

Spolupráca medzi Ústavom fyziky atmosféry AV ČR a Ústavom fyziky atmosféry Číny v oblasti výzkumu ozónu

Peter Krížan

Ústav fyziky atmosféry, Boční II, 141 31 Praha 4, krizan@ufa.cas.cz

Abstrakt

V roku 2005 som se zúčastnil konferencie IAMAS, ktorá prebiehala v Bejingu a pri danej príležitosti bola naviazaná spolupráca medzi UFA AV ČR a Ústavom fyziky atmosféry čínskej Akadémie Vied v Bejingu v oblasti výzkumu ozónu. Naša spolupráca sa uskutočňuje v týchto dvoch oblastiach: porovnávanie charakteristík ozónových lamin v strednej Európe a na čínskej ozonosondážnej stanici, ktorá se nachádza v blízkosti Bejingu. Druhá oblasť spoločného výzkumu je zameraná na porovnanie pozemných a družicových meraní celkového ozónu v atmosfére. Zistili jsme, že počet veľkých lamín je menší na čínskej stanici než na staniach v strednej Európe. Počet malých lamín je v lete a na jeseň vyšší na Európskych staniach. Rozdiely v počtu veľkých lamín sú zrejme zapríčinené väčšou vzdialenosťou čínskej stanice od okraja polárneho vortexu. Pri porovnaní pozemných a družicových meraní celkového ozónu sa zistilo, že na všetkých čínskych pozemných staniach, ktoré merajú celkový ozón, pozorujeme nehomogenity v rozdieloch celkového ozónu z pozemných a družicových meraní, avšak tyto rozdiely nepresahujú 5 %. V posledných rokoch pozorujeme zmenšenie rozdielov v hodnotách celkového ozónu, ktoré boli získané z pozemných a družicových meraní na čínskych staniach. Na európskych pozemných staniach, ktoré merajú celkový ozón tieto nehomogenity nepozorujeme.

1. Charakteristiky ozónových lamín v Číne a v strednej Európe

Prvým bodom spolupráce Ústavu fyziky atmosféry v Prahe a Ústavu fyziky atmosféry v Bejingu bolo porovnanie charakteristík ozónových lamín na sondážnej stanici v blízkosti Bejingu s charakteristikami ozónových lamín v strednej Európe. Vertikálny profil ozónu nie je hladká krivka s jedným maximom v stratosfére, ale v tomto profile pozorujeme oblasti zvýšenej (kladné laminy) a zníženej (záporné laminy) koncentrácie ozónu. Výrazné ozónové laminy vo vertikálnom profile ozónu sa vyskytujú hlavne koncom zimy a začiatkom jari. Cez leto a na jeseň sa tieto laminy prakticky nevyskytujú. Viac informácií o laminách najdete v [1].

Definícia laminy

Uvádžeme tu definíciu kladnej laminy. Definícia zápornej laminy je analogická. Podrobnejšie informácie o definíciách lamín najdete v [2]. Každá kladná lamina má tieto tri hlavné body : dolné minimum koncentrácie ozónu, hlavné maximum koncentrácie ozónu v lamine a horné minimum koncentrácie ozónu. Označme OLmin (OHmin) koncentráciu ozónu v dolnom (hornom) minime. Označme HLmin (HHmin) výšku dolného (horného) minima koncentrácie ozónu. Označme Omax koncentráciu ozónu v hlavnom maxime a Hmax výšku hlavného maxima. Aby sme nejakú laminu brali do úvahy musí splňovať nasledujúce kritéria :

$$500 < (HHmin - HLmin) < 3500 \quad (1,1)$$

tj. hrúbka laminy musí byť v intervale od 500 do 3500 m. Spodná hranica tohoto intervalu je daná rozlišovacou schopnosťou sond merajúcich ozónový profil a horná hranica faktom, že laminy sú úzke vrstvy zvýšenej alebo zníženej koncentrácie ozónu.

V lamine musí platiť :

$$Omax - 0.5 * (OLmin + OHmin) > sl \quad (1,2)$$

tj. rozdiel koncentrácie ozónu v maxime a aritmetického priemeru koncentrácií v dolnom a hornom minime musí byť väčší než určitá hodnota a to preto, aby sme brali do úvahy len výrazné laminy. Štandardne sme volili hodnotu sl 40 nbar.

$$(Omax - OLmin) > sl/2 \text{ a } (Omax - OHmin) > sl/2 \quad (1,3)$$

tj. rozdiel koncentrácie ozónu v maxime a dolnom (hornom) minime musí byť väčší než určitá hodnota, preto aby sme brali do úvahy len dobre vyvinuté laminy.

