

Simulacija turbulentnih tokova osrednjavanjem po prostoru, razdvajanjem na velike i male vrtloge

prof. Marko Ivetić,

generacija 2002/2003

PRAKTIČNA OGRANIČENJA DIREKNE SIMULACIJE (SCHLICHTING - 1960)

- laminarni gran. sloj
- turbulentno jezgro



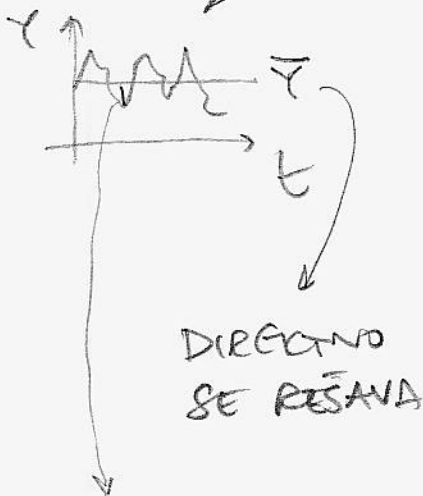
$$192 \times 129 \times 160 = 398280$$

ZA PROSTU GEOMETRIJU

ZA SLOŽENI GEOMETRIJU -  $N \sim 10^7$  -  $10^8$

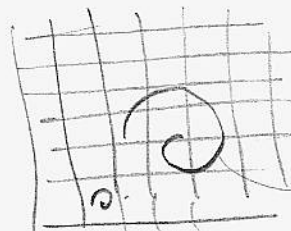
OSNOVNA IDEJA -

- REYNOLDS - OSREDNITI PO VREMENU
- OSREDNITI PO PROSTORU (MAJE SE RADITI!)
- SA RAČUNARIMA SE MOGUĆE



DIREKNO SE REŠAVA

FLUKTUACIJE SE MOGUĆE MODELIRATI



RAČUNSKA MREŽA

→ VRTLOG KODI SE DIREKNO REŠAVA

→ VRTLOG KODI SE PROSTORNO OSREDNJEVANJE TREBA DA MODELIRATI

- KAKO RAZDOJITI MALE I VELIKE VRTLOGE? <sup>(5)</sup>

1) OSREDNSAVANJE PO PROSTORU PRITUKOM  
INTEGRACIJE JEDNAČINE

2) FILTRIRANJEM JEDNAČINA PRE INTEGRACIJE  
(UKLANJANJE MALIH VRTLOGA)

- ŠTA JE VRTLOG?

+ DEFINISANO KROZ FURIJEUVU TRANSFORMACIJU

+ WAVELETS - MOGU BOLJE DA DEFINIŠU

- PRIMENJENO NA HIDRODINAMIKU JEZERA

GADE SE: - TOK TURBULENTAN, NESTABILAN

- ...

OSNOVE SUB-GRID SCALE MODELIRANJA

VELIKI VRTLOZI

VELIKA INTERAKCIJA  
SA SREDNIM TOKOM

NAJVEĆI DEO  
JE OVDE

ZAVISI OZ  
GEOMETRIJE  
TOKA - SEDIMEN-  
TU

GENERA

TRANSPORT  
MASE, MO-  
MENTA, EN-  
ERGIJE

STRUKTURA

MALI VRTLOZI

USLED NE LINEARNE  
INTERAKCIJE MEĐU  
VRTLOGA

SMO DISIPACIJA  
FLUKTUACIJA

SKORO IZOTROPNI  
I HOMOGENI

KAO I U  
GLAVNOM  
STRUJANJU

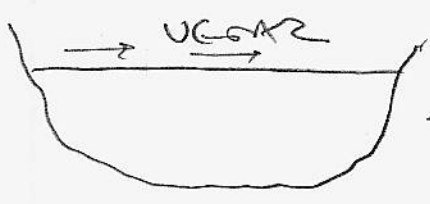
VREMENSKE  
RAZMERE

MNOGO KRATKE  
VREME

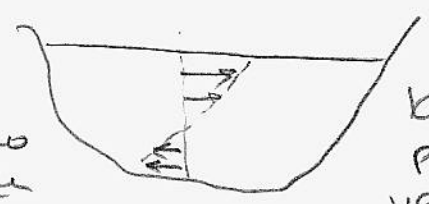
- NEMOŽE SE NAĆI  
UNIVERZALAN MODEL
- DOBRO JE DA SE REŠAVA  
DIREKTNO  
LES - LARGE EDDY SIMULATION

