0,3	*-1,1	-0,3
Uppsala (h)	1901-1991	0,3	0,2	-0,4	0,4	-0,3	*-1,1	-0,3

vážně tepleji při SF. Analogicky jako střeoevropské stanice se chovají také obě švédské stanice (viz tab. 2).

4.3 Srážky

Analogicky jako v případě teploty vzduchu se postupovalo i při analýze sezónních změn atmosférických srážek pro 18 střeoevropských řad a tři řady prostorových úhrnů srážek (tab. 3). V tomto případě byly statisticky významné diference mezi průměrnými srážkami při TF a SF ENSO zastoupeny nejčastěji v létě a na podzim roku dané fáze. V létě (0) bylo na většině stanic více srážek při SF ENSO, na podzim (0) naopak při TF. Čtyři stanice vykázaly statisticky významné diference také na jaře (1), kdy až na Videň převažovaly srážky během TF.

4.4 Možné projevy ENSO v podmínkách České republiky

Možné projevy TF a SF ENSO v podmínkách České republiky jsou diskutovány jednak pro homogenní řady průměrných teplot vzduchu Milešovky, Prahy-Klementina a Brna-Tuřan (k této řadě viz Brázdil, Štěpánek 1998), jednak pro řady prostorových úhrnů srážek Čech a Moravy.

Jak plyne z tab. 2, analogicky jako pro další střeoevropské řady jsou statisticky významné diference teplot obou fází zaznamenány pouze v létě (0) pro

Tab. 3. Rozdíly v průměrných sezónních úhrnech srážek (mm) mezi teplou a chladnou fází ENSO a jejich statistická významnost pro vybrané středoevropské srážkové řady. Hladiny významnosti a vysvětlivky viz tab. 2.

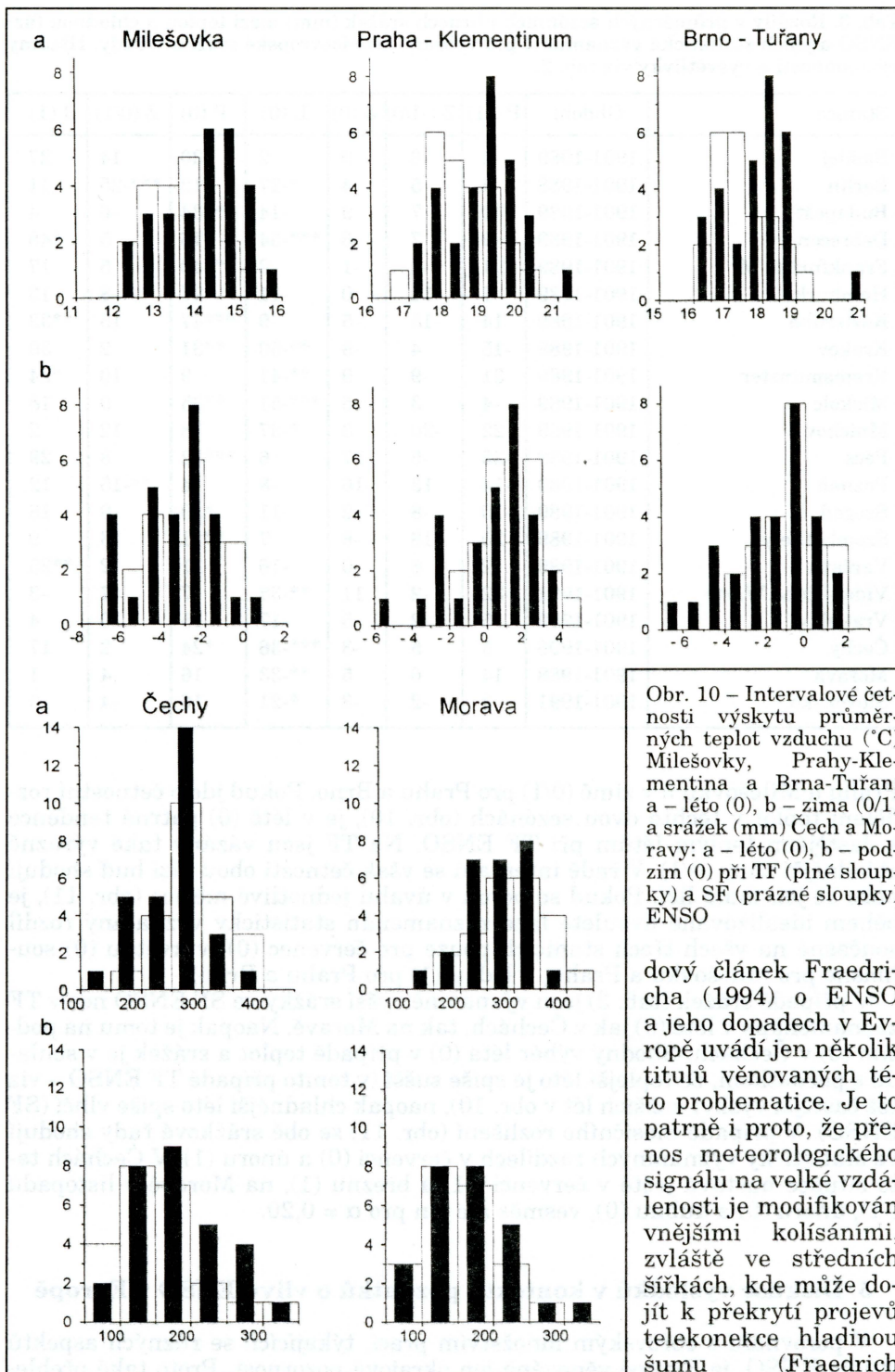
Stanice	Období	P (-1)	Z (-1/0)	J (0)	L (0)	P (0)	Z (0/1)	J (1)
Basilej	1901-1989	-3	6	9	2	*30	14	27
Berlín	1901-1988	3	5	4	*-27	12	***-25	11
Budapešť	1901-1989	-10	7	9	-14	**34	-6	4
Debrecen	1901-1989	-9	7	-6	***-54	16	5	*48
Frankfurt n. M.	1901-1989	21	-4	-1	2	**40	5	17
Hamburk	1901-1989	-7	11	0	-11	*27	-8	13
Karlsruhe	1901-1989	14	-15	-5	-9	***47	15	**33
Krakov	1901-1989	-15	4	-9	**50	**31	2	30
Kremsmünster	1901-1989	31	-9	9	**41	9	10	*24
Miskolc	1901-1989	-4	3	5	***-51	**35	9	18
Mnichov	1901-1989	22	-20	3	*-37	18	12	2
Pécs	1901-1989	-25	-5	-17	6	***52	8	29
Poznaň	1901-1989	-14	13	-16	-8	4	**15	12
Szeged	1901-1989	-10	-8	-2	-11	*30	9	18
Szombathely	1901-1989	20	*18	-6	7	**31	-3	9
Varšava	1901-1989	-2	8	0	-16	11	-2	**25
Vídeň-Hohe Warte	1901-1991	32	-2	11	**38	7	-7	-3
Vratislav	1901-1989	5	-2	-5	-17	15	0	4
Čechy	1901-1996	5	5	-3	***-36	*24	2	17
Morava	1901-1988	14	0	5	**33	16	-4	1
Slovensko	1901-1991	3	-2	-3	*-21	16	-4	5