V Číne existuje jedna ozonosondážna stanica, ktorá leží v blízkosti Beijingu a táto stanica meria vertikálny profil ozónu niekoľko krát do týždňa. Z týchto profilov sme určili priemerný počet lamín v profile na stanici Beijing a porovnali sme ho s priemerným počtom lamín na stanicích, ktoré merajú vertikálny profil ozónu v strednej Európe. Jedná sa o tieto stanice: Payerne (Švajčiarsko), Uccle (Belgicko), Lindenberg (Nemecko) a Legionowo (Poľsko). K týmto európskym stanicím sme pripojili i japonskú stanicu Sapporo. Ozónové laminy sme rozdelili na dve skupiny podľa veľkosti na malé (veľkosť v intervale 10-20 nbar) a veľké (veľkosť > 40 nbar). Ročný chod počtu malých lamín je ukázaný na obr.1 – horná časť. Vidíme, že počet malých lamín je nižší na ázijských stanicích, než na európskych a tiež je rozdiel v ročnom chode na stanicích v Európe a v Ázii. Kým v Európe pozorujeme maximum v ročnom chode malých lamín v lete, na ázijských stanicích je toto maximum neskoro na jar. V prípade veľkých lamín (obr.1 – dolná časť) vidíme, že ročný chod je na európskych a ázijských stanicích podobný s maximum skoro na jar a minimum v lete ev. v jeseni. Platí, že v jarnom období je počet veľkých lamín vyšší v Európe než v Ázii. Tieto rozdiely sú zapríčinené rozdielnou vzdialenosťou od okraja polárneho vortexu, pretože európske stanice sú položené severnejšie než stanice v Ázii. Keď sa pozrieme na závislosť počtu lamín na výške ozónového maxima v lamine (obr.2) vidíme, že v prípade malých lamín sa tieto vyskytujú v troposfére a stratosfére, pričom najvyšší počet týchto lamín sa pozoruje v dolnej stratosfére do výšky 15 km nad tropopauzu. Vyššie sa malé laminy vyskytujú len zriedkavo. Ako druhá oblasť výskytu malých lamín je troposféra. V prípade veľkých lamín (obr.3) sa tieto vyskytujú len v spodnej stratosfére do výšky 10 km nad tropopauzou, v troposfére sa veľké laminy nevyskytujú. Výskyt veľkých lamín vo výškach 10 a viac km nad tropopauzou je zriedkavý. Hlavným mechanizmom formovania veľkých lamín je oddelovanie sa na ozón bohatých filamentov od okraja polárneho vortexu. Toto oddelovanie prebieha v spodnej časti polárneho vortexu v najspodnejšej stratosfére, pretože vyššie v stratosfére je vortex silnejší a preto k tomuto oddelovaniu sa nedochádza. V troposfére nepozorujeme veľké laminy, pretože horizontálne gradienty ozónu sú v troposfére malé. V troposfére sú malé ozónové laminy formované napr. gravitačnými vlnami. Koncentrácia troposferického ozónu je v Beijingu zvýšená hlavne v lete v porovnaní s ostatnými uvažovanými stanicami vplyvom znečistenia troposféry exhaláciami.

2. Porovnanie družicových a pozemných meraní celkového ozónu na území Číny

Druhým bodom spolupráce ústavov fyziky atmosféry v Prahe a Beijingu bolo porovnanie družicových a pozemných meraní celkového ozónu na území Číny. Celkový ozón sa meria buď na pozemných stanicích pomocou Dobsonovho ev. Brewerovho spektrofotometra. Tieto merania sú založené na porovnaní intenzity slnečného žiarenia v oblasti vlnových dĺžok, v ktorých ozón slabo a silno absorbuje slnečné žiarenie. Druhým zdrojom údajov o celkovom ozóne sú družicové merania celkového ozónu. Je nutné, aby družicové a pozemné merania celkového ozónu boli v zhode, bez veľkých rozdielov. Preto v tejto časti tohto príspevku porovnáme hodnoty celkového ozónu z družicových a pozemných meraní na území Číny. Celkový ozón sa na území Číny meria na 5 stanicích. Dve stanice sú riadené Ústavom fyziky atmosféry Číny a tri stanice Čínskou meteorologickou akadémiou. Stanice čínskej meteorologickej akadémie majú kratšiu dobu meraní celkového ozónu v porovnaní s meraniami staníc Ústavu fyziky atmosféry. Zoznam staníc a ich geografické charakteristiky sú uvedené v tab.1. Stanice Kunming a Linan predstavuje tropické oblasti Číny, stanice Xiangche a Longfengshan mierne pásmo v Číne a stanica Waliguan je horská stanica. V dňoch, kedy bol na týchto stanicích meraný celkový ozón interpolovali sme hodnoty celkového ozónu z družicových meraní do bodov, ktoré predstavujú polohu pozemných staníc a porovnali sme celkový ozón z oboch typov meraní. Vypočítali sme rozdiel medzi hodnotami celkového ozónu z družicových a pozemných meraní a vyjadrili ho v percentách celkového ozónu z pozemných meraní (DIFF). Na obr. 4 je na stanici Kunming vyjadrené DIFF v jednotlivých dňoch, z ktorých boli súčasne k dispozícii družicové a pozemné merania celkového ozónu. Na ose x je číslo dňa v súvislej postupnosti, ktorá začína 1.1.1997 a končí 31.12.2007. Oblasti bez bodov v grafe znamenajú, že v týchto dňoch neboli simultánne družicové a pozemné merania celkového ozónu. Čiarkované zvislé čiary predstavujú hranice jednotlivých rokov. Eprobe a Omi sú typy senzorov na družiciach slúžiacich na meranie celkového ozónu. Z tohto obrázku je zrejmé, že absolútne hodnoty DIFF sa nachádzajú v intervale od -5 do 5 % a zriedkavo dosahujú 10 %. Dáta zo stanice Kunming možno rozdeliť na dve obdobia a to obdobie 1997 – 2004 a obdobie 2005-2007. Obdobie 1997-2004 sa vyznačuje veľkým rozptylom DIFF s miernou prevahou záporných DIFF, kým obdobie 2005-2007 sa vyznačuje menším rozptylom DIFF s výraznou prevahou záporných DIFF. Na tomto obrázku je takisto vidieť ročný chod DIFF. Ako predstaviteľ staníc siete čínskej meteorologickej akadémie uvádzame na obr.5 DIFF v jednotlivých dňoch zo stanice Longfengshan. Obdobie 1997 -2008 možno rozdeliť na nasledujúce kratšie obdobia: začiatkom roku 1997 so silne zápornými hodnotami DIFF, 1998-2003 s veľkým rozptylom a ročným chodom DIFF a s vysokými absolútnymi hodnotami DIFF, ktoré dosahujú až 15 %. Obdobie 2003-2007 je charakterizované menším rozptylom a ročným chodom DIFF a menšími absolútnymi hodnotami DIFF. Stanice Ústavu fyziky atmosféry Číny sú charakterizované menším rozptylom a ročným chodom DIFF a tiež menšími absolútnymi hodnotami DIFF

