

SEVERNOATLANTSKA OSCILACIJA

Nina Črnivec

Mentor: prof. dr. Nedjeljka Žagar

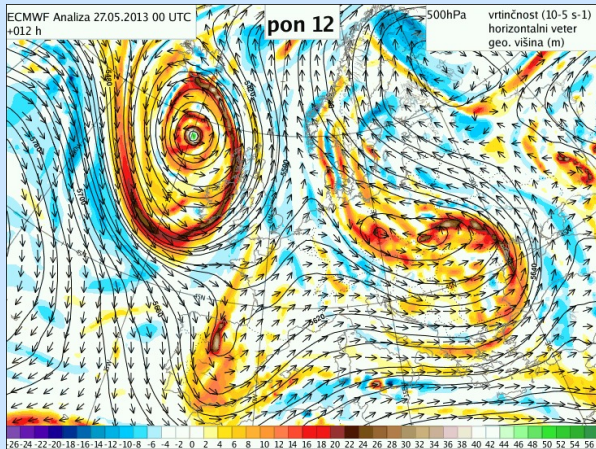
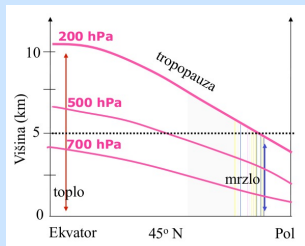
Seminar, 3. letnik

- 1 Osnovne lastnosti sinoptičnega toka v zmernih zemljepisnih širinah
- 2 Severnoatlantska oscilacija (NAO)
- 3 Indeks NAO
- 4 Pozitivna in negativna faza NAO
- 5 Metoda empiričnih ortogonalnih funkcij pri analizi NAO
- 6 Dinamični in geografski dejavniki NAO
- 7 Zgodovinske rekonstrukcije in časovni profil NAO
- 8 Zaključek

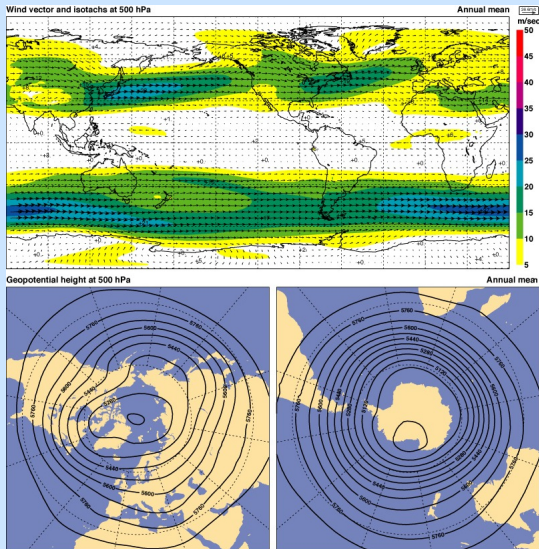
Osnovne lastnosti sinoptičnega toka v zmernih zemljepisnih širinah - dnevno stanje

Polje geopotencialne višine in vetra na 500 hPa.

Višinske karte!



Osnovne lastnosti sinoptičnega toka v zmernih zemljepisnih širinah - klimatologija

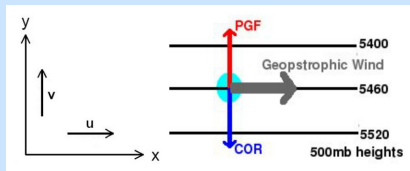


Osnovne lastnosti sinoptičnega toka v zmernih zemljepisnih širinah

Gibanje toka je pretežno horizontalno.

2D gibalna enačba

$$\frac{d\mathbf{V}_H}{dt} = -\frac{1}{\rho} \nabla p - f \mathbf{k} \times \mathbf{V} + \mathbf{F}_{tr,H}.$$



Geostrofski približek - ravnotežje sil gradienta tlaka in Coriolisove sile.

Geostrofsko ravnovesje - (x,y,z) sistem

$$+fu \approx -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y}$$

$$-fv \approx -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x}$$

Geostrofsko ravnovesje - (x,y,p) sistem

$$+fu \approx -\frac{\partial \phi}{\partial y}$$

$$-fv \approx -\frac{\partial \phi}{\partial x}$$

V zmernih zemljepisnih širinah prevladujejo **zahodni vetrovi** (klimatologija).