Prahu a Milešovku a v zimě (0/1) pro Prahu a Brno. Pokud jde o četnostní rozdělení teplot v těchto dvou sezónách (obr. 10), je v létě (0) patrná tendence k častějším teplým létům při TF ENSO. Na TF jsou vázány také výrazně chladnější zimy (0/1). V řadě intervalů se však četnosti obou fází buď shodují nebo se jen málo liší. Pokud se berou v úvahu jednotlivé měsíce (obr. 11), je během idealizované dvouleté fáze zaznamenán statisticky významný rozdíl současně na všech třech stanicích pouze pro červenec (0) (v květnu (0) souhlasně pro Milešovku a Prahu, v lednu (1) pro Prahu a Brno).

V případě srážek (tab. 3) jsou významně vyšší srážky ve SF ENSO než v TF zaznamenány v létě (0) jak v Čechách, tak na Moravě. Naopak je tomu na podzim (0) v Čechách. Shodný výběr léta (0) v případě teplot a srážek je v souladu s poznatkem, že teplejší léto je spíše sušší (v tomto případě TF ENSO – viz též častější výskyt sušších lét v obr. 10), naopak chladnější léto spíše vlhčí (SF ENSO). V případě měsíčního rozlišení (obr. 11) se obě srážkové řady shodují ve statisticky významných rozdílech v červenci (0) a únoru (1). V Čechách tato situace nastává ještě v červenci (-1) a březnu (1), na Moravě v listopadu (-1), únoru (0) a dubnu (0), vesměs ale jen pro $\alpha = 0,20$.

