

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



ДОКТОРСКЕ СТУДИЈЕ МЕХАНИКА ФЛУИДА – НАПРЕДНИ КУРС



**МОДЕЛИРАЊЕ ИСТИЦАЊА КРОЗ ПРОПУСТ
ПРИМЕНОМ СОФТВЕРА iRIC**

Ментори:
Проф. др Душан Продановић
Доцент др Дамјан Иветић

Студент:
Иван Јелић

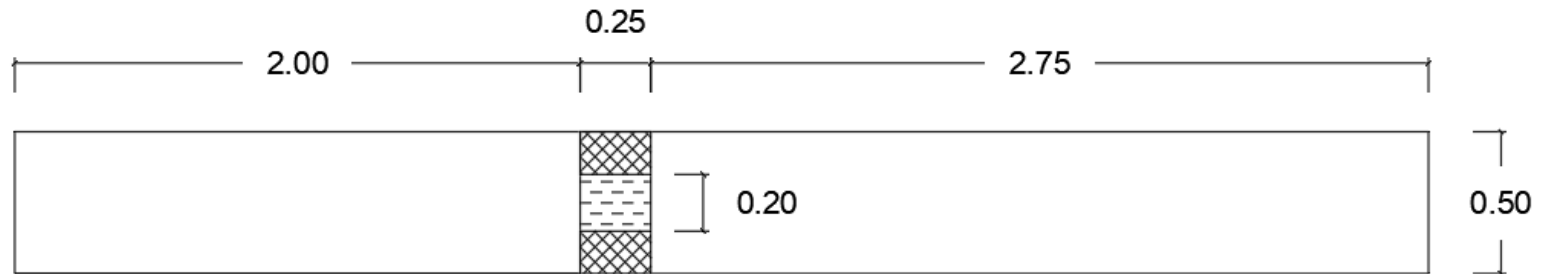
Београд, 2021.

Садржај



1. Опис и циљ задатка
2. „Ручни прорачун“
3. Поступак израде модела
 - Креирање мреже
 - Задавање параметара
 - Задавање препреке
4. Резултати прорачуна у моделу
5. Закључак

Опис и циљ задатка



- Геометрија канала:
- Призматичан канал
- Дужуна $L = 5\text{m}$
- Ширина $B = 0.5\text{m}$

- Геометрија пропуста:
- Правоугаони попречни пресек
- Ширина пропуста $B_p = 0.2\text{m}$
- Дужина пропуста $L_p = 0.25\text{m}$

Услови течења:

Проток $Q = 10\text{L/s}$

Низводна дубина добијена ручним прорачуном $H_{niz} = 0.0591\text{m}$

ТРАЖИ СЕ

Упоредити вредности дубине воде добијене путем

- 1. програма,**
- 2. ручног прорачуна**

„Ручни прорачун“

ПРОПУСТ

КОНТРОЛНИ ПРЕСЕК

$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} \sqrt{I_d}$
 $n = 0,012 \text{ m}^{-1/3}$
 $I_d = 1 \text{ ‰}$
 $Q = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$

$\Rightarrow h_{NIZ} = h_N = 0,0591 \text{ m}$

ЕНЕРГЕТСКА ЈЕДНАЧИНА ОД „PR“ ДО „NIZ“
 $E_{PR}^* = E_{NIZ} + \sum_{NIZ} \cdot \frac{v_{NIZ}^2}{2g}$
 $E_{PR}^* = h_{NIZ} + \frac{v_{NIZ}^2}{2g} + \sum_{NIZ} \cdot \frac{v_{NIZ}^2}{2g}$
 $E_{PR}^* = \frac{v_{NIZ}^2}{2g} (h_{NIZ} + \sum_{NIZ}) \Rightarrow E_{PR}^* = 0,00093 \text{ m}$

КРИТИЧНА ДУБИНА ЗА ПРОПУСТ

$1 = \frac{Q^2 B}{g A^3} \Rightarrow h_{KR} = 0,063 \text{ m}$

1. Усваја се контролни пресек на низводном крају
2. Коришћењем Шези Манингове једначине за познате геометријске карактеристике канала, проток, храпавост, нагиб дна, одређена је нормална дубина на низводном крају
3. За низводни пресек одређује се брзина V_{NIZ}
4. Претпоставља се непотопљено течење ($H_{pro} = H_{kr}$)
5. Поставља се енергетска једначина од пресека „PR“ до пресека „NIZ“ (E_{PR}^*)
6. Одређује се критична дубина за пропуст на основу познате геометрије пропуста (H_{kr})

„Ручни прорачун“

БРЗИНА НА ПРЕСЕКУ „PR“ :

$$v_{PR} = \frac{Q}{b_{PR} \cdot h_{KR}} \Rightarrow v_{PR} = 0,79 \frac{m}{s}$$

ОДРЕЂИВАЊЕ E_{min}^{PR} :

$$E_{min}^{PR} = h_{KR} + \frac{v_{PR}^2}{2g} \Rightarrow E_{min}^{PR} = 0,095 m$$

$E_{PR}^* < E_{min}^{PR} \Rightarrow$ ПРЕТПОСТАВКА О НЕПОТОПЉЕНОМ ИСТИЦАЊУ ЧРОЗ ПРОПУСТ ЈЕ ТАЧНА

$$\Rightarrow \begin{cases} h_{PR} = h_{KR} = 0,063 m \\ v_{PR} = 0,79 m/s \end{cases}$$

ЕНЕРГЕТСКА ЈЕДНАЧИНА ОД „UZ“ ДО „PR“

$$\left. \begin{aligned} h_{UZ} + \frac{v_{UZ}^2}{2g} &= E_{min}^{PR} + \sum_{UZ}^{PR} \frac{v_{UZ}^2}{2g} \\ v_{UZ}^2 &= \frac{Q^2}{(B \cdot h_{UZ})^2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow h_{UZ} = 0,093 m$$

