



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ  
ОДСЕК ЗА ХИДРОТЕХНИКУ И ВОДНО ЕКОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ДОКТОРСКЕ СТУДИЈЕ  
МЕХАНИКА ФЛУИДА – НАПРЕДНИ КУРС



# МОДЕЛИРАЊЕ ТУРБУЛЕНЦИЈЕ НА УЛАЗУ ВОДЕ У РИБЉУ СТАЗУ ПРИМЈЕНОМ СОФТВЕРА iRIC

ВАРИЈАНТА 3

Професор:

Проф. др Душан Продановић

Доцент др Дамјан Иветић

Студент:

Тамара Судар

Београд, 2020.

# Садржај

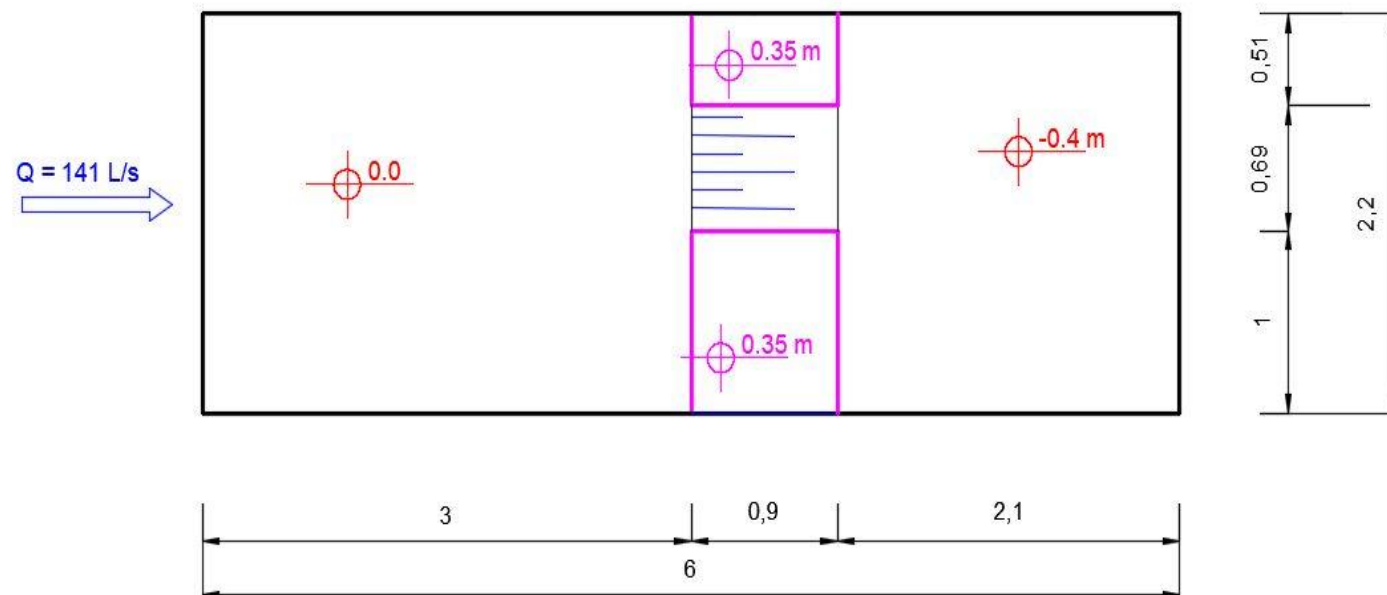
- Поставка проблема
- Креирање мреже
- Задавање параметара
- Задавање препреке
- Резултати симулације
- Провјера помоћу WinFlume-а
- Закључак



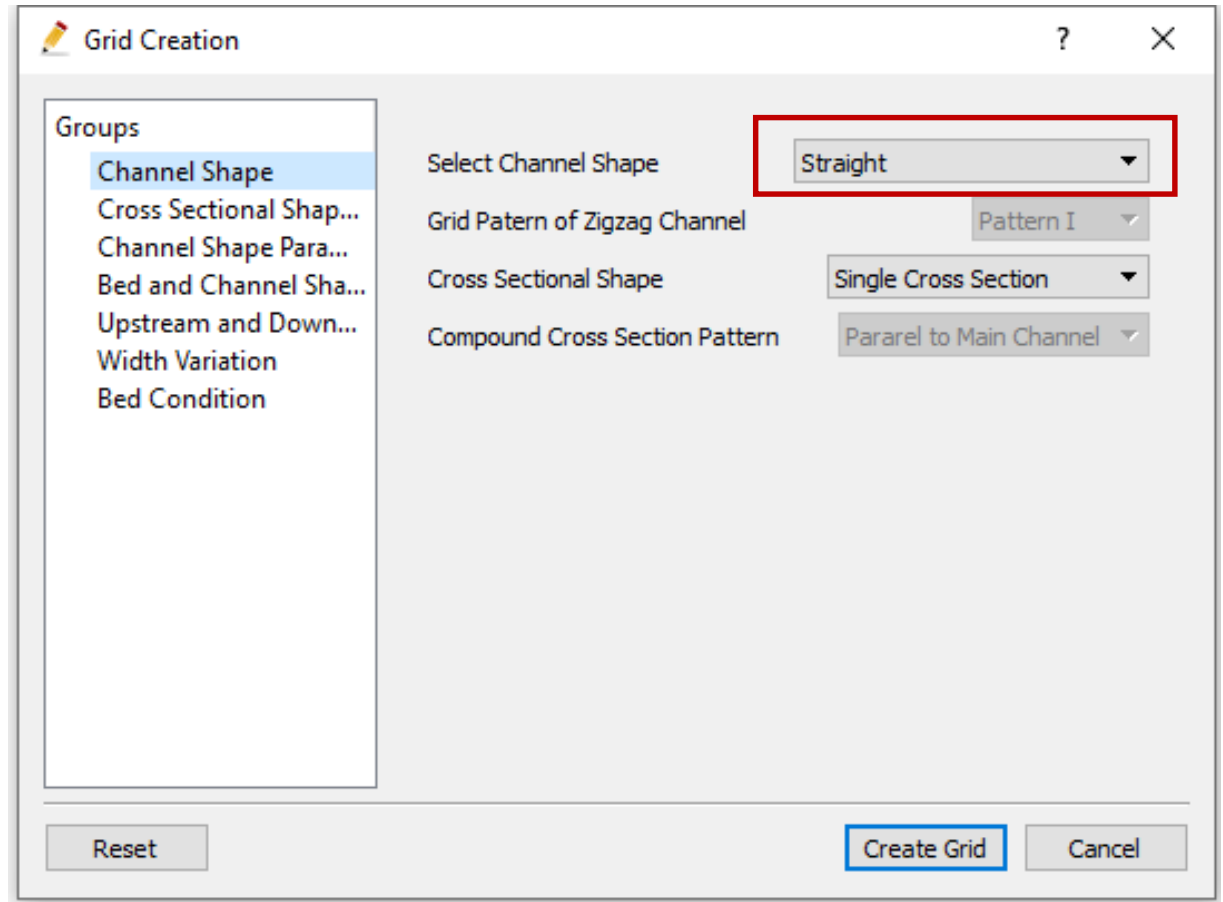
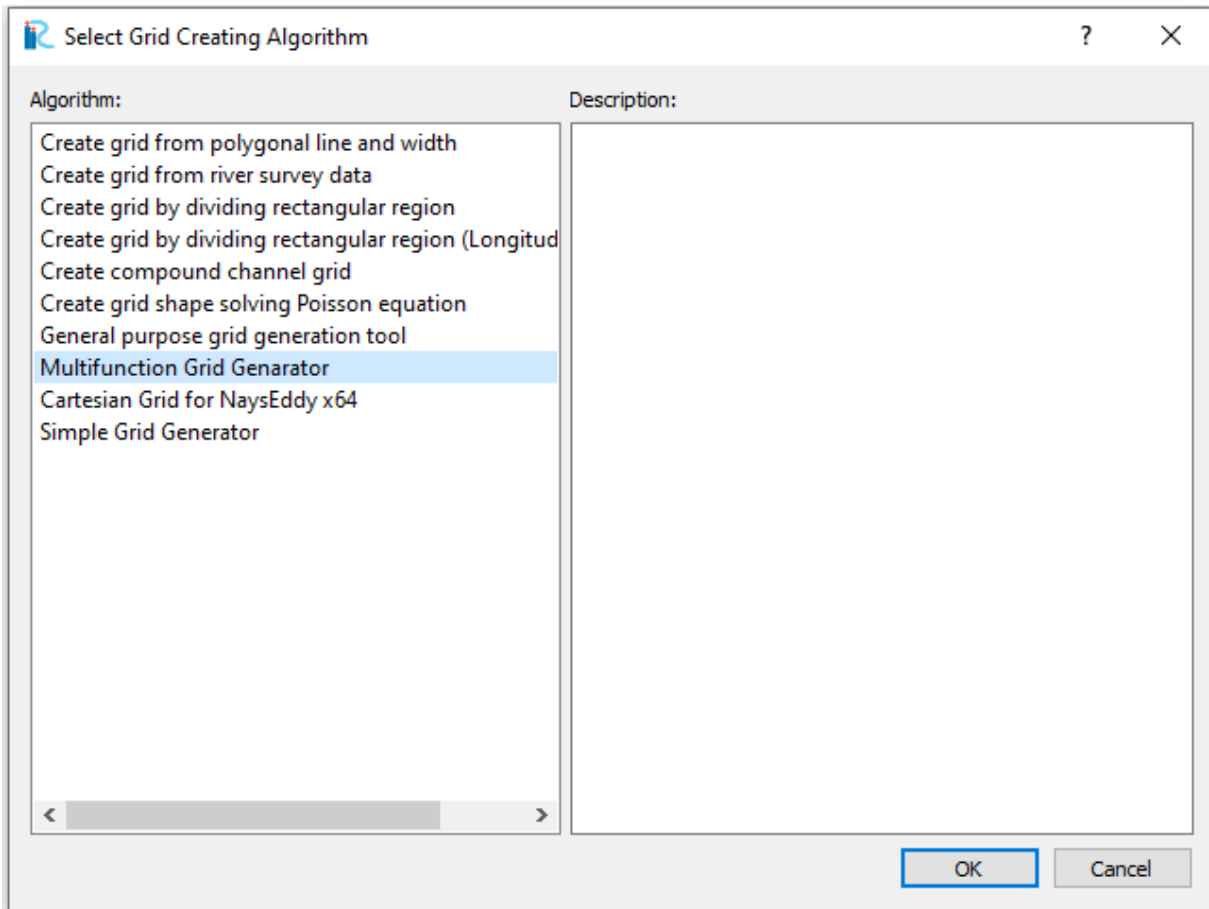
**iRIC Software**  
Changing River Science