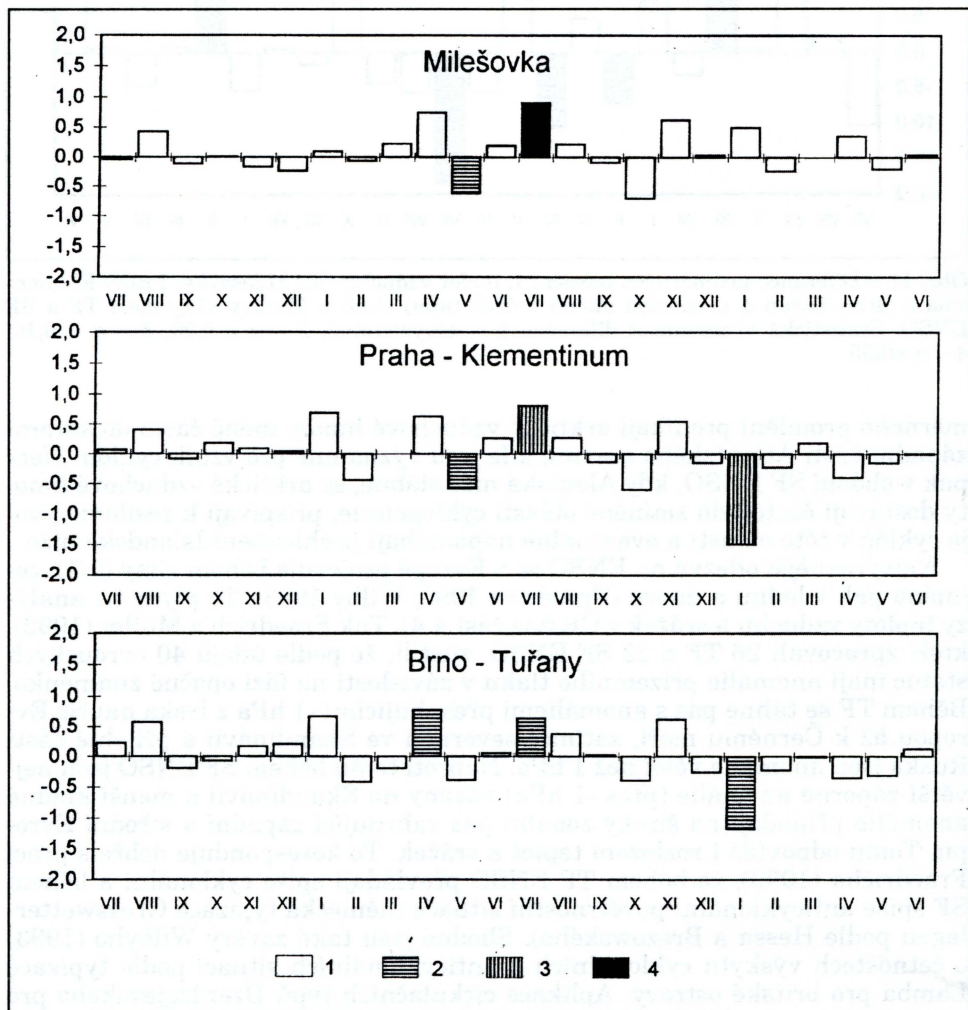
5. Diskuse výsledků v kontextu poznatků o vlivu ENSO v Evropě

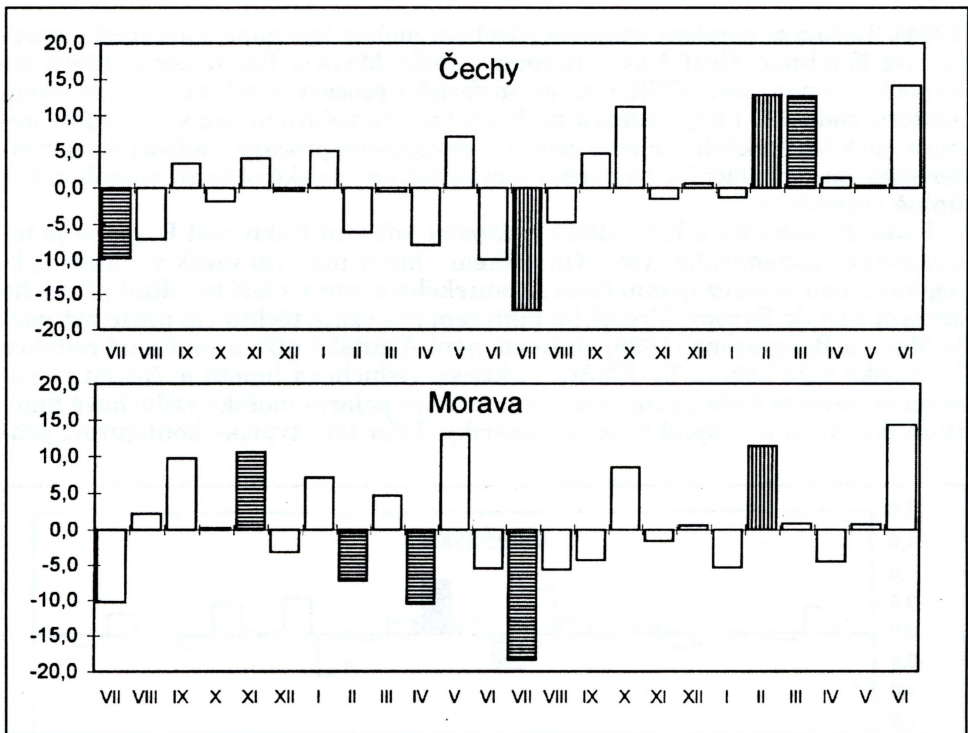
V porovnání s obrovským množstvím prací, týkajících se různých aspektů studia ENSO, je Evropě věnována jen okrajová pozornost. Proto také přehle-