- Одређује се брзина на пресеку „PR“ за непотопљено истицање
- Одређује се $E_{min,pr}$ и упоређује се са E_{pr}^* да би се одредило да ли је претпоставка о непотопљеном истицању тачна
- Поставља се енергетска једначина од пресека „UZ“ до пресека „PR“ и из ње добијамо вредност h_{uz}

Поступак израде модела- креирање мреже



The screenshot displays the iRIC 3.0.19.6351 software interface. The main window shows the 'iRIC Start Page' with the iRIC logo and the text 'Welcome to iRIC! iRIC can simulate rivers from Colorado River to the Nile.' Below this, there are two tabs: 'Start Simulation Project' and 'Support'. The 'Start Simulation Project' tab is active, and a dialog box is open over it. This dialog box has two main sections: 'Start Simulation Project' and 'Support'. In the 'Start Simulation Project' section, the 'Create New Project...' button is highlighted with a red rectangular box. Below this section is a 'Recent Solvers:' list. In the 'Support' section, there is an 'Open Project File...' button and a 'Recent Projects:' list. The 'Recent Projects:' list contains five entries, each with a folder icon and a project name: 'Fluidi', 'PROBA3', 'Fluidi', 'Model isticanje kroz propust', and 'PROBA33'. Each entry also shows its file path. At the bottom right of the dialog box is a 'Close' button. The background of the software interface shows a menu bar with 'File', 'Import', 'Calculation Condition', 'Simulation', 'Calculation Result', 'View', 'Option', and 'Help'. Below the menu bar is a toolbar with various icons for file operations, navigation, and simulation control. The status bar at the bottom of the window shows 'Ready' on the left and 'X: ----- Y: -----' on the right.

Након покретања програма iRIC појављује се искачући прозор.

Левим кликом миша изаберемо „Create New Project“

Поступак израде модела- креирање мреже



When you create a new project, you have to select the solver to use for calculation. Please select a solver, and press "OK" button.

Select Solver

Basic Information

Name	NaysCUBE v3.43.60
Version	3.43.60
Copyright	Ichiro Kimura
Release	2020/12/03
Homepage	http://i-ric.org/

Description License

"NaysCUBE" is an analytical solver for calculation of unsteady three-dimensional open channel flows, riverbed deformations and driftwood behavior using boundary-fitted coordinates within generalized curvilinear coordinates. The solver's prototype, which only included clear water flow model with a linear RANS model, was initially developed by Associate Professor Ichiro Kimura of Hokkaido University in the 2000s (At that time, he was a lecturer in Yokkaichi University.)

After then, a lot of improvements and modifications have been made, such as, inclusion of bed morphology with bedload transport model, introduction of a second order non-linear k-epsilon turbulence model, adoptions of several kinds of boundary conditions (B.C.), such as, periodic B.C., reversed periodic B.C., symmetric B.C., etc.), incorporation of third order spatial difference scheme (TVD-MUSCL), consideration of emerged and submerged vegetation model, consideration of emerged and submerged obstacles, etc. All those modifications and new components have been developed by Ichiro Kimura of Hokkaido University.

This model has an established reputation for calculation of unsteady three-dimensional open channel flows accompanied with free surface oscillation and bed deformation. The basic model for NaysCUBE has been shown as a powerful tool for analyzing flows around river structures, such as, submerged / un-submerged spur dikes, bridge piers, weirs, etc. The model also has applied to open channel flows with secondary currents of the first kind, which is generated at a river bend with a centrifugal force, and secondary currents of the second kind, which is generated even in a straight channel due to turbulence an-isotropy.

Since NaysCUBE is a fully three-dimensional model, it generally requires more CPU time than two-dimensional models.

OK Cancel

Из падајућег менија изаберемо софтвер „NaysCUBE v3.43.60“ и кликнемо дугме „ОК“.

„NaysCUBE“ софтвер може да симулира секундарна струјања, опструјавање око објекта у токовима, теченје у токовима са или без препрека ...

Поступак израде модела- креирање мреже

1



The screenshot displays the iRIC software interface with three numbered steps illustrating the grid creation process:

- Step 1:** The 'Grid' menu is open, showing the 'Select Algorithm to Create Grid...' option.
- Step 2:** The 'Select Grid Creating Algorithm' dialog box is shown, with 'Multifunction Grid Generator' selected in the 'Algorithm' list.
- Step 3:** The 'Grid Creation' dialog box is shown, with 'Straight' selected in the 'Select Channel Shape' dropdown menu. A red arrow points to this selection, and the text 'Призматичан канал' (Prismatic channel) is written below it.

At the bottom of the interface, there is a coordinate system with X and Y axes and a status bar showing coordinates: X: -2.2346551253116442304, Y: 1.3896452485859402959.