# ПОСТАВКА ПРОБЛЕМА

- Призматичан канал
- Димензије сужења:  
(0,9 x 0,69) m<sup>2</sup>
- Проток: 141 L/s
- Непокретно, равно дно  
(осим у сужењу)



# КРЕИРАЊЕ МРЕЖЕ



Grid Creation

Groups

- Channel Shape
- Cross Sectional Shap...
- Channel Shape Para...
- Bed and Channel Sha...
- Upstream and Down...
- Width Variation
- Bed Condition

Single Cross Section

Width(m)

Number of Grid in Lateral Direction

Compound Channel

Numbers of Grids

Left Floodplain

Low Water Channel

Right Floodplain

Low Water Channel Depth(m)

Bank Slope Raitio of Low Water Channel

Numbers of Grids in Low Water Channel Bank

Simple Compound Channel

Channel Width

Left Flood Channel Width(m)

Low Water Channel Width(m)

Right Flood Channel Width(m)

With Straight or Meandering Levees

Total Width(m)

Low Water Channel Width(m)

Left Levee Distance from Channel Center(m)

Right Levee Distance from Channel Center(m)

Reset  Cancel

$\Delta y = 0,1 \text{ m}$

Grid Creation

Groups

- Channel Shape
- Cross Sectional Shape Para...
- Channel Shape Parameters
- Bed and Channel Shape
- Upstream and Downstream ...
- Width Variation
- Bed Condition

Wave Length of Meander(m)

Wave Number

Meander Angle(degree)

Number of Grids in One Wave Length

Levee Meander Parameters

Meander Angle(degree)

Meander Wave Length(m)

Phase Lag from LWC(m)

Kinoshita Meander Parameters

Additional Meander Angle(degree)

n1(Wave Number of the second term)

Reset  Cancel

$\Delta x = 0,15 \text{ m}$

➔ Димензије ћелије мреже:  $(0,15 \times 0,1) \text{ m}^2$

Иако је дно канала равно, да би програм радио потребно је задати нагиб различит од нуле!

Grid Creation

Groups

- Channel Shape
- Cross Sectional Shape Pa...
- Channel Shape Parameters
- Bed and Channel Shape**
- Upstream and Downstre...
- Width Variation
- Bed Condition

Initial Bed Shape Flat (no bar)

Bar Height or Amplitude of Parabolic Shape(m) 0.01

Lag Between Bar and Plane Geometry(m) 0.01

Channel Slope 0.001

Reset Create Grid Cancel

Grid Creation

Groups

- Channel Shape
- Cross Sectional Shape Paramet...
- Channel Shape Parameters
- Bed and Channel Shape
- Upstream and Downstream Co...
- Width Variation**
- Bed Condition

Width Variation Constant Width

Width Variation Type Both Banks

Width Deviation(m) 0.05

Reset Create Grid Cancel

Grid Creation

Groups

- Channel Shape
- Cross Sectional Shape Parameters
- Channel Shape Parameters
- Bed and Channel Shape
- Upstream and Downstream Condit...
- Width Variation
- Bed Condition**

Low Water Channel

Bed Condition Fixed Bed

Roughness Definition Not Specified

Roughness Value 0.02

Floodplain

Bed Condition Moveable Bed

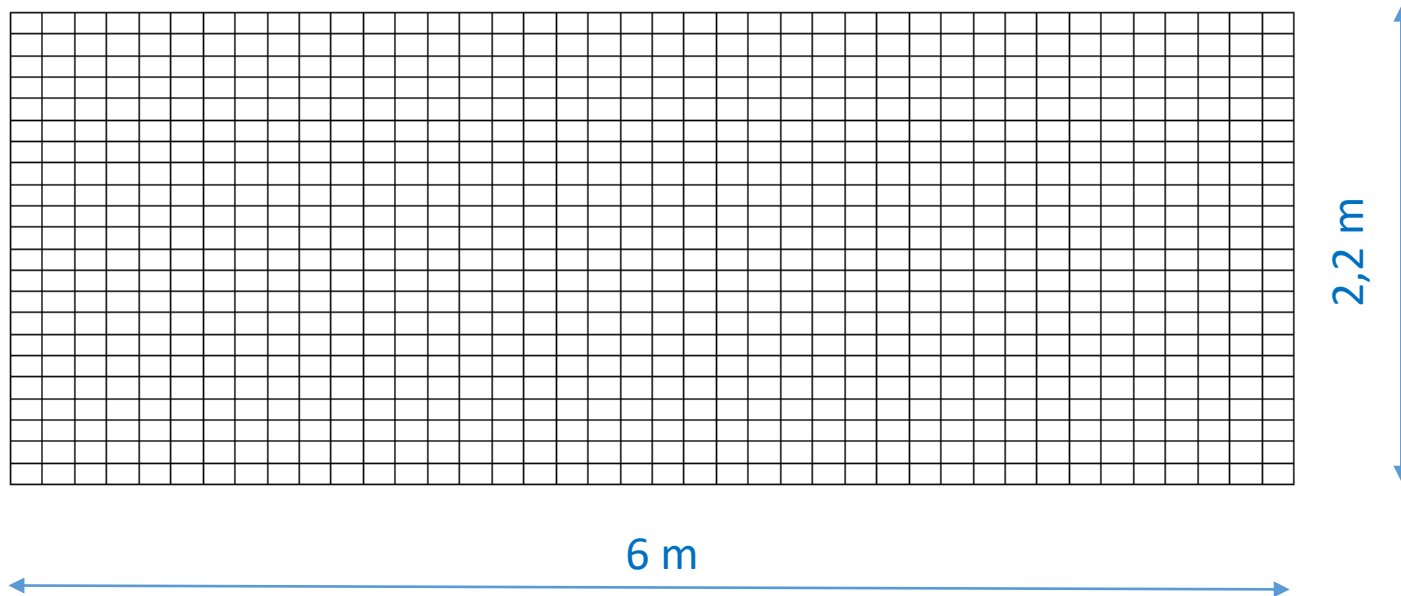
Roughness Definition Not Specify

Roughness Value 0.05

Reset Create Grid Cancel



Добијена мрежа:



# ЗАДАВАЊЕ ПАРАМЕТАРА

# Основни параметри:

Calculation Condition

Groups

- Basic Parameters
- Time Conditions
- Inlet Discharge and ...
- Depth and Wet-Dry C...
- Roughness Conditions
- Bed Conditions
- Vegetation Conditions
- Boundary conditions
- Hot start conditions
- Additional output files
- Initial topography co...
- DriftWood
- Advanced settings

Number of Vertical Layers: 10

Fixed or Movable Bed: Fixed bed

Turbulence Model: Non-linear k-e model

Spatial Scheme for Advection Terms: TVD MUSCL

Reset Save and Close Cancel

# Временски услови:

Calculation Condition

Groups

- Basic Parameters
- Time Conditions
- Inlet Discharge and Outlet Wat...
- Depth and Wet-Dry Conditions
- Roughness Conditions
- Bed Conditions
- Vegetation Conditions
- Boundary conditions
- Hot start conditions
- Additional output files
- Initial topography correction
- DriftWood
- Advanced settings

Start Time[s]: 0

End Time[s]: 60

File Output Time[s]: 0.1

Start time of surface move[s]: 0.05

Start time of bed move[s]: 2

Variable DT with CFL condition: Fixed DT

Coefficient for CFL condition: 0.13

Time Step[s]: 0.001

Display output interval: 1

Reset Save and Close Cancel

Calculation Condition

Groups

- Basic Parameters
- Time Conditions
- Inlet Discharge and ...**
- Depth and Wet-Dry C...
- Roughness Conditions
- Bed Conditions
- Vegetation Conditions
- Boundary conditions
- Hot start conditions
- Additional output files
- Initial topography co...
- DriftWood
- Advanced settings

Hydrograph Data Type: Constant discharge

Constant Discharge[m3/s]: 0.141

Outlet water level for fixed Q: given as a constant

Outlet water level for variable Q: set from uniform flow

Constant outlet water level[m]: 0.2

Unit of time for Q: second

Time series of Q at inlet: Edit

Time series of Q at inlet and WL at outlet: Edit

Q gradual increase: Q given directly

Initial Q rate: 0.1

Time for Q slope[s]: 10

Reset Save and Close Cancel

Проток је константан!