v porovnaní so stanicami čínskej meteorologickej akadémie. Rady pozorovaní v sieti ústavu sú dlhšie než rady pozorovaní meteorologickej akadémie a tak v ďalšom už pracujeme len so stanicami Ústavu fyziky atmosféry. Jedná sa o dve stanice : Kunming a Xiangche.

3. Porovnanie DIFF na čínskych a európskych stanicích

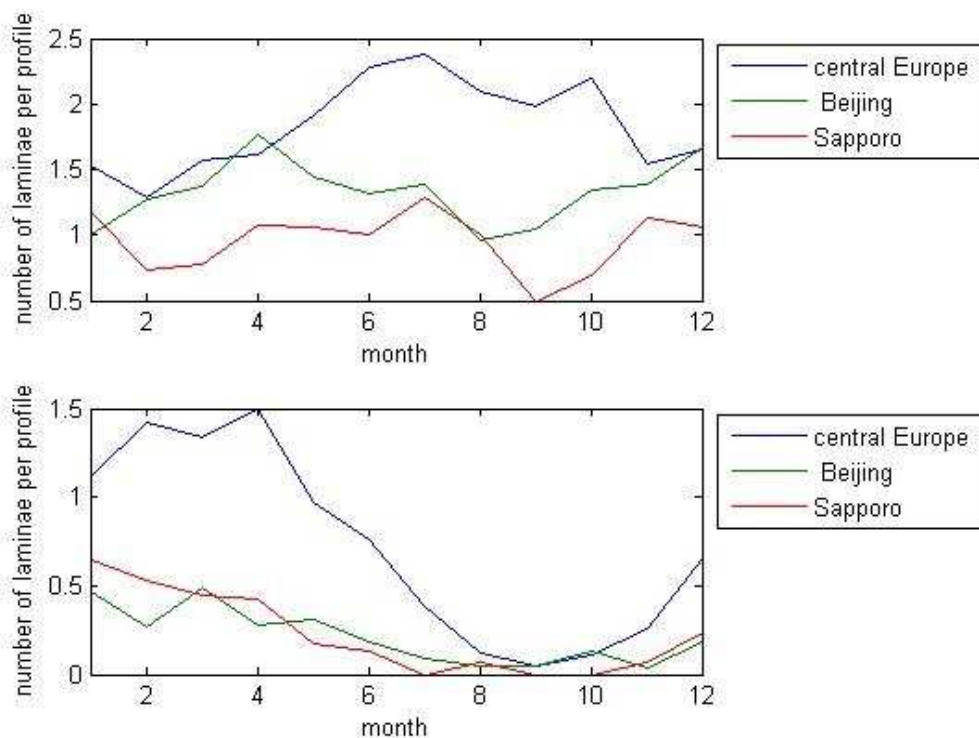
Hodnoty DIFF zo staníc Kunming a Xiangche sme porovnali s hodnotami DIFF s vybraných európskych staníc a z japonskej stanice Sapporo. Takisto sme porovnali závislosť DIFF na hodnote celkového ozónu a na pokrytí oblohy oblačnosťou. Z Európy sme vybrali 2 stanice a to stanicu Hradec Králové a stanicu El Arenosillo v Španielsku, pretože táto má podobnú zemepisnú šírku ako stanica Xiangche v miernych šírkach. Na obr.6 sú znázornené hodnoty DIFF zo stanice Kunming (horná časť) a zo stanice Xiangche (dolná časť) a na obr. 7 hodnoty DIFF zo stanice Sapporo (horná časť) a zo stanice Hradec Králové (dolná časť). Všetky obrázky boli robené za obdobie 1988-2007. Z týchto obrázkov je zrejmé, že hodnoty DIFF ležia i intervale od -10 do 10 %. Ich prevažná časť leží v intervale -5 do 5 %. Nie sú prakticky žiadne rozdiely medzi čínskymi a európskymi stanicami v hodnotách DIFF. Jediný rozdiel je v tom, že na čínskych stanicích pozorujeme voľným okom malé nehomogenity v DIFF, ktoré nepozorujeme v prípade európskych staníc. V poslednej časti tohto príspevku porovnáme závislosť DIFF na hodnote celkového ozónu a na pokrytí oblohy oblačnosťou na čínskych a európskych stanicích. Celkový ozón meraný na pozemnej stanici sme rozdelili na niekoľko intervalov s šírkou 50 D. U.. V každom intervale sme spočítali priemerné DIFF. Podobne aj hodnoty pokrytia oblohy oblačnosťou sme rozdelili do 10 intervalov o šírke 10 %. V každom intervale pokrytia oblohy sme spočítali priemerné DIFF. Pokrytie oblohy oblačnosťou je funkcia odrazivosti v určitom pixeli a túto odrazivosť sme získali z družicových meraní. Výsledky tohto porovnania sú uvedené v obr. 8. V ľavej hornej časti je znázornená závislosť DIFF na celkovom ozóne na stanicích Xiangche a Sapporo a tá istá závislosť pre stanice Kunming a Sapporo je znázornená v ľavej dolnej časti tohto obrázka. Hodnoty ozónu merané na pozemných stanicích v Číne sú vyššie než hodnoty ozónu z družíc na týchto stanicích, kým na stanici Sapporo je tomu naopak. Čiarkovanou čiarou je vyznačený 95 %-ný interval spoľahlivosti pre priemerné hodnoty DIFF, takže rozdiely v DIFF medzi čínskymi stanicami a stanicou Sapporo sú štatisticky významné. S rastúcim celkovým ozónom absolútna hodnota DIFF na čínskych stanicích rastie, kým na stanici Sapporo klesá. Z porovnania závislosti DIFF na odrazivosti na stanicích Sapporo a Xiangche (horný pravý obrázok) a na stanicích Sapporo a Kunming (dolný pravý panel) zistíme, že štatisticky významné rozdiely medzi čínskymi stanicami a stanicou Sapporo sa pozorujú pri nízkej odrazivosti (menšej oblačnosti), kým v prípade veľkej odrazivosti (oblačnosti) sú tieto rozdiely štatisticky nevýznamné. Na obrázku 9 je znázornené rozdiely DIFF na čínskych stanicích (horný obrázok – Xiangche, dolný obrázok – Kunming) a na stanici Hradec Králové. V prípade závislosti DIFF na celkovom ozóne pozorujeme štatisticky významné rozdiely v intervale 280-380 D.U., kde hodnoty ozónu z pozemných meraní sú vyššie než družicové hodnoty ozónu na čínskych stanicích. Pri hodnotách ozónu vyšších než 380 D.U. nepozorujeme štatisticky významné rozdiely medzi čínskymi stanicami a stanicou Hradec Králové. Podobne nepozorujeme významné rozdiely v závislosti DIFF na reflektivitě medzi čínskymi stanicami a stanicou Hradec Králové.

