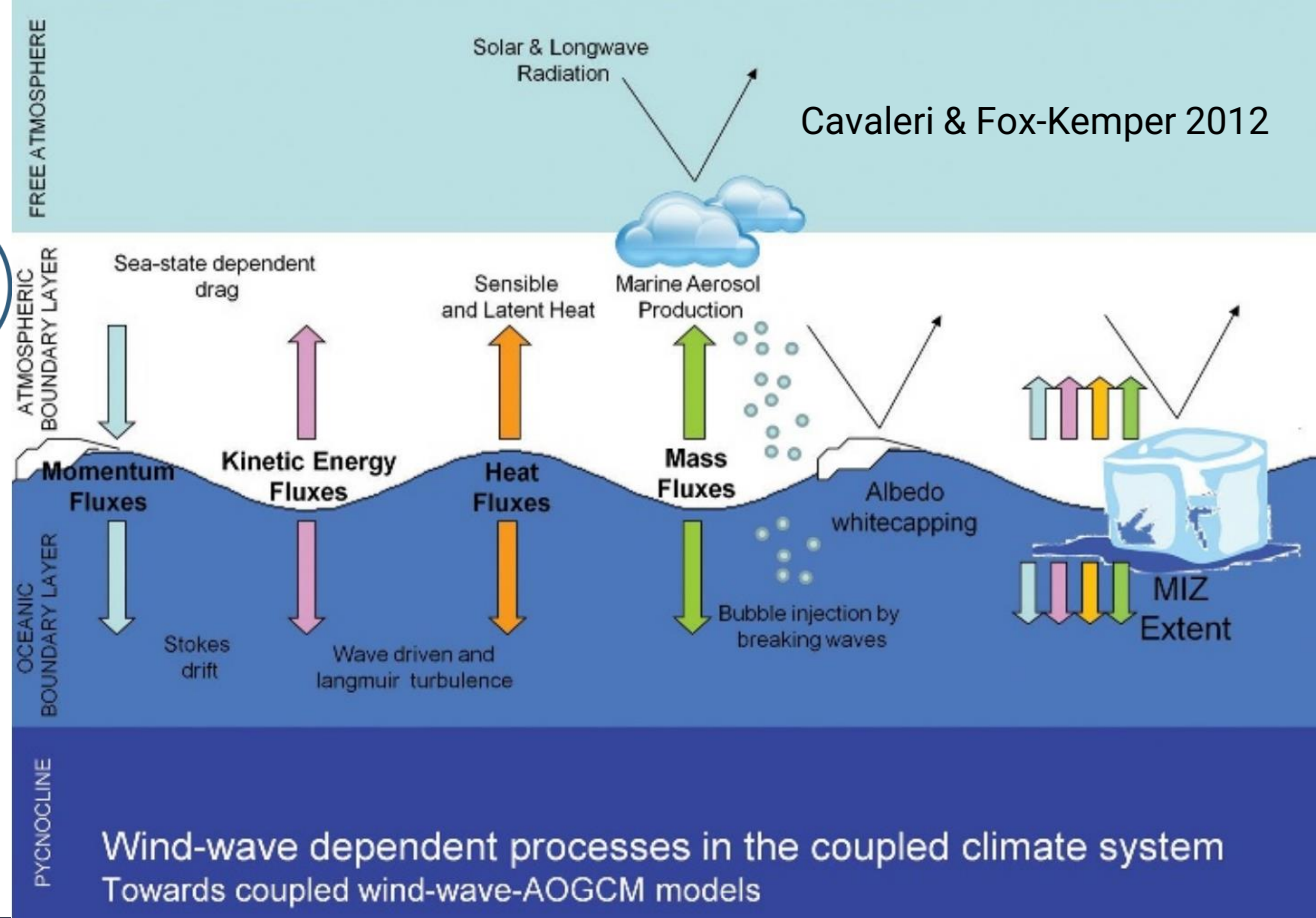
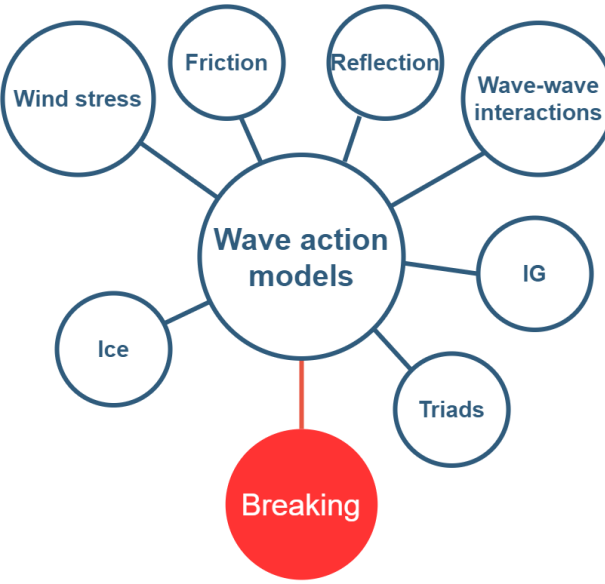
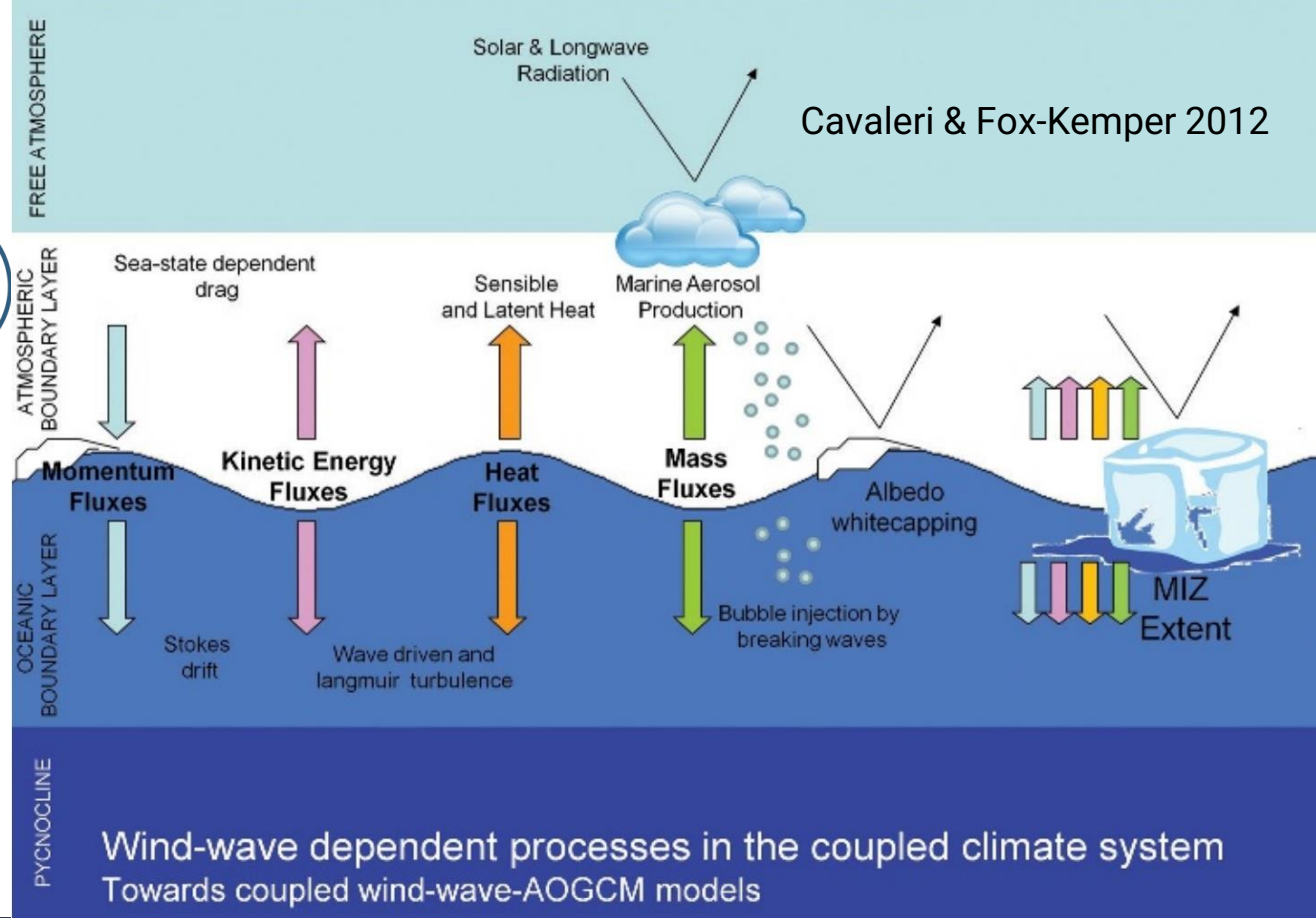
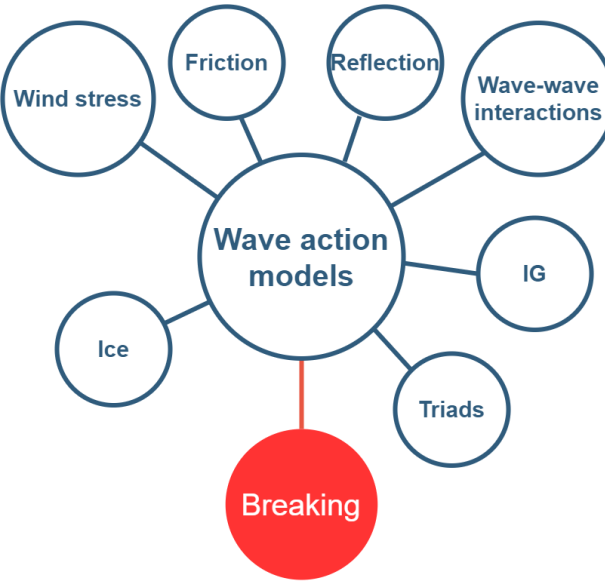