Поступак израде модела- креирање мреже

4



Grid Creation

Groups

- Channel Shape
- Cross Sectional Shap...
- Channel Shape Para...
- Bed and Channel Sha...
- Upstream and Downs...
- 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 Ratio 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

Ширина канала: 50cm

Број ћелија по ширини: 10

Величина ћелије:
 $\Delta Y = 5\text{cm} = 0.05\text{m}$

Поступак израде модела- креирање мреже

5



Grid Creation

Groups

- Channel Shape
- Cross Sectional Shape Param...
- 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

Дужина канала: 5m

Број ћелија по дужини: 100

Величина ћелије:
 $\Delta X = 5\text{cm} = 0.05\text{m}$

Поступак израде модела- креирање мреже

6

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

Нагиб канал износи 1 ‰

Reset Create Grid Cancel



7

Grid Creation

Groups

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

Add straight channel in upstream and downstream: Not Add

Number of Adding Sections in Upstream End: 10

Number of Adding Sections in Downstream End: 10

У овој картици не задајемо ни један параметар

Reset Create Grid Cancel

Поступак израде модела- креирање мреже

8

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

Константна ширина канала

Reset Create Grid Cancel



9

Grid Creation

Groups

- Channel Shape
- Cross Sectional Shape Parameters
- Channel Shape Parameters
- Bed and Channel Shape
- Upstream and Downstream Condi...
- 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

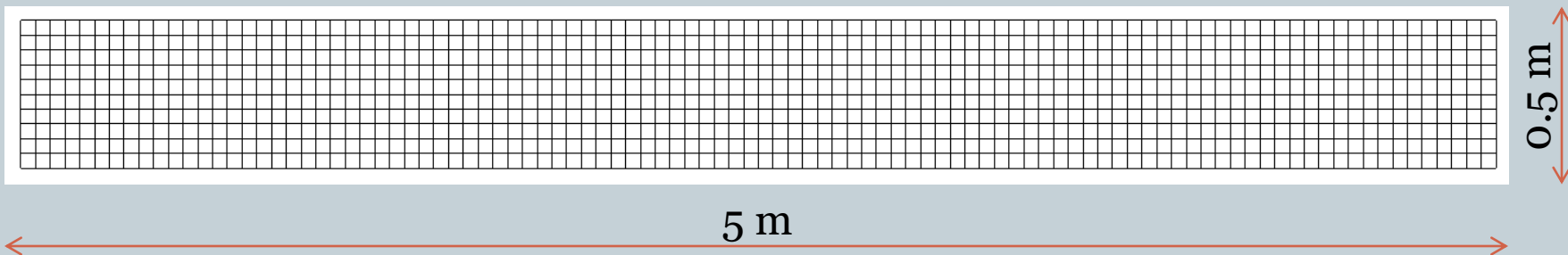
Непокретно дно

Reset Create Grid Cancel

Поступак израде модела- креирање мреже



- Добијена мрежа



Поступак израде модела- задавање параметара

1



2

3

Број ћелија по вертикали: 10

Нелинеаран модел

3 Временски услови

Object Browser

- Geographic Data
 - Bed elevation
 - Obstacle cell
 - Vegetation cell
 - UnderPass Cell
 - UnErodable cell
 - Roughness
 - DriftWood
 - Obstacle height [m]
 - Underpass top height [m]
 - Underpass bottom height [m]
 - Reference Information
- Grid Creating Condition
 - Grid (101 x 11 = 1111)
 - Grid shape
 - Node attributes
 - Cell attributes
 - Measured Values
 - Background Images (Internet)
 - Google Map (Road)
 - Google Map (Satellite)
 - Google Map (Hybrid)
 - Google Map (Terrain)
 - Open Street Map
 - Axes
 - Distance Measures
 - Measure1

Calculation Condition

Setting...
Import...
Export...

Calculation Condition

Groups

- Basic Parameters
- Time Conditions
- Inlet Discharge an...
- Depth and Wet-Dr...
- Roughness Condi...
- Bed Conditions
- Vegetation Condit...
- Boundary conditi...
- Hot start conditions
- Additional output...
- Initial topography...
- DriftWood basic
- DriftWood advan...
- DriftWood additio...
- Wind Conditions
- DAM settings

Number of Vertical Layers: 10

Fixed or Movable Bed: Fixed bed

Turbulence Model: 2nd order Non-linear k-e model

Spatial Scheme for Advection Terms: TVD MUSCL

Reset Save and Close Cancel

Calculation Condition

Groups

- Basic Parameters
- Time Conditions
- Inlet Discharge and Outlet Wa...
- Depth and Wet-Dry Conditions
- Roughness Conditions
- Bed Conditions
- Vegetation Conditions
- Boundary conditions
- Hot start conditions
- Additional output files
- Initial topography correction
- DriftWood basic
- DriftWood advanced
- DriftWood additional
- Wind Conditions
- DAM settings

Start Time[s]: 0

End Time[s]: 15

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

X: 0.61528970637256796827 Y: 1.7123235754015511123

Поступак израде модела- задавање параметара

4

Calculation Condition

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 basic
- DriftWood advanced
- DriftWood additional
- Wind Conditions
- DAM settings
- Advanced settings