Severnoatlantska oscilacija opisuje stanje variabilnosti zahodnega toka v zmernih zemljepisnih širinah.

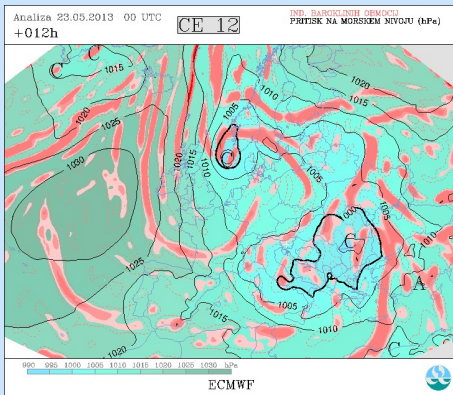
- severnoatlantska
- oscilacija ?

Severnoatlantska oscilacija je ena najbolj značilnih nizkofrekvenčnih variabilnosti cirkulacije v zmernih zemljepisnih širinah.

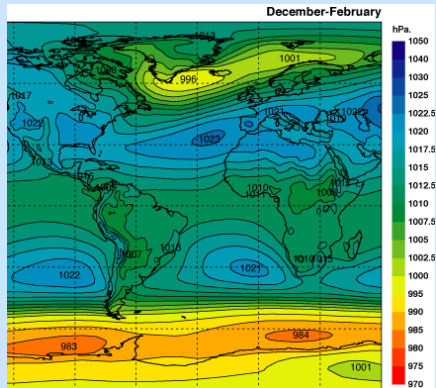
Pojav je posebno izrazit v zimskih mesecih.

Polje tlaka na nivou morja

Dnevno stanje



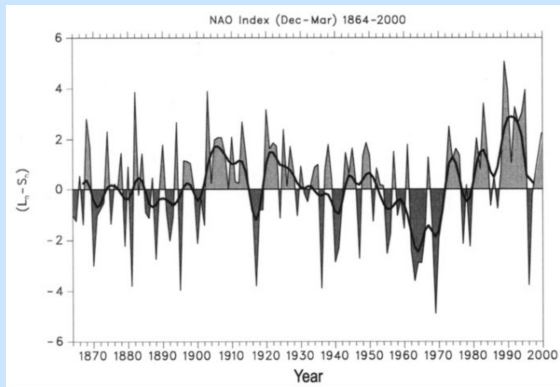
Klimatologija



Indeks NAO

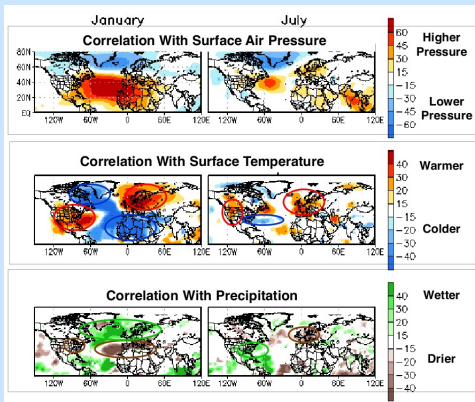
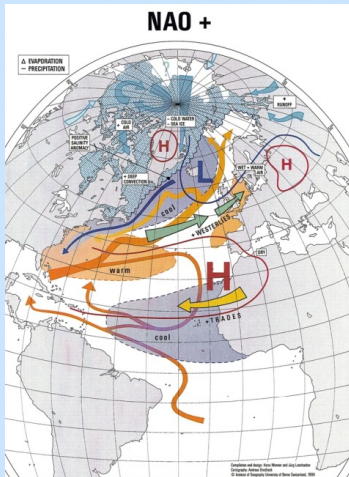
- Hurrell: Lizbona - Stykkisholmur.