1994). Takovým zdrojem vnějšího působení mohou být např. vulkanické erupce (viz Kirchner, Graf 1995). Nicméně podle Maye a Bengtssona (1996) lze hypotézu o dopadech ENSO na atmosférické procesy v atlantsko-evropském sektoru podpořit, i když odezva na ENSO je zde poloviční než v severních mimotropických šířkách Tichého ceánu a dynamické procesy, vedoucí k charakteristickým cirkulačním poměrům v atlantsko-evropské oblasti, nemohou být úplně vysvětleny.

Podle Fraedricha a kol. (1993) počáteční kolísání tlaku nad Evropou je indukováno stacionárním „vlnovým vlakem“, který má svůj vznik v oblasti cyklogeneze nad severozápadní částí Atlantského oceánu a šíří se odtud přes jeho severní část do Evropy. Určujícím faktorem pro vznik těchto vln může být podle Maye a Bengtssona (1996) zintenzivnění Aleutské níže a současná redukce Islandské níže během TF ENSO. Arktická vzduchová hmota je častěji přiváděna do severní části Tichého oceánu, zatímco polární mořské vzduchové hmoty se dostávají na západ Severní Ameriky. Díky této typické konfiguraci prů-





Obr. 11 – Diference průměrných měsíčních teplot vzduchu (°C) Milešovky, Prahy-Klementina a Brna-Tuřan a měsíčních úhrnů srážek (mm) Čech a Moravy vždy mezi TF a SF ENSO. Statistická významnost diferencí: 1 – nevýznamné, 2 – $\alpha = 0,20$, 3 – $\alpha = 0,10$, 4 – $\alpha = 0,05$.

měrného proudění pronikají arktické vzduchové hmoty méně často do severozápadní části Atlantského oceánu, kde jsou významné pro vznik cyklón. Naopak v období SF ENSO, kdy Aleutská níže slabne, se arktické vzduchové hmoty dostávají častěji do zmíněné oblasti cyklogeneze, přispívají k zesílení vývoje cyklón v této oblasti a eventuálně napomáhají prohloubení Islandské níže.

Nejvýraznější odezva na ENSO se v Evropě projevuje během zimy (0/1), zejména pak v lednu a únoru (Fraedrich 1990; Wilby 1993). To plyne i z analýzy teploty vzduchu a srážek v ČR (viz část 4.4). Tak Fraedrich a Müller (1992), kteří zpracovali 26 TF a 22 SF ENSO, zjistili, že podle údajů 40 evropských stanic mají anomálie přízemního tlaku v závislosti na fázi opačné znaménko. Během TF se táhne pás s anomáliemi přesahujícími -1 hPa z Irska napříč Evropou až k Černému moři, zatímco změny ve Skandinávii a přilehlé části Ruska jsou anomálie větší než 1 hPa. Naproti tomu během SF ENSO jsou největší záporné anomálie (přes -1 hPa) vázány na Skandinávii a menší kladné anomálie připadají na široký zonální pás zahrnující západní a střední Evropu. Tomu odpovídá i rozložení teplot a srážek. To koresponduje dobře s prací Fraedricha (1990), že během TF ENSO převládají spíše cyklonální a během SF spíše anticyklonální povětrnostní situace (německá typizace Grosswetterlagen podle Hessa a Brezowského). Shodné jsou také závěry Wilbyho (1993) o četnostech výskytu cyklonálních a anticyklonálních situací podle typizace Lamba pro britské ostrovy. Aplikace cirkulačních typů Dzerdzejevského pro

Severní polokouli ukazuje na zesílenou zonalitu během TF a zesílenou meridionalitu během SF ENSO (Fraedrich a kol. 1992).