4. Záver

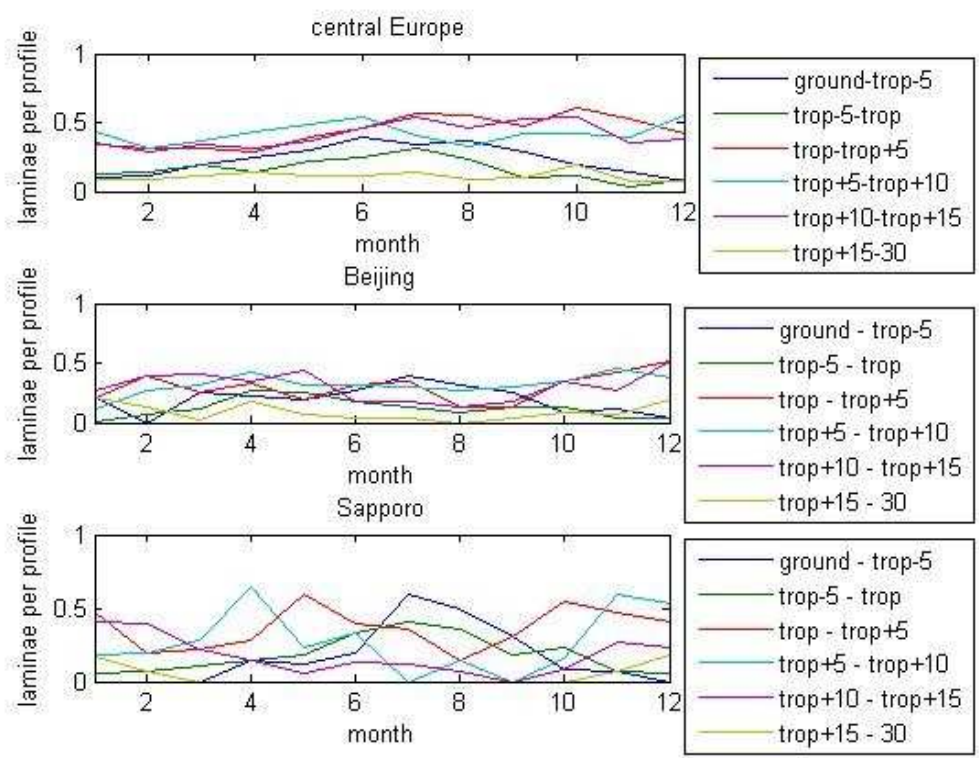
1. Rozvíja sa spolupráca medzi Ústavom fyziky atmosféry v Prahe a Ústavom fyziky atmosféry čínskej akadémie vied v Beijingu
2. Absolútne hodnoty DIFF na stanicích Ústavu fyziky atmosféry čínskej akadémie vied sú porovnateľné s hodnotami DIFF na európskych stanicích a na stanici Sapporo a tak údaje z čínskych staníc sa dajú použiť pre vedecké účely.
3. Absolútne hodnoty DIFF sú na stanicích čínskej meteorologickej akadémie vyššie než na stanicích Ústavu fyziky atmosféry čínskej akadémie vied.
4. Rozdiely medzi čínskymi stanicami a stanicou Sapporo závislosti DIFF na množstve celkového ozónu a na pokrytí oblohy oblačnosťou sú výraznejšie než tieto rozdiely medzi čínskymi stanicami a stanicou Hradec Králové.