Obzervacije karakteristika talasa i struja

Teodor Vrećica



Morski talasi su komplikovan proces, koji se sa sastoji od mnoštva izvora i gubitaka energije.



Morski talasi su **ključna komponenta** u regulisanju interakcije atmosfere i okeana.

Zašto su merenja važna?

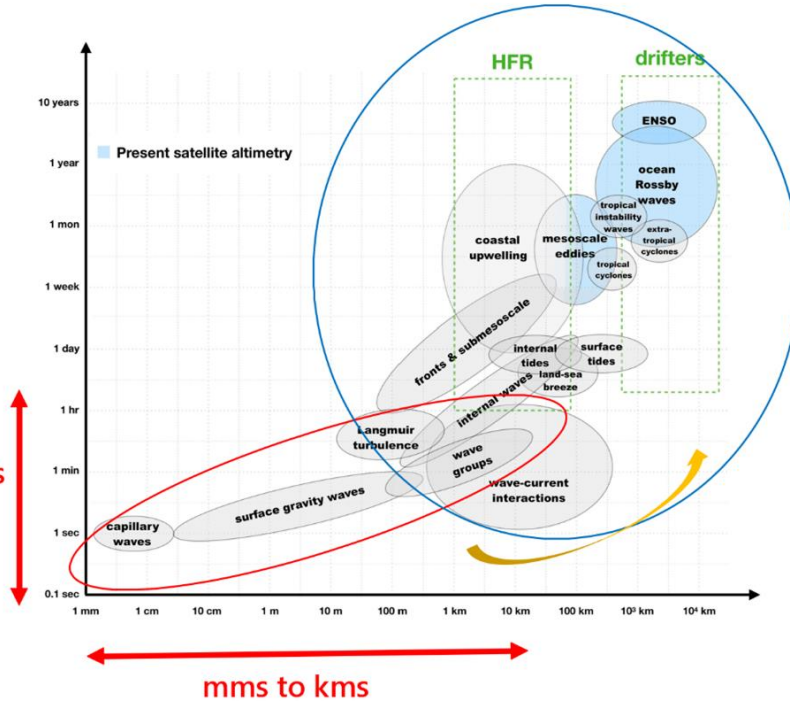
- Razvoj teorije i modelovanja je išao u korak sa merenjima talasa i drugih procesa pri površini okeana.
- Moderni modeli su u stanju da daju precizne prognoze na globalnom nivou (visine talasa), i većina fenomena je istražena.
- Međutim, sve više postaju važne interakcije između malih procesa okeana i atmosfere.
- Merenja u priobalnim oblastima su od suštinske važnosti za sve ljudske aktivnosti.
- Stoga, merenja su neophodna da daju granične uslove u modelima, kao i da daju osnove za razvoj teorije.

Villas Bôas et al. 2019,
adapted from Chelton et al. 2001

Surface waves will also affect longer
wavelength processes!

Klasične metode merenja
(bovama, ADCP) su i dalje
zlatni standard što se tiče
tačnosti merenja.

Međutim, zbog velikih
troškova postavljanja
instrumenata u morsku
vodu, kao i nemogućnosti da
se izmere varijacije u
prostoru, sve češće se
koriste „remote sensing“
metode.



Spatial and temporal scales of multiple ocean and atmosphere process

Tokovi u okeanu zauzimaju više različitih redova veličine u
vremenu i prostoru.

Fokus ovog rada je na
pomeranju granica u
posmatranju talasa

Statistika lomljenja talasa



Kvantifikovanje lomljenja talasa pomoću fotografija morske površine

Čest način za kvantifikaciju lomljenja talasa je procenat površine prekriven penom nastalom usled lomljenja.

Svaki piksel čija blistavost prelazi određeni prag u fotografiji se smatra morskom penom.

Procesi vezani za lomljenje talasa se parametrizuju na osnovu procenta prekrivenosti.

Alternativan način analize je predložen u Phillips 1985.

