

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ  
КАТЕДРА ЗА ХИДРОТЕХНИКУ И ВОДНО-ЕКОЛОШКО  
ИНЖЕЊЕРСТВО



МАСТЕР РАД

из уже научне области: ХИДРОЛОГИЈА, МЕХАНИКА ФЛУИДА И  
ХИДРАУЛИКА

ТЕМА: Оптимално позиционирање сензора притиска у водоводној мрежи у  
циљу детекције губитака

Кандидат:  
Никола Милев  
Бр. индекса: 564/20

Ментор:  
доц. др Милош Милашиновић

Октобар 2023. године

## Сажетак:

Губици воде у водоводним системима, и ако представљају негативну карактеристику, су од изузетне важности. Тачније, важно је бити упознат са њиховим постојањем и величином, зато што директно утичу на функционисање и ефикасност система. У овом раду предложена је метода за оптимално позиционирање и одређивање броја сензора притиска у водоводним мрежама помоћу којих би била могућа детекција губитака у мрежама. Како би се дошло до жељеног решења написан је код у EPANET-MATLAB софтверском алату који пружа могућност брзе анализе осетљивости сензора на предложеним мерним местима. Написаним кодом се, након првобитног хидрауличког прорачуна и бележења референтних притисака у чворовима предложеним за мерна места, пушта низ хидрауличких прорачуна којима се за симулацију губитка у сваком од чворова мреже сада бележе притисци у чворовима предложеним за мерна места. Након бележења притисака врши се анализа осетљивости чворова тако што се добија број чворова чију је промену потрошње предложен број и распоред сензора регистровао, за унапред изабран праг осетљивости. Написани код примењен је на примеру водоводне мреже града Бечеја, где је његовом применом број предложених мерних места за уградњу сензора притиска смањен са првобитних 11 на коначних 5, чиме је пронађен оптималан број сензора.

## Abstract:

Water losses in water distribution systems, even if they represent a negative characteristic, are of great importance. More precisely, it is important to be aware of their presence and value, because they directly affect the functioning and the efficiency of the systems. In this paper, it is proposed a method for optimal number and position of pressure sensors in water distribution network, which would enable the detection of water losses in networks. In order to reach the desired solution, a code was written in EPANET-MATLAB toolkit, which provides possibility of a quick analysis of the sensitivity of the sensors at the proposed measuring points. With the written code, after the initial hydraulic calculation and recording of the reference pressures in the nodes that are proposed as measuring points, a series of hydraulic calculations are played, which now record the pressures in the nodes proposed for the measuring points to simulate the water loss in each of the junctions of the network. After recording the pressures, an analysis of the sensitivity is performed by obtaining the number of junctions in which the proposed number and position of sensors registered the change in water consumption, all of that for pre-selected sensitivity threshold. The written code was applied on the water distribution network of the city of Bečej, where its application reduced the number of proposed measuring points for the installation of pressure sensors from the original 11 to the final 5, thus finding the optimal number of sensors.

## САДРЖАЈ:

1. Увод .....	3
2. Материјали и методе.....	5
2.1. Преглед EPANET програма и EPANET-MATLAB софтверског алата.....	5
2.1.1. EPANET рачунарски програм .....	5
2.1.2. EPANET-MATLAB toolkit софтверски алат.....	6
2.2. Хидраулички модел.....	8
2.2.1. Алгоритам писања кода.....	8
2.2.2. Учитавање мреже и читавање референтних података.....	9
2.2.3. Генерисање губитака у мрежи и осетљивост .....	9
2.2.4. Праг осетљивости и покривеност мреже.....	10
2.3. Пример водоводне мреже града Бечеја .....	12
2.3.1. Опис модела водоводне мреже града Бечеја .....	12
2.3.2. Критеријуми за одређивање оптималних места мерних уређаја.....	13
3. Резултати и дискусија .....	21
4. Закључак .....	25
5. Референце .....	26
6. Прилози.....	27
6.1. Резултати осетљивости сензора притиска у виду табеларног приказа матрице <i>Sensitivity (RMSE)</i> .....	28
6.2. Код написан у програмском окружењу Matlab .....	45

# 1. Увод

У водоводним системима губици воде су неминовност. Међутим, оно што је битно је њихова величина, односно проценат у односу на захваћену количину воде на извориштима. Циљ свих корисника и управљача водама треба да буде како смањити губитке воде на минимум, односно на неки прихватљив, неизбежан проценат (око 5%). Да би губици могли да се смање потребно је правовремено детектовати када су се појавили и где. Постоји више начина детекције губитака у водоводним системима, од којих су неки постављање мерача протока или притиска на релевантним местима у мрежи, чиме се могу уочити аномалије у функционисању система. Наравно, као и у свему и у овој проблематици постоји економски фактор, због чега је неопходно установити и који је то оптималан број и распоред мерача којим ће се, са што већим процентом покривености мреже, што брже регистровати и лоцирати губици.

## Губици у водоводним системима

До губитака у водоводним системима долази из више разлога од којих су најчешћи хаваријски кварови на мрежи и илегални прикључци. Хаваријски кварови се догађају због некавалитетног или дотрајалог материјала од кога су израђени цевоводи или водоводна арматура и фазонски елементи, или услед лошег управљања и организовања водоводних система (притисци у мрежи виши од прописаних). Места на којима чешће долази до хаварија су места спојева цевовода, на местима чворишта како у шахтовима, тако и у земљи, на местима кућних прикључака који су најосетљивији на високе притиске и неисправни или неправилно уграђени водомери.

Претходно наведени проблеми могу се решити заменом лошег цевног материјала, бољим управљањем водоводним системима или реконструкцијом дотрајалих система.

Други велики проблем, илегални прикључци, могу се решити детекцијом и легализацијом или искључењем истих из система.

УТВСИ – Удружење за технологију воде и санитарно инжењерство [1], почевши од 2015. године, сваке године прикупља и обрађује податке о раду ЈКП-а широм Србије. ЈКП-а која се баве снабдевањем воде за пиће, прикупљањем, одвођењем и пречишћавањем отпадних вода, сваке године попуњавају упитнике, којима се између осталог добијају и подаци о губицима воде у водоводним системима. На овај начин добијају се релевантне информације о функционисању и стању водоводних система и споменутих предузећа, као и могућности за унапређење рада.

Губици воде су интернационално дефинисани као „NRW – Non-revenue water“, односно „вода која не доноси приход“. Дакле сва вода која се произведе, а не фактурише се, представља губитак.

Према „IWA – Internacional Water Association“ вода која не доноси приход може се приказати на два начина:

- као однос количина нефактурисане воде и воде унете у систем (произведене воде);
- као губици воде по јединици дужине мреже и по прикључку на дан.

Табела 1 - IWA показатељи губитака воде према подацима УТВСИ [1]

Ред. Бр.	Губици воде	2019	2020	2021
1	Нефактурисана вода / вода унета у систем (произведена)	41%	41%	42%
2	Губици воде m <sup>3</sup> /km на дан	22	22,1	22,5
3	Губици воде литара/прикључку на дан	485	486	488

Према подацима УТВСИ [1] за 145 предузећа, количина воде која не доноси профит, односно губитака у 2021. години износи 269 милиона m<sup>3</sup>, што чини 42% произведене воде, што се може видети из табеле 1. Такође, из табеле 1 може се закључити да постоји благи тренд пораста губитака из године у годину, што се може објаснити дотрајалошћу водоводних система.

Наведена количина воде која се губи од 42% произведене воде је за око 67% већа од укупно фактурисане воде у четири највећа града у Србији, Београду, Новом Саду, Нишу и Крагујевцу (~161 милиона m<sup>3</sup>). Подаци РЗС (Републички завод за статистику) дају нешто боље податке о губицима и у 2021. години износе 35% од захваћене воде. Међутим, РЗС обрађује податке са ширег узорка јер поред јавних водовода обухвата и податке других корисника, односно оних са приватним водозахватима.

У сваком случају губици воде од 35% до 42% су велики, нарочито уз податак да постоје ЈКП која бележе губитке чак и до 70-80%.

Истраживања УТВСИ [1] која се односе на анализу промене параметара биланса вода у односу на 2004. годину говоре да постоји тренд у ком захваћена вода и потрошња опадају, док губици воде, и поред тога, значајно расту.

Како би се претходно наведени проценти свели на жељени минимум, неопходно је ефикасно детектовати губитке, односно промене у мрежи. У овом раду ће се обрадити једна од метода за одређивање оптималног броја и положаја сензора притиска у мрежи, ради детекције губитака. Анализом хидрауличких прорачуна и даће се предлог оптималног броја и положаја сензора притиска у водоводној мрежи града Бечеја.

## 2. Материјали и методе

### 2.1. Преглед EPANET програма и EPANET-MATLAB софтверског алата

#### 2.1.1. EPANET рачунарски програм

EPANET [2] је програмски пакет који омогућава прављење математичког модела мреже под притиском. На таквој мрежи, могуће су анализе хидрауличких параметара, као и могућност сагледавања свих појава које су везане за течење под притиском. У сваком временском кораку, програм одређује проток воде кроз сваку цев, притиске у свим чворовима и ниво воде у свим резервоарима.

