

Rijeke imaju veliki gospodarski značaj, od termoelektrana i nuklearnih elektrana kojima su rijeke nužne za rad, javne vodoopskrbe do poljoprivrede i transporta. Premda ljudi danas uvelike upravljaju vodotocima, uslijed vremenskih prilika ipak može doći do poplava, erozija tla i sličnih prirodnih nepogoda. Kako bismo se mogli na vrijeme pripremiti za potencijalne probleme, potrebno je istražiti ponašanje rijeka na temelju višegodišnjih praćenja vodostaja. U ovoj laboratorijskoj vježbi ćete analizirati vodostaje rijeke Save kroz period od 25 godina.

Unutar komprimiranog direktorija u kojem se nalazi ova bilježnica, nalazi se i .mat datoteka s podacima o vodostaju rijeke Save u periodu od 1.1.1982. do 31.12.2007. Svaki podatak označava jedan dan mjerenja vodostaja.

Vježba se izvodi u Pythonu/Google Colabu, a sve naredbe potrebne za provedbu vježbe te njihova objašnjenja dana su u predavanju. Ova laboratorijska vježba nosi 3 boda.

Kad ste gotovi s vježbom, na Moodle postavite .pdf izvješće s vježbe (.pdf izvješće možete generirati s naredbom File-Print-Location: PDF).

1. Učitajte biblioteke: NumPy, matplotlib.pyplot, scipy.fft, signal iz scipy te pywt.

Ovo je mjesto na kojem možete izvoditi svoj kod.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy import fft, signal
import pywt
```

2. Učitajte podatke o vodostaju iz .mat datoteke koja se nalazi unutar istog komprimiranog direktorija. Učitani podaci su spremjeni u rječnik. Izdvojite ključ i pripadne podatke o vodostajima te po potrebi smanjite dimenziju.

Savjet: .mat datoteku učitajte sa svog Google Drivea (unutar mape Colab Notebooks na svom Google Driveu postavite .mat datoteku). Ostali savjeti nalaze se u sljedećem programskom odsječku.

Ovo je mjesto na kojem možete izvoditi svoj kod.

```
from google.colab import drive
drive.mount('/content/drive')
```

Nakon što pokrenete ovaj odsječak koda, pojaviti će se link u prozoru ispod. Kliknite na link, prijavite se sa svojim Google računom te # dobiti kod koji trebate kopirati u izlaz ispod ovog prozora (u prozor "Enter your authorization code: "). Nakon što upišete dobiveni kod # pojaviti će se poruka "Mounted at /content/drive".

Ako unutar takvog Colab Notebook direktorija imate spremljenu datoteku "0Ikobas.mat", možete joj pristupiti sljedećim linijama koda:

```
from scipy import io
kobas_iz_matlaba=io.loadmat("drive/My Drive/Colab Notebooks/0Ikobas.mat")
print(kobas_iz_matlaba)
```

```
kobas = kobas_iz_matlaba['kobas']
kobas = np.squeeze(kobas)
print(kobas)
```

```
Mounted at /content/drive
{'__header__': b'MATLAB 5.0 MAT-file, Platform: MACI64, Created on: Sat Oct 10 13:46:29 2020', '__version__': '1.0', '__globals__':
  [674],
  [685],
  ...,
  [242],
  [230],
  [228]], dtype=uint16)}
[661 674 685 ... 242 230 228]
```

3. Ispišite: broj dana za koje postoje podaci o vodostajima, srednju vrijednost vodostaja, standardnu devijaciju, minimalnu vrijednost, maksimalnu vrijednost te median.