Literatúra

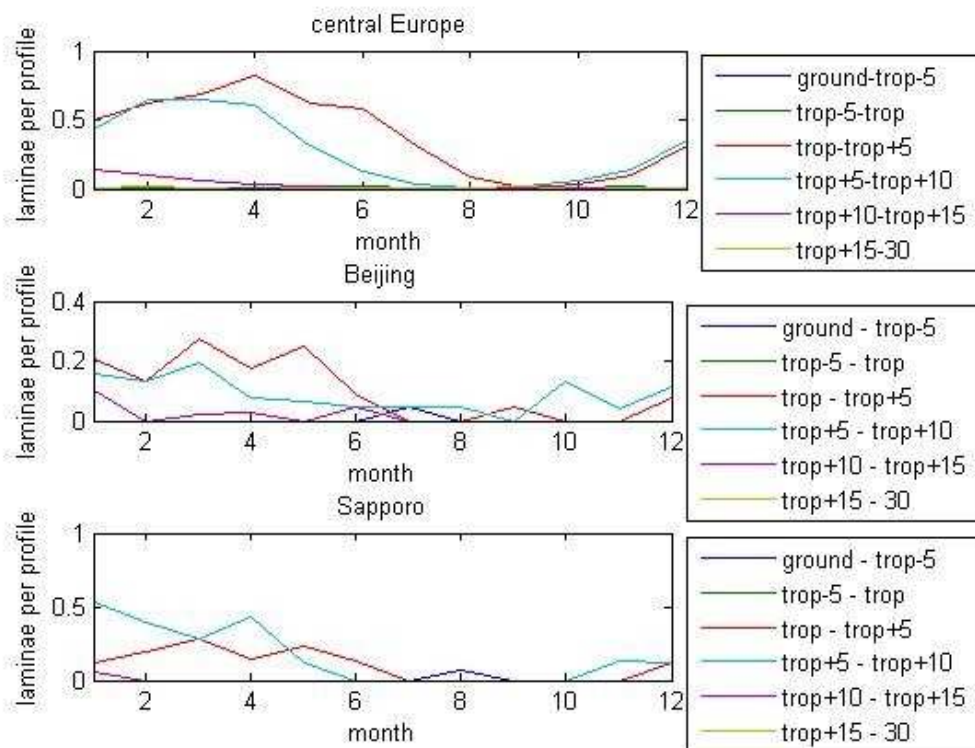
- [1]. Reid S.J. and Vaughan G., 1991: Lamination in ozone profiles in the lower stratosphere. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 117, 825-844.
- [2]. Križan, P., and Laštovička, J.: Definition and determination of ozone laminae in ozone profiles, *Studia Geoph. Geod.*, 48, 777-789, 2004.