Водоводна мрежа се састоји из чворова, који су повезани цевима. Чворови представљају места укрштања цевовода, почетак и крај цевовода, као и промене пречника цевовода. Остали елементи мреже су резервоари, пумпе, хидранти и различите врсте затварача.

Могућности програма EPANET у области хидрауличког моделирања су следеће:

- не постоји лимит у величини водоводне мреже која се анализира;
- губитак на трење се може рачунати помоћу Darcy – Weisbach-ове, Chezy – Manning-ове или Hazen – Williams-ове формуле;
- моделирање са константном или променљивом брзином обртаја пумпе;
- рачуна енергију и цену рада пумпе;
- моделирање различитих типова затварача;
- резервоари могу бити било ког облика;
- постоји више категорија потрошача у једном чвору, са различитим дијаграмима потрошње
- моделирање протока зависног од притиска (прскалице);
- гранични услови (ниво воде у резервоару, рад пумпи) могу бити константни или се мењати временом по унапред одређеном обрасцу.

За прорачун у програму EPANET, потребни су следећи улазни подаци:

- цеви – дужина, пречник, коефицијент храпавости;
- чворови – надморска висина, потрошња по категоријама;
- пумпе – крива пумпе;
- затварачи и други регулациони елементи – отвореност или режим рада;
- резервоари – минимални и максимални ниво воде и пречник.

Потребно је дефинисати и граничне услове (ниво воде у резервоару, пумпе које су активне на почетку симулације итд.). Важно је задати период симулације, као и временски корак континуалне симулације.

### 2.1.2. EPANET-MATLAB toolkit софтверски алат

EPANET-MATLAB toolkit [3] је софтверски пакет намењен јавном коришћењу. Представља додатни алат за софтверски пакет за програмирање MATLAB, који пружа могућност покретања програма, као и рада на EPANET фајловима у оквиру програмерског окружења. Програм је развијен у КИОС Истраживачком центру Универзитета на Кипру. Овај алат подржава најновију верзију EPANET програма. Циљ EPANET-MATLAB toolkit-а је да служи за једноставно програмирање, истраживања и развој на пољу водоводних система.

Овај алат садржи богату библиотеку функција којима је омогућено лако програмирање, пре свега у виду читавања резултата или задавања нових улазних вредности. Значајно убрзава анализирање различитих варијанти стања система и промена у њима.

Конкретно за код написан за потребе израде овог рада, прорачун, чија је база читавање притисака и срачунавање осетљивости сензора преко корена средњег квадратног одступања (енг. *Root Mean Square Error – RMSE*), за 417 случајева повећане потрошње (генерисаних губитака) у сваком чвору појединачно, траје непуних 10 минута.

За почетак рада на EPANET-MATLAB алату потребно га је прво покренути у MATLAB програмерском окружењу. Следећи неопходан корак за било какав рад у предметном алату јесте читавање водоводне мреже из EPANET-а.

Сада када је мрежа учитана, програм помоћу своје библиотеке функција пружа могућност читавања података о свим параметрима мреже (чворови, цеви, резервоари, пумпе, затварачи и др.), као и вршења промена на њима.

Могуће је прочитати и задати све хидрауличке параметре прорачуна, као што су жељене формуле за прорачун губитака на трење, јединице протока, вискозност флуида за који се прорачун ради и сл. Такође могу се подесити и временске опције прорачуна (време трајања симулације, временски корак прорачуна, временски корак читавања резултата и др.). Дакле могу се прочитати и подесити све опције за прорачуне које пружа софтверски пакет EPANET, укључујући и параметре квалитета.

Претходно наведено може већ бити унесено у EPANET .inp фајлу, или се задати кроз EPANET-MATLAB као што је речено. Када су дефинисани сви параметри потребни за прорачун може се покренути хидраулички или прорачун квалитета. У овом раду предметни алат коришћен је за хидраулички прорачун.

Успешним покретањем хидрауличног прорачуна могу се прочитати резултати прорачуна који се односе на елементе мреже, пре свега чворова и веза. Што се тиче чворова могуће је прочитати податке резултата о надморској висини, потребама за водом, притисцима, П котами итд. Резултати хидрауличног прорачуна који се могу прочитати, а односе се на цеви су брзина и проток у цевима, губици по јединици дужине, промена квалитета и сл.

У овом софтверском алату предност је могућност коришћења и свих математичких функција и рада са низовима и матрицама.

У наставку су приказане функције из EPANET-MATLAB библиотеке које су коришћене у овом раду, са објашњењима:

- `G.setTimeSimulationDuration` – подешавање дужине трајања симулације. Ова вредност се мора унети у секундама;
- `getNodeJunctionIndex` – читавање података о индексима свих чворова у мрежи;
- `getNodeJunctionNameID` – читавање података и ID-јевима свих чворова у мрежи;
- `getComputedHydraulicTimeSeries` – покретање хидрауличког прорачуна и читавање свих хидрауличких параметара учитане мреже;
- `getNodeBaseDemands` – читавање потреба за водом у свим чворовима мреже;
- `G.getNodeJunctionCount` – читавање укупног броја чворова у мрежи и
- `G.setNodeBaseDemands` – задавање нове потребе за водом у чвору.

Што се тиче MATLAB функција, коришћене су следеће функције:

- `Length` – враћа податке о броју ћелија које испуњавају задати услов;
- `Find` – проналази и бележи вредности које испуњавају задати услов;
- `Union` – враћа комбиноване податке из два низа, без дубликата.
- такође, коришћена је и „*for*“ петља за потребе одрађивања групе задатих команди или функција у петљи за дефинисан број понављања.



## 2.2. Хидраулички модел

### 2.2.1. Алгоритам писања кода

Табела 2 - Алгоритам кода

Корак	Опис корака
(1)	Покретање EPANET-MATLAB алата
(2)	Учитавање EPANET мреже
(3)	Временско подешавање прорачуна задавањем времена трајања
(4)	Очитавање података о индексима чворова
(5)	Очитавање података о ID-јевима чворова
(6)	Очитавање свих хидрауличких параметара учитане мреже
(7)	Очитавање и додељивање променљивој <i>BD0</i> потребе за водом у свим чворовима учитане мреже
(8)	Уношење индекса чворова предложених као мерна места у променљиву <i>PMM</i>
(9)	Очитавање и чување почетних референтних притисака, у чворовима који су дефинисани као предложена мерна места за 24 h трајања симулације, и то у променљивој <i>pressureRef</i>
(10)	Дефинисање празне матрице <i>sensitivity</i> за чување података о осетљивости сензора притиска у предложеним мерним местима
(11)	Очитавање и дефинисање броја чворова у мрежи као броја симулација
(12)	Покретање <i>for</i> петље у којој ће се вештачки генерисати губици воде у <i>i</i> -том чвору, затим, по покретању хидрауличког прорачуна прочитати и сачувати нови притисци у чворовима предложених мерних места за <i>i</i> -ту симулацију у променљивој <i>pressureSim</i> и урадити прорачун осетљивости преко <i>RMSE</i> броја и за крај вратити почетне потребе за водом у истом <i>i</i> -том чвору. Вредности <i>RMSE</i> броја сачуваће се у матрици <i>sensitivity</i> .
(13)	Скалирање матрице <i>sensitivity</i> на вредности од 0 до 1
(14)	Усвајање и дефинисање променљиве <i>p</i> као прага осетљивости
(15)	Дефинисање празне матрице <i>svorovi</i> за чување резултата
(16)	Покретање <i>for</i> петље у којој ће се одредити број чворова из мреже у којима сензори региструју промену већу од задатог прага осетљивости
(17)	Бележење крајњег резултата покривености мреже сензорима у виду броја чворова у којима ће се за задати број и распоред сензора регистровати губици воде у учитаној мрежи.

У наредним поглављима биће детаљније објашњени кораци алгоритма из претходне табеле, док се цео код налази у прилогу 6.2.

### 2.2.2. Учитавање мреже и читавање референтних података

Први корак по покретању EPANET-MATLAB алата (1), помоћу функције `start_toolkit`, је учитавање водоводне мреже, односно EPANET `.inp` фајла (2) и додељивање истог елементу  $G$ .

Следећи корак је дефинисање времена трајања симулације хидрауличног прорачуна (3). У овом раду, време трајања симулације износи 24 h. Време трајања задато је у сатима, преко претходно дефинисане променљиве  $hrs$ . Резултати хидрауличног прорачуна читаваће се на сваких сат времена.

Након одређивања оптималних мерних места у мрежи, што ће бити обрађено у поглављу 2.3.2, потребно их је дефинисати у коду, помоћу индекса чворова. Како би се то урадило, прво треба да се читају индекси (4) и ID-јеви чворова (5), одакле се добијају вредности у два низа. Поређењем тих низова долази се до индекса жељених чворова који ће се дефинисати као предложена мерна места у променљивој  $PMM$  (8).

Сада се, након покретања хидрауличног прорачуна и чувања свих хидрауличких параметара мреже (6), могу прочитати референтни притисци у чворовима који су дефинисани као мерна места и сачувати их под променљивом матрицом  $pressureRef$  (9). У односу на сачуване референтне вредности вршиће се поређење и оцена осетљивости сензора за симулиране губитке у сваком од чворова мреже.

Пре тога потребно је прочитати и променљивој  $BD0$  доделити потребе за водом у сваком појединачном чвору мреже, као почетне вредности потреба за водом по чворовима (7).