Hydrograph Data Type: Constant discharge

Constant Discharge[m3/s]: 0.01

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]: 0.0591

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

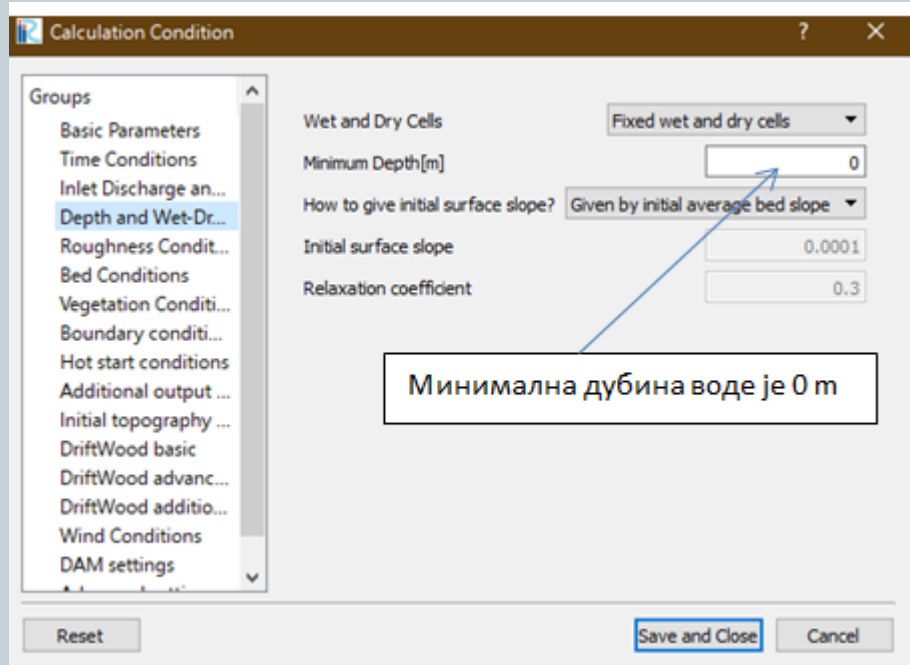
Buttons: Reset, Save and Close, Cancel

Задаје се константан проток $Q=10L/s$

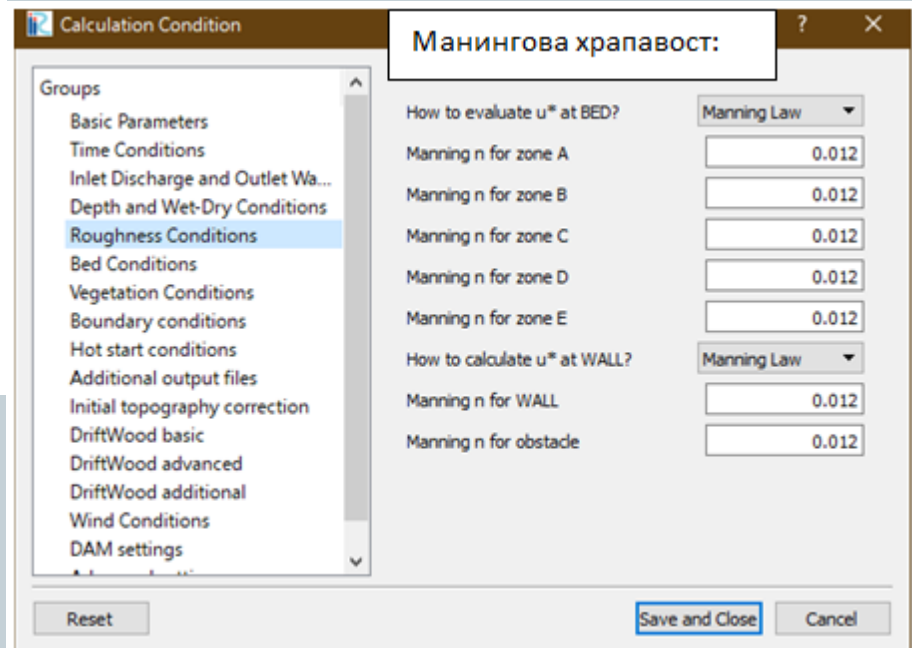
Низводни ниво воде у каналу је $H_{низ}=0.0591m$

Поступак израде модела- задавање параметара

5



6



Поступак израде модела- задавање препреке



1 У менију са леве стране изабере се картица „Obstacle cell“

2 Означи се жељени део мреже и притиском на десни клик миша бира се „Edit value“ из падајућег менија

3 На крају се задаје жељена вредност. У нашем случају бира се опција из падајућег менија под називом „Emerged obstacle“

Attribute Name	Value
1 Obstacle cell	Normal movabl...
2 Vegetation cell	No vegetation
3 UnderPass Cell	No UnderPass

X: 2.1640543926634938643 Y: 0.078803994977516833575

СРП 1:59 PM



Поступак израде модела- задавање препреке

4 Док и даље стоје штиклиран „Obstacle cell“, да не би изгубили оријентацију где треба да се налази пропуст, левим кликом обележимо „UnderPass cell“.

5 Означи се жељени део мреже и притиском на десни клик миша бира се „Edit value“ из падајућег менија

6 На крају се задаје жељена вредност висине пропуста (треба водити рачуна да не пређе задату вредност у параметрима – број хелија по вертикали).

Attribute Name	Value
1 Obstacle cell	Normal movabl...
2 Vegetation cell	No vegetation
3 UnderPass Cell	No UnderPass

Поступак израде модела- задавање препреке



The image displays two screenshots of the iRIC software interface, illustrating the process of defining a grid model with specific cell types. Both screenshots show the 'Object Browser' on the left and a grid visualization on the right.

Top Screenshot: The 'Obstacle cell' is selected in the 'Cell attributes' section of the 'Object Browser'. The grid visualization shows a blue grid with a vertical strip of brown cells in the center, representing an obstacle.