$\Lambda(c_b)$ distribucija (gde je c_b brzina talasa koji se lomi) je definisana kao distribucija dužina talasa koji se lome, *po jedinici površine, i po jedinice brzine lomljenja talasa.*

Računanje

$\Lambda(c_b)$ distribucija (gde je c_b brzina talasa koji se lomi) je definisana kao distribucija dužina talasa koji se lome, *po jedinici površine, i po jedinice brzine lomljenja talasa*. U ovom radu ona je određena kao (Kleiss and Melville 2011):

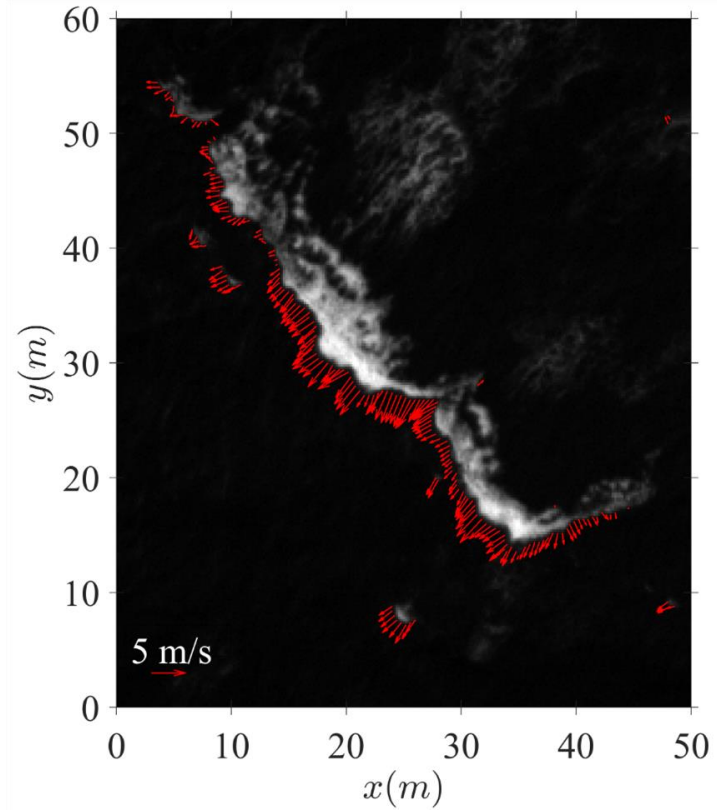
$$\Lambda(\mathbf{c}_b) = \frac{1}{A\Delta\mathbf{c}_b} \sum_n \left(L_n \left| \mathbf{c}_b - \frac{\Delta\mathbf{c}_b}{2} < \mathbf{c}_{b,n} < \mathbf{c}_b + \frac{\Delta\mathbf{c}_b}{2} \right. \right)$$

A – Ukupna površina u svim fotografijama

L_n – Ukupna dužina talasa koji se lome, i kreću određenom brzinom

$\Delta\mathbf{c}_b$ – Korak diskretizacije brzine talasa

Primer talasa sa određenim brzinama:



Fluks momentuma (\mathbf{M}) i fluks energije (\mathbf{E}) usled lomljenja talasa, kao i morska struja (\mathbf{U}_b) mogu se odrediti pomoću ove distribucije:

$$\mathbf{E} = \frac{\rho_w}{g} \int b c_b^5 \Lambda(c_b) d\mathbf{c}_b$$

$$\mathbf{M} = \frac{\rho_w}{g} \int b c_b^3 \mathbf{c}_b \Lambda(\mathbf{c}_b) d\mathbf{c}_b$$

$$\mathbf{U}_b = \alpha \int (S - S_0) \mathbf{c}_b \frac{c_b^2}{g} \Lambda(\mathbf{c}_b) d\mathbf{c}_b$$

ρ_w – Gustina vode

g – Gravitacija

Δc_b – Korak diskretizacije brzine

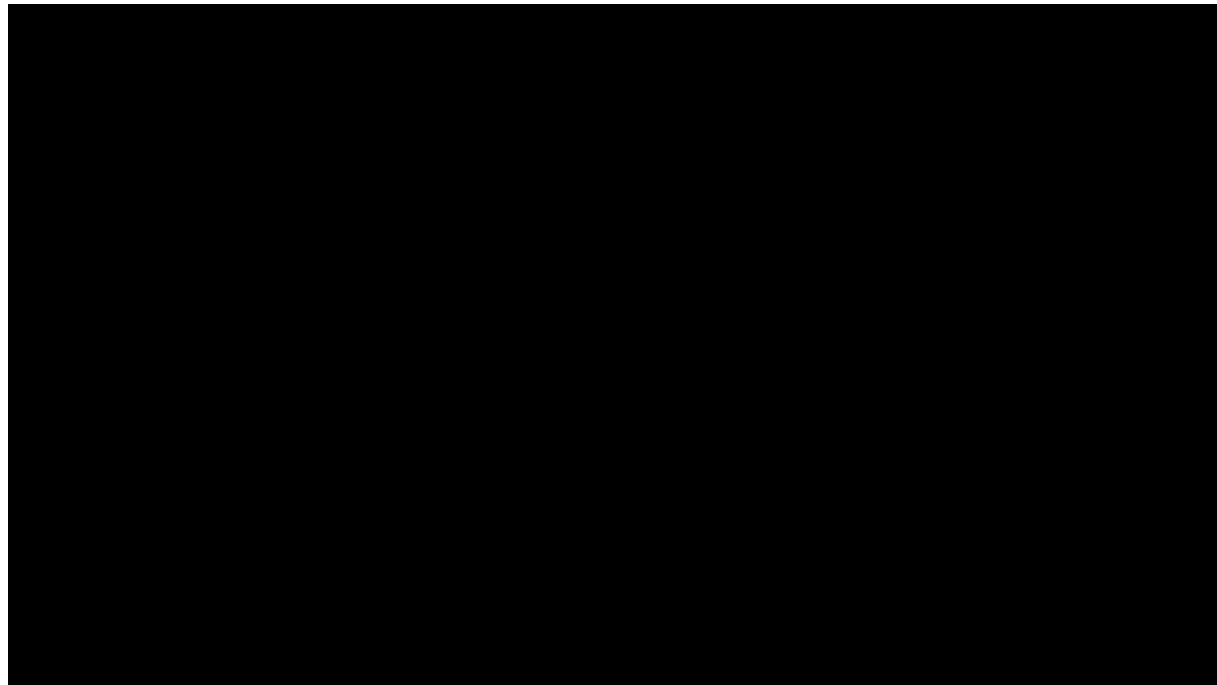
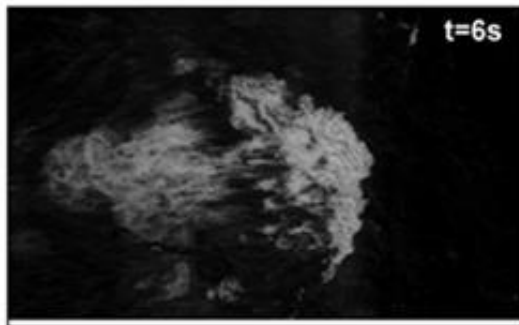
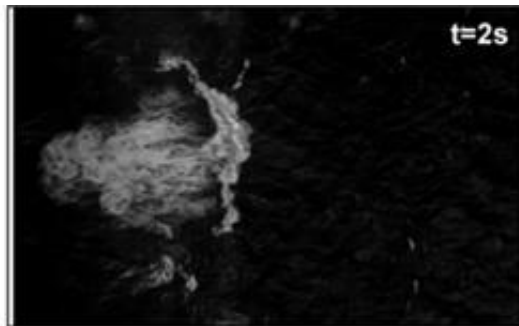
b – Koeficijent - Romero et al 2012