### 2.2.3. Генерисање губитака у мрежи и осетљивост

Генерисање губитака у мрежи ће се извршити вештачким повећањем потрошње у сваком појединачном чвору, помоћу `for` петље (12). У овом раду губици су генерисани као додатних 50% потреба за водом у  $i$ -том чвору.

`For` петља ће вршити симулацију губитака у сваком чвору мреже појединачно, дакле број симулација једнак је броју чворова у мрежи. Како би се задао тај број симулација, помоћу функције `G.getNodeJunctionCount` одређен је број чворова у мрежи, односно број симулација (11).

У сваком кораку петље, након генерисања губитака у  $i$ -том чвору, извршиће се хидраулички прорачун из кога ће се извући и у матрици  $pressureSim$  сачувати резултати притиска у чворовима који су дефинисани као предложена мерна места. Ти резултати ће бити сачувани за сваку појединачну симулацију.

Дакле, матрица  $pressureSim$  имаће облик  $n \times m$ , где је  $n$  број симулација, односно број чворова, а  $m$  број мерних места.

Када су сачувани резултати референтних притисака у мерним местима и резултати притисака у мерним местима за симулацију губитака у  $i$ -том чвору, може се приступити одређивању осетљивости у  $i$ -том чвору. Као што је већ споменуто, осетљивост ће се представити преко корена средњег квадратног растојања  $RMSE$  (енг. „*Root Mean Square Error*“).  $RMSE$  мери просечну разлику између предвиђених и стварних низова вредности, односно у нашем случају између низова референтних вредности притисака и вредности притисака из симулације. Ова величина заправо представља колико се променио притисак на мерном месту, у односу на референтни, за случај када је генерисан губитак у  $i$ -том чвору.  $RMSE$  има димензију висине притиска (m). У наставку је приказана формула за добијање осетљивости, односно  $RMSE$ :

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (p_{pmm,i}^{ref} - p_{pmm,i}^{sim})^2}$$

где су:

- $n$  – број прочитаних резултата хидрауличког прорачуна (за трајање симулације од 24h,  $n$  ће износити 25, обзиром да се читавају резултати у нултом и последњем 24-том сату);
- $p_{pmm,i}^{ref}$  – референтне вредности притиска на мерном месту;
- $p_{pmm,i}^{sim}$  – резултати притиска у мерном месту за  $i$ -ту симулацију.

На крају петље неопходно је  $i$ -том чвору вратити првобитну вредност.

Крајњи резултат је матрица *sensitivity* облика  $n \times m$ , где је  $n$  број симулација, односно број чворова, а  $m$  број мерних места.

#### 2.2.4. Праг осетљивости и покривеност мреже

Како би се одредила покривеност мреже сензорима, што представља крајњи резултат кода у EPANET-MATLAB алату, прво је потребно скалирати матрицу *sensitivity* на вредности од 0 до 1 (13), како би се са прагом осетљивости, могла анализирати осетљивост сензора притиска, односно покривеност мреже.

Скалирање матрице *sensitivity* извршено је дељењем целе матрице са максималном вредношћу матрице.

Праг осетљивости (14) се дефинише као параметар  $p = 0 \div 1$ , а подложен је избору онога ко ради са моделом. У овом раду усвојена вредност параметра  $p$  износи 0,5. У зависности од различитих фактора као што су карактеристике мреже или критеријума корисника кода параметар прага осетљивости може се повећати чиме ће се добити строжији услови или смањити како би се добили блажи услови оцене ефикасности сензора.

Дакле, покривеност мреже ће се даље представити као број чворова чија је вредност осетљивости сензора притиска у мерном месту, односно вредност из матрице *sensitivity* већа од усвојеног прага осетљивости  $p$ . Ово ће се обрадити кроз *for* петљу у којој ће се проћи кроз свако од предложених мерних места и забележити број чворова чију је промену потрошње сензор „осетио“, услед губитака у неком од чворова мреже (16).

На крају кода добија се споменути податак о покривености мреже сензорима у виду променљиве *broj\_pokrivenih\_cvorova* (17), која даје број чворова у којима ће један или више сензора осетити промену притиска, услед генерисаних губитака.

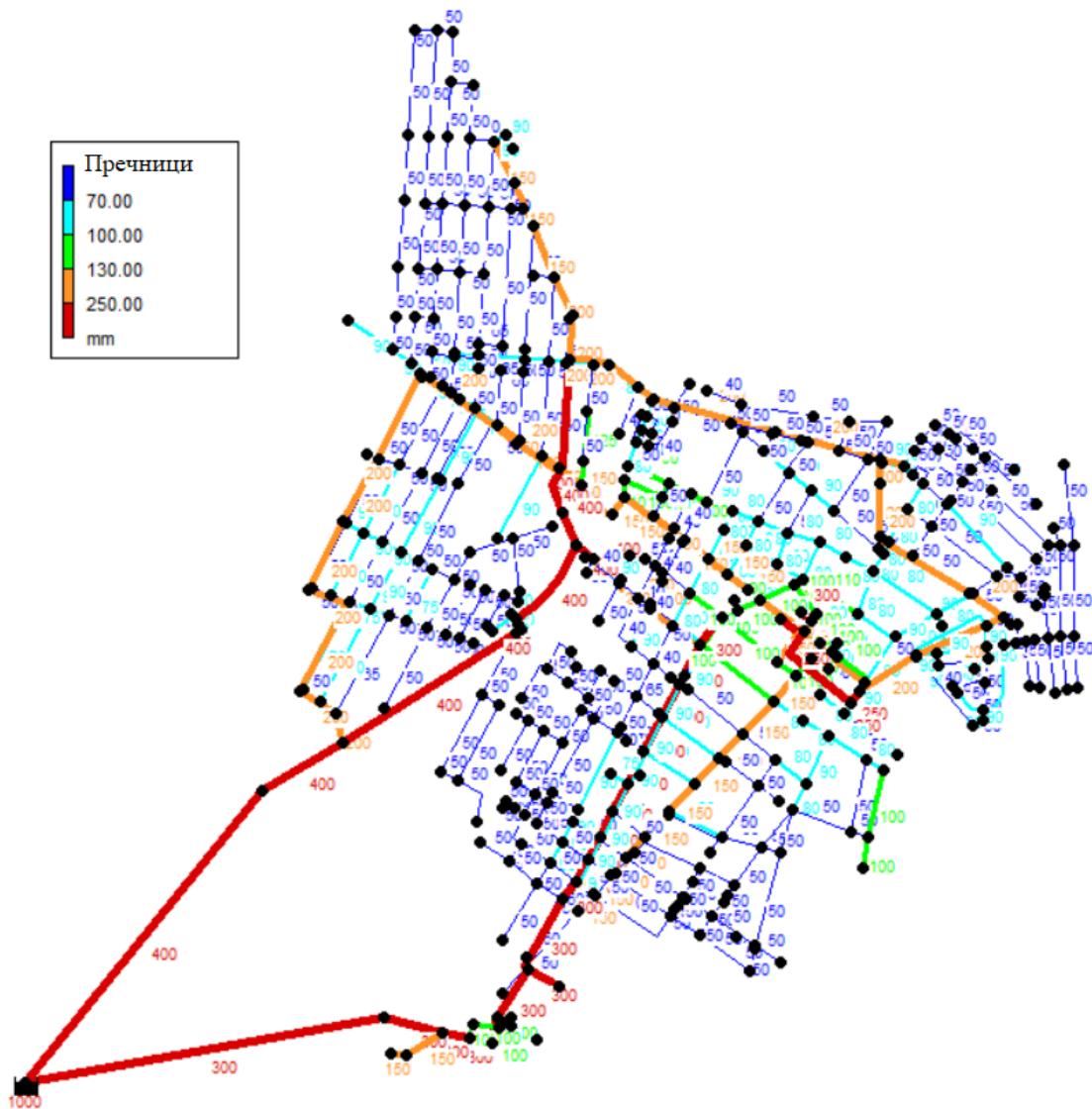
Поред броја чворова, покривеност мреже сензорима притиска могла би се описати и укупним бројем цеви које покривају сензори.

### 2.3. Пример водоводне мреже града Бечеја

За потребе израде овог рада, коришћен је хидраулички модел водоводне мреже града Бечеја урађен у програму EPANET.

#### 2.3.1. Опис модела водоводне мреже града Бечеја

Анализом водоводне мреже града Бечеја може се препознати концепција решења водоводне мреже насеља. Уочавају се главни цевоводи који формирају прстен од изворишта око центра насеља и још три прстена у три правца према периферијама насеља. Мрежа се састоји од 417 чворова и 574 веза (цеви). Диспозиција мреже са пречницима приказана је на наредној слици.



Слика 1 - Водоводна мрежа града Бечеја са пречницима цевовода

У мрежи су заступљени следећи пречници: 40, 50, 65, 75, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 200, 250, 300, 400 и 1000 mm. У наставку је приказана табела са процентуалном заступљености пречника ценовода у мрежи.

