

UGOTAVLJANJE VIROV ONESNAŽENJA Z OZONOM S POMOČJO TRAJEKTORIJ

OZONE POLLUTION SOURCES DETECTION WITH TRAJECTORIES

Špela PIRNAT¹

(mentor Tomaž VRHOVEC²)

pripravil mentor² 8. avgusta 2000

sprejeto v dokončni obliki 22. novembra 2000

POVZETEK

Trajektorije so krivulje s katerimi ponazarjamo gibanje delov zraka v atmosferi. Točnost trajektorij je odvisna od načina računanja, gostote prostorske mreže, dolžine časovnega koraka in vremenskih razmer. Z različnimi načini urejanja trajektorij, računanih za Zavižan in Ljubljano, smo si skušali ustvariti sliko o vzorcih gibanja delov zraka. Pregledali smo kakšna je razlika horizontalnih pozicij računanih za Ljubljano in za Zavižan. Trajektorije smo kot orodje uporabili pri razlagi primerov povišane koncentracije ozona. Rezultati so pokazali, da so trajektorije, računane v obdobjih povečane koncentracije ozona, v povprečju krajše.

SUMMARY

A modelled trajectory is an estimate of the pathway of an air parcel. The accuracy of trajectory depends on the procedure for computations, the spatial and temporal resolution of meteorological data and the weather conditions. There are two basic methods of grouping the trajectories: sector analysis and cluster analysis. Sector analysis was used to group trajectories calculated for Zavižan. We calculated the differences between the horizontal positions of the trajectories for Zavižan and for Ljubljana. We used trajectories as a tool to analyse ozone episodes. The results showed that the trajectories calculated at the time of ozone episode are shorter than average trajectories.

1 UREJANJE TRAJEKTORIJ

Trajektorije (izobarne ali izentropne) urejamo z dvema metodama: s sektorsko analizo in z razporejanjem trajektorij v skupine (cluster analysis). *Sektorska analiza* razdeli prostor okoli

¹ Špela Pirnat

² Tomaž Vrhovc, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Oddelek za fiziko, Katedra za meteorologijo, Jadranska 19, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, tomaz.vrhovec@uni-lj.si

kraja po smereh vetrov v kotne izseke široke 45°, včasih pa so nekateri sosednji izseki združeni v en sektor. Preštejemo trajektorije, ki prihajajo v izbrani kraj iz smeri posameznega sektorja. Poleg smeri upoštevamo še dolžino trajektorije. *Razporejanje trajektorij v skupine* je multivariantna statistična tehnika. Razporeditev dosežemo z uporabo matematičnih kriterijev, s katerimi iščemo največjo podobnost znotraj posameznih skupin, skupine pa naj bodo med seboj kar najbolj različne. Vsaka skupina je predstavljena z v njej povprečno trajektorijo. Zraven podamo zasedenost skupine, podano v odstotkih celote, enodnevnih pomiki so označeni. Za ločevanje trajektorij uporabimo 20 lokacij vzdolž trajektorije (točka vsakih 12 ur, za 10 dni, geografska dolžina in širina). Vsako trajektorijo tako določi vektor s 40 komponentami, iščemo evklidsko najbližje trajektorije. Zaradi stekanja poldnevnikov moramo uporabiti rotacijo koordinat na sferi.

1.1 Določanje izobarnih in izentropnih trajektorij

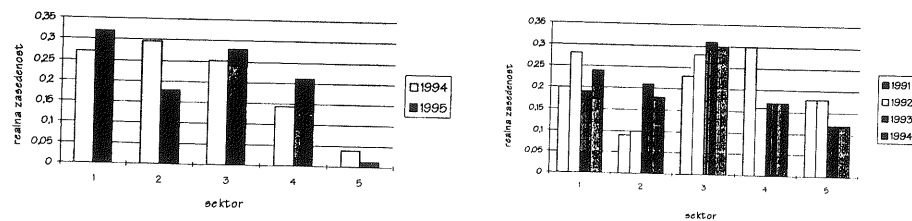
Operativno določanje *izobarnih* trajektorij na ploskvah 850, 700 in 500 hPa na HMZ poteka na podlagi prognozičnih polj ECMWF in z metodo zaporednih popravkov. Računajo trajektorije za 24 in 48 ur nazaj za lokacijo Ljubljana, z njo se določi točko, od koder bo prišel zrak. Ker računajo na podlagi prognoziranih polj in ker kakovost prognoze s časom upada, so prvi segmenti trajektorije (ki pa jo najbolj determinirajo) najmanj natančni. *Izentropne* trajektorije so bile izračunane s programom CMDL (NOAA). Prednost izentropnih trajektorij pred izobarimi je v tem, da se pri izentropnih upoštevajo znatni vertikalni premiki zraka in vertikalno vetrovno striženje. Delu zraka pa ni mogoče vedno slediti z izentropno trajektorijo, saj izentropne pogosto poniknejo v tla ali pa je izentropna ploskev vertikalna ali zvita. Trajektorije CMDL računajo na podlagi analiziranih (izmerjenih) vrednosti modela ECMWF. Trajektorije so zato natančnejše, ni pa možno napovedovanje bodočih stanj. Na HMZ dobijo vsak dan takšne trajektorije za postajo Zavižan na Hrvaškem.