c_b – Brzina talasa koji se lomi

α – Koeficijent - Pizzo et al 2019

Momenti distribucije su **fizički važni**

Iako je definisana u Phillips 1985, ova distribucija se operativno određuje u relativno novije vreme (Kleiss and Melville 2010, Sutherland and Melville 2013, Gemmrich et al 2008, Thomson et al 2009).



Video i primer

Determining $\Lambda(c_b)$ distributions

Brzine su određene metodom optičkog toka (Liu 2009). Jedna od prednosti ove metode je što ona koristi **downsampling fotografija što omogućava određivanje brzih i sporih talasa.**

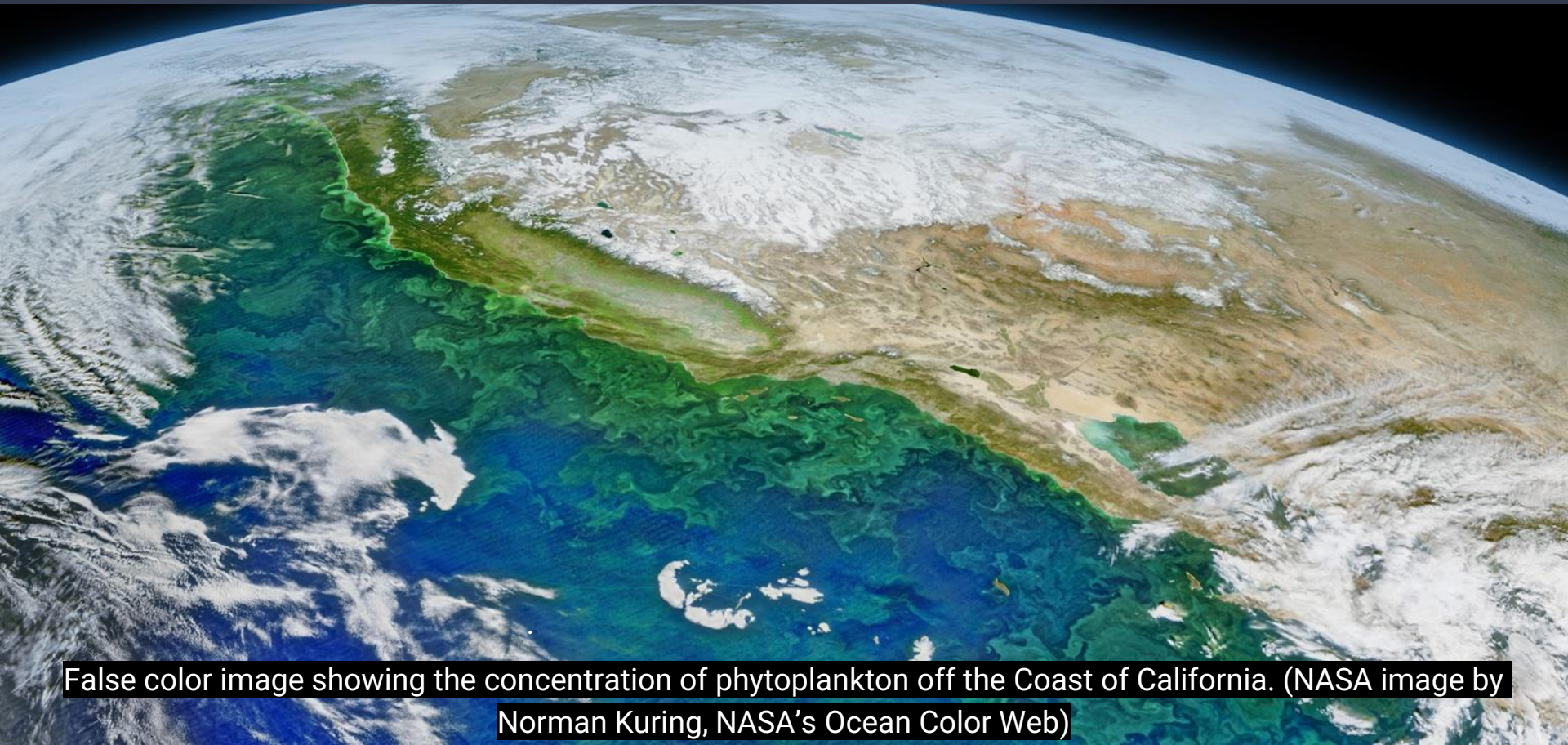
Metoda minimizira energiju piksela između dve slike (ista oblast vremenski korak od 0.2 sekunde:):