Табела 3

Пречници (mm)	Дужина (m)	Заступљеност у мрежи (%)
40	3703.98	3.28%
50	57757.81	51.21%
65	1082.11	0.96%
75	1311.04	1.16%
80	6956.7	6.17%
90	12451.02	11.04%
100	4634.96	4.11%
110	318.76	0.28%
125	588.12	0.52%
150	5326.23	4.72%
200	7736.16	6.86%
250	654.08	0.58%
300	5124.93	4.54%
400	5115.06	4.54%
1000	29.14	0.03%
<b>Укупно:</b>	<b>112790.1</b>	<b>100.00%</b>

Од материјала цеви у највећој мери заступљен је ПВЦ (поливинилхлорид) и азбест-цемент, док у малом проценту постоје и челичне цеви.

У хидрауличком моделу постоји 12 шаблона потрошње. Најзаступљенији шаблон је шаблон потрошње становништва, док су остали шаблони потрошње јавних установа (школске установе, медицинско рехабилитациони објекти и сл.), рекреативних објеката (спортски центри, стадиони) и индустрије.

### 2.3.2. Критеријуми за одређивање оптималних места мерних уређаја

Како би се утврдили потенцијални положаји у мрежи за постављање сензора притиска водоводна мрежа града Бечеја анализирана је према одређеним критеријумима. Циљ је да се од свих чворова у мрежи изабере мањи број који би представљао потенцијалне локације или зоне за постављање мерача притисака, како би се на крају предложила тачна мерна места за почетак одређивања оптималног броја и положаја сензора у мрежи.

Разматрани су следећи критеријуми:

Критеријум – максимални притисци

У наставку је приказана табела са 20 чворова у којима се јављају максимални притисци у часу максималних притисака. Максимални притисци у мрежи јављају се у 23:00 h.

Табела 4

Чвор	Основна потрошња (l/s)	Укупна потрошња (l/s)	Притисак (m)
Junc 42	0	0	40.44
Junc 41	0	0	40.03
Junc 70	0	0	39.92
Junc 72	0	0	39.92
Junc 118	0.25	0.25	39.92
Junc 22	0.11	0.11	39.1
Junc 208	0.33	0.33	38.19
Junc 64	0	0.2	36.55
Junc 19	0.33	0.33	36.1
Junc 21	0.11	0.11	36.08
Junc 20	0.33	0.33	36.07
Junc 113	0.25	0.25	35.99
Junc 54	0.19	0.19	35.9
Junc 187	0.19	0.19	35.89
Junc 190	0.19	0.19	35.89
Junc 73	0	0	35.8
Junc 115	0.25	0.25	35.72
Junc 48	0.19	0.19	35.61
Junc 77	0.19	0.19	35.59
Junc 121	0.19	0.19	35.56

Према хидрауличком моделу, притисци у водоводној мрежи града Бечеја крећу се у опсегу од 12,44 до 40,44 m воденог стуба.

Критеријум – максималне дневне разлике у притисцима

У наставку је приказана табела са 20 чворова у којима се јављају највеће дневне разлике у притисцима у мрежи.

Табела 5

Чвор	Основна потрошња (l/s)	Укупна потрошња (l/s)	Минимални притисак (m)	Максимални притисак (m)	Дневна разлика у притисцима (m)
Junc 42	0	0	20	40.44	20.44
Junc 41	0	0	19.84	40.03	20.19
Junc 118	0.25	0.15	19.8	39.92	20.12
Junc 70	0	0	19.8	39.92	20.12
Junc 72	0	0	19.8	39.92	20.12
Junc 22	0.11	0.07	19.48	39.1	19.62
Junc 208	0.33	0.2	19.12	38.19	19.07
Junc 64	0	0.2	18.46	36.55	18.09
Junc 19	0.33	0.2	18.3	36.1	17.8
Junc 113	0.25	0.15	18.2	35.99	17.79
Junc 21	0.11	0.07	18.3	36.08	17.78
Junc 20	0.33	0.2	18.3	36.07	17.77
Junc 54	0.19	0.12	18.21	35.9	17.69
Junc 187	0.19	0.12	18.21	35.89	17.68
Junc 190	0.19	0.12	18.21	35.89	17.68
Junc 115	0.25	0.15	18.08	35.72	17.64
Junc 73	0	0	18.17	35.8	17.63
Junc 77	0.19	0.12	18.08	35.59	17.51
Junc 48	0.19	0.12	18.1	35.61	17.51
Junc 121	0.19	0.12	18.07	35.56	17.49



### Критеријум – максимална потрошња

У наредној табели приказано је 20 чворова са највећом потрошњом у часу максималне потрошње (12:00 h).

Табела 6

Чвор	Основна потрошња (l/s)	Укупна потрошња (l/s)	Велики потрошачи
Junc 75	0.17	2.28	Фадип
Junc 298	0.37	1.17	Пик Бечеј са управном зградом
Junc 308	0.19	0.92	СЦ Младост
Junc 299	0.28	0.9	Дом здравља
Junc 365	0.2	0.88	Фадип радна заједница и гимназија
Junc 135	0.28	0.69	Вртић Лабуд Пејовић
Junc 267	0.31	0.57	ОШ Север Ђуркић
Junc 354	0.28	0.57	Јодна бања
Junc 51	0.32	0.56	ОШ Саму Михаљ
Junc 231	0.28	0.55	Геронтолошки центар
Junc 235	0.28	0.46	Економска школа
Junc 268	0.37	0.44	
Junc 272	0.37	0.44	
Junc 382	0.37	0.44	
Junc 396	0.37	0.44	
Junc 403	0.37	0.44	
Junc 207	0.28	0.42	ОШ Здравко Глозански
Junc 130	0.2	0.41	Пекарска индустрија
Junc 19	0.33	0.39	
Junc 20	0.33	0.39	

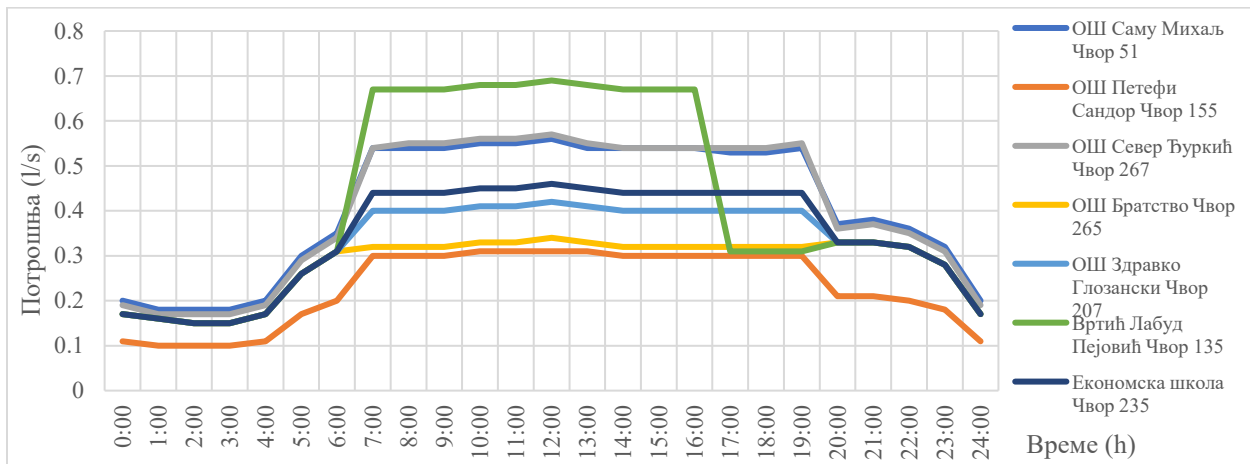
Међутим највећи потрошачи су Фадип са потрошњом од 3.31 l/s од 08-11h и СЦ Младост са потрошњом од 3.11 l/s од 17-21h.

### Критеријум – варијације потрошње у току дана

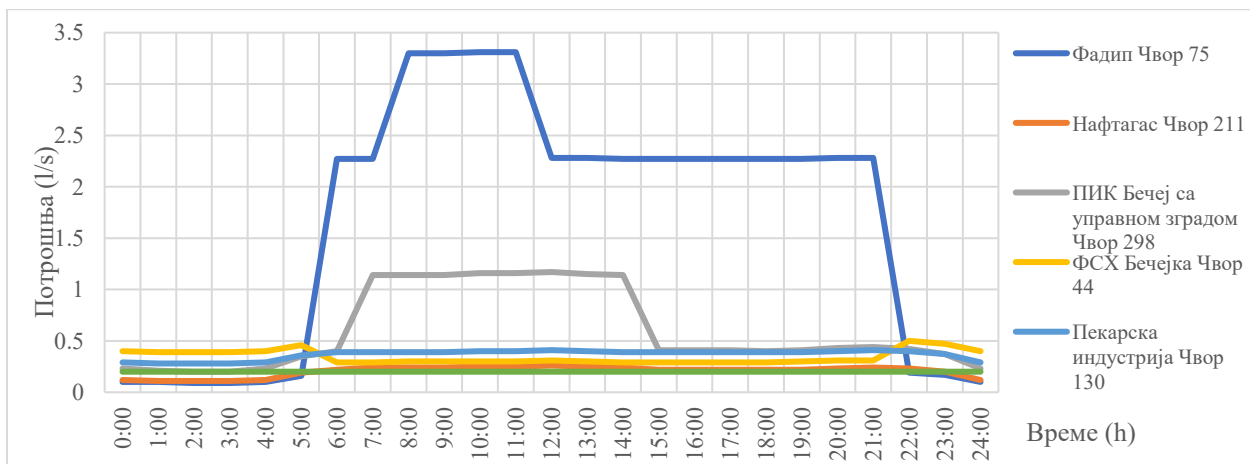
Варијације потрошње у току дана биће приказане у наставку помоћу графика промене потрошње у току дана по категоријама потрошача. На првом графику приказана је варијација потрошње у току дана за категорију становништва, која је присутна у великој већини чворова, док су на преосталим графицима приказане варијације потрошње за све остале категорије потрошње, односно појединачне велике потрошаче.