Константан излазни  
ниво воде – низводни  
гранични услов!  
Потребно обезбиједити  
непотопљено течење!

Groups

- Basic Parameters
- Time Conditions
- Inlet Discharge and ...
- Depth and Wet-Dry C...
- Roughness Conditions
- Bed Conditions
- Vegetation Conditions
- Boundary conditions
- Hot start conditions
- Additional output files
- Initial topography co...
- DriftWood
- Advanced settings

Wet and Dry Cells Fixed wet and dry cells

Minimum Depth[m]

How to give initial surface slope? Given by initial average bed slope

Initial surface slope

Relaxation coefficient

Reset Save and Close Cancel

## Константна храпавост у каналу!



Groups

- Basic Parameters
- Time Conditions
- Inlet Discharge and Outlet WaterLevel
- Depth and Wet-Dry Conditions
- Roughness Conditions
- Bed Conditions
- Vegetation Conditions
- Boundary conditions
- Hot start conditions
- Additional output files
- Initial topography correction
- DriftWood
- Advanced settings

How to evaluate  $u^*$  at BED? Manning Law

Manning n for zone A

Manning n for zone B

Manning n for zone C

Manning n for zone D

Manning n for zone E

How to calculate  $u^*$  at WALL? Manning Law

Manning n for WALL

Manning n for obstacle

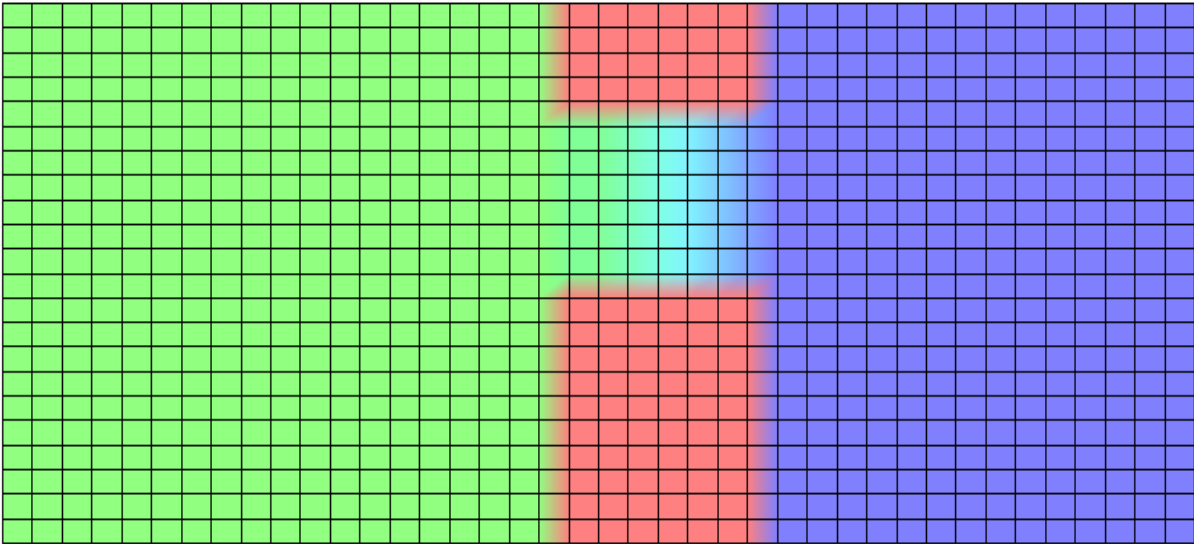
Reset Save and Close Cancel

# ЗАДАВАЊЕ ПРЕПРЕКЕ

- **Bed elevation**

- **Obstacle cell**

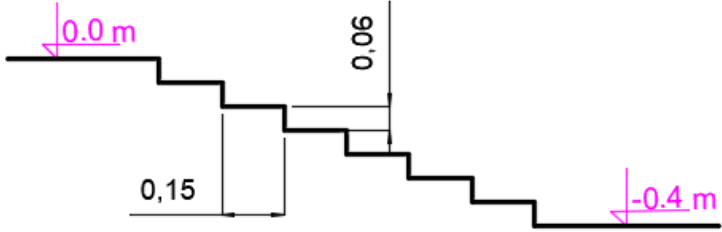
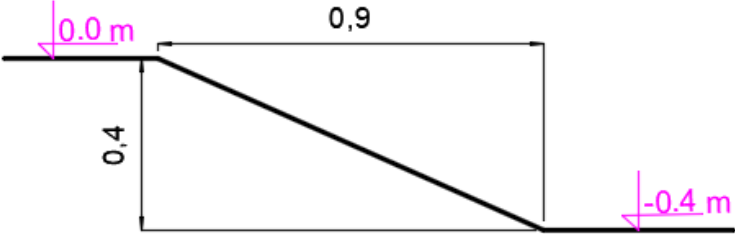
# Node Attributes – Bed elevation



Терен – дно се издиже по висини.

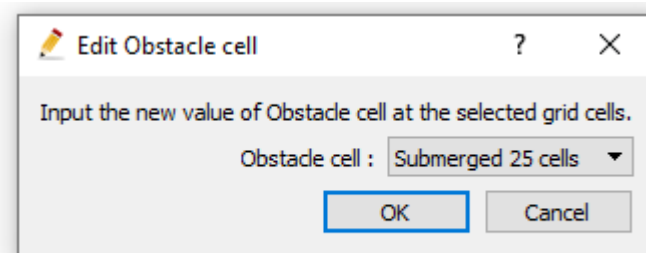
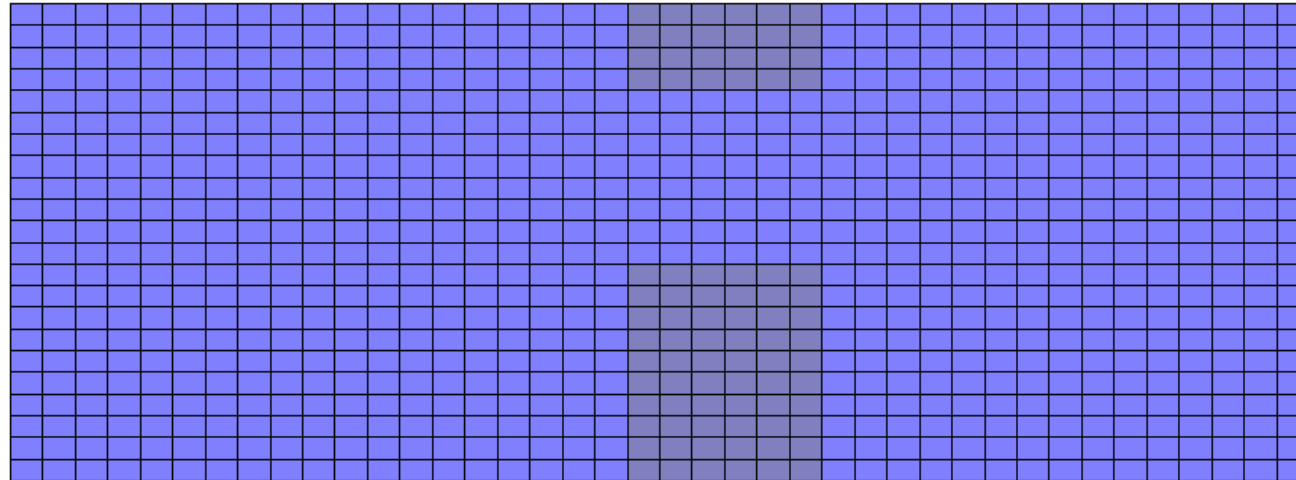


Детаљ дна у сужењу:





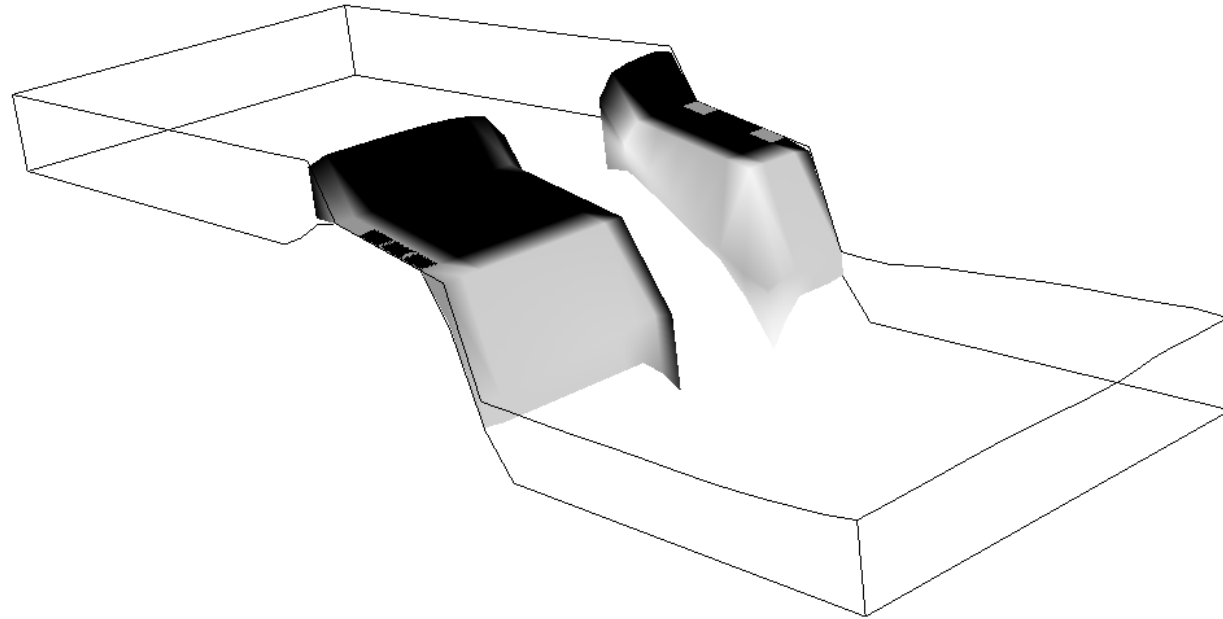
# Cell Attributes – Obstacle Cell



Препрека се издиже по висини у односу на ниво воде.