Zcela odlišné jsou pro obě fáze ENSO také převládající dráhy cyklón, odvozené pro 8 zim TF a SF v období 1952 – 1989 (Fraedrich, Müller 1992). Tak během SF se cyklóny pohybují převážně z oblasti cyklogeneze jihovýchodně od Grónska přes Island, Norské moře a severně od Skandinávie k Nové Zemi. Naproti tomu během TF postupují přes Skotsko do střední Evropy a jižní části Baltského moře a dále do Ruska. Další oblast cyklogeneze nad Janovským zálivem s postupem cyklón na východ přes Recko a Turecko je v obou fázích ENSO prakticky shodná. V souladu s touto prací jsou poznatky Sidorenkova (1991) o postupu mimořádně hlubokých cyklón přes Skandinávii během zimy 1982/83 (zima 0/1 TF ENSO) s bouřlivým počasím a povodněmi v okolí Baltského moře, přičemž v lednu 1983 byl zaznamenán anomálně silný zonální přenos vzduchu.

Porovnání výsledků námi provedené analýzy s citovanými pracemi komplikují následující skutečnosti:

- a) použití gridových údajů oproti údajům vybraných stanic v Evropě
- b) různá referenční období použitá pro výpočet anomálií
- c) různá délka období zpracování a tedy i různý počet TF a SF ENSO, odlišných trváním i intenzitou.

S ohledem na předchozí konstatování se proto mohou jako překvapující jevit zejména signifikantní rozdíly mezi TF a SF ENSO v sezónách mimo zimu (0/1). Ovšem v případě srážek uvádí např. Kiladis a Diaz (1989) signifikantní rozdíly mezi oběma fázemi ENSO (TF vlhčí než průměrné podmínky) pro některé izolované části Evropy, zejména její jihozápad, na podzim (0) a dále pro všechny sezóny od léta (0) až do jara (1). Právě v těchto sezónách se objevují signifikantní rozdíly ve srážkách mezi TF a SF ENSO také ve střední Evropě (viz tab. 3). Také Ropelewski a Halpert (1987) uvádí severní Afriku a západní část Středozemního moře jako srážkově senzitivní oblast na ENSO od dubna (0) do listopadu (0). Ve shodě s touto prací Rodó a kol. (1997) zmiňují významný signál ENSO v poli srážek na jaře a na podzim na východě Pyrenejského poloostrova, rozlišení podle TF a SF však neuvádí.

V případě teploty vzduchu uvádí Kiladis a Diaz (1989) signifikantní rozdíly (TF ENSO chladnější než průměr) pro jihovýchod Středozemního moře, západní Evropu a sever Afriky na podzim (0) a pro Skandinávský poloostrov v zimě (0/1). Podle Halperta a Ropelewského (1992) vykazuje západní Evropa a severní Afrika statisticky významnou reakci na ENSO od února (1) do května (1), kdy 17 z 20 SF ENSO mělo podprůměrné teploty. To je dobře patrné i z anomálií teploty vzduchu při SF jara (1) na obr. 9. Pro období od května (0) do září (0) nejsou vyšší teploty během SF v uvedené oblasti významné (Halpert, Ropelewski 1992). Signifikantní rozdíly teplot mezi oběma fázemi ENSO jsou však ve střední Evropě nejčtenější právě v létě (0) (viz tab. 2).

Pokud jde o zimu (0/1), vykazuje ze všech sezón nejvyšší korelaci 0,28 mezi NAO a SOI (stejná pro obě fáze ENSO – období 1901 – 1990). V poli anomálií geopotenciálních výšek hladiny 500 hPa zasluhuje pozornosti zesílení hřebene vyššího tlaku vzduchu na rozhraní oceán – pevnina v jeho jižní části a zeslabení v severní Evropě při SF ENSO (obr. 5, 6). V poli přízemního tlaku je situace analogická popisu Fraedricha a Müllera (1992), tj. pokles tlaku v severní Evropě, vzestup v její jižní polovině. Navíc výraznější pokles tlaku severozápadně od Skandinávie by mohl souviset s výše popsanou drahou cyklón (obr. 8). Vcelku dobrá shoda je patrná i v rozložení teplot s chladnějším jihem

Evropy a teplejší zbylou částí Evropy (obr. 9). V případě zimy (0/1) v TF ENSO připadají na rozdíl od Fraedricha a Müllera (1992) záporné anomálie přízemního tlaku vzduchu jen na východní část Atlantského oceánu a východní Evropu (obr. 8). Lepší shoda je v poli teploty vzduchu, kde záporné anomálie oproti citované práci se rozšiřují i na jižní Evropu (obr. 9). V souladu s prací Fraedricha (1990) je zjištění o častějším výskytu mírnějších zim (0/1) při SF než při TF ENSO ve středoevropské oblasti (tab. 2).