```
print(kobas.size) # broj dana
print(np.mean(kobas)) # srednja vrijednost
print(np.std(kobas)) # standardna devijacija
print(np.min(kobas)) # minimalna vrijednost
print(np.max(kobas)) # maksimalna vrijednost
print(np.median(kobas)) # median
```



9496
294.25758213984835
183.09167165945507
17

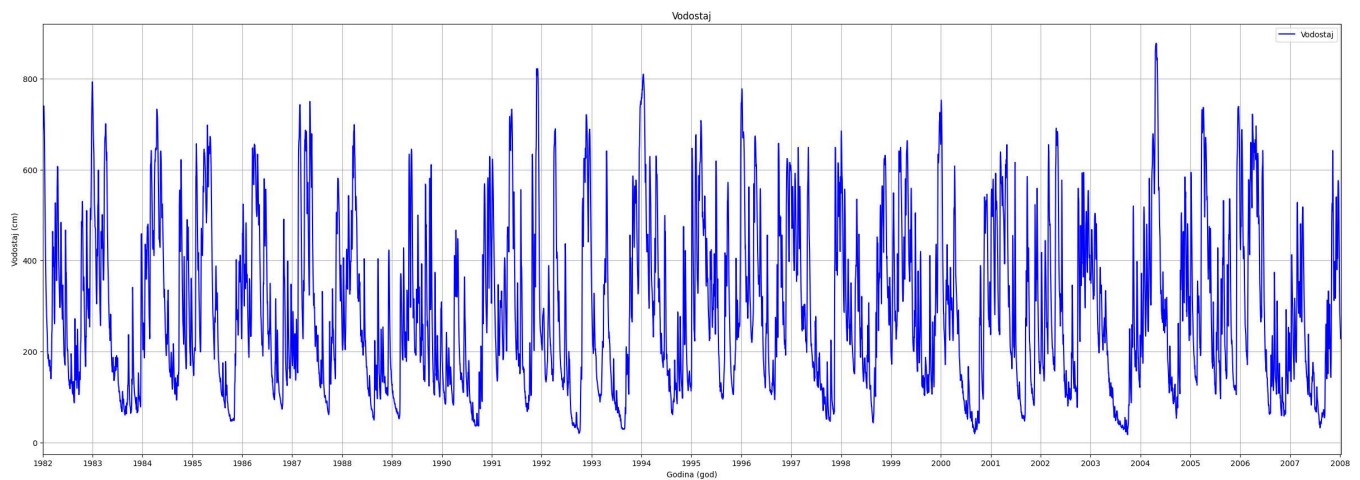
878
255.0

4. Nacrtajte vodostaj. Obilježite x i y os te naslov slike.

```
# Plotting the data
plt.figure(1,[30,10])
plt.xlim(0, kobas.size)
plt.plot(kobas, color='blue', label='Vodostaj') # Plotting the water level data

# Adding labels and title
plt.xlabel('Godina (god)')
plt.xticks(np.arange(0, kobas.size, 365), np.arange(1982, 2009, 1))
plt.ylabel('Vodostaj (cm)')
plt.title('Vodostaj')
plt.legend() # Displaying the legend