# РЕЗУЛТАТИ СИМУЛАЦИЈЕ

## Изглед канала са препреком у аксонометрији:

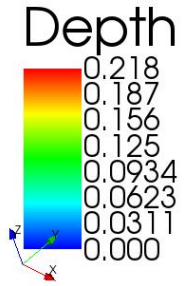
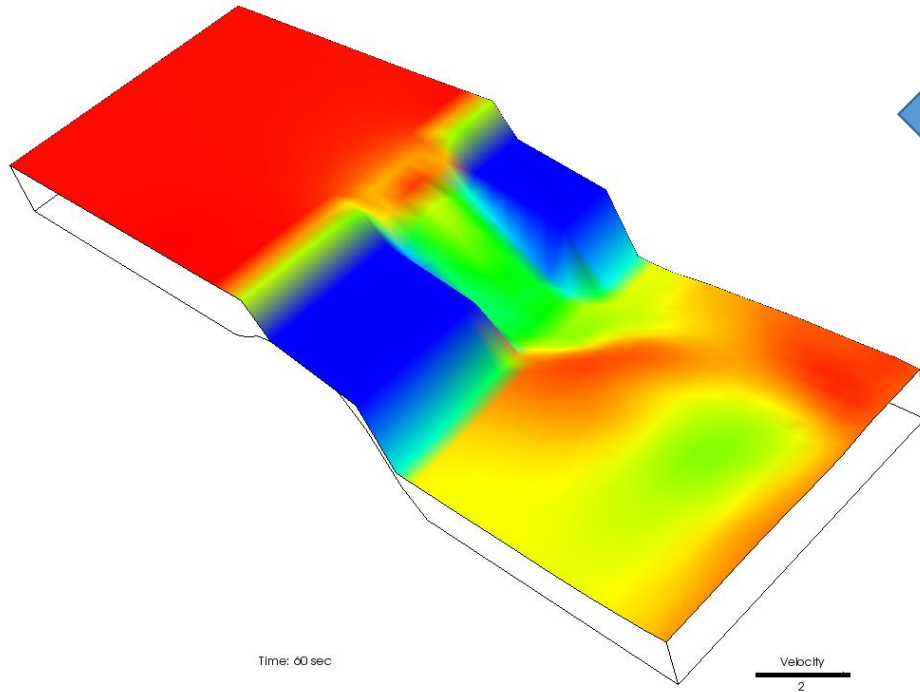


Time: 60 sec

Velocity

2

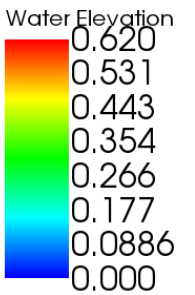
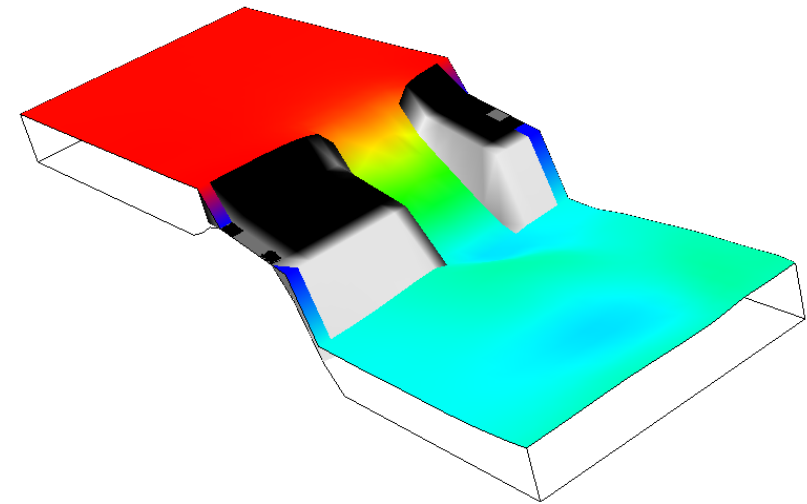
Дубина на крају симулације.



Time: 00 sec

Velocity  
2

Ниво воде на крају симулације.