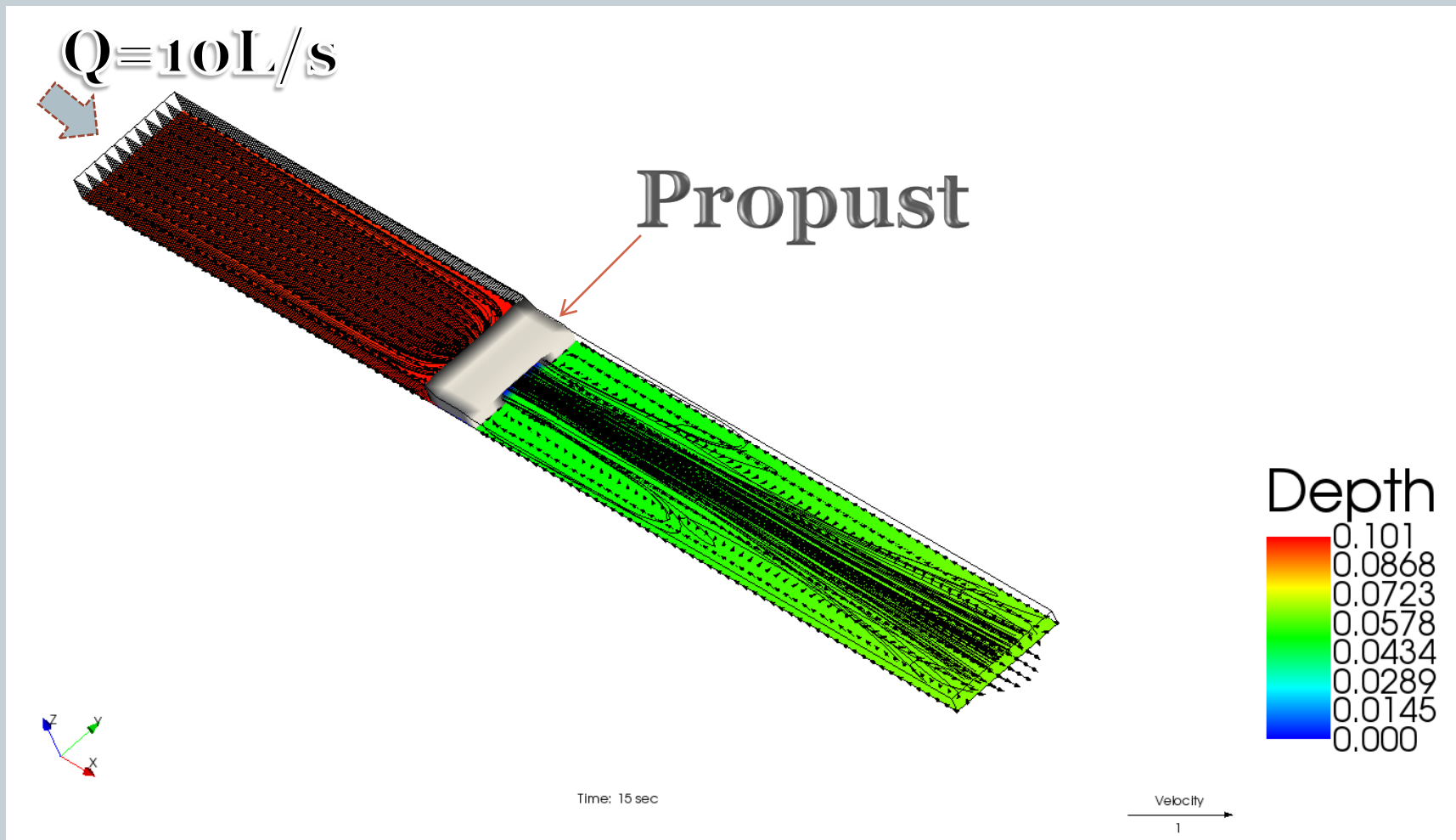
Bottom Screenshot: The 'UnderPass cell' is selected in the 'Cell attributes' section of the 'Object Browser'. The grid visualization shows a blue grid with a small red square in the center, representing an underpass.

Red arrows in both screenshots point from the text labels to the selected cell type in the Object Browser and the corresponding cell in the grid visualization.

Изглед мреже када је у менију са леве стране штиклиран „Obstacle cell“

Изглед мреже када је у менију са леве стране штиклиран „UnderPass cell“

Результати прорачуна у моделу



Резултати прорачуна у моделу

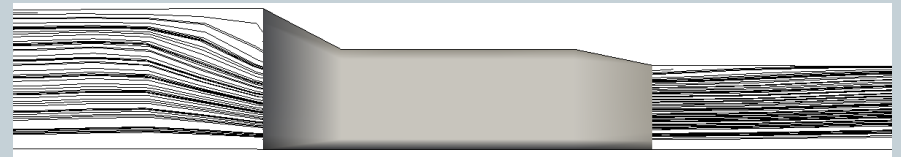


- Струјнице

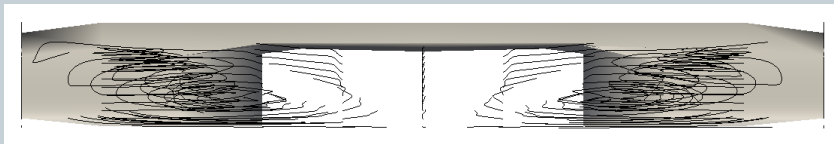
Подужни пресек:



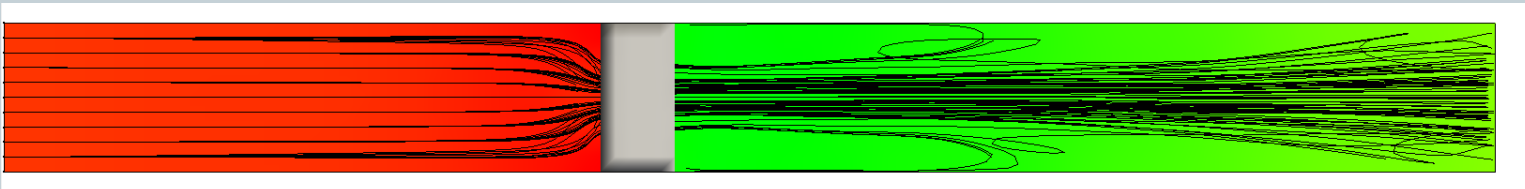
Подужни пресек – детаљ пропуст:



Попречни пресек струјница након проласка кроз пропуст:



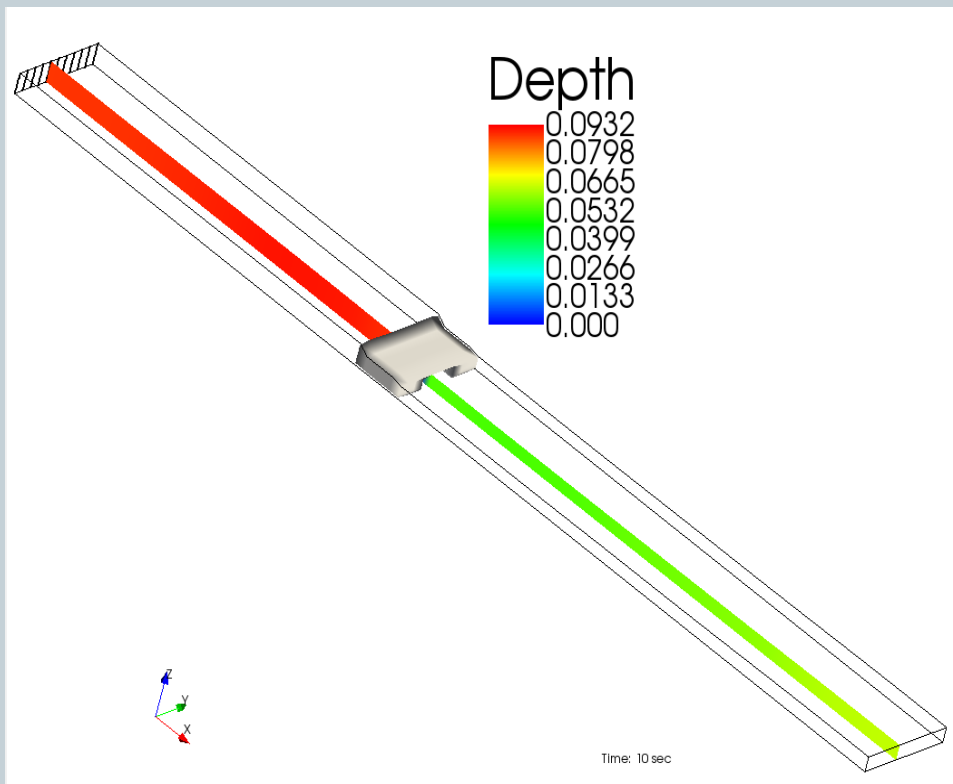
Изглед струјница у основи:



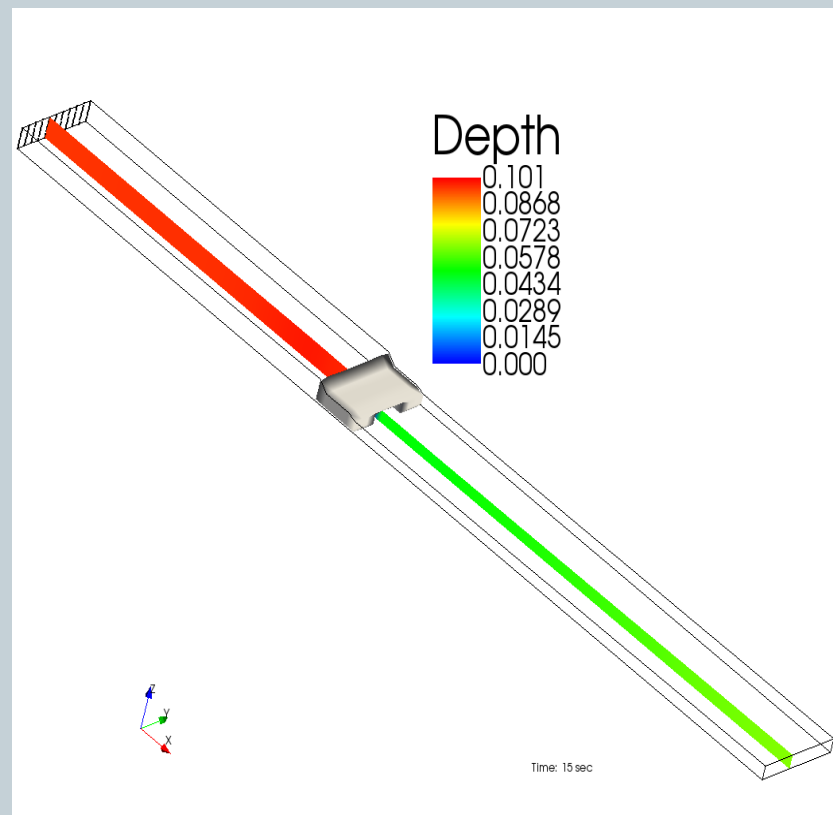
Резултати прорачуна у моделу



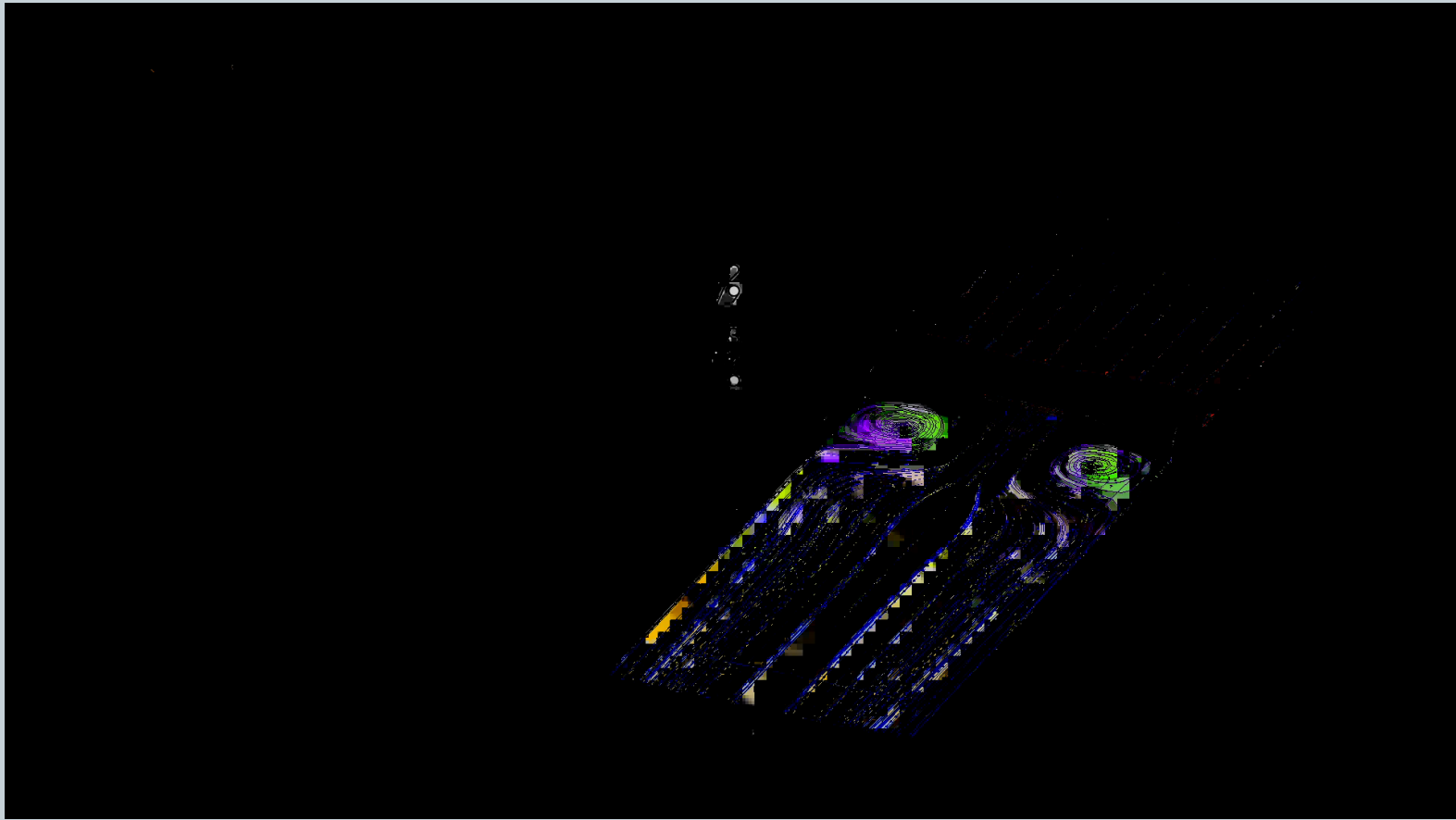
Резултати у тренутку $t=10\text{s}$ - највише одговарају „ручном прорачуну“