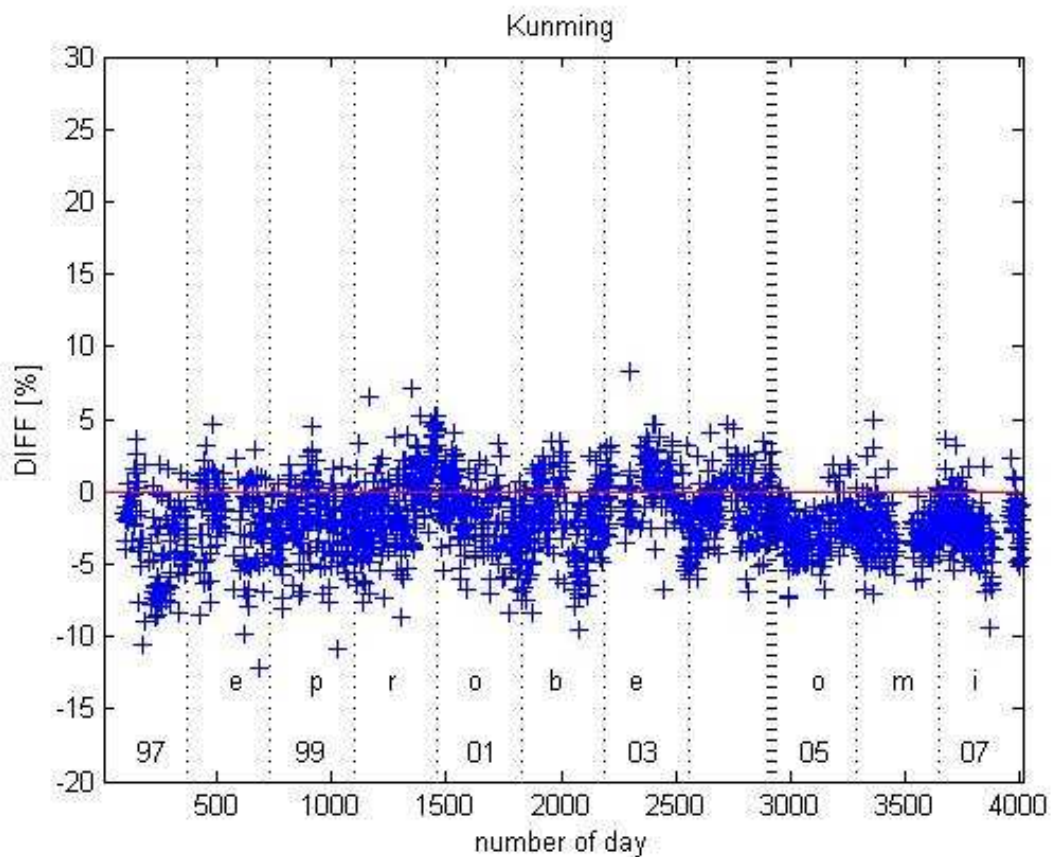
Obr.1: Ročný chod počtu malých (horná časť) a veľkých (dolná časť) lamín na európskych a ázijských ozonosondážnych staniciach.



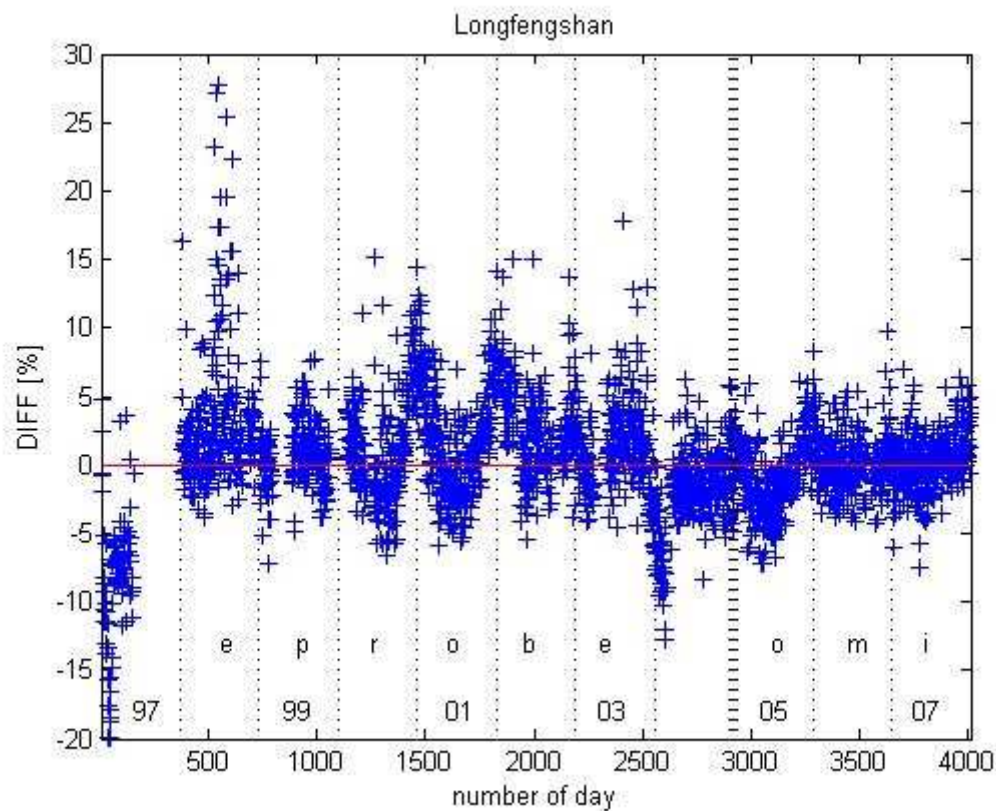
Obr.2: Ročný chod počtu malých lamín v intervaloch výšky ozónového maxima v lamine na európskych ozonosondážnych staniciach (horná časť), na stanici Beijing (stredná časť) a na stanici Sapporo (dolná časť). Trop- výška termálnej tropopauzy.