$$E \equiv |I_1 - I_2|^2 + \alpha(|\nabla u|^2 + |\nabla v|^2)$$

E – Energija piksela

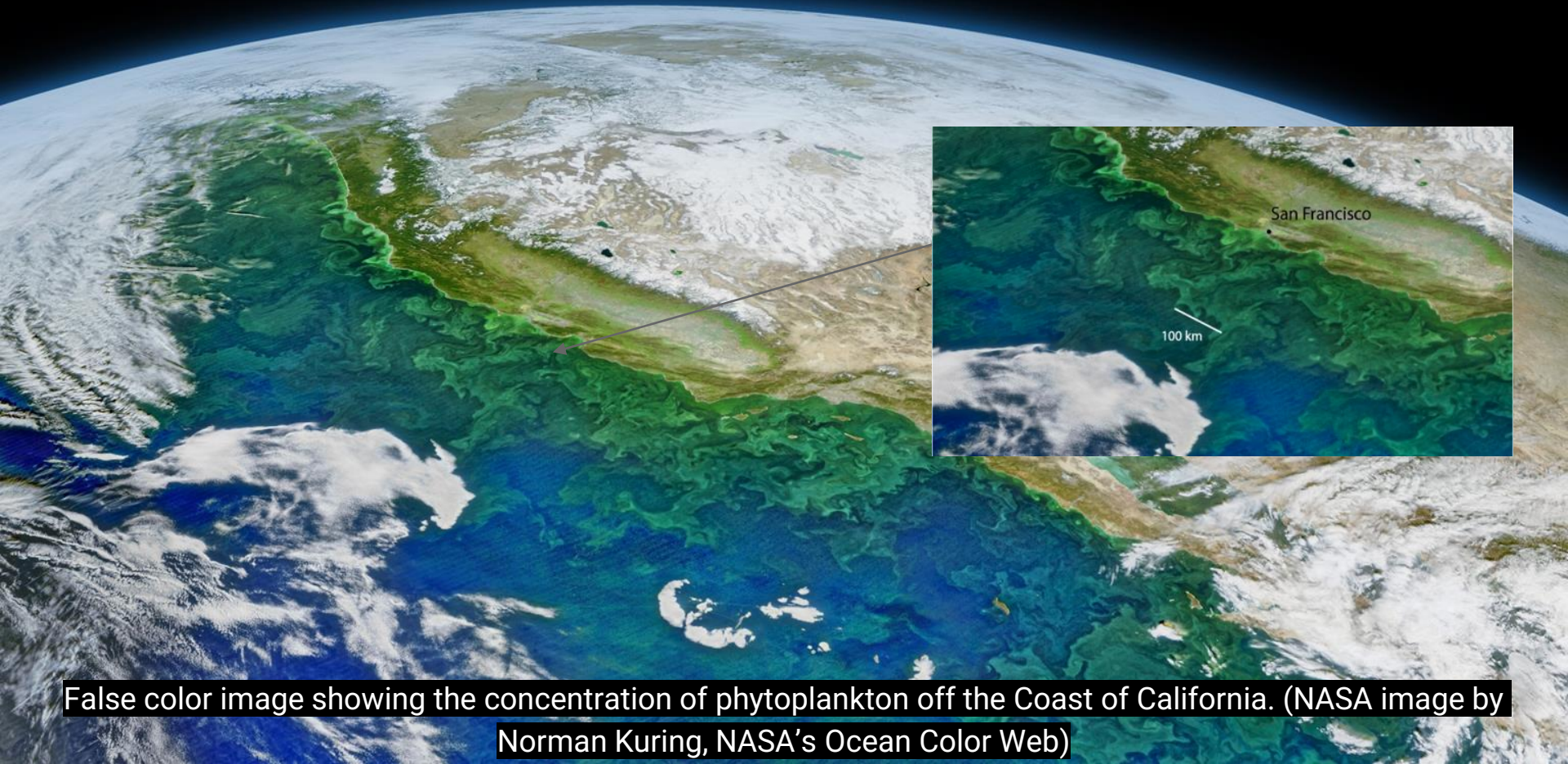
I – Svetlost piksela

Motivacija: Submezo struje su horizontalno divergentni tokovi, koji rezultuju u značajnim **vertikalnim brzinama**, i omogućavaju interakciju okeana i atmosfere.

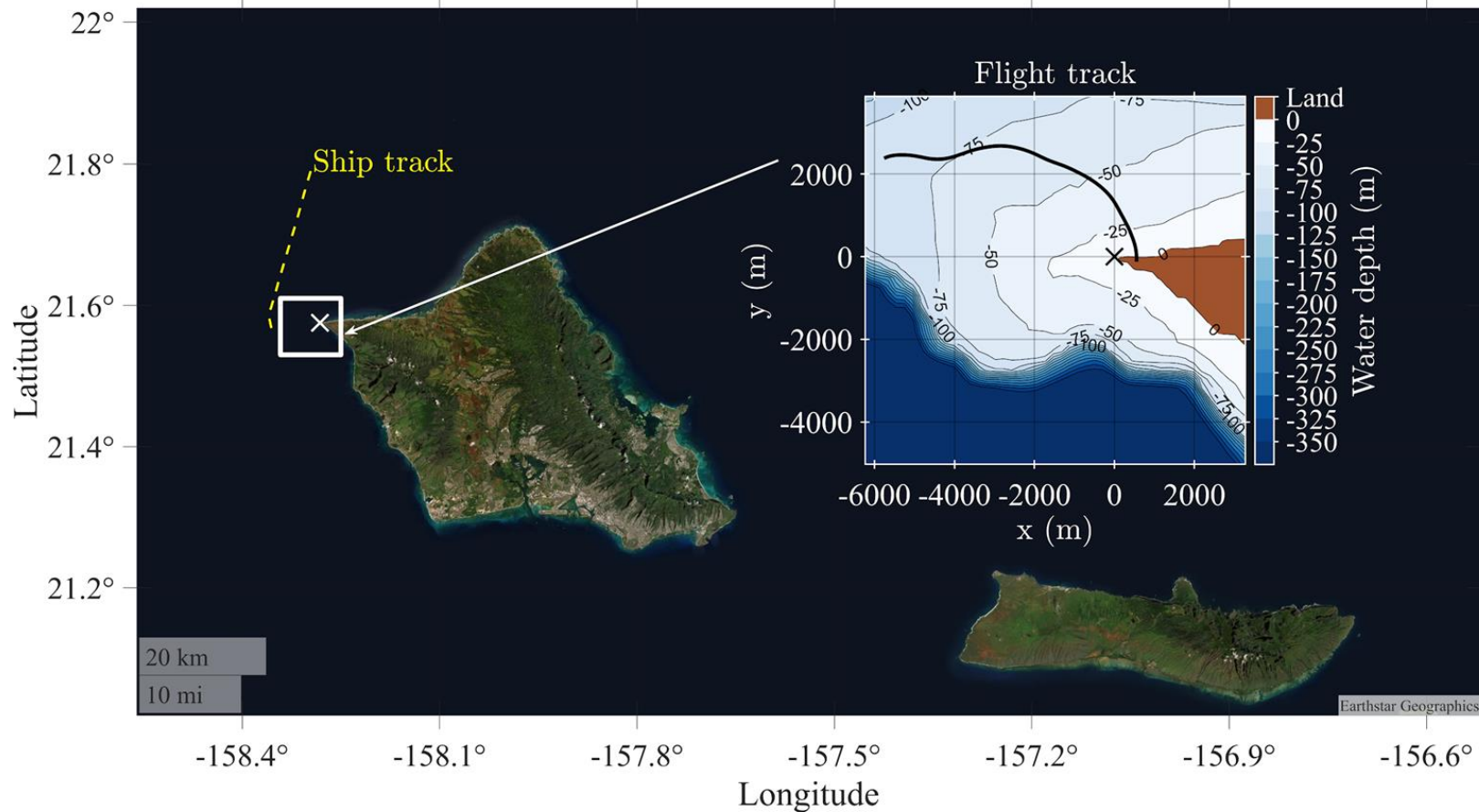


False color image showing the concentration of phytoplankton off the Coast of California. (NASA image by Norman Kuring, NASA's Ocean Color Web)