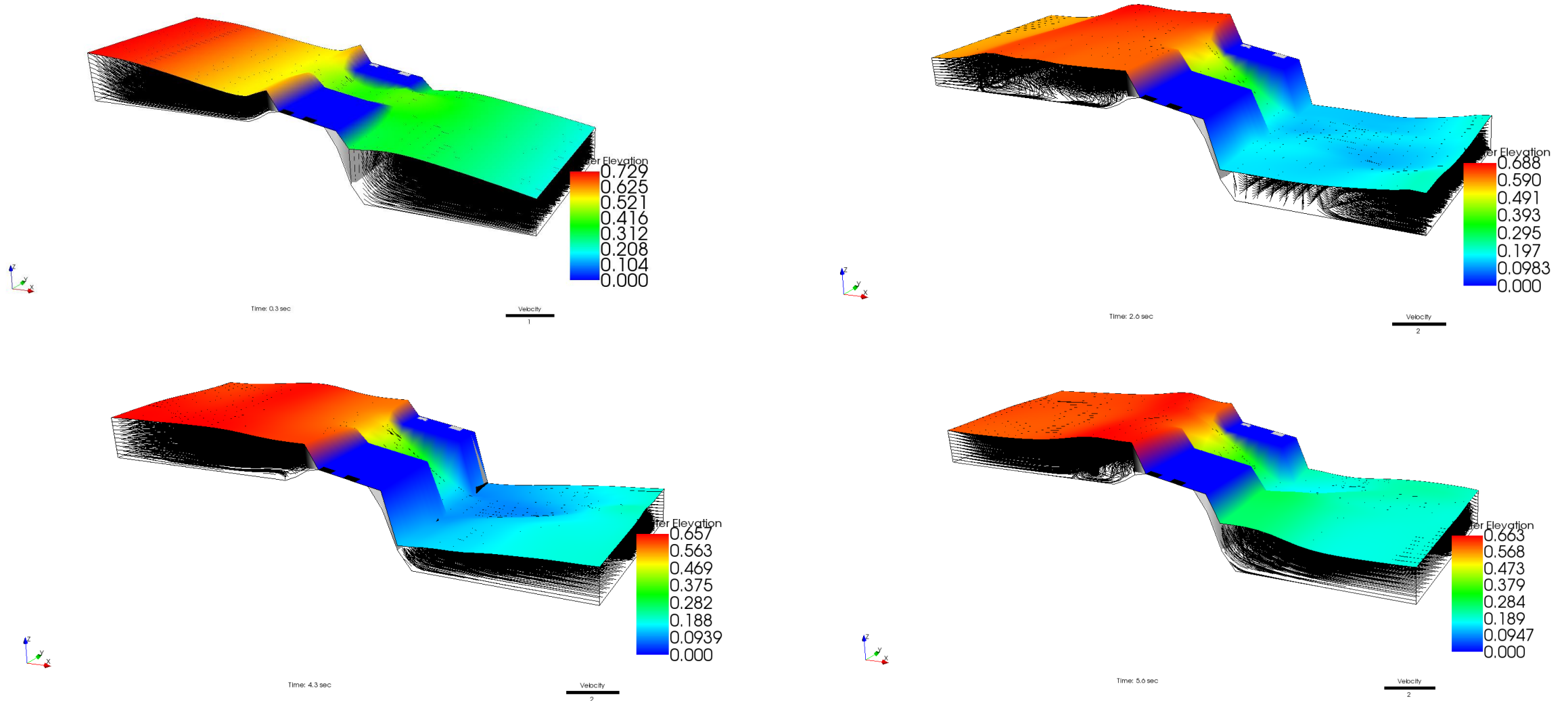
Time: 00 sec

Velocity  
2

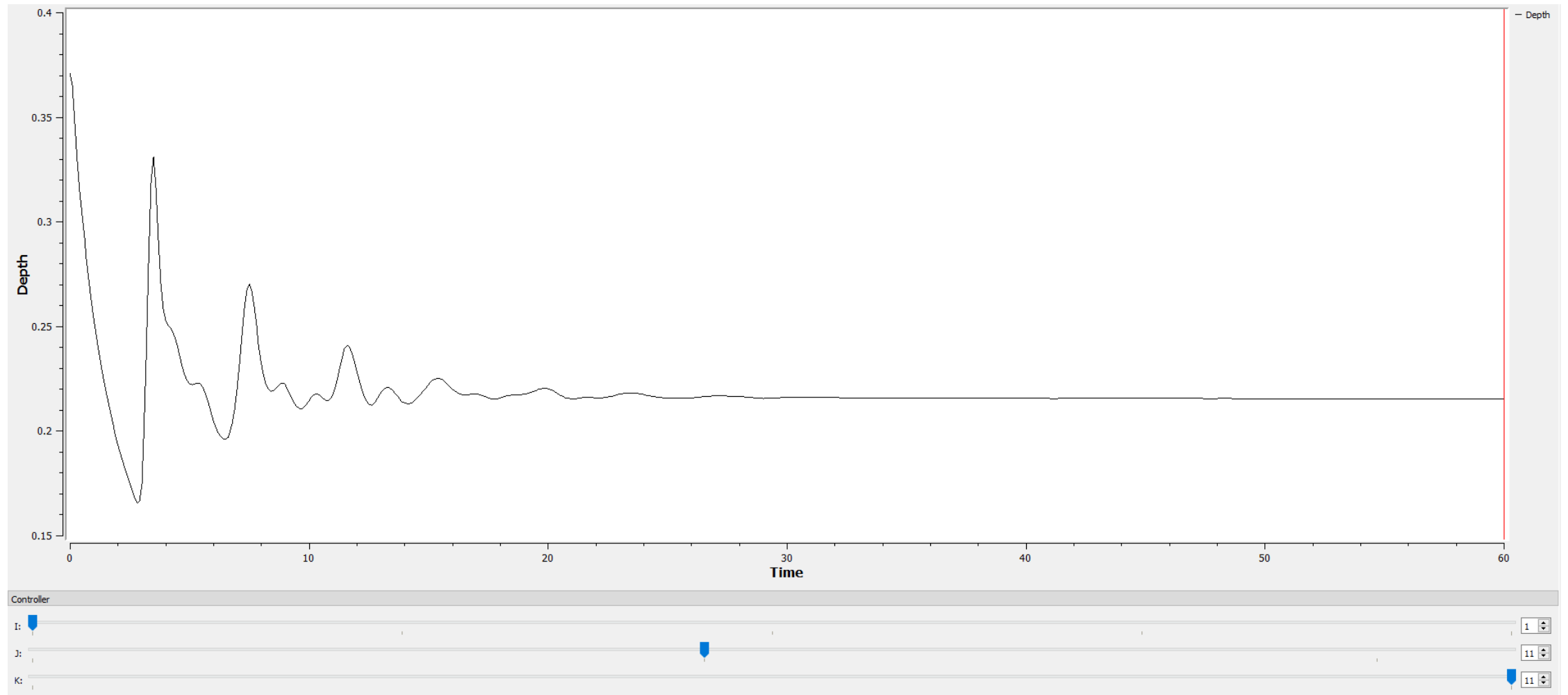


Талас на почетку пуштања симулације, пропагира се узводно а затим низводно, док се не умири. Разлози:

- услови које намеће низводни ниво ??
- димензије "умирујућег базена" ??



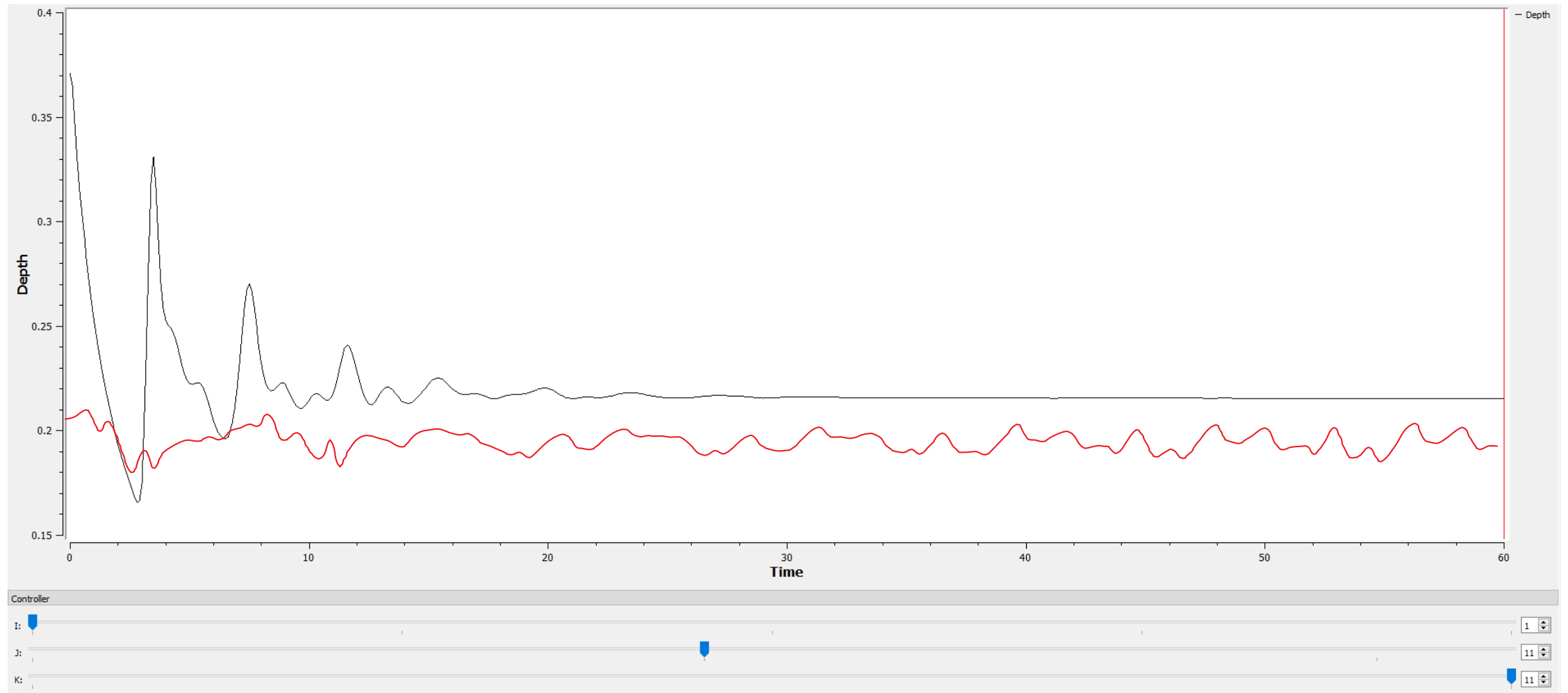
## Дубина на узводном крају базена:



- Већ на средини симулације дубина се устали.

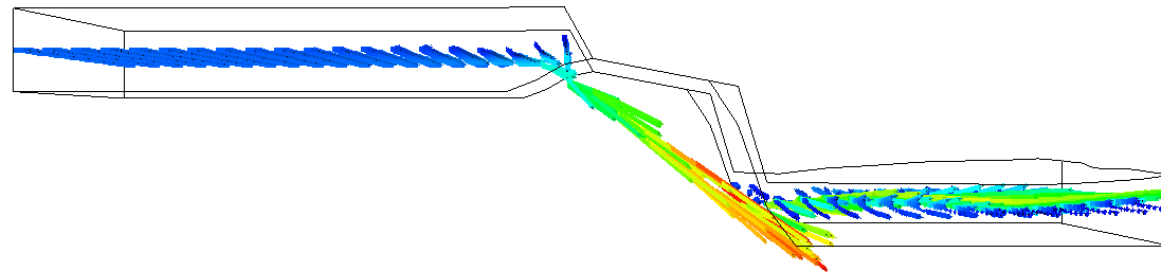
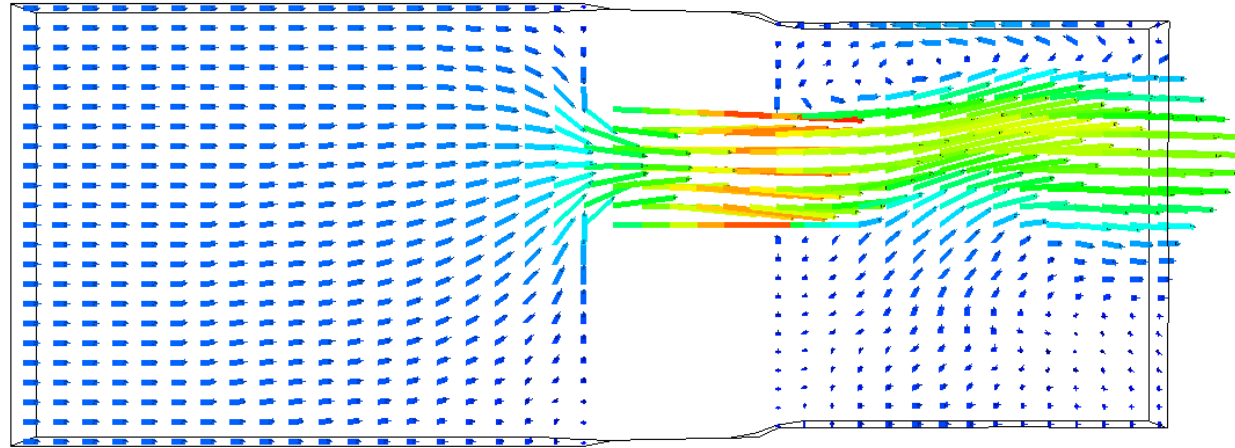
Дубина на узводном крају базена:

Дубина на низводном крају:



- Сопствени начин осциловања, узводни и низводни базени су независне цјелине.