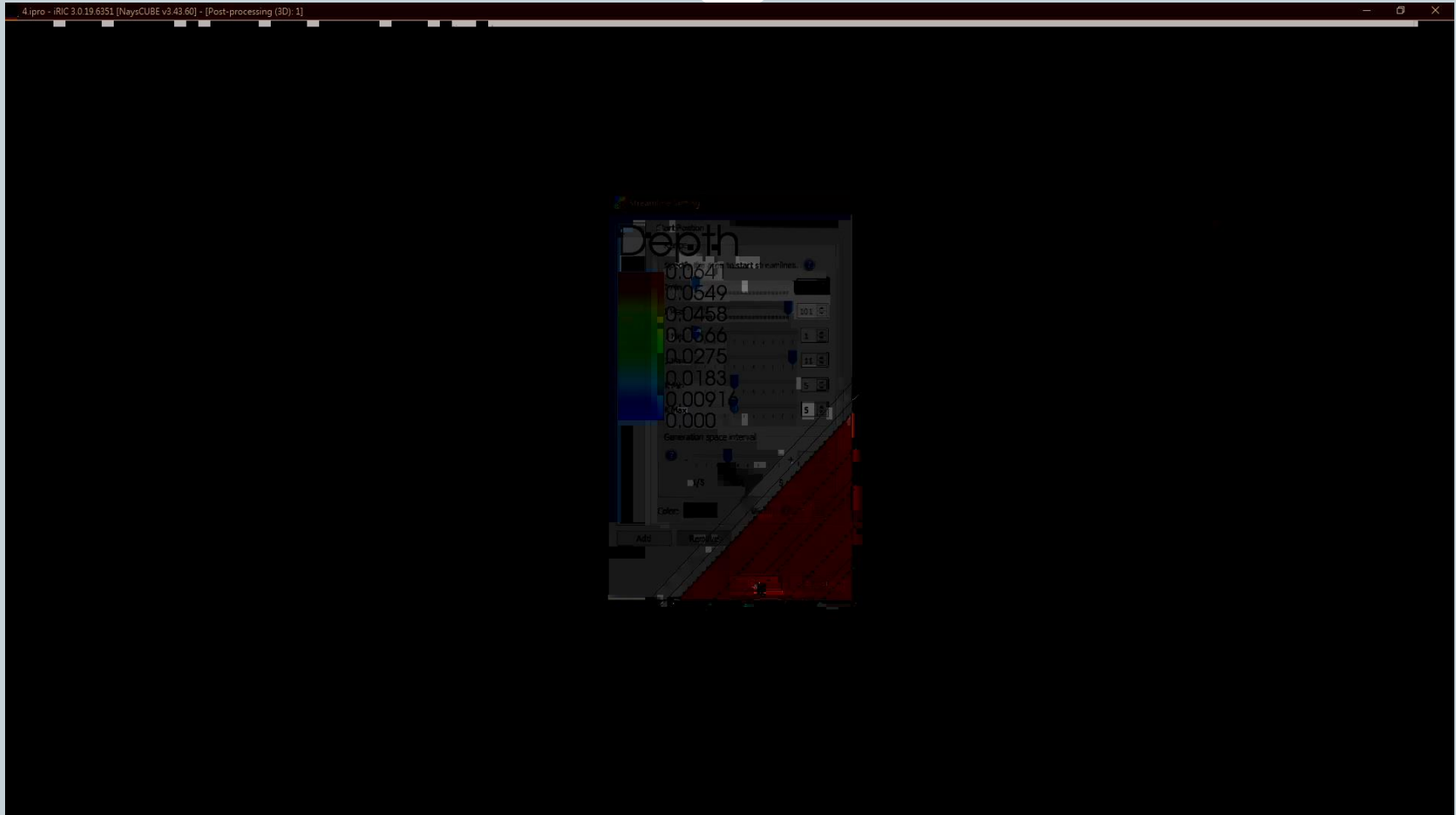
Резултати на крају симулације



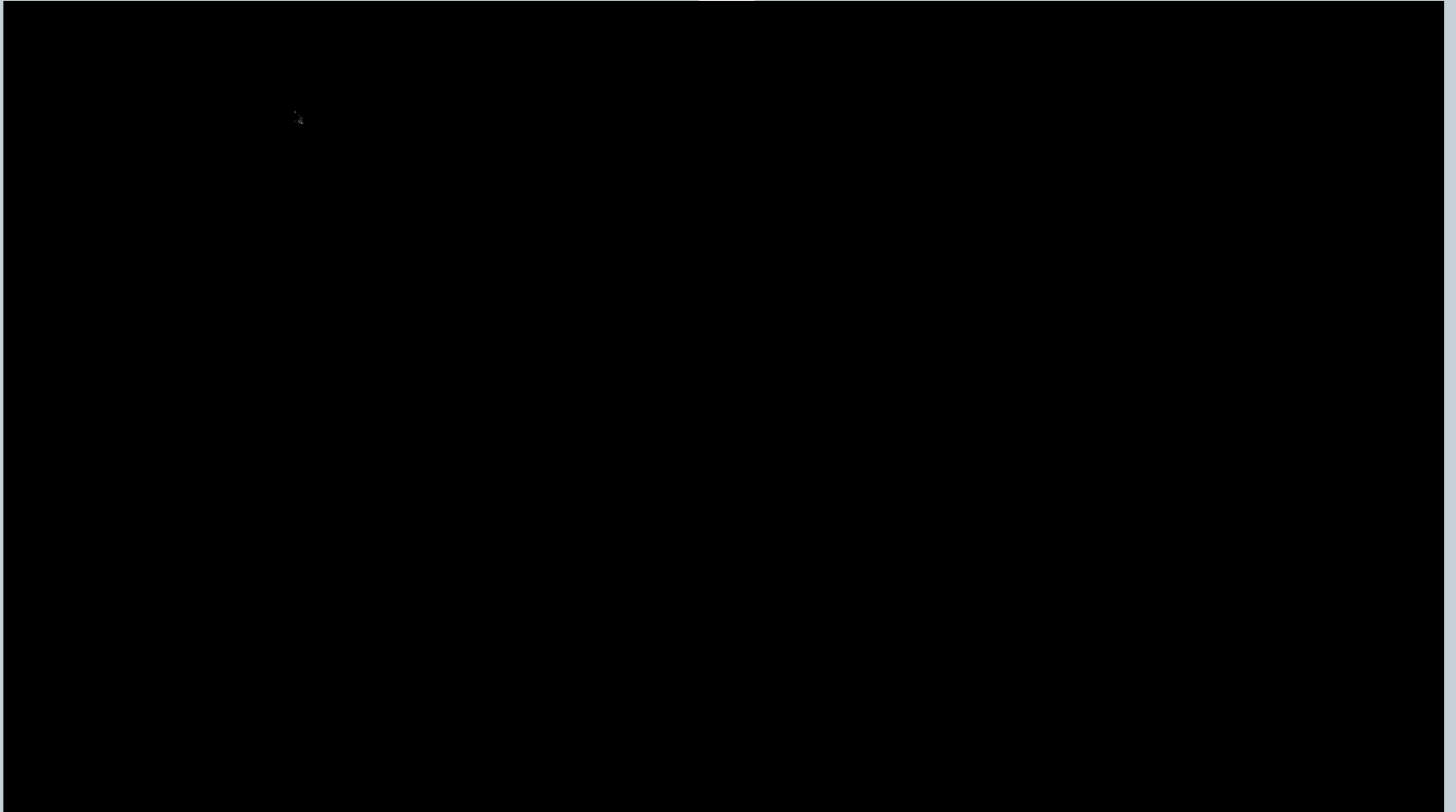
Струјнице на дну $k=1$



Струјнице на средини дубине $k=5$



Струјнице на врху $k=11$



Закључак



- Јављају се разлике у дубини на узводном делу канала ($H_{\text{model}} = 0.101 \text{ m}$; $H_{\text{ручно}} = 0.093 \text{ m}$ – разлика од 8 mm) што је последица усвојеног коефицијента губитка енергије
- Након проласка кроз пропуст јавља се изразито вртложно струјање по боковима



ХВАЛА НА ПАЖЊИ