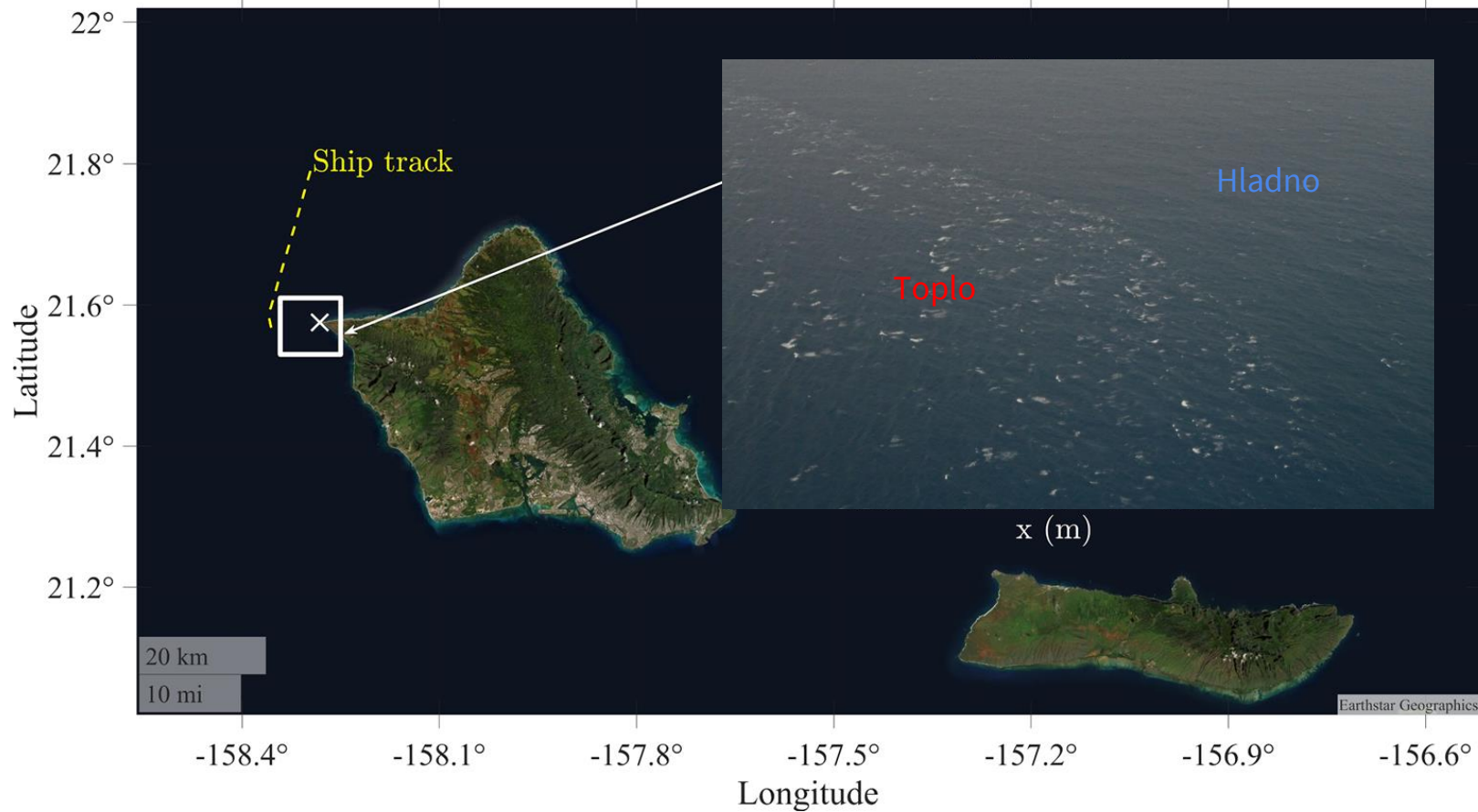
Ove razmene su od velike važnosti za biološke, hemijske i fizičke procese.



False color image showing the concentration of phytoplankton off the Coast of California. (NASA image by Norman Kuring, NASA's Ocean Color Web)



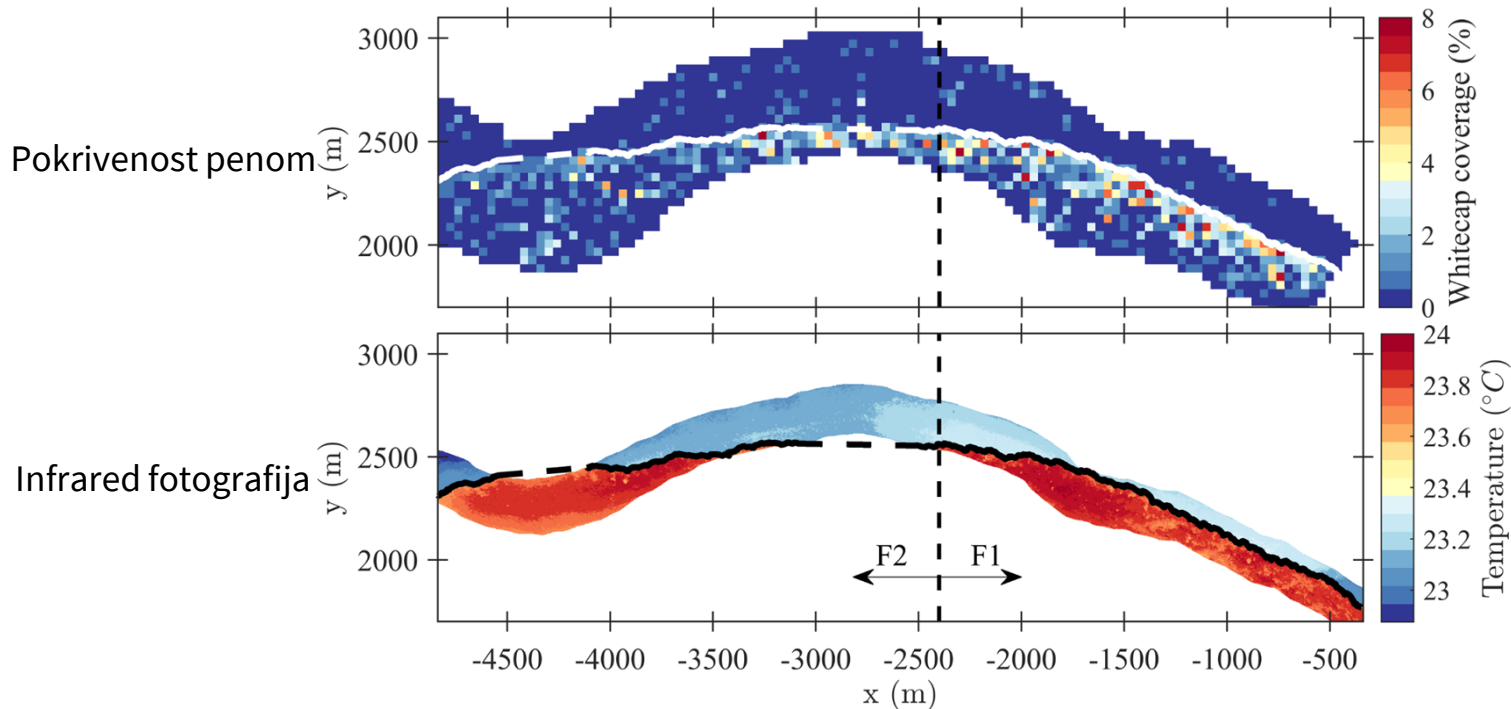
Obzervacija lomljenja talasa blizu ostrva Oahu, Havaji



Obzervacija lomljenja talasa blizu ostrva Oahu, Havaji

Značajni deo snage vetra se pretvara u energiju talasa, koja se onda prenosi površinskom sloju okeana kroz proces lomljenja talasa.