6. Závěr

Získané poznatky týkající se možného vlivu ENSO na pole tlaku vzduchu, teploty vzduchu a srážek v Evropě lze shrnout následovně:

a) Mezi TF a SF ENSO existují rozdíly v charakteru tlakového pole, které se promítají do odlišných cirkulačních podmínek. Ty pak podmiňují rozdíly v poli teploty vzduchu a srážek. Signifikantní rozdíly obou fází ENSO v poli tlaku vzduchu, teploty vzduchu a srážek se ovšem projevují na rozdíl od dosavadních studií nejen v zimě (0/1), ale i v některých dalších sezónách idealizovaného dvouletého trvání fází. Ve středoevropské oblasti jde zejména o teplotu a srážky v létě (0) a srážky na podzim (0). To ukazuje, že bude třeba věnovat větší pozornost i těmto obdobím, nejen zimě (0/1). Mimo možnosti zpracování zůstává vysvětlení fyzikálních procesů, jimiž se může působení ENSO projevit na cirkulační procesy v atlantsko-evropské oblasti.

b) Přes rozdíly ve výchozích datech a metodice zpracování se získané výsledky vcelku dobře shodují s pracemi věnovanými studiu projevů ENSO v evropské oblasti. Na druhé straně jsou ale poplatné kvalitě podkladových gridových údajů a způsobu výběru TF a SF ENSO (problémy překrytu roků, různé intenzity a trvání fází). V případě analýzy pro střední Evropu může mít na získané výsledky vliv i homogenita teplotních a srážkových řad a jejich různá délka.

c) Z pohledu studia kolísání klimatu v ČR je důležité prokázání signálu ENSO v řadách teploty vzduchu a srážek. Se zahrnutím vlivu sluneční činnosti, vulkanické činnosti a skleníkových plynů bude možné empirické posouzení váhy jednotlivých klimatotvorných faktorů na utváření klimatu v regionálním měřítku.

Poděkování: Studie vznikla díky finanční podpoře grantu č. 205/95/0509 Grantové agentury České republiky. Za poskytnutí údajů patří poděkování Franku Keimigovi z Univerzity Massachusetts v Amherstu (gridová data) a Chesterovi Ropelewskému z NOAA v Camp Spring (roky TF a SF ENSO).

Literatura:

- ALLAN, R., LINDESAY, J., PARKER, D. (1996): El Niño Southern Oscillation & Climatic Variability. CSIRO Publ., Collingwood, 408 s.
- BARRY, R. G., CHORLEY, R. J. (1992): Atmosphere, Weather and Climate. Routledge, London, New York, 392 s.
- BÍL, M. (1997): ENSO a jeho možné projevy v kolísání teploty vzduchu a srážek v ČR a ve střední Evropě. Diplomová práce. Katedra geografie PřF MU, Brno, 101 s.
- BRÁZDIL, R. (1986): Variation of atmospheric precipitation in the C.S.S.R. with respect to precipitation changes in the European region. Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Purk. Brun., Geographia 22, Brno, 167 s.