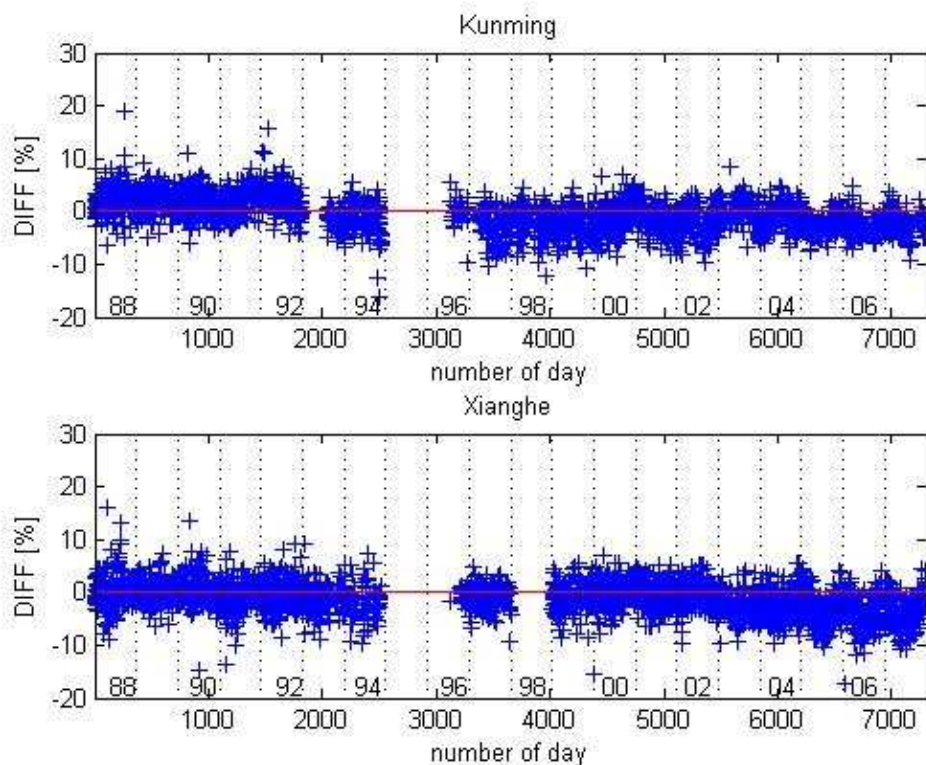
Obr. 3: Ako obr.2, ale pre veľké laminy



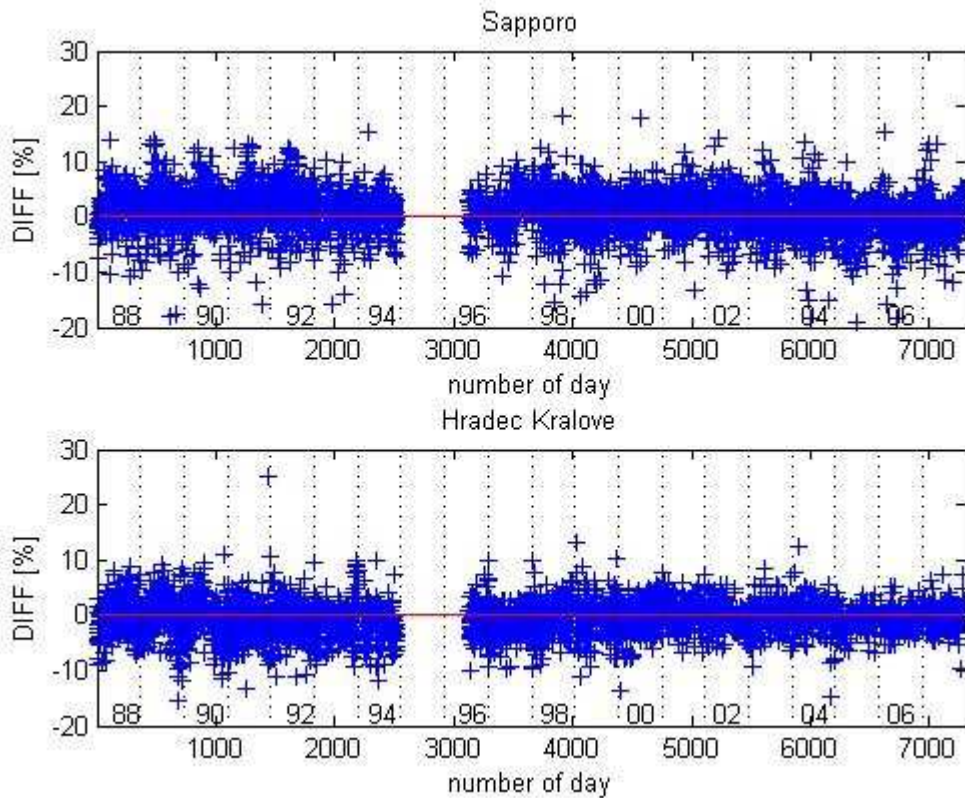
Obr.4: Hodnoty DIFF v období 1997-2008 na stanici Kunming.