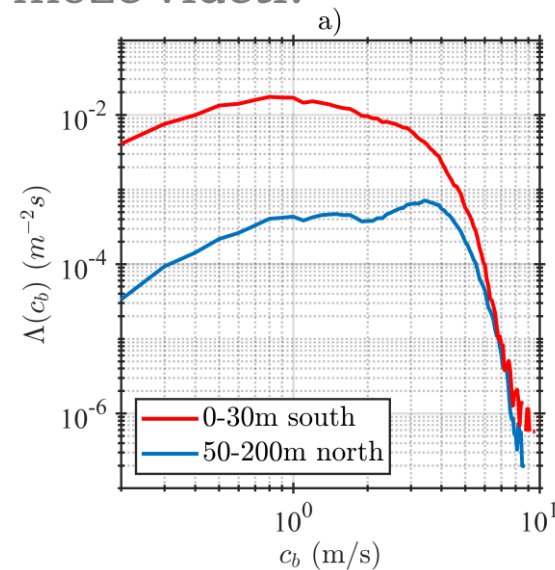
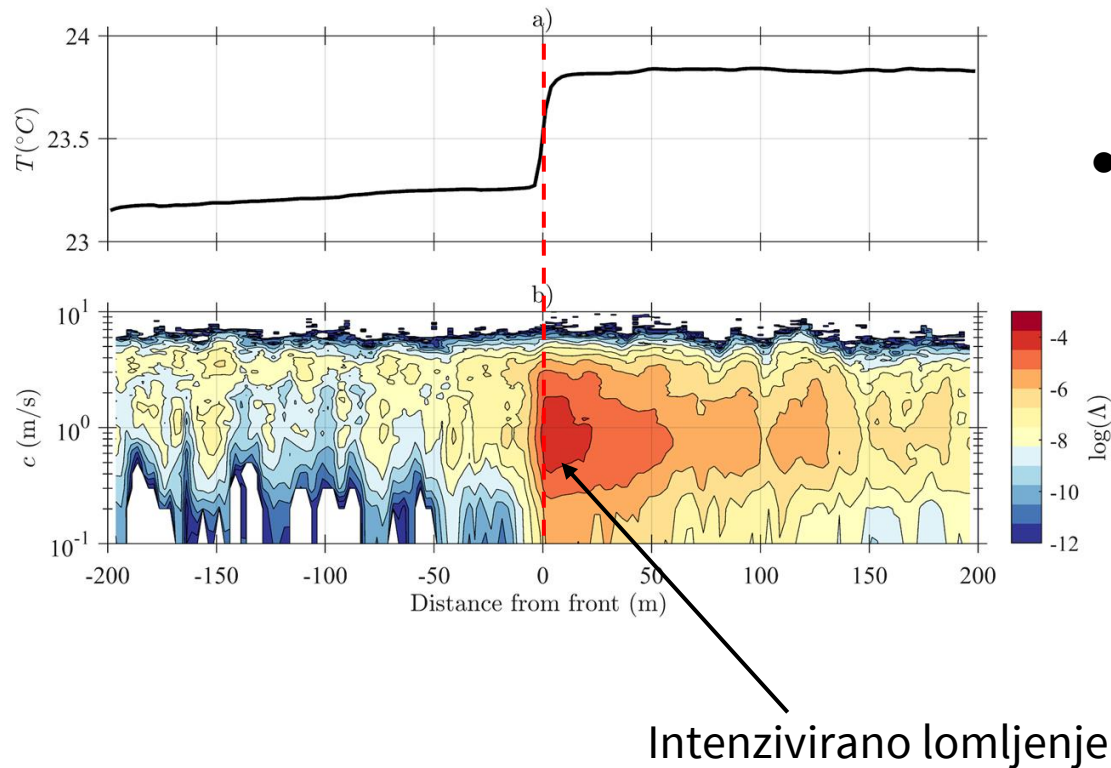
Ovaj proces se često smatra uniformnim u prostoru!



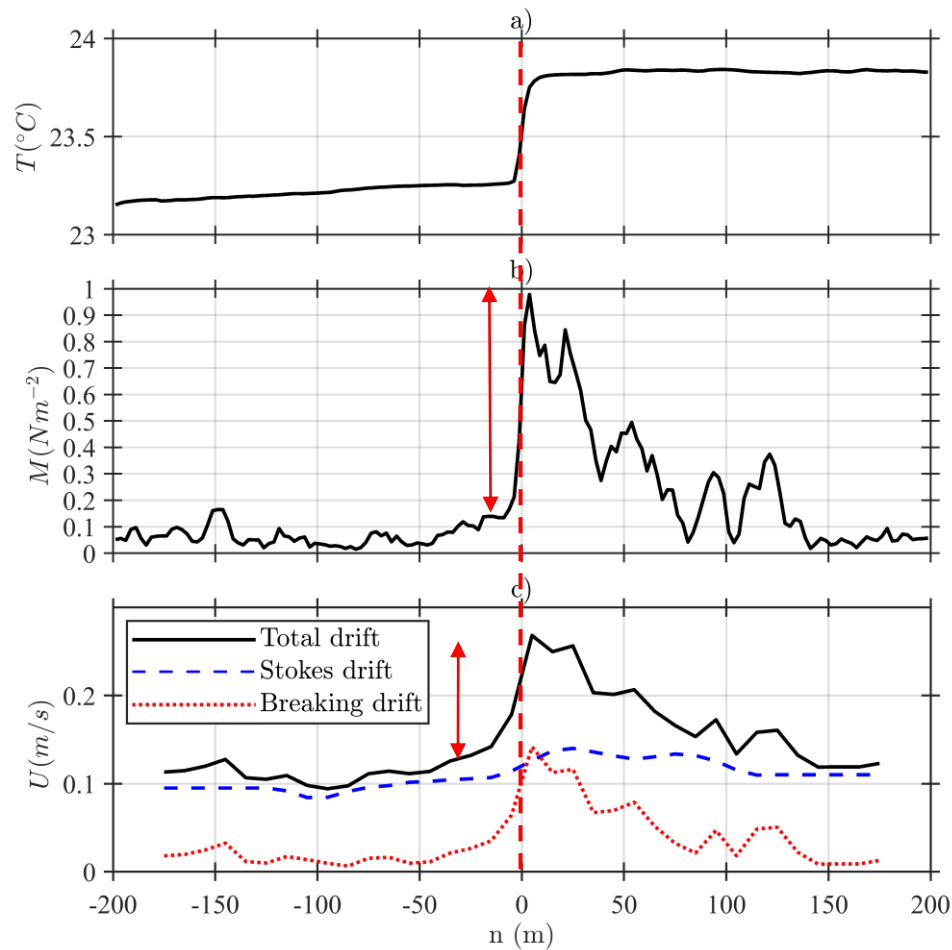
Obzervacija lomljenja talasa blizu ostrva Oahu, Havaji

Brza modulacija distribucije, $\Lambda(c_b)$

- Za red veličine se intenzivira lomljenje talasa na granici fronta, usled interakcije talasa i struja.
- Kvantifikuje ono što se može videti!