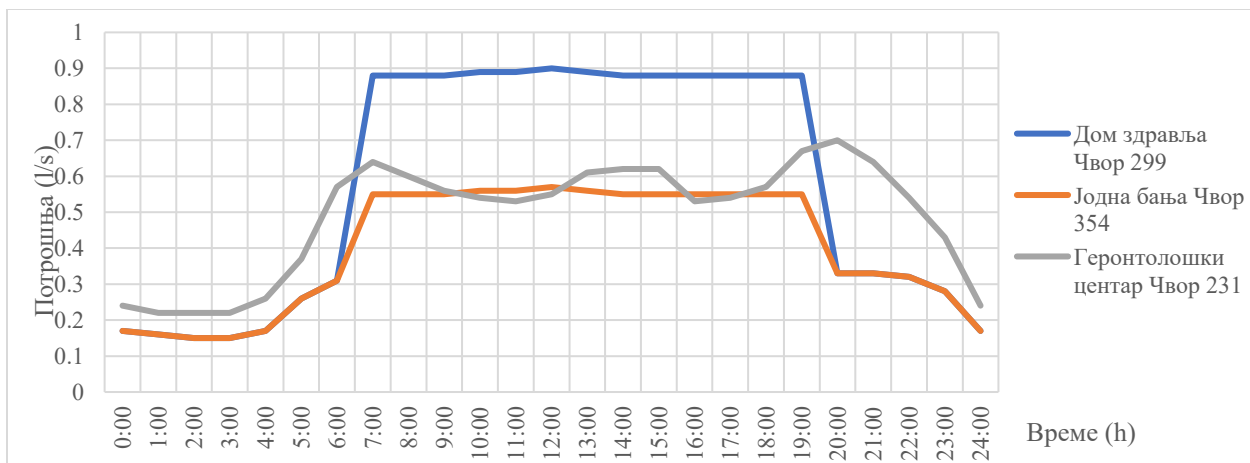
Слика 2 - Варијација потрошње у току дана – становништво



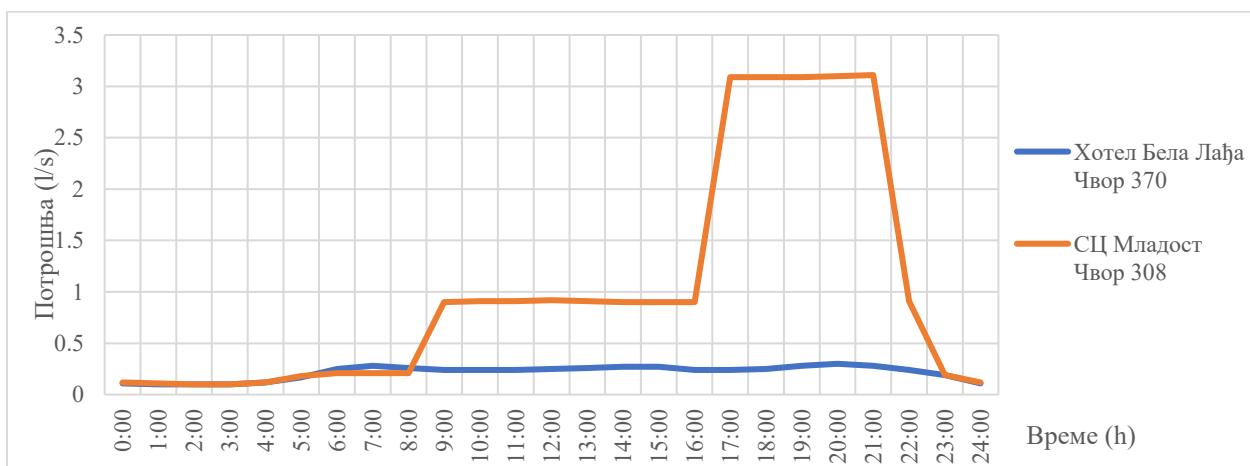
Слика 3 – Варијација потрошње у току дана – образовне установе



Слика 4 – Варијација потрошње у току дана - индустрија



Слика 5 – Варијација потрошње у току дана – здравствено рехабилитационе установе



Слика 6 – Варијација потрошње у току дана – спортски и туристички потрошачи

Табела 7 – Називи великих потрошача према ID чворова

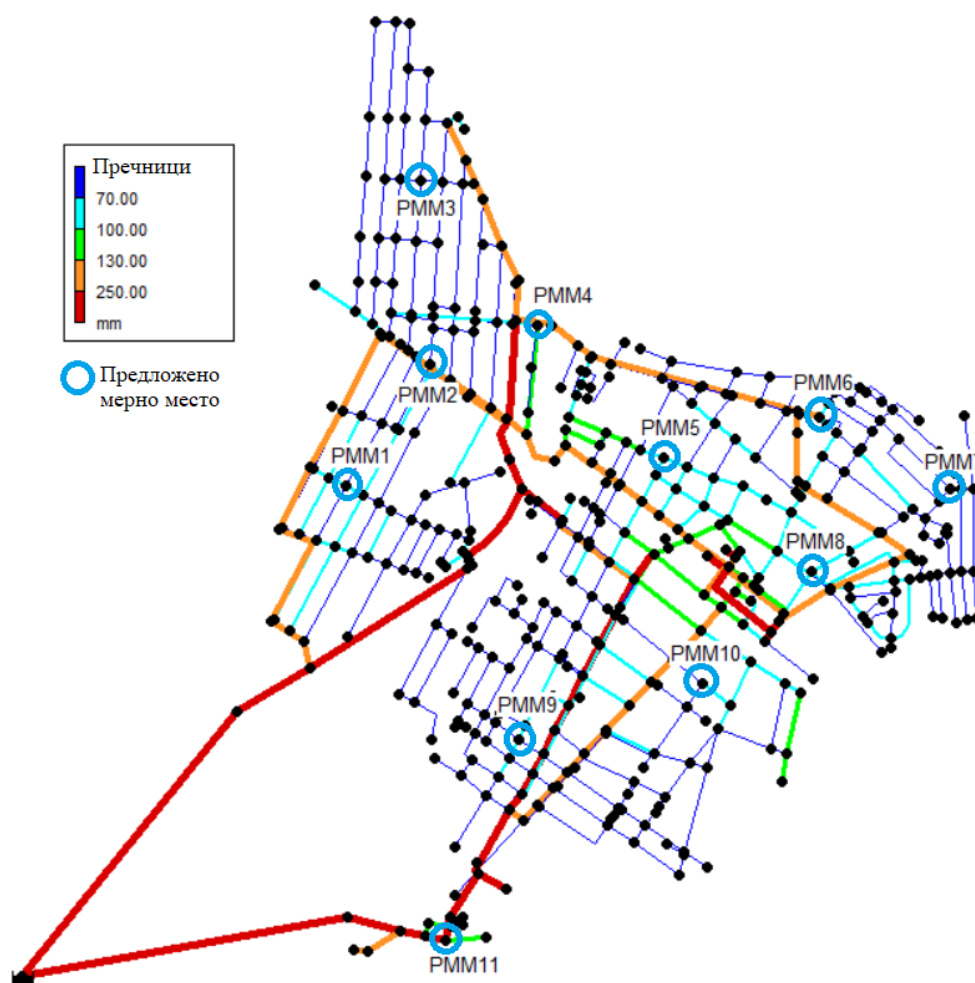
Ред. бр.	Потрошач	ID чвора	Шаблон потрошње
1	ОШ Саму Михаљ	51	3
2	Фадип	75	7
3	ОШ Петефи Сандор	155	3
4	Нафтагас	211	5
5	Геронтолошки центар	231	10
6	ОШ Братство	265	3
7	ОШ Север Ђуркић	267	3
8	Вртић Лабуд Пејовић	135	4
9	ОШ Здравко Глозански	207	3
10	Економска школа	235	3
11	ПИК Бечеј	298	5
12	ПИК Бечеј управна зграда	298	5
13	Дом здравља	299	3
14	Јодна бања	354	3
15	СЦ Младост	308	8
16	Хотел Бела лађа	370	10
17	ФСХ Бечејска	44	11
18	Соја лабораторија	64	6
19	Пекарска индустрија	130	6
20	ИНД топлана	133	9
21	Фадип радња и гимназија	365	5 i 3

На основу анализе претходних критеријума и мреже града Бечеја одређене су зоне и поједине локације у мрежи са највећим притисцима и са највећом потрошњом. Сагледањем ових зона и диспозиције мреже предложено је 11 мерних места за постављање мерача притиска.

У наредној табели наведено је тих 11 мерних места са њиховим ID-јевима и индексима из .inp EPANET фајла, односно хидрауличког модела.