# Displaying the plot
plt.grid(True) # Optional: Adding a grid for better visualization
plt.show()
```

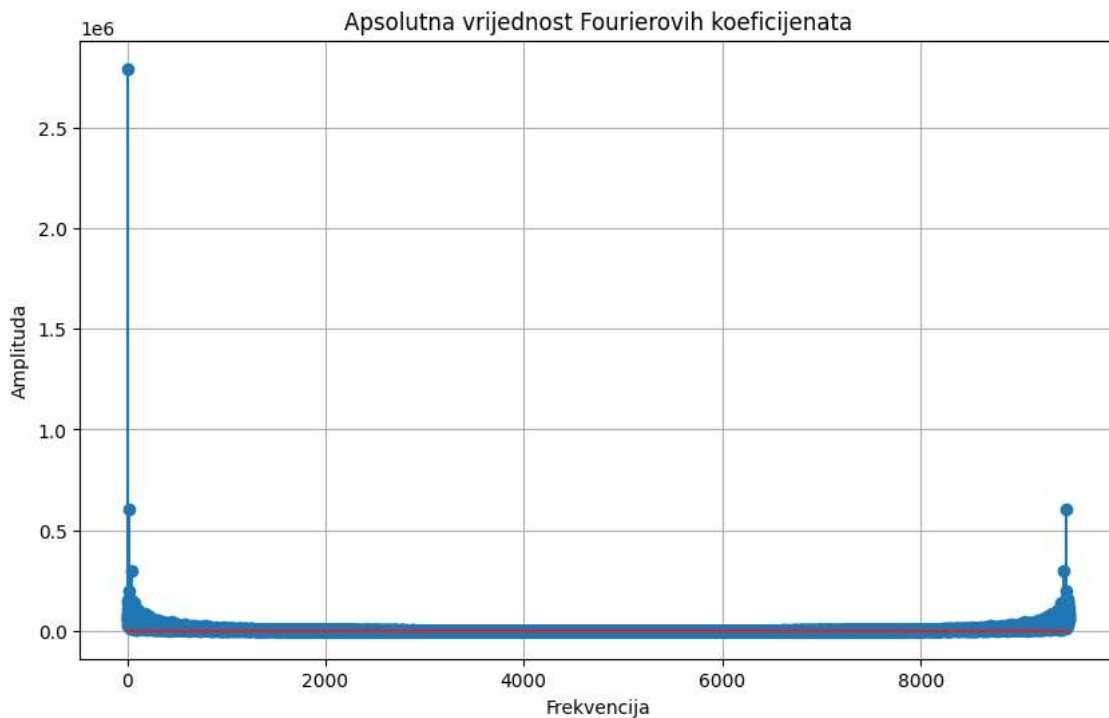


5. Izračunajte diskretnu Fourierovu transformaciju zadanog vodostaja. Ispišite dobivene vrijednosti. Nacrtajte apsolutnu vrijednost dobivenih koeficijenata.

```
# Izračunavanje diskretne Fourierove transformacije
kobas_fft = fft.fft(kobas)

# Crtanje apsolutne vrijednosti koeficijenata
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.stem(abs(kobas_fft))
plt.title("Apsolutna vrijednost Fourierovih koeficijenata")
```

```
plt.xlabel("Frekvencija")
plt.ylabel("Amplituda")
plt.grid(True)
plt.show()
```

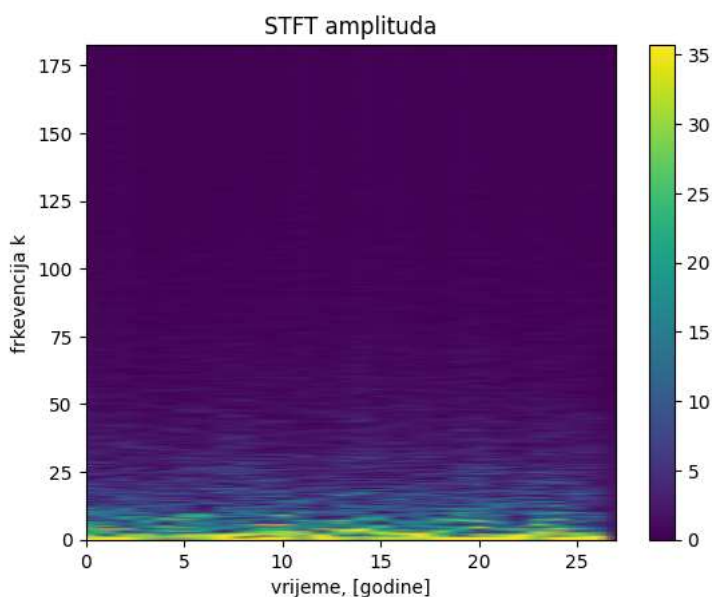


6. Izračunajte Fourierovu transformaciju na vremenskom otvoru zadanog vodostaja koristeći pravokutni otvor širine 2 godine. Prikažite rezultat pomoću pcolormesh. Odgovorite: koje frekvencije su vidljive u vodostaju? Koje godine se javljaju?