- BRÁZDIL, R., ŠTEKL, J. (1986): Cirkulační procesy a atmosferické srážky v ČSSR. *Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Purk. Brun., Geographia* 23, Brno, 298 s.
- BRÁZDIL, R., ŠTĚPÁNEK, P. (1998): Kolísání teploty vzduchu v Brně v období 1891 – 1995. *Geografie-Sborník ČGS*, 103, č. 1, s. 13-30.
- CANE, M. A. (1983): Oceanographic events during El Niño. *Science*, 222, č. 4629, s. 1189-1195.
- DIAZ, H. F., MARKGRAF, V., eds. (1992): El Niño. Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation. Cambridge University Press, Cambridge, 476 s.
- FLEER, H. (1991): Die sozio-ökologischen Auswirkungen des El Niño Ereignisses. In: Hutter, K., ed.: *Dynamik umweltrelevanter Systeme*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Hong Kong, Barcelona, Budapest, s. 171-186.
- FRAEDRICH, K. (1990): European Grosswetter during the warm and cold extremes of the El Niño/Southern Oscillation. *Int. J. Climatol.*, 10, č. 1, s. 21-31.
- FRAEDRICH, K. (1994): An ENSO impact on Europe? A review. *Tellus*, 46A, č. 4, s. 541-552.
- FRAEDRICH, K., BANTZER, C., BURKHARDT, U. (1993): Winter climate anomalies in Europe and their associated circulation at 500 hPa. *Climate Dynamics*, 8, č. 4, s. 161-175.
- FRAEDRICH, K., MÜLLER, K. (1992): Climate anomalies in Europe associated with ENSO extremes. *Int. J. Climatol.*, 12, č. 1, s. 25-31.
- FRAEDRICH, K., MÜLLER, K., KUGLIN, R. (1992): Northern hemisphere circulation regimes during the extremes of the El Niño/Southern Oscillation. *Tellus*, 44A, č. 1, s. 33-40.
- GLANTZ, M. H. (1996): *Currents of Change: El Niño's Impact on Climate and Society*. Cambridge University Press, Cambridge, 194 s.
- GLANTZ, M. H., KATZ, R. W., NICHOLLS, N. (1991): *Teleconnections Linking Worldwide Climate Anomalies. Scientific Basis and Societal Impact*. Cambridge University Press, Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne, Sydney, 535 s.
- GLYNN, P. W., ed. (1990): *Global Ecological Consequences of the 1982-83 El Niño – Southern Oscillation*. Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo, 563 s.
- HALPERN, D. (1996): Visiting TOGA's past. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, 77, č. 2, s. 233-242.
- HALPERT, M. S., ROPELEWSKI, C. F. (1992): Surface temperature patterns associated with the Southern Oscillation. *J. Climate*, 5, č. 6, s. 577-593.
- HURRELL, J. W. (1995): Decadal trends in the North Atlantic Oscillation regional temperatures and precipitation. *Science*, 269, č. 5224, s. 676-679.
- KILADIS, G. N., DIAZ, H. F. (1989): Global climate anomalies with extremes in the Southern Oscillation. *J. Climate*, 2, č. 9, s. 1069-1090.
- KIRCHNER, I., GRAF, H.-F. (1995): Volcanos and El Niño: signal separation in Northern Hemisphere winter. *Climate Dynamics*, 11, č. 6, s. 341-358.
- MAY, W., BENGTTSSON, L. (1996): On the Impact of the El Niño/Southern Oscillation Phenomenon on the Atmospheric Circulation in the Northern Hemisphere Extratropics. Max-Planck-Institut für Meteorologie, Report No. 224, Hamburg, 61 s.
- METEOROLOGICAL OFFICE (1991): *Meteorological Glossary*. HMSO, London, 335 s.
- MOBERG, A. (1996): *Temperature Variations in Sweden Since the 18th Century*. The Department of Physical Geography, Stockholm University, Dissertation Series, No. 5, 98 s.
- PHILANDER, S. G. (1990): *El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation*. Academic Press, San Diego, New York, Berkeley, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto, 293 s.
- RASMUSSEN, E. M., CARPENTER, T. H. (1982): Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. *Mon. Wea. Rev.*, 110, č. 5, s. 354-384.
- RODÓ, X., BAERT, E., COMIN, F. A. (1997): Variations in seasonal rainfall in Southern Europe during the present century: relationships with the North Atlantic Oscillation and the El Niño-Southern Oscillation. *Climate Dynamics*, 13, č. 4, s. 275-284.
- ROPELEWSKI, C. F. (1995): Osobní sdělení.
- ROPELEWSKI, C. F., HALPERT, M. S. (1987): Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 115, č. 8, s. 1606-1626.
- SCHNEIDER, U., FLEER, H. E. (1989): Development of sea surface temperature, surface wind and divergence anomalies during a composite ENSO episode. *Theor. Appl. Climatol.*, 39, č. 3, s. 146-159.
- SIDORENKOV, N. (1991): The characteristics of the phenomenon El Niño/Southern Oscillation. *Proceed. of Hydromet. Center*, 316, s. 31-41.

TRENBERTH, K. E. (1996): El Niño definition. Exchanges – Newsletter of the Climate Variability and Predictability Programme, 1, č. 3, s. 6-8.

WILBY, R. (1993): Evidence of ENSO in the synoptic climate of the British Isles since 1880. *Weather*, 48, č. 8, s. 234-239.

Summary

EL NIÑO – SOUTHERN OSCILLATION AND ITS EFFECTS ON AIR PRESSURE, AIR TEMPERATURE AND PRECIPITATION IN EUROPE IN THE 20TH CENTURY

ENSO (El Niño – Southern Oscillation), operating in the Pacific region, is the most important sign of instability in the ocean-atmosphere system, which has a remarkable influence on the circulation and exchange of heat (Figures 1–3). Besides, there also exists a long distance connection with the circulation and anomalies of air temperature and precipitation in other parts of the world. In Europe, however, this influence is relatively weak (see a list of papers e.g. in Fraedrich 1994). Some scholars (May, Bengtsson 1996) argue that the impacts of ENSO on atmospheric processes in the Atlantic-European sector are realistic.

This analysis focuses on grid anomalies of the geopotential heights of 500 hPa (1946 – 1991), on the sea level pressure and air temperature (1901 – 1991) in the Atlantic-European region. Air temperature and precipitation at selected stations in Central Europe and in the Czech Republic have also been studied. The warm (cold) events of ENSO have been taken as an idealised interval of two years, including the second half of the preceding year (-1), the given year of the event (0) and the first half of the following year (1) (Figure 4, Table 1).