Табела 8 – Предложена мерна места у мрежи

Ред. бр.	Назив предложеног мерног места	Junction ID	Индекс чвора
1	PMM1	Junction 24	23
2	PMM2	Junction 411	376
3	PMM3	Junction 96	83
4	PMM4	Junction 52	43
5	PMM5	Junction 393	321
6	PMM6	Junction 331	275
7	PMM7	Junction 345	285
8	PMM8	Junction 316	261
9	PMM9	Junction 159	140
10	PMM10	Junction 223	189
11	PMM11	Junction 44	393



Слика 7 - Водоводна мрежа града Бечеја са положајима предложених мерних места

Даљом анализом резултата осетљивости сензора притиска на предложеним мерним местима, установиће се оптималан број и распоред сензора.

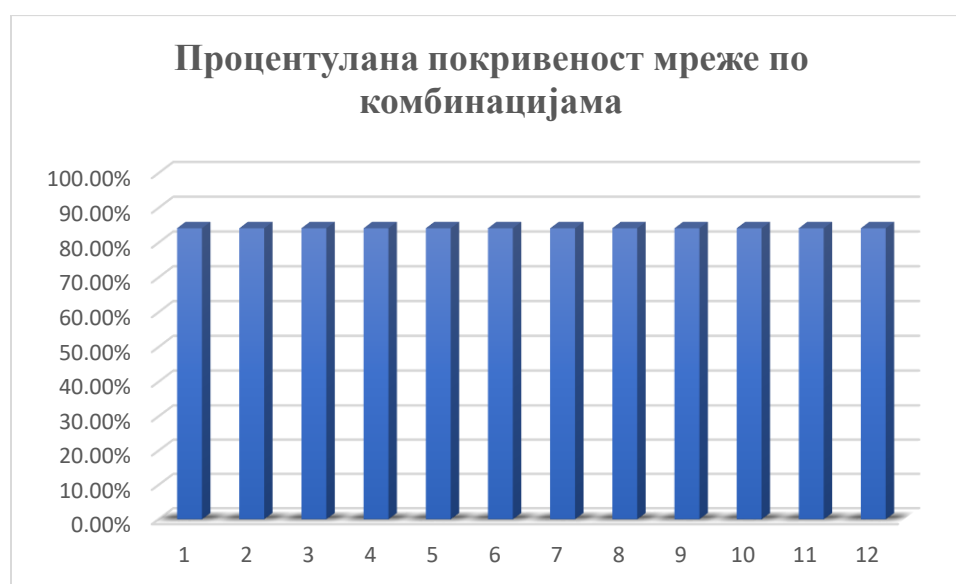
### 3. Резултати и дискусија

На основу почетне анализе резултата за предложених 11 мерних места и за усвојени праг осетљивости од 0,5, добија се покривеност мреже од 351 од 417 чворова, односно процентуална покривеност од 84,17%. У наставку су дати резултати покривености мреже сензорима за комбинације са 11 и 10 предложених мерних места.

Табела 9 – Финални резултати за комбинације са 11 и 10 сензора

Ред. бр. комб.	Број сензора	Комбинација РММ-а	Покривеност мреже (бр. чворова)	Покривеност мреже (%)
1	11	PMM1, PMM2, PMM3, PMM4, PMM5, PMM6, PMM7, PMM8, PMM9, PMM10, PMM11	351	84.17%
2	10	PMM2, PMM3, PMM4, PMM5, PMM6, PMM7, PMM8, PMM9, PMM10, PMM11	351	84.17%
3	10	PMM1, PMM3, PMM4, PMM5, PMM6, PMM7, PMM8, PMM9, PMM10, PMM11	351	84.17%
4	10	PMM1, PMM2, PMM4, PMM5, PMM6, PMM7, PMM8, PMM9, PMM10, PMM11	351	84.17%
5	10	PMM1, PMM2, PMM3, PMM5, PMM6, PMM7, PMM8, PMM9, PMM10, PMM11	351	84.17%
6	10	PMM1, PMM2, PMM3, PMM4, PMM6, PMM7, PMM8, PMM9, PMM10, PMM11	351	84.17%
7	10	PMM1, PMM2, PMM3, PMM4, PMM5, PMM7, PMM8, PMM9, PMM10, PMM11	351	84.17%
8	10	PMM1, PMM2, PMM3, PMM4, PMM5, PMM6, PMM8, PMM9, PMM10, PMM11	351	84.17%
9	10	PMM1, PMM2, PMM3, PMM4, PMM5, PMM6, PMM7, PMM9, PMM10, PMM11	351	84.17%

Ред. бр. комб.	Број сензора	Комбинација РММ-а	Покривеност мреже (бр. чворова)	Покривеност мреже (%)
10	10	PMM1, PMM2, PMM3, PMM4, PMM5, PMM6, PMM7, PMM8, PMM10, PMM11	351	84.17%
11	10	PMM1, PMM2, PMM3, PMM4, PMM5, PMM6, PMM7, PMM8, PMM9, PMM11	351	84.17%
12	10	PMM1, PMM2, PMM3, PMM4, PMM5, PMM6, PMM7, PMM8, PMM9, PMM10	351	84.17%



Слика 8

Из табеле 9 и са слике 8 јасно се може приметити да не постоји разлика у покривености за варијанту са 11 и за било коју комбинацију са 10 сензора притиска на предложеним мерним местима. Како би могло детаљније анализирати резултате, приступило се покретању кода за свако од предложених мерних места појединачно. Резултати тих прорачуна приказани су у наставку у табели и графичким приказом.

Табела 10 - Финални резултати сваки сензор појединачно

Ред. бр. комб.	Број сензора	Комбинација РММ-а	Покривеност мреже (бр. чворова)	Покривеност мреже (%)
13	1	PMM1	351	84.17%
14	1	PMM2	351	84.17%
15	1	PMM3	350	83.93%
16	1	PMM4	350	83.93%
17	1	PMM5	323	77.46%
18	1	PMM6	323	77.46%
19	1	PMM7	296	70.98%
20	1	PMM8	297	71.22%
21	1	PMM9	320	76.74%
22	1	PMM10	313	75.06%
23	1	PMM11	334	80.10%



Слика 9

Даљом анализом резултата покривености, поређењем резултата појединачних сензора, примећено је да прва четири мерна места покривају приближно исти број од 351, односно 350 чворова. Из матрице *sensitivity*, која је дата у прилозима (прилог 6.1) уочава се да су у питању исти чворови. Може се установити да сензори са ова четири предложена мерна места покривају исту област, односно када би се оставио један од предложена четири сензора и добили би се исти резултати.



Због своје позиције која је у средини области које покривају ова четири сензора и на месту чворишта неколико главних цевовода у западном делу насеља, усваја се да се задржава сензор на предложеном мерном месту РММ2.

Исто запажање важи и за предложена мерна места РММ5 и РММ6. Она такође покривају исте чворове, тако да се усваја да се задржава сензор на предложеном мерном месту РММ5, због своје позиције која је у средини области који покривају ова два сензора.

Сензори притиска на предложеним мерним местима РММ7 и РММ8, бележе промене на приближно истом месту чворова, 296, односно 297. Међутим, у овом случају, и ако је већи део чворова које покривају исти, постоји значајан број који се разликује, на основу чега се усваја да се задржавају оба наведена предложена мерна места.

Што се тиче сензора на предложеним мерним местима РММ9, РММ10 и РММ11, анализом резултата примећује се да сензор притиска на предложеном мерном месту РММ11, бележи све промене које бележе и сензори притиска РММ9 и РММ10, уз додатних 21 чворова. Усваја се да се задржава предложено мерно место РММ11, док се предложена мерна места РММ9 и РММ10 одбацују као сувишна.

Дакле за крајње усвојених пет мерних места, добијају се исти резултати покривености мреже као и почетној варијанти са 11 предложених мерних места. И даље постоји велики број чворова на којима промене притиска услед повећане потрошње, односно губитака, бележе сви или више сензора. Скоро сваки од покривених чворова је покривен са најмање два сензора притиска, што се сматра добрим са становишта сигурности у случају отказа неког од сензора, па се због сигурности овај број и распоред сензора усваја као оптималан и коначан за град Бечеј.

Табела 11 - Усвојена мерна места у мрежи

Ред. бр.	Назив предложеног мерног места	Junction ID	Индекс чвора
1	РММ2	Junction 411	376
2	РММ5	Junction 393	321
3	РММ7	Junction 345	285
4	РММ8	Junction 316	261
5	РММ11	Junction 44	393

Помоћу кода написаног у EPANET-MATLAB алату за потребе овог рада, број мерних места за постављање сензора притиска за детекцију губитака у водоводној мрежи се, са почетно предложених 11 мерних места, спустио на усвојених 5 мерних места. Обзиром на високе трошкове набавке, уградње и одржавања сензора, остварена уштеда је више него очигледна.

## 4. Закључак

Наћи оптимално решење за решавање проблема у инжењерској пракси представља један од основних задатака стављен пред сваког инжењера. Користећи код написан у овом раду, олакшана је анализа распореда и броја сензора притисака у EPANET хидрауличким моделима водоводних мрежа читавих насеља или њихових делова. Анализом коначног резултата као и пропратних резултата које програм даје као резултате процеса рада кода, могу се донети закључци о оптималном броју и положају сензора.