```
T = 365
fs = 365
window = 'boxcar'
f, t, Zxx, = signal.stft(kobas, fs, window, nperseg = 2*T)

plt.pcolormesh(t, f, np.abs(Zxx), vmin = 0, vmax = np.abs(Zxx.max())/10, shading = 'gouraud')

plt.colorbar()
plt.title('STFT amplituda')
plt.ylabel('frkevencija k')
plt.xlabel('vrijeme, [godine]')
plt.show()
```



ODGOVOR: Ovo je mjesto za odgovor na pitanja iz 6. zadatka.

Niske frekvencije su gotovo stalno prisutne što ukazuje na postojane trendove u vodostaju koji se ponavljaju iz godine u godinu što je logično zbog izmjene godišnjih doba i prirodnih mehanizama. Više frekvencije su puno rjeđe, ali se oko nekih godina (npr. 14. i 20.) pojavljuju malo češće. Ovo

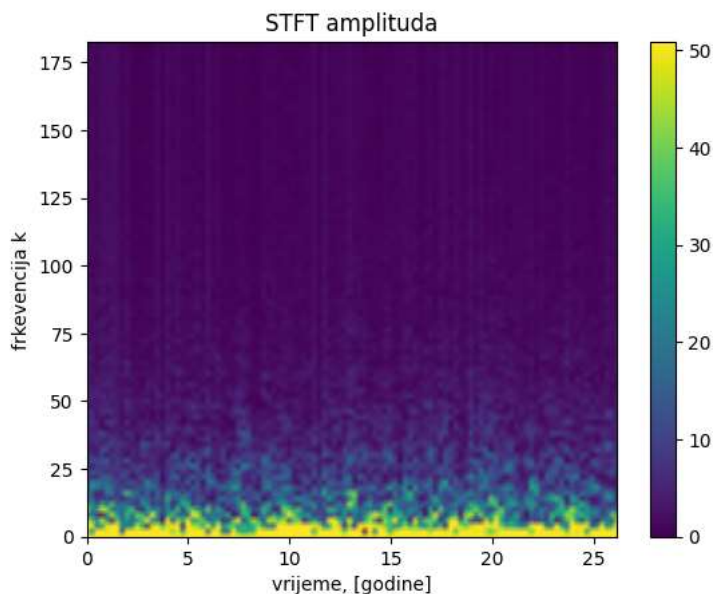
može ukazivati na neke posebne događaje, promjene u okolišu ili druge čimbenike koji su utjecali na vodostaj tijekom tih godina.

7. Upotrijebite drugu širinu otvora (po izboru) i ponovite prethodni zadatak. Ispišite koju širinu ste upotrijebili. Objasnite razlike u dobivenim slikama.

```
f, t, Zxx, = signal.stft(kobas, fs, window, nperseg = 0.5*T)

plt.pcolormesh(t, f, np.abs(Zxx), vmin = 0, vmax = np.abs(Zxx.max())/10, shading = 'gouraud')

plt.colorbar()
plt.title('STFT amplituda')
plt.ylabel('frekvencija k')
plt.xlabel('vrijeme, [godine]')
plt.show()
```



ODGOVOR: Ovo je mjesto za odgovor na pitanje iz 7. zadatka.

Širina otvora je promijenjena na pola godine čime se dobila veća rezolucija u vremenu, odnosno mogu se detaljnije vidjeti promjene u frekvencijskom sadržaju kroz godine. Međutim, zbog kraće širine otvora, smanjila se rezolucija na frekvencijskoj osi te graf više nije onako "kontinuiran" kao prije. Pokušao sam i npr staviti otvor 8 godina, koji je gotovo potpuno uklonio povremene "šare" i skokove u pojavljivanju visokih frekvencija dok su ovdje one prisutnije nego kod dvogodišnjeg otvora. Naravno, razlika u amplitudama se pojavljuje zbog toga što se analizira manji broj podataka u svakom kliznom prozoru.

8. Ispišite sve obitelji kontinuiranih valića koje se nalaze u PyWavelets biblioteci. Na istoj slici, koristeći subplot naredbu, nacrtajte dvije valićne funkcije po izboru. U naslovu svake slike napišite o kojim valićima se radi.