The geographic distribution of the seasonal fields of anomalies of the 500 hPa geopotential heights, of the sea level pressure and of air temperature (Figures 6, 8, 9) shows certain differences between the two ENSO events. The average circulation patterns in the Atlantic-European region are differently modified (Figures 5, 7). In certain regions the differences of the two events are statistically significant. The pressure anomalies expressed for the warm and the cold ENSO events in winter are the most remarkable ones; in this case, the connection with the North Atlantic Oscillation Index (NAOI) is obvious.

In the case of Central European seasonal temperature series there are statistically significant differences between the two ENSO events in summer (0), when in the warm event the temperatures are higher than in the cold one, and in winter (0/1), when it is vice versa (Table 2). Also precipitation series exhibit statistically significant differences between the two events in summer (0), when at most stations there has been more precipitation in the cold ENSO event. Significantly more precipitation in the warm event than in the cold one has been observed in autumn (0) (Table 3). The results of the analysis for seasonal and monthly temperatures and precipitation on the Czech territory (Figures 10, 11) also fit into this pattern.

The analysis indicates that the differences of the pressure field in the two ENSO events in the Atlantic-European region are projected into different circulation patterns conditioning the differences in the field of air temperature and precipitation. Significant influences have been observed not only in winter (0/1), which has been already discussed in a number previous studies, but also in summer (0) and in autumn (0). The results obtained, however, are influenced by the character of data that has been used (grid data, homogeneity and length of series), and by the method of selection of the warm and cold ENSO events (problems of overlapping of years, different intensities and durations of events).

Fig. 1 – Diagram of Walker's circulation in the Pacific region for the cold (a) and warm (b) event of ENSO (adapted according to Barry and Chorley 1992).

Fig. 2 – Changes in the position of the Pacific Ocean level and the thermocline during the warm (b) and the cold (a) ENSO events (adapted according to Fleer 1991).

Fig. 3 – SST anomalies (°C) averaged for the warm ENSO event in the years 1950 – 1973 (adapted according to Rasmusson and Carpenter 1982).

Fig. 4 – Mean monthly values of SOI during the idealised two-year interval of the warm (1) and cold (2) event of ENSO in the period of 1901 – 1991.

Fig. 5 – Mean seasonal fields of the geopotential heights of 500 hPa (gpm) in the period

of 1951 – 1980 in the Atlantic-European region: a – winter, b – spring, c – summer, d – autumn.

- Fig. 6 – Isolines of mean seasonal anomalies of geopotential heights of 500 hPa in the Atlantic-European region (gpm) in the warm (1) and cold (2) events of ENSO in the period of 1946 – 1991. Reference period 1951 – 1980. Explanation: a – autumn (-1), b – winter (-1/0), c – spring (0), d – summer (0), e – autumn (0), f – winter (0/1), g – spring (1).
- Fig. 7 – Mean seasonal fields of sea level pressure (hPa) in the period of 1951 – 1980 in the Atlantic-European region: a – winter, b – spring, c – summer, d – autumn
- Fig. 8 – Isolines of mean seasonal anomalies of sea level pressure in the Atlantic-European region (hPa x 10) in the warm (1) and cold (2) events of ENSO in the period of 1901 – 1991. Reference period 1951 – 1980. Explanation: a – autumn (-1), b – winter (-1/0), c – spring (0), d – summer (0), e – autumn (0), f – winter (0/1), g – spring (1).
- Fig. 9 – Isolines of the mean seasonal anomalies of air temperature in the Atlantic-European region ($^{\circ}\text{C} \times 100$) in the warm (1) and cold (2) events of ENSO in the period of 1901 – 1991. Reference period 1951 – 1980. Explanation: a – autumn (-1), b – winter (-1/0), c – spring (0), d – summer (0), e – autumn (0), f – winter (0/1), g – spring (1).
- Fig. 10 – Interval frequencies of the occurrence of mean air temperatures ($^{\circ}\text{C}$) at Mt. Milešovka, Prague-Klementinum and Brno-Tuřany (a – summer (0), b – winter (0/1)), and precipitation (mm) in Bohemia and Moravia (a – summer (0), b – autumn (0)) in the warm (full columns) and in the cold (empty columns) events of El Niño.
- Fig. 11 – Differences of mean monthly air temperatures ($^{\circ}\text{C}$) at Milešovka, Prague-Klementinum and Brno-Tuřany climatic stations and monthly precipitation sums (mm) in Bohemia and Moravia; comparison between the warm and cold phase of ENSO. Statistical significance of differences: 1 – insignificant, 2 – $\alpha = 0.20$, 3 – $\alpha = 0.10$, 4 – $\alpha = 0.05$.

(Pracoviště autorů: katedra geografie Přírodovědecké fakulty MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno.)

Do redakce došlo 7. 2. 1998

Lektorovali Jiří Kastner a Ivan Sládek