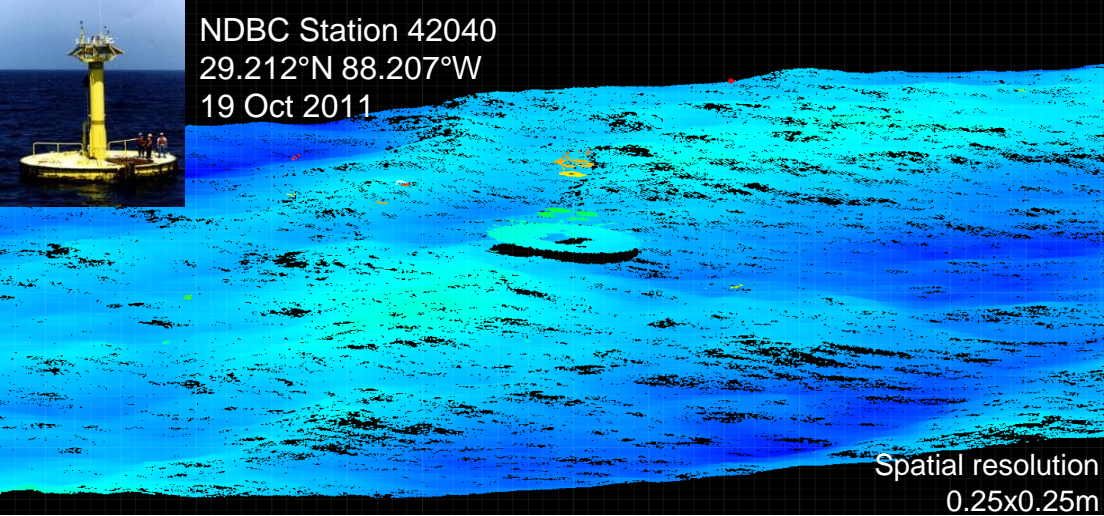
Brza modulacija distribucije, $\Lambda(c_b)$



Fluks momentuma se menja za red veličine na granici preko samo nekoliko metara!

Topografija morske površine





Primer topografije
okeana, izmerena
pomoću MASS
sistema tokom
eksperimenta u
Meksičkom zalivu,
iznad NDBC buve
#42040.
(vetar~12m/s, Hs =
3.1m)

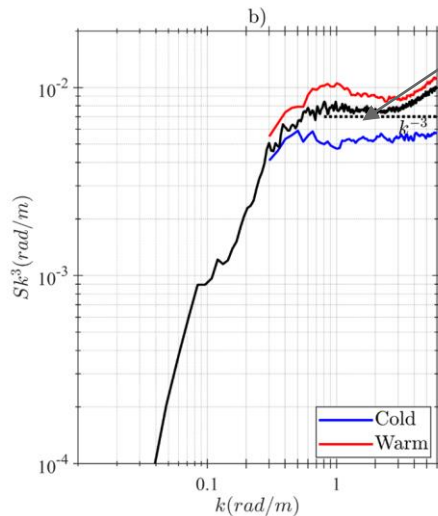
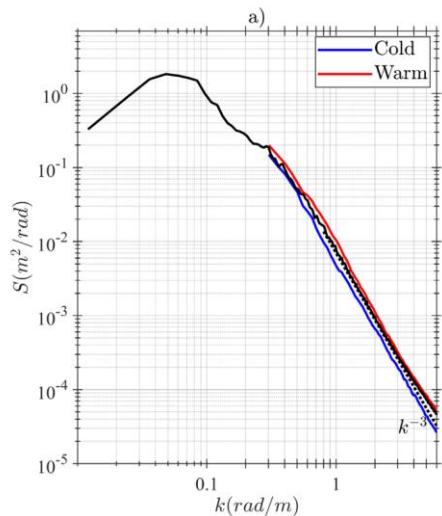
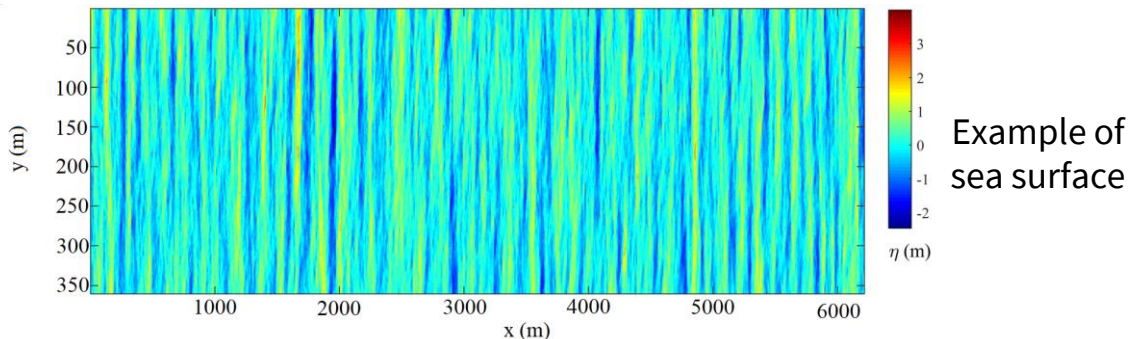


Instrumentacija

Scanning Waveform Lidar	Riegl VQ-820-G
Long-wave IR Camera	FLIR SC6700SLS
High-Resolution Video	IO Industries 12M125-CL
Hyperspectral Camera	Specim AisaKESTREL 10
GPS/IMU	Novatel SPAN-LN200

MASS system

Omnidirekcionni spekar
 južno od granice (crveno)
 i 80 m severno (plavo).
 Crna linija predstavlja
 spekar za celu oblast.



Factor of two
 increase

- Komponente sa velikim talasnim brojem su dvostruko uvećane!
- Talasi sa takvim talasnim brojevima podržavaju većinu energije vetra.

Spektar talasnog polja

Zaključci i dalji rad



Zaključci i potencijalne primene

- Ukratko su predstavljene nove remote sensing metode posmatranja talasa.
- Fokus je na određivanju varijacija karakteristika u prostoru, visokoj rezoluciji i preciznosti merenja.
- LIDAR instrument je prvobitno dizajniran za merenje batimetrije reka (merenje topografije površine je dobijena modifikacijom).
- Luke i većina brodova je opremljena jednostavnim X-band radarima. Analiza spektra talasa u vetrovitim uslovima može omogućiti određivanje strujanja u rekama.