За написан код постоје различите могућности даљег развоја или модификација. Промена хидрауличких параметара који ће се анализирати. За разлику од случаја овог рада где се анализирао притисак у чворовима водоводне мреже, могуће би било анализирати протоке у цевима, те пронаћи оптимална места за постављање мерача протока.

Затим је могуће променити критеријум осетљивости, који овде представља скалиран број RMSE, који је заправо одступање вредности притисака за симулацију од референтних, почетних, вредности притисака у сензорима. Може се анализирати за случај апсолутних вредности броја RMSE, са другачијим прагом осетљивости.

Као што је већ споменуто у раду, праг осетљивости се може мењати и представља променљиву коју корисник кода може модификовати према својим потребама и критеријумима.

Може се закључити да код написан за потребе овог рада пружа резултате на основу којих се може испунити задатак оптималног позиционирања сензора притиска у водоводној мрежи у циљу детекције губитака, са могућности за одређене модификације и даљи развој.

## 5. Референце

- [1] Водоводи у Србији 2021 године, Стање сектора вода и показатељи успешности предузећа која се баве снабдевањем водом и каналисањем насеља, Удружење за технологију воде и санитарно инжењерство, Београд, октобар 2022.
- [2] EPANET 2 USERS MANUAL, Lewis A Rossman, Water Supply and Water Resources Division, National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati, OH 45268, September 2000.
- [3] EPANET-MATLAB toolkit: An Open-Source Software for interfacing EPANET with MATLAB, Demetros G. Eliades, Marios Kyriakou, Stelios Vrachimis and Marios M. Polycarpou, KIOS Research Center for Intelligent Systems and Networks, Dept. of Electrical and Computer Engineering, University of Cyprus, Nicosia, Cyprus, 2016.
- [4] 2<sup>nd</sup> International Joint Conference on Water Distribution Systems Analysis (WDSA) & Computing and Control in the Water Industry (CCWI), UPV, Valencia (Spain), July 18-22, 2022, - Short Course – Introduction to the EPANET-MATLAB Toolkit for Smart Waters Networks research, 2022-07-18 07:08 UTC, Recorded by Kevin Ariel Santos Almanzar, Organized by Melvin Alfonso Garcia Espinal, Chanel 1. Short Courses (Monday 18<sup>th</sup>), <https://media.upv.es/player/?id=8ca08f80-0d9e-11ed-ba3f-a3333974a7c0>

## 6. Прилози

6.1. Резултати осетљивости сензора притиска у виду табеларног приказа матрице *Sensitivity (RMSE)*

Ред. бр.	ID чвора	Индекс чвора	Предложена мерна места										
			PMM1	PMM2	PMM3	PMM4	PMM5	PMM6	PMM7	PMM8	PMM9	PMM10	PMM11
1	'1'	1	0.036	0.020	0.019	0.018	0.017	0.017	0.017	0.016	0.019	0.017	0.017
2	'2'	2	0.036	0.020	0.019	0.018	0.017	0.017	0.017	0.016	0.019	0.017	0.017
3	'3'	3	0.033	0.021	0.021	0.020	0.018	0.018	0.018	0.017	0.020	0.018	0.019
4	'4'	4	0.033	0.021	0.021	0.020	0.018	0.018	0.018	0.017	0.020	0.018	0.019
5	'5'	5	0.032	0.022	0.021	0.020	0.019	0.019	0.018	0.018	0.021	0.019	0.019
6	'6'	6	0.034	0.021	0.020	0.019	0.018	0.018	0.018	0.017	0.020	0.018	0.018
7	'7'	7	0.036	0.020	0.020	0.018	0.017	0.017	0.017	0.016	0.019	0.017	0.018
8	'8'	8	0.027	0.023	0.023	0.023	0.021	0.021	0.020	0.020	0.023	0.021	0.022
9	'9'	9	0.025	0.024	0.025	0.024	0.022	0.022	0.022	0.021	0.025	0.022	0.023
10	'10'	10	0.025	0.024	0.025	0.024	0.022	0.022	0.022	0.021	0.025	0.023	0.023
11	'11'	11	0.034	0.021	0.020	0.019	0.018	0.018	0.017	0.017	0.020	0.018	0.018
12	'12'	12	0.027	0.023	0.023	0.023	0.021	0.021	0.020	0.020	0.023	0.021	0.022
13	'14'	13	0.040	0.019	0.018	0.017	0.016	0.015	0.015	0.015	0.017	0.016	0.016
14	'15'	14	0.045	0.019	0.018	0.017	0.015	0.015	0.015	0.015	0.017	0.015	0.016
15	'16'	15	0.039	0.019	0.018	0.016	0.015	0.015	0.015	0.015	0.017	0.015	0.016
16	'17'	16	0.032	0.015	0.014	0.013	0.012	0.011	0.011	0.011	0.013	0.012	0.012
17	'18'	17	0.032	0.015	0.014	0.013	0.012	0.011	0.011	0.011	0.013	0.012	0.012
18	'19'	18	0.071	0.038	0.036	0.033	0.030	0.030	0.029	0.029	0.033	0.031	0.031
19	'20'	19	0.074	0.038	0.035	0.033	0.030	0.030	0.029	0.029	0.033	0.030	0.031
20	'21'	20	0.025	0.013	0.012	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.011	0.010	0.010
21	'22'	21	0.007	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
22	'23'	22	0.053	0.019	0.018	0.017	0.015	0.015	0.015	0.015	0.017	0.015	0.016
23	'24'	23	0.180	0.058	0.055	0.049	0.046	0.045	0.044	0.044	0.051	0.046	0.047

Ред. бр.	ID чвора	Индекс чвора	Предложена мерна места										
			PMM1	PMM2	PMM3	PMM4	PMM5	PMM6	PMM7	PMM8	PMM9	PMM10	PMM11
24	'25'	24	0.166	0.058	0.055	0.050	0.046	0.045	0.045	0.044	0.051	0.046	0.047
25	'26'	25	0.158	0.056	0.054	0.048	0.045	0.044	0.043	0.043	0.049	0.045	0.046
26	'27'	26	0.165	0.058	0.055	0.050	0.046	0.045	0.045	0.044	0.051	0.046	0.047
27	'28'	27	0.163	0.057	0.055	0.049	0.046	0.045	0.044	0.044	0.050	0.046	0.046
28	'29'	28	0.097	0.060	0.056	0.051	0.048	0.047	0.046	0.045	0.053	0.048	0.049
29	'30'	29	0.097	0.060	0.056	0.051	0.048	0.047	0.046	0.045	0.053	0.048	0.049
30	'31'	30	0.137	0.061	0.059	0.052	0.048	0.047	0.047	0.046	0.053	0.049	0.049
31	'34'	31	0.123	0.067	0.067	0.058	0.053	0.052	0.052	0.051	0.059	0.054	0.054
32	'35'	32	0.037	0.023	0.023	0.020	0.018	0.018	0.018	0.018	0.020	0.019	0.019
33	'36'	33	0.039	0.023	0.022	0.020	0.018	0.018	0.018	0.017	0.020	0.018	0.019
34	'37'	34	0.083	0.075	0.114	0.070	0.064	0.063	0.062	0.061	0.070	0.064	0.065
35	'38'	35	0.085	0.077	0.092	0.068	0.063	0.062	0.061	0.060	0.069	0.063	0.064
36	'39'	36	0.027	0.027	0.025	0.023	0.021	0.021	0.020	0.020	0.023	0.021	0.021
37	'40'	37	0.043	0.039	0.054	0.036	0.033	0.032	0.032	0.031	0.036	0.033	0.033
38	'45'	38	0.040	0.039	0.055	0.037	0.034	0.033	0.033	0.032	0.037	0.034	0.034
39	'46'	39	0.041	0.039	0.055	0.037	0.034	0.033	0.033	0.032	0.037	0.034	0.034
40	'49'	40	0.040	0.039	0.054	0.037	0.034	0.033	0.033	0.032	0.037	0.034	0.034
41	'50'	41	0.074	0.071	0.115	0.067	0.062	0.061	0.060	0.059	0.068	0.062	0.062
42	'51'	42	0.106	0.103	0.140	0.097	0.090	0.088	0.087	0.085	0.098	0.090	0.090
43	'52'	43	0.084	0.082	0.099	0.081	0.075	0.073	0.072	0.071	0.081	0.074	0.075
44	'55'	44	0.084	0.082	0.100	0.080	0.074	0.073	0.072	0.071	0.081	0.074	0.074
45	'56'	45	0.114	0.113	0.133	0.110	0.101	0.099	0.098	0.097	0.111	0.102	0.102
46	'57'	46	0.061	0.060	0.077	0.057	0.053	0.052	0.051	0.050	0.058	0.053	0.053
47	'58'	47	0.084	0.082	0.100	0.080	0.074	0.073	0.072	0.071	0.081	0.074	0.074
48	'59'	48	0.084	0.082	0.099	0.081	0.074	0.073	0.072	0.071	0.081	0.074	0.074
49	'60'	49	0.114	0.112	0.130	0.112	0.102	0.100	0.099	0.098	0.111	0.102	0.103