Приказ распореда брзина (по јачини) у средини струје, на крају симулације:

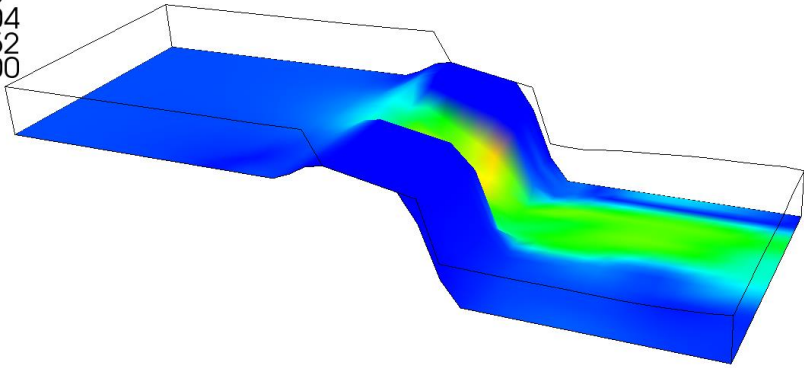
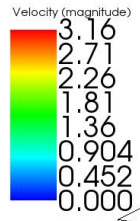


Time: 00 sec

Velocity



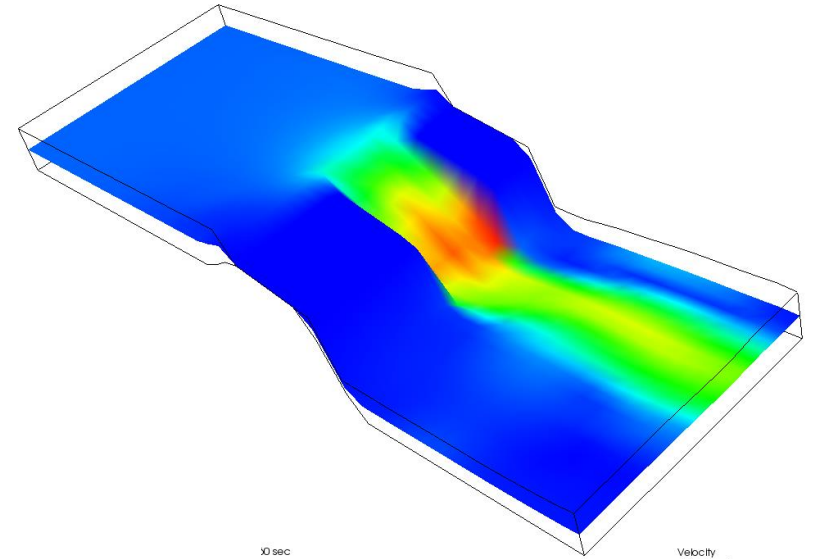
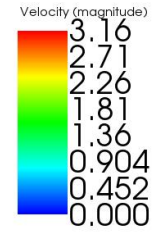
**K = 1**



Time: 60 sec

Velocity  
2

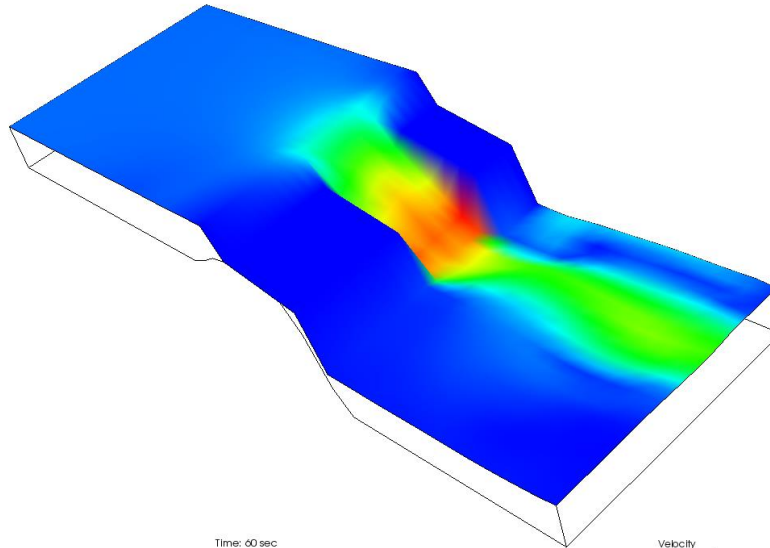
**K = 5**



10 sec

Velocity  
2

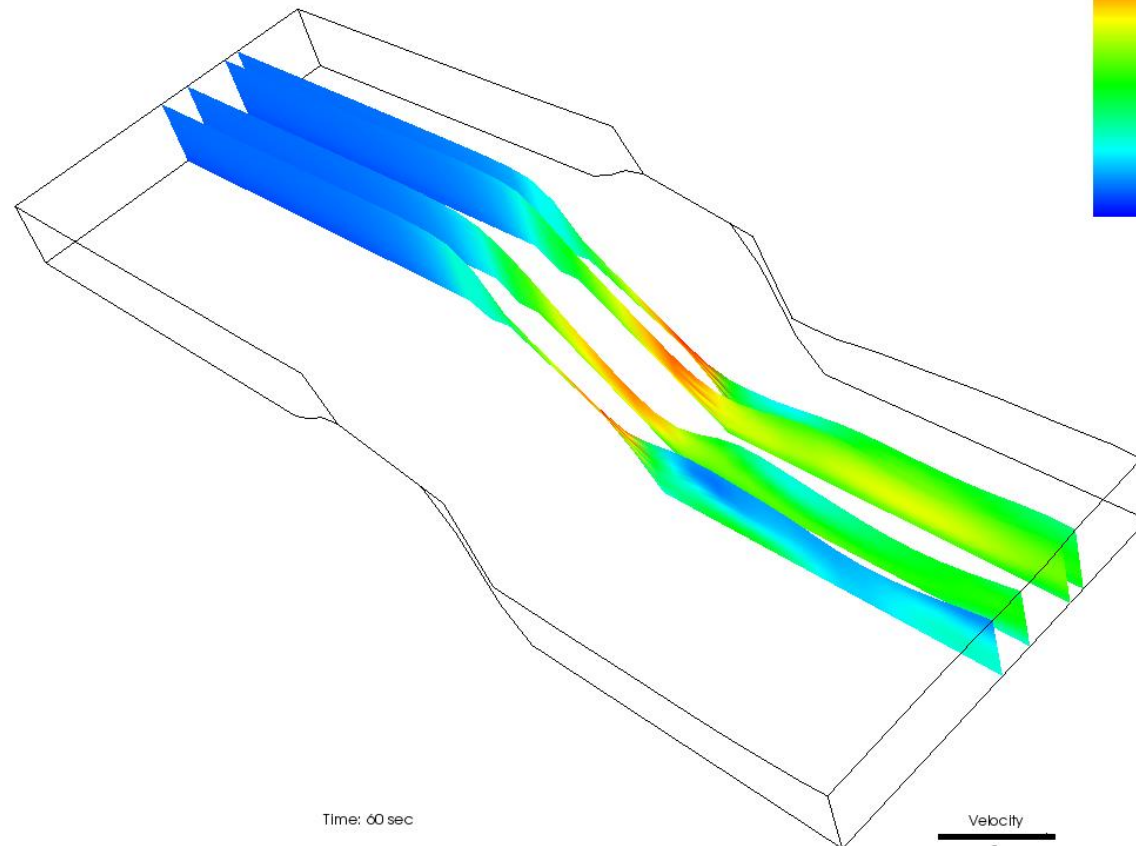
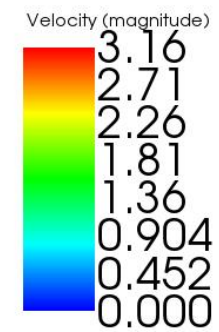
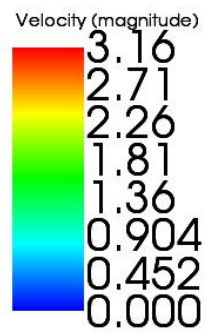
**K = 11**