2 REZULTATI SEKTORSKE ANALIZE IN RAZPOREDITVE V SKUPINE

Sektorska analiza je bila opravljena za izobarne trajektorije za Ljubljano in za izentropne za Zavižan (sliki 1 in 2). Največ trajektorij pade v sektor 1 (Ljubljana) in v sektor 3 (Zavižan). Za Zavižan je bistveno pogostejši sektor 5.

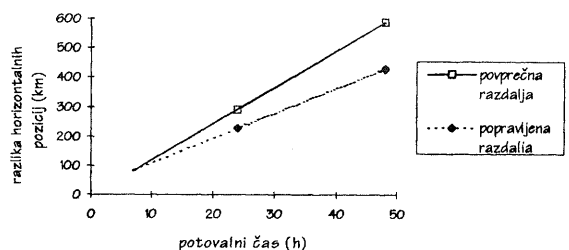
Razporeditev v skupine je za trajektorije za Zavižan opravil Vidic in sod. (1995). Izoblikovanih je šest skupin, pogoste so trajektorije iz severozahodnih smeri, iz te smeri so trajektorije tudi dolge, krajše trajektorije pa so iz smeri W-SW, ki so hkrati najpogostejše.

Izračunali smo tudi, za koliko se razlikujeta točki, kjer je trajektorija en in dva dni pred prihodom v končno točko (slika 3). Ciljni točki Ljubljana in Zavižan se razlikujeta 1.30° N-S in za 0.50° v smeri W-E. Razlike pozicij smo zato korigirali.



Slika 1. in 2. Porazdelitev trajektorij po sektorjih. 1: levo, izobarne za Ljubljano, 2: desno, izentropne za Zavižan. Definicija sektorjev: 1: WNW-N, 293° – 360°; 2: W, 247° – 293°; 3: S-SW: 113°-247°; 4: E, 0°-113°; 5: šibki vetrovi, brez izrazite smeri.

Figure 1. and 2. Trajectories according to directions sectors. 1: left, isobaric for Ljubljana, 2: right, isentropic for Zavižan. Definitions of sectors: 1: WNW-N, 293° – 360°; 2: W, 247° – 293°; 3: S-SW: 113°-247°; 4: E, 0°-113°; 5: weak winds, direction not clear.

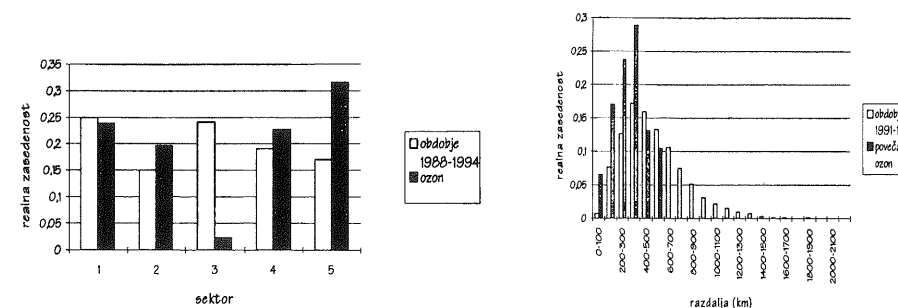


Slika 3. Razlike horizontalnih pozicij izobarne in izentropne trajektorij v odvisnosti od časa potovanja
Figure 3. Differences between horizontal positions of isobaric and isentropic trajectories according to the travel time.

3 UPORABA TRAJEKTORIJ ZA PREUČEVANJE POVEČANIH KONCENTRACIJ OZONA NA KRVAVCU

Merilna postaja Krvavec leži visoko nad Ljubljansko kotlino. Koncentracija ozona z višino narašča, spreminja se z letnim časom (maksimum poleti). Na Krvavcu izmerijo včasih povečane koncentracije ozona večja od 70 ppb. V obdobju 1991-1995 smo našli 59 takšnih dni, obravnavali pa smo jih 16. Naredili smo sektorsko analizo trajektorij za izbrane termine ter rezultate primerjali z večletnim povprečjem. Ugotovimo lahko, da je izrazito manj »ozonskih« trajektorij iz sektorja 3 (S-SW), več pa v sektorju 5 (šibki vetrovi) (slika 4).

Ugotavljali smo tudi dolžino izentropnih trajektorij za ozonske epizode (slika 5). Dolžino takšnih eno in dvodnevne trajektorij smo primerjali z dolžinami vseh trajektorij. Enodnevne in dvodnevne dolžine izentropnih trajektorij so za ozonska obdobja bistveno krajše od vseh eno- in dvo- dnevne trajektorij (slika 4). Zrak z večjimi koncentracijami ozona torej priteka iz razmeroma bližnje okolice (viri v razdalji do 1000 km). Upoštevati pa moramo, da je vzorec trajektorij za obdobja s povečanimi koncentracijami ozona majhen.



Slika 4 (levo). Porazdelitev po sektorjih za desetdnevne trajektorije skupaj s pogostnostjo povečanih koncentracij ozona na Krvavcu.

Figure 4 (left): Distribution of 10-days trajectories according to sectors together with frequencies of elevated ozone concentrations at Krvavec.

Slika 5 (right). Porazdelitev po dožini za enodnevne trajektorije skupaj s pogostnostjo povečanih koncentracij ozona na Krvavcu.

Figure 5 (right): Distribution of 1-day trajectories according their length together with frequencies of elevated ozone concentrations at Krvavec.