```
print("Sve obitelji kontinuiranih valića su:")
families = pywt.families()

# Filtriraj samo one obitelji koje podržavaju kontinuirane valiće
continuous_families = [fam for fam in families if pywt.wavelist(fam, kind='continuous')]
# Ispisi obitelji kontinuiranih valića
for family in continuous_families:
    print(family)

# PO PREZENTACIJI JE OVAKO print(f"Sve obitelji kontinuiranih valića su: {pywt.wavelist(kind='continuous')}") ALI TO NE PRINTA OBITELJI

# -----

morl_wavelet = pywt.ContinuousWavelet('morl')
mexh_wavelet = pywt.ContinuousWavelet('mexh')

morl_x, morl_values = morl_wavelet.wavefun(level=8)
mexh_x, mexh_values = mexh_wavelet.wavefun(level=8)

plt.figure(figsize=(10, 5))

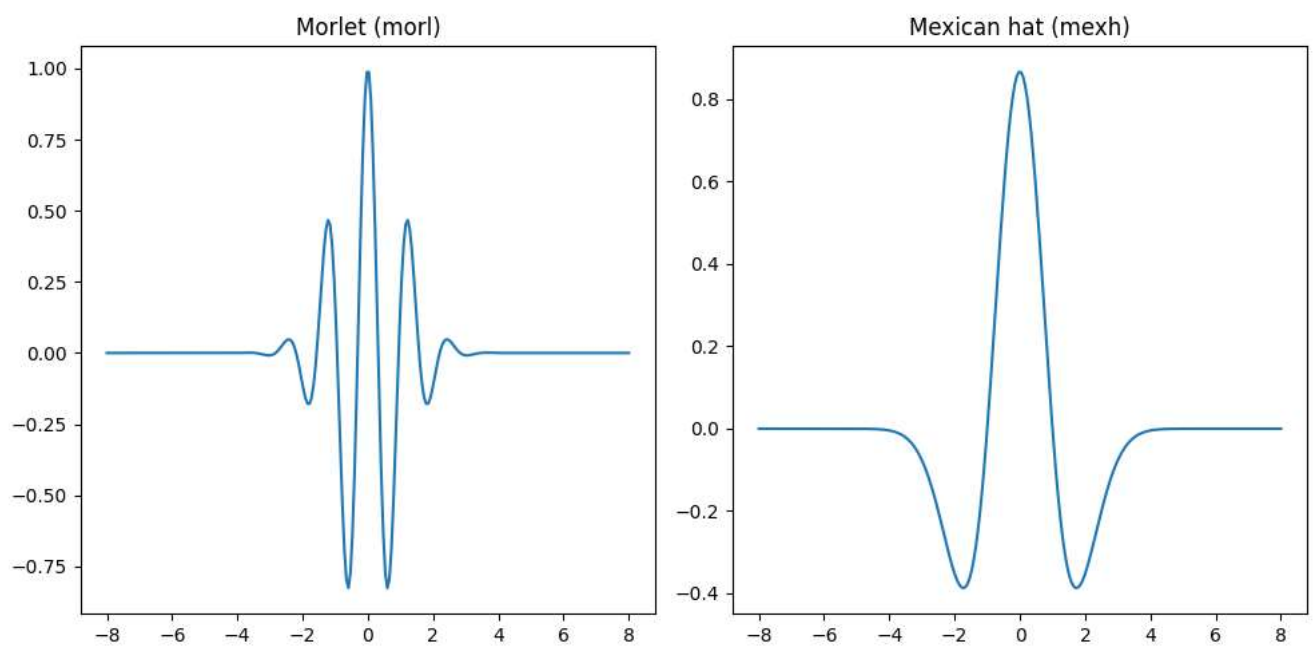
plt.subplot(1, 2, 1)
plt.plot(morl_values, morl_x)
plt.title('Morlet (morl)')
```

```
plt.subplot(1, 2, 2)
plt.plot(mexh_values, mexh_x)
plt.title('Mexican hat (mexh)')
```

```
plt.tight_layout()
plt.show()
```

Sve obitelji kontinuiranih valića su:

```
haar
db
sym
coif
bior
rbio
dmey
gaus
mexh
morl
cgau
shan
fbsp
cmor
```

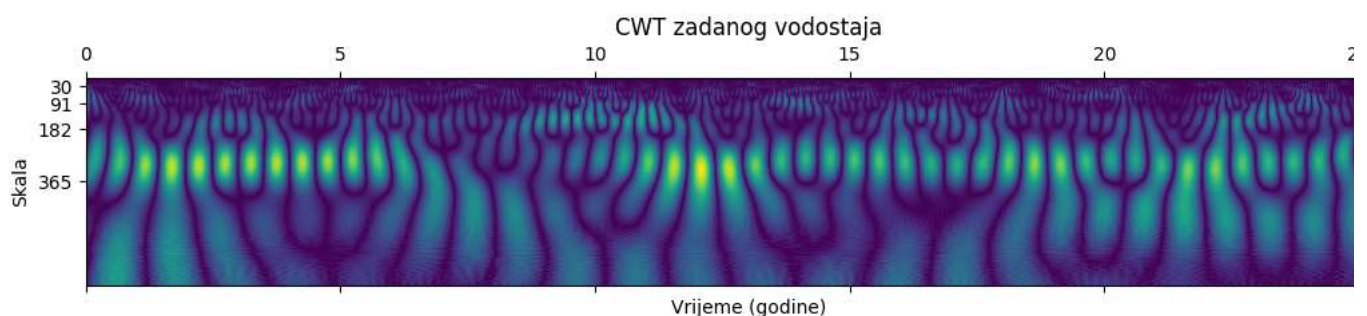


9. Koristeći Morlet valiće, odredite kontinuiranu valićnu transformaciju zadanog vodostaja. Nacrtajte apsolutnu vrijednost dobivenih koeficijenata. Odgovorite: koje frekvencije su vidljive u vodostaju? Koje godine se javljaju?

```
w = pywt.ContinuousWavelet('morl')
psi, t = w.wavefun(level = 10)

skala = np.arange(0.1, 2*T, 0.7)
coef, freqs = pywt.cwt(kobas, skala, 'morl')

plt.matshow(abs(coef), aspect='auto', extent=[0, len(kobas)/365, 2*T, 0.1])
plt.yticks([T//12, T//4, T//2, T])
plt.title('CWT zadanog vodostaja')
plt.colorbar(label='Apsolutna vrijednost koeficijenata')
plt.ylabel('Skala')
plt.xlabel('Vrijeme (godine)')
plt.show()
```



ODGOVOR: Ovo je mjesto za odgovor na pitanja iz 9. zadatka.

Vodostaj primarno pokazuje aktivnost na nižim frekvencijama (većim skalama), što sugerira dugotrajne trendove ili sezonske oscilacije. Međutim, određene godine pokazuju intenzivniju aktivnost od ostalih na višim frekvencijama (manjim skalama), što ukazuje na brže promjene ili fluktuacije tijekom tih vremenskih razdoblja.

10. Odgovorite: objasnite razliku u dobivenim rezultatima STFT i CWT.

ODGOVOR: Ovo je mjesto za odgovor na pitanje iz 10. zadatka.

Dok STFT koristi konstantnu širinu prozora za sve frekvencije, što rezultira fiksnom rezolucijom u vremenu i frekvenciji, CWT prilagođava širinu prozora temeljem frekvencije, omogućavajući bolju rezoluciju u vremenu za više frekvencije te bolju rezoluciju u frekvenciji za niže frekvencije. U prikazu, dok STFT koristi frekvenciju i vrijeme, CWT se oslanja na skaliranje i vrijeme, gdje niže skale odgovaraju višim frekvencijama. Vizualno, iako oba pristupa pokazuju trendove s dominantnim nižim frekvencijama, CWT može izdvojiti detaljnije informacije u određenim frekvencijskim područjima zahvaljujući svojoj varijabilnosti u rezoluciji. Stoga, iako obje metode pružaju uvid u frekvencijski sadržaj signala kroz vrijeme, CWT je posebno koristan za analizu signala s frekvencijskim sadržajem koji varira tijekom vremena.