MODELIRANA SE  
NEKOM  
FORMULOM

POREDBENE OSREĐNJAVAŃA PO VREMENU I  
PO PROSTORU

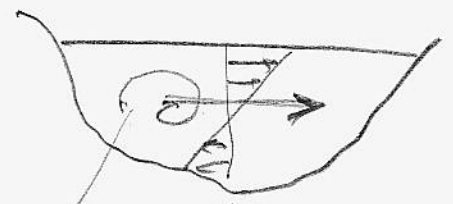


OSREĐNJEŃO  
PO VREMENU



KONSTAN  
PO  
VREMENU

OSREĐNJEŃO  
PO PROSTORU



VETROG  
KOJI POVIŠE  
IDE KROZ  
JEZERO  
↑ STABILAN  
RASPORE

# - PROBLEMI SA STABILNOSTI RESENKA

(D)

## - OSNOVNE JEONAEINE

• NAVIE-STOKSOVA - DODAT DE CIAU  
USLE ROZACIJE ZEMICE

• KONTINUITETA - KORA SE VODITI RACUNA

•  $\frac{D\rho}{Dt}$  ZBOG STRATIFIKACIJE

PROMENA GUSTINE IZ

TERMODINAM. OSMI.

$$\frac{D\theta}{Dt} = \frac{Q_s}{\rho C_p} + k \frac{\partial^2 \theta}{\partial x_i \partial x_i}$$

• JEONAEINE SE POJEONOSTAVIJSU ZA

PLITKE OBLASTI TEENNA - SHALLOW FLOW  
DOMAIN

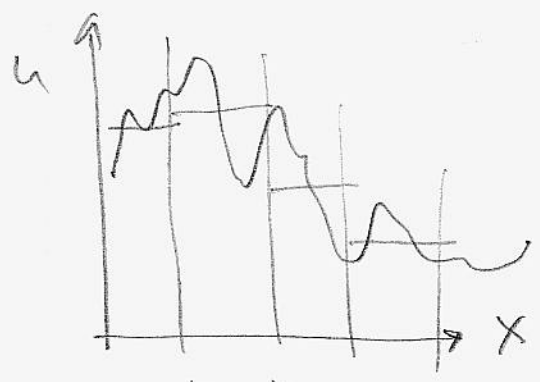
$$Z: \quad 0 = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x_3} - \frac{\Delta \rho}{\rho_0} g$$

X<sub>1</sub>, Y: ..... (OSMISE CELA)

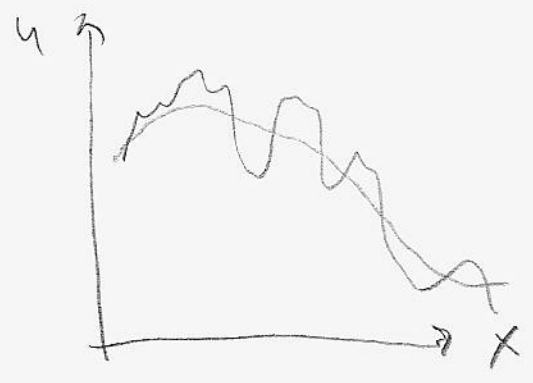
4

JEON. KONT.

# DILEMA FILTER - OSREKONAVANJE

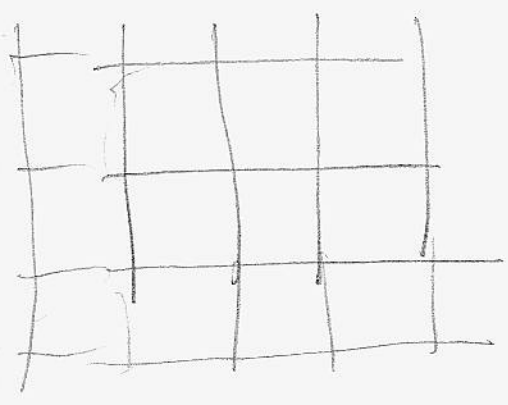


\* \*  
VELIČINA  
GRIDA



DOBISA SE  
KONTINUALNO  
PROMENLJIVA PO  
PROSTORU BEZ  
MALIH UPTROKA

## KREIRANJE MREŽE - CRTO



MOŽE SE USTEDI  
BESI TACAKA  
PRAKTIČNIM MODELOM

RAZMERA KOD CRTO - NEMA SMISLA  
ICI NA XY CRTO MANJI OD DUBINE.