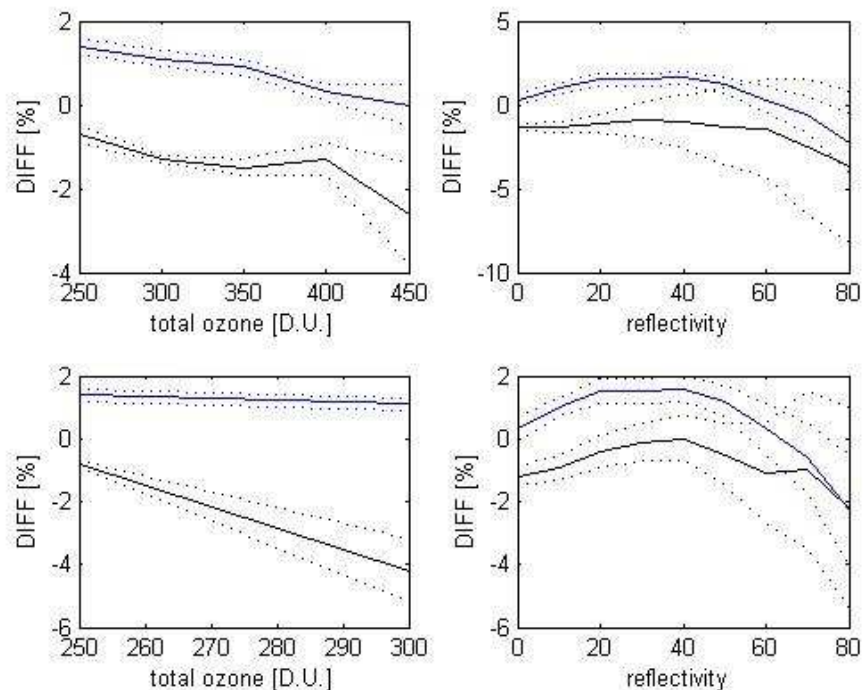
Obr.5: Hodnoty DIFF v období 1997-2008 na stanici Longfengshan.



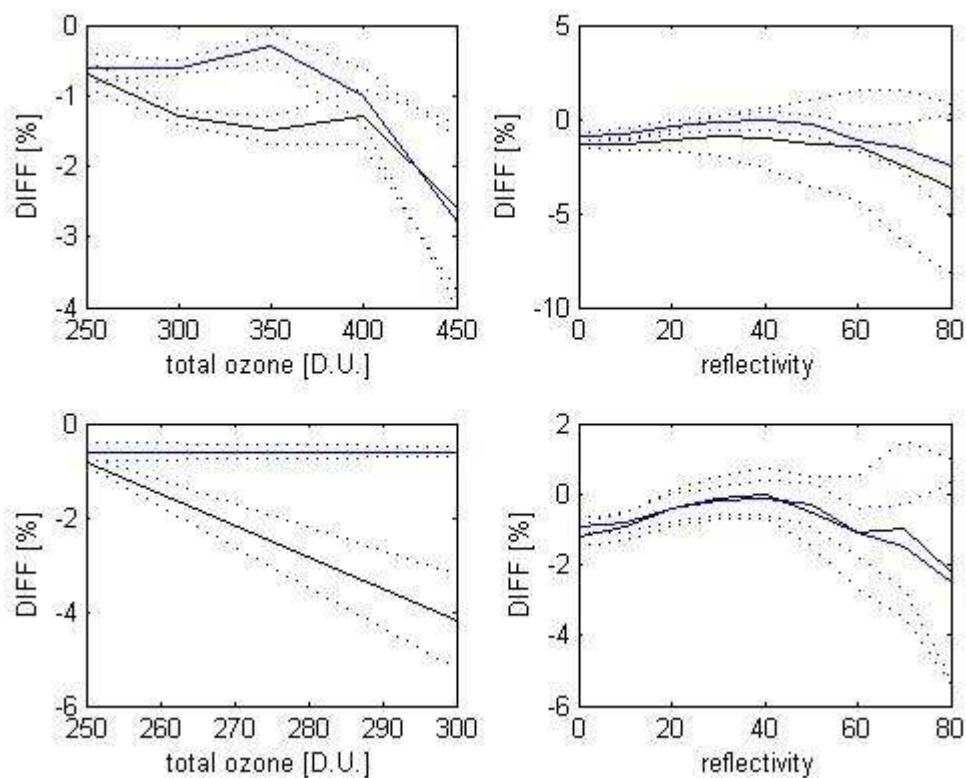
Obr.6: Hodnoty DIFF v období 1988-2008 na stanici Kunming (horná časť) a na stanici Xianghe (dolná časť).



Obr.7: Hodnoty DIFF v období 1988-2008 na stanici Sapporo (horná časť) a na stanici Hradec Králové (dolná časť).



Obr.8 : Závislosť priemerných hodnôt DIFF (čierna plná čiara) na stanici Xianghe a na stanici Sapporo (modrá plná čiara) na hodnotách celkového ozónu – horná ľavá časť, na odrazivosti –horná pravá časť, to samé ako v hornej ľavej časti, ale pre stanice Kunming a Sapporo – dolná ľavá časť, to samé ako pravá horná časť, ale pre stanice Kunming a Sapporo- pravá dolná časť. Čierne bodkované čiary znamenajú 95 %-né intervaly spoľahlivosti.



Obr.9 : To samé ako obr.8, ale pre miesto dát zo stanice Sapporo sú v obrázku znázornené dáta zo stanice Hradec Králové.

station	location	Above sea level	Representative region	type of instrument
Kunming	25.03 °N, 102.7 E	1917m	Southwest China	Dobson
Xianghe	40.0 °N, 116.4 °E	80m	North China	Dobson
Waliguan	36.3 °N, 100.9 °E	3810m	Northwest China	Brewer
Longfengshan	44.75 °N , 127.6 °E	314m	Northeast China	Brewer
Linan	30.3 °N, 119.7 °E	132m	East China	Brewer

Tab. 1: Geografické charakteristiky čínskych pozemných staníc merajúcich celkový ozón.