Time: 60 sec

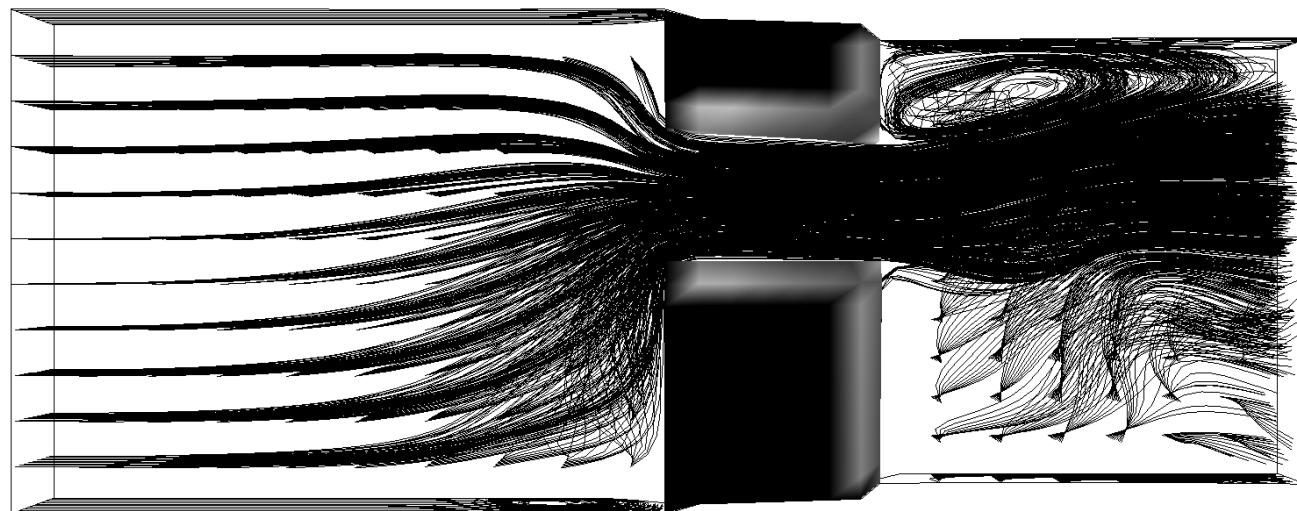
Velocity  
2

Брзине воде по ширини пресјека ( за различите  $j$  координате):



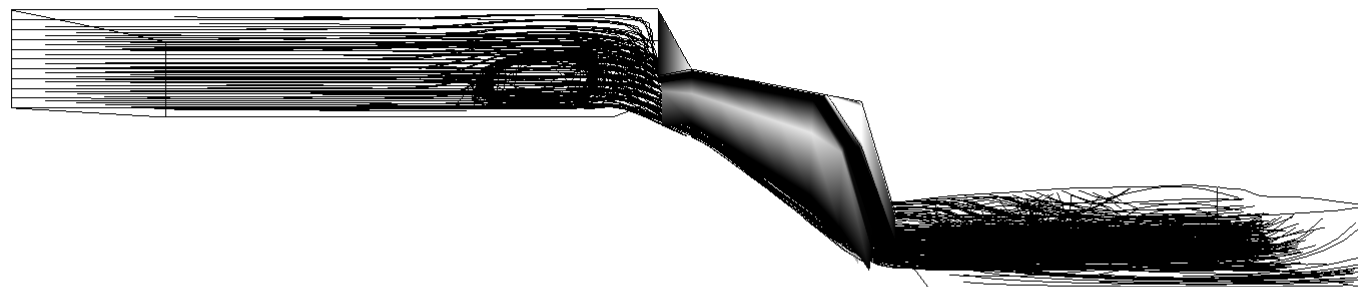
# Изглед струјница на крају симулације:

Стварање вртлога испред и иза препреке!



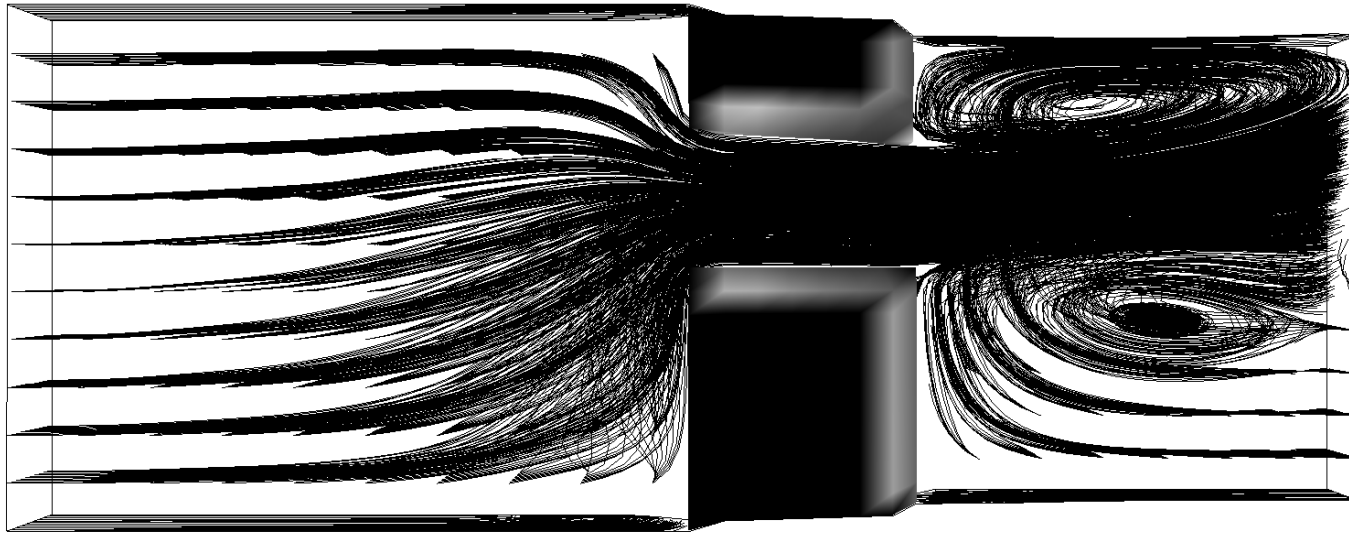
Time: 00 sec

Velocity  
2



Time: 00 sec

Velocity  
2

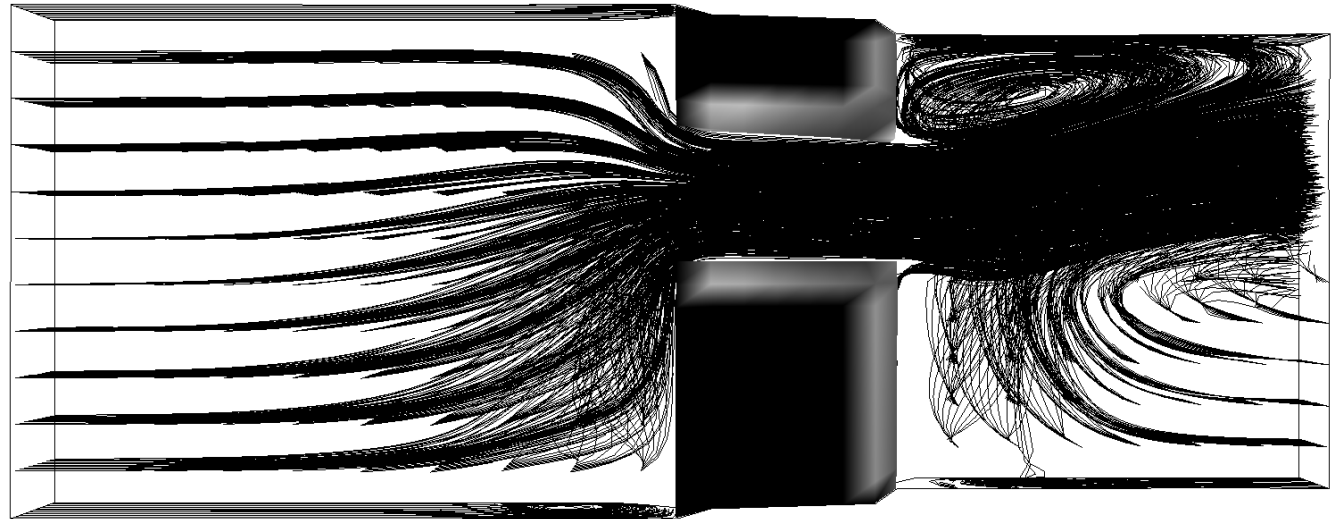


Time: 21.2 sec



Изглед струјница на око 20 s од почетка симулације.

Изглед струјница на средини симулације.