$$NAOI = \frac{p_{L-S} - \langle p_{L-S} \rangle}{\sigma}$$



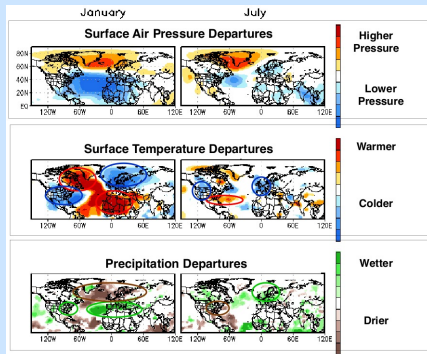
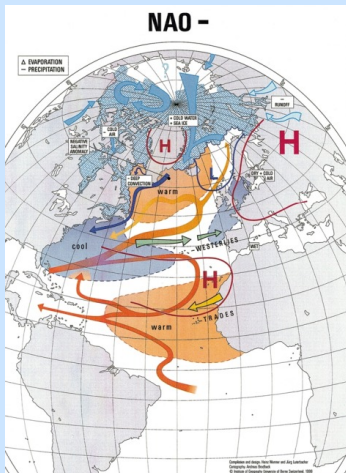
Pozitivna faza NAO

- Izraziti polji visokega in nizkega zračnega tlaka.
- Večja hitrost zahodnih vetrov (jugozahodniki).
- Srednja in severna Evropa - mile in vlažne zime.
- Južna Evropa - hladne in suhe zime.



Negativna faza NAO

- Šibkejši polji visokega in nizkega zračnega tlaka.
- Manjša hitrost zahodnih vetrov.
- Pogosti vdori arktičnega zraka v severne dele Evrope.
- Srednja in severna Evropa - hladne in suhe zime.
- Južna Evropa - tople in vlažne zime.



Metoda empiričnih ortogonalnih funkcij

Dva osnovna namena:

- 1 Boljši vpogled v prostorska in časovna odstopanja proučevanega polja geofizikalnih spremenljivk.
- 2 Zmanjšanje števila redundantnih podatkov.

Obravnavamo polje poljubne prostorsko in časovno odvisne skalarne spremenljivke $f(x,t)$. Vrednosti spremenljivke izmerimo hkrati na M merilnih mestih ob N različnih časih.

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \cdots & \cdots & \cdots & f_{1N} \\ f_{21} & f_{22} & \cdots & \cdots & \cdots & f_{2N} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & f_{mn} & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ f_{M1} & f_{M2} & \cdots & \cdots & \cdots & f_{MN} \end{bmatrix} \quad (1)$$

V zgornji matriki neposredno izmerjene podatke nadomestimo z **odstopanji od povprečne vrednosti**.

Metoda empiričnih ortogonalnih funkcij

Cilj: Poiskati želimo ortogonalno bazo novega vektorskega prostora $\{\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \dots, \mathbf{e}_M\}$, tako, da novi bazni vektorji \mathbf{e}_k **zaporedoma** kažejo v smereh največje variabilnosti vektorjev \mathbf{f}_n . Zahtevamo medsebojno ortonormiranost vektorjev množice $\{\mathbf{e}\}$:

$$(\mathbf{e}_k \cdot \mathbf{e}_j) = \mathbf{e}_k^T \mathbf{e}_j = \begin{cases} 1 & \text{za } k = j, \\ 0 & \text{za } k \neq j. \end{cases} \quad (2)$$

Množico vektorjev $\{\mathbf{e}\}$ imenujemo **empirične ortogonalne funkcije**.

V matematičnem smislu želimo **zaporedoma**, za $k = 1, \dots, M$, maksimizirati izraz:

$$\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N [\mathbf{f}_n \cdot \mathbf{e}_k]^2 = \frac{1}{N} [\mathbf{e}_k^T \mathbf{F} \mathbf{F}^T \mathbf{e}_k] = \mathbf{e}_k^T \mathbf{R} \mathbf{e}_k. \quad (3)$$

Kovariančna matrika \mathbf{R} :

$$\mathbf{R} = \frac{1}{N} \mathbf{F} \mathbf{F}^T. \quad (4)$$

Problem iskanja lastnih vrednosti:

$$\mathbf{R} \mathbf{e}_k = \lambda_k \mathbf{e}_k. \quad (5)$$

Lastne vrednosti uredimo po velikosti: $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_M$.