Time: 30 sec

Velocity

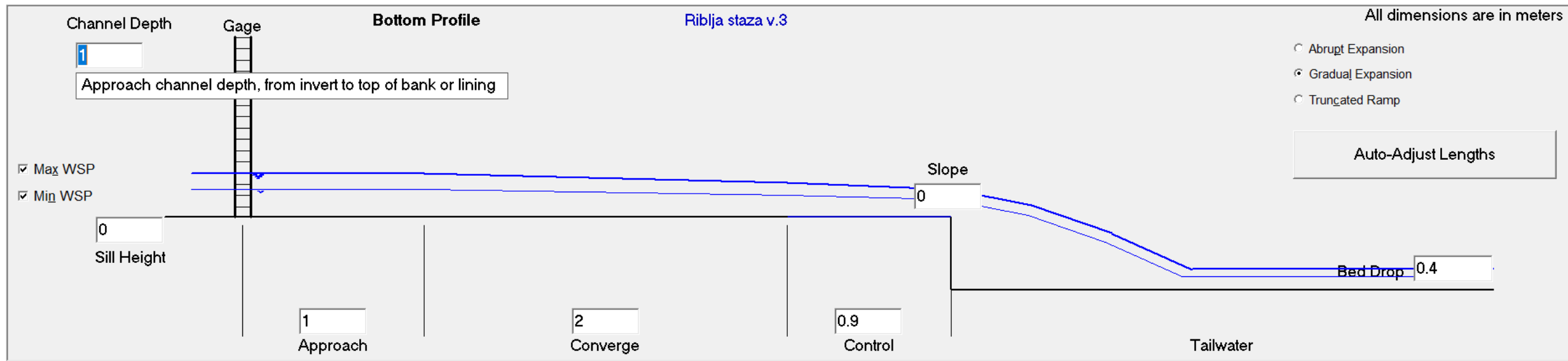
# ΠΡΟΒΛΕΡΑ ΠΟΜΟΤΥ WinFlume-a

- Није било могуће задати геометрију из поставке задатка (немогућност подешавања нагиба дна у сужењу). Коришћена геометрија из варијанте 2.
- Један контролни пресјек – у сужењу
- Узводно од сужења – други контролни пресјек

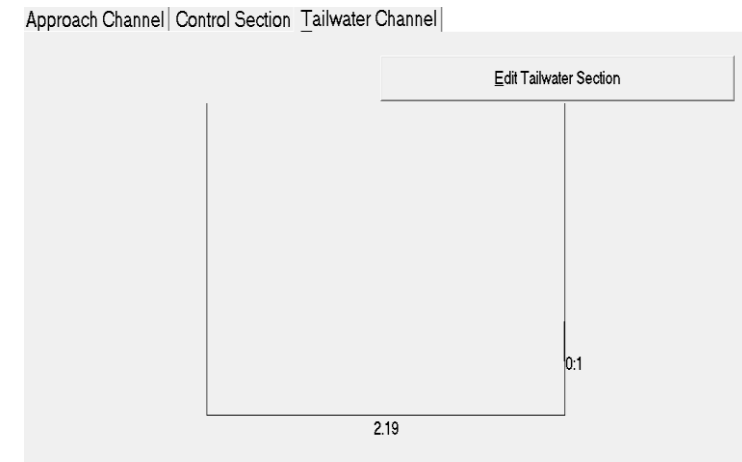
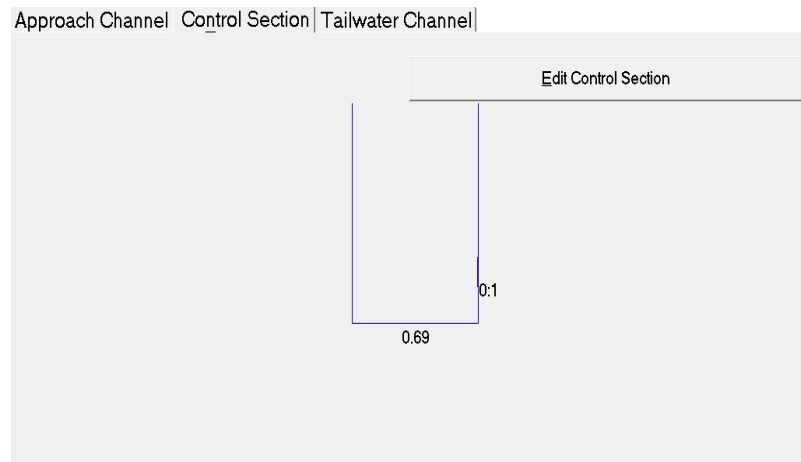
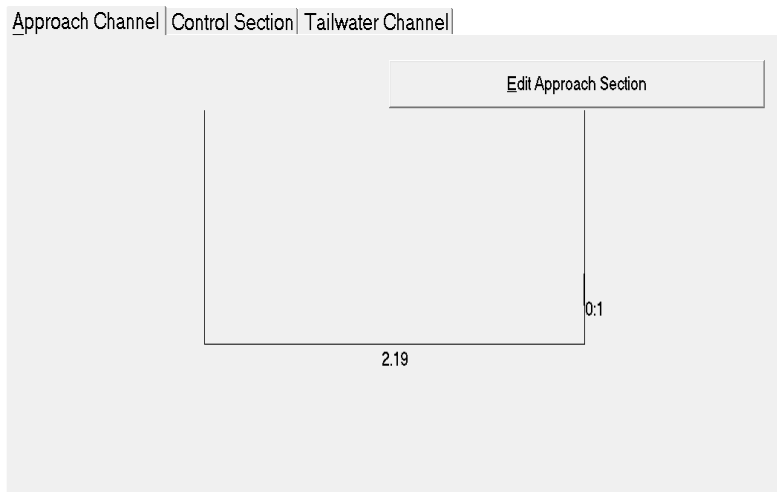
### Претпостављено:

- начин мјерења дубине: директно
- тачност мјерења: 2,5 %
- опсег протока: (0,07 – 0,141 m<sup>3</sup>/s)

# Подужни пресјек дна канала:



# Попречни пресјечи у прилазном каналу, сужењу и проширењу:

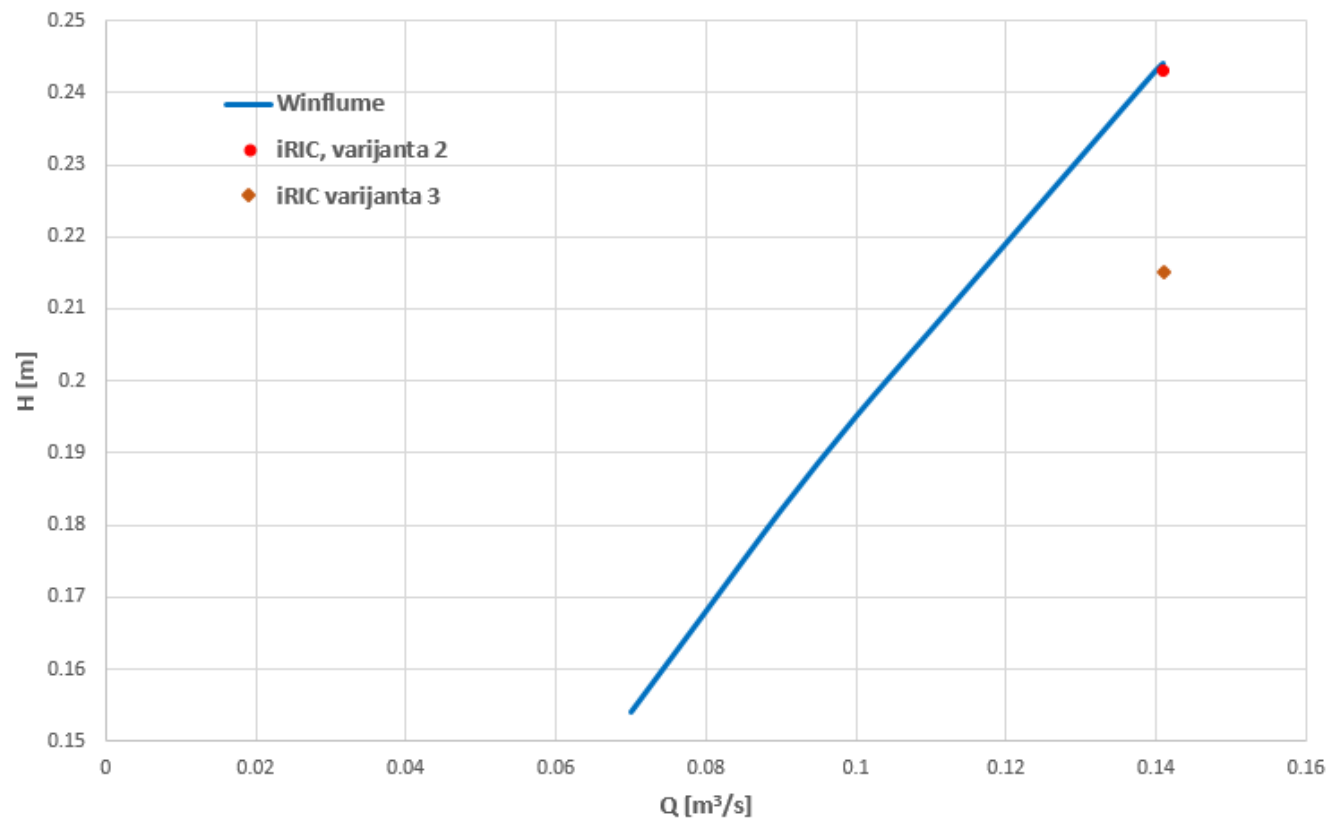


Поређење Q – H кривих  
добијених помоћу програма  
iRIC и WinFlume:

- дубина на узводном крају  
канала (за проток 0,141 m<sup>3</sup>/s)

*iRIC*: 0,243 m - варијанта 2  
0,215 m - варијанта 3

*WinFlume*: 0,244 m





**ЗАКЉУЧАК**

- Пажљиво креирање мреже
- Велики значај низводног граничног услова
- Формирање секундарних струјања у зонама близу препреке
- Максималне брзине се јављају у сужењу
- Релативно добро поклапање резултата симулација
- Даља истраживања и подешавања??



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ  
ОДСЕК ЗА ХИДРОТЕХНИКУ И ВОДНО ЕКОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ДОКТОРСКЕ СТУДИЈЕ  
МЕХАНИКА ФЛУИДА – НАПРЕДНИ КУРС



**ХВАЛА НА ПАЖЊИ !**

Професор:

Проф. др Душан Продановић

Доцент др Дамјан Иветић

Студент:

Тамара Судар

Београд, 2020.