Metoda empiričnih ortogonalnih funkcij

Sled matrike \mathbf{R} je invariantna na transformacijo baze:

$$\sum_{m=1}^M r_{mm} = \sum_{k=1}^M \lambda_k. \quad (6)$$

Delež celotne variance v smeri vektorja \mathbf{e}_k :

$$\frac{\lambda_k}{\sum_{k=1}^M \lambda_k}$$

Razvoj \mathbf{f}_n po bazi EOF:

$$\mathbf{f}_n = \sum_{k=1}^M c_{kn} \mathbf{e}_k \quad (7)$$

Koeficienti c_{kn} :

$$c_{kn} = \mathbf{e}_k^T \mathbf{f}_n. \quad (8)$$

Rekonstrukcija podatkov:

$$\mathbf{F} = \mathbf{E}\mathbf{C}. \quad (9)$$

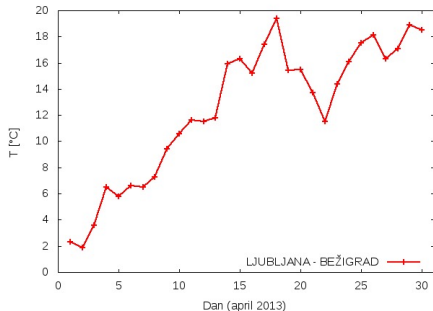
Delna rekonstrukcija podatkov:

$$\mathbf{F}_r = \mathbf{E}_r \mathbf{C}_r. \quad (10)$$

Metoda EOF - primer v 2D

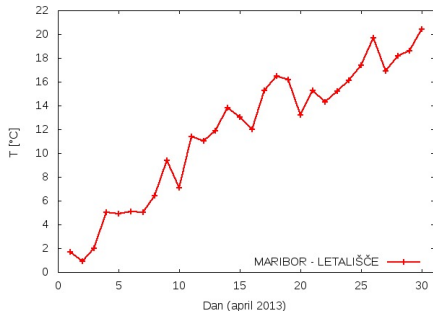
Ljubljana

Ljubljana - povprečna temperatura zraka na 2m



Maribor

Maribor - povprečna temperatura zraka na 2m



Kovariančna matrika:

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 31,7 & 27,9 \\ 27,9 & 26,7 \end{bmatrix}$$

Lastni vrednosti:

$$\lambda_1 = 57,2$$

$$\lambda_2 = 1,2$$

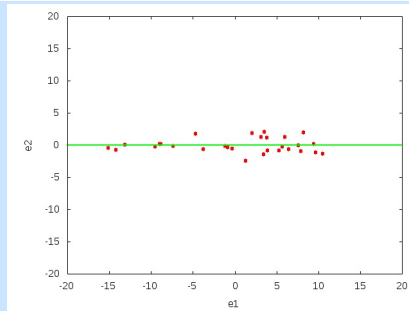
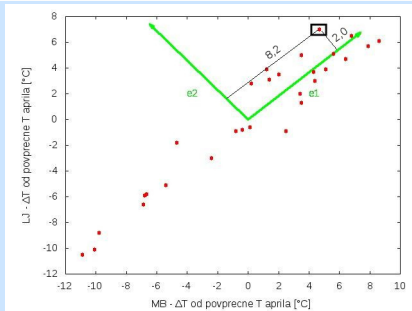
Lastna vektorja:

$$\mathbf{e}_1^T = (0,738; 0,675)$$

$$\mathbf{e}_2^T = (-0,675; 0,738)$$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2} = 0,980$$

Metoda EOF - primer v 2D



$$c_{1n} = \mathbf{e}_1^T \mathbf{f}_n$$

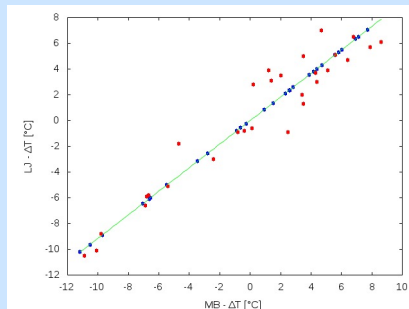
$$c_{2n} = \mathbf{e}_2^T \mathbf{f}_n$$

- Popolna rekonstrukcija:

$$\mathbf{f}_n(p.r.) = c_{1n}\mathbf{e}_1 + c_{2n}\mathbf{e}_2$$

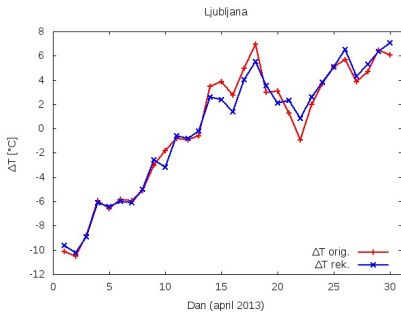
- Delna rekonstrukcija:

$$\mathbf{f}_n(d.r.) = c_{1n}\mathbf{e}_1$$

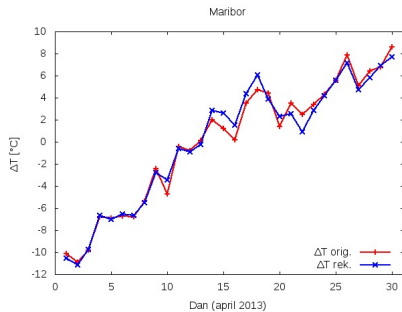


Metoda EOF - primer v 2D

Ljubljana



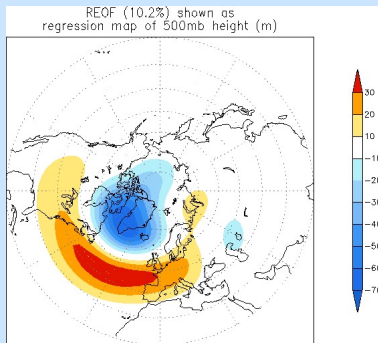
Maribor



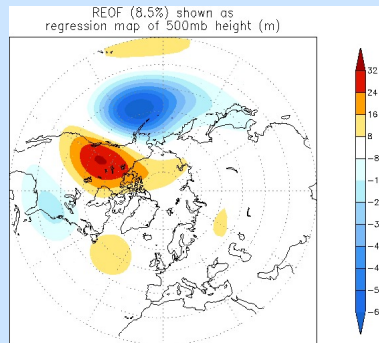
Uporaba metode EOF pri analizi NAO

Z metodo EOF analiziramo:

- polje tlaka na nivoju morja,
- polje geopotencialne višine.



Vzorec NAO



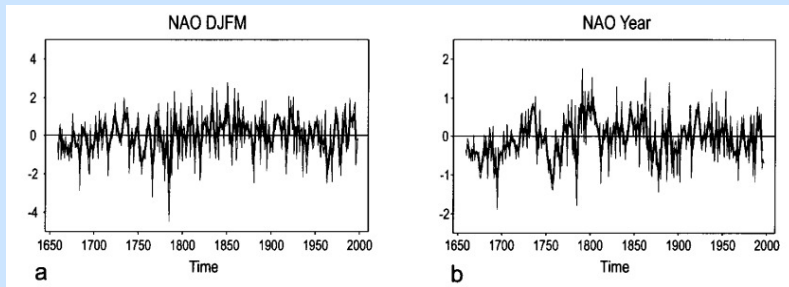
Vzorec PNA

Dinamični in geografski dejavniki NAO

- Kratkoročna dinamika NAO - v ospredju atmosferska dogajanja.
- NAO ni izoliran atmosferski pojav!
- Kompleksen sistem: izmenjava toplotnih tokov med oceani in ozračjem, spremembe slanosti in zaledenitve morja, sončno obsevanje, izhlapevanje, vlažnost, ipd.
- Manj raziskani dejavniki: povezava med troposfero in stratosfero, vulkanski izbruhi, koncentracija ozona.
- Celostnih dolgoročnih vplivov posameznih dejavnikov ne poznamo.

Zgodovinske rekonstrukcije in časovni profil NAO

- Neposredne meritve tlaka - možne rekonstrukcije indeksa NAO do leta 1821.
- Rekonstrukcije za starejša obdobja - na podlagi sekundarnih indikatorjev (drevesne letnice, ledeni pokrov Grenlandije).



- Različne periode: 2,5 let, 6 do 10 let, 32 let, 64 let.

- Severnoatlantska oscilacija je vodilni način atmosferske variabilnosti na severni polobli.
- NAO je najbolj izrazit pozimi in ima dve fazi.
- Obdobja NAO+ - okrepljeni zahodniki, mile in vlažne zime v srednji in severni Evropi.
- Obdobja NAO- - šibki zahodniki, poti ciklonov se obrnejo na jug v Sredozemlje.
- Stanje NAO neposredno vpliva na vodne zaloge, energetska oskrba, kmetijstvo, ribištvo, ...
- Celovite slike o dejavnikih, ki vplivajo na fazo NAO, še nimamo.
- Indeks NAO v svoji pozitivni in negativni fazi pogosto vztraja več zaporednih zim. Vprašanje - zakaj? (sezonske napovedi!)

Hvala za pozornost!