Ред. бр.	ID чвора	Индекс чвора	Предложена мерна места										
			PMM1	PMM2	PMM3	PMM4	PMM5	PMM6	PMM7	PMM8	PMM9	PMM10	PMM11
50	'61'	50	0.086	0.085	0.099	0.078	0.072	0.071	0.070	0.069	0.079	0.072	0.073
51	'62'	51	0.072	0.071	0.086	0.067	0.062	0.060	0.060	0.059	0.068	0.062	0.062
52	'63'	52	0.073	0.072	0.086	0.066	0.061	0.059	0.059	0.058	0.067	0.061	0.061
53	'65'	53	0.084	0.083	0.099	0.079	0.073	0.072	0.071	0.070	0.081	0.074	0.074
54	'66'	54	0.084	0.082	0.099	0.081	0.075	0.073	0.072	0.071	0.081	0.074	0.075
55	'67'	55	0.072	0.071	0.086	0.067	0.062	0.060	0.060	0.059	0.068	0.062	0.062
56	'68'	56	0.049	0.048	0.065	0.045	0.042	0.041	0.041	0.040	0.046	0.042	0.042
57	'69'	57	0.049	0.048	0.065	0.045	0.042	0.041	0.041	0.040	0.046	0.042	0.042
58	'70'	58	0.049	0.048	0.065	0.045	0.042	0.041	0.041	0.040	0.046	0.042	0.042
59	'71'	59	0.071	0.070	0.086	0.067	0.062	0.061	0.060	0.059	0.068	0.062	0.063
60	'72'	60	0.049	0.048	0.065	0.045	0.042	0.041	0.041	0.040	0.046	0.042	0.042
61	'73'	61	0.049	0.048	0.065	0.045	0.042	0.041	0.041	0.040	0.046	0.042	0.042
62	'74'	62	0.112	0.110	0.126	0.107	0.099	0.097	0.096	0.094	0.109	0.099	0.101
63	'75'	63	0.732	0.731	0.723	0.721	0.671	0.657	0.651	0.640	0.744	0.677	0.688
64	'76'	64	0.725	0.727	0.699	0.720	0.670	0.656	0.650	0.639	0.743	0.676	0.687
65	'78'	65	0.696	0.699	0.652	0.692	0.645	0.631	0.625	0.615	0.716	0.651	0.662
66	'79'	66	0.726	0.727	0.701	0.719	0.669	0.655	0.649	0.638	0.742	0.676	0.687
67	'80'	67	0.696	0.699	0.652	0.692	0.644	0.631	0.625	0.615	0.716	0.651	0.662
68	'81'	68	0.697	0.699	0.650	0.692	0.644	0.631	0.625	0.615	0.715	0.651	0.662
69	'82'	69	0.716	0.719	0.683	0.712	0.663	0.649	0.643	0.632	0.735	0.669	0.680
70	'83'	70	0.717	0.719	0.653	0.711	0.662	0.648	0.642	0.632	0.735	0.669	0.680
71	'84'	71	0.696	0.699	0.606	0.692	0.645	0.631	0.625	0.615	0.716	0.651	0.662
72	'85'	72	0.716	0.719	0.682	0.712	0.663	0.649	0.643	0.632	0.735	0.669	0.680
73	'86'	73	0.716	0.719	0.682	0.712	0.663	0.649	0.643	0.632	0.735	0.669	0.680
74	'87'	74	0.717	0.719	0.651	0.712	0.662	0.649	0.642	0.632	0.735	0.669	0.680
75	'88'	75	0.718	0.719	0.636	0.711	0.662	0.648	0.642	0.632	0.735	0.669	0.680

Ред. бр.	ID чвора	Индекс чвора	Предложена мерна места										
			PMM1	PMM2	PMM3	PMM4	PMM5	PMM6	PMM7	PMM8	PMM9	PMM10	PMM11
76	'89'	76	0.718	0.720	0.609	0.711	0.662	0.648	0.642	0.632	0.735	0.668	0.680
77	'90'	77	0.718	0.719	0.628	0.711	0.662	0.648	0.642	0.632	0.735	0.669	0.680
78	'91'	78	0.697	0.699	0.568	0.692	0.644	0.631	0.625	0.615	0.715	0.651	0.662
79	'92'	79	0.698	0.699	0.556	0.692	0.644	0.631	0.625	0.615	0.715	0.651	0.662
80	'93'	80	0.698	0.699	0.575	0.692	0.644	0.631	0.625	0.615	0.715	0.650	0.661
81	'94'	81	0.699	0.700	0.574	0.691	0.644	0.630	0.624	0.614	0.715	0.650	0.661
82	'95'	82	0.699	0.700	0.617	0.691	0.644	0.630	0.624	0.614	0.714	0.650	0.661
83	'96'	83	0.698	0.700	0.485	0.692	0.644	0.630	0.625	0.614	0.715	0.650	0.661
84	'97'	84	0.751	0.750	0.740	0.740	0.689	0.674	0.668	0.657	0.763	0.695	0.706
85	'98'	85	0.697	0.700	0.535	0.692	0.644	0.631	0.625	0.615	0.715	0.651	0.662
86	'53'	86	0.729	0.728	0.720	0.716	0.667	0.653	0.647	0.637	0.741	0.674	0.686
87	'99'	87	0.751	0.750	0.739	0.740	0.689	0.674	0.668	0.657	0.763	0.695	0.706
88	'100'	88	0.751	0.750	0.739	0.740	0.689	0.674	0.668	0.657	0.763	0.695	0.706
89	'101'	89	0.699	0.700	0.547	0.691	0.644	0.630	0.624	0.614	0.715	0.650	0.661
90	'102'	90	0.698	0.700	0.549	0.692	0.644	0.631	0.625	0.615	0.715	0.651	0.662
91	'103'	91	0.718	0.720	0.628	0.711	0.662	0.648	0.642	0.632	0.735	0.669	0.680
92	'104'	92	0.718	0.720	0.617	0.711	0.662	0.648	0.642	0.632	0.735	0.668	0.680
93	'105'	93	0.698	0.700	0.553	0.692	0.644	0.631	0.625	0.615	0.715	0.650	0.661
94	'106'	94	0.718	0.720	0.626	0.711	0.662	0.648	0.642	0.632	0.735	0.669	0.680
95	'107'	95	0.718	0.720	0.624	0.711	0.662	0.648	0.642	0.632	0.735	0.668	0.680
96	'108'	96	0.697	0.700	0.563	0.692	0.644	0.631	0.625	0.615	0.715	0.651	0.662
97	'109'	97	0.716	0.719	0.668	0.712	0.663	0.649	0.643	0.632	0.735	0.669	0.680
98	'113'	98	0.757	0.759	0.751	0.749	0.697	0.683	0.676	0.665	0.773	0.704	0.715
99	'114'	99	0.757	0.759	0.751	0.749	0.697	0.683	0.676	0.665	0.773	0.704	0.715
100	'115'	100	0.757	0.759	0.751	0.749	0.697	0.683	0.676	0.665	0.773	0.704	0.715
101	'116'	101	0.757	0.759	0.751	0.749	0.697	0.683	0.676	0.665	0.773	0.704	0.715



Ред. бр.	ID чвора	Индекс чвора	Предложена мерна места										
			PMM1	PMM2	PMM3	PMM4	PMM5	PMM6	PMM7	PMM8	PMM9	PMM10	PMM11
102	'117'	102	0.757	0.759	0.751	0.749	0.697	0.683	0.676	0.665	0.773	0.704	0.715
103	'118'	103	0.757	0.759	0.751	0.749	0.697	0.683	0.676	0.665	0.773	0.704	0.715
104	'110'	104	0.737	0.736	0.728	0.726	0.673	0.659	0.652	0.641	0.639	0.674	0.681
105	'111'	105	0.737	0.736	0.728	0.726	0.673	0.659	0.652	0.641	0.639	0.674	0.681
106	'112'	106	0.737	0.736	0.728	0.726	0.673	0.659	0.652	0.641	0.635	0.673	0.681
107	'119'	107	0.738	0.737	0.729	0.727	0.673	0.660	0.653	0.642	0.653	0.675	0.681
108	'120'	108	0.737	0.736	0.728	0.726	0.673	0.659	0.652	0.641	0.632	0.673	0.681
109	'122'	109	0.737	0.736	0.728	0.726	0.672	0.658	0.652	0.641	0.625	0.673	0.681
110	'123'	110	0.737	0.736	0.728	0.726	0.672	0.658	0.652	0.641	0.624	0.673	0.681
111	'125'	111	0.737	0.736	0.728	0.726	0.673	0.659	0.652	0.641	0.625	0.673	0.681
112	'127'	112	0.738	0.737	0.729	0.727	0.673	0.660	0.653	0.642	0.653	0.675	0.681
113	'128'	113	0.741	0.740	0.732	0.730	0.677	0.663	0.656	0.645	0.743	0.680	0.679
114	'129'	114	0.741	0.740	0.732	0.730	0.677	0.663	0.656	0.645	0.743	0.680	0.679
115	'131'	115	0.741	0.740	0.732	0.730	0.677	0.663	0.657	0.646	0.743	0.681	0.673
116	'132'	116	0.743	0.742	0.734	0.732	0.679	0.665	0.659	0.648	0.746	0.683	0.671
117	'134'	117	0.734	0.733	0.725	0.723	0.667	0.653	0.646	0.635	0.730	0.658	0.683
118	'136'	118	0.734	0.733	0.725	0.723	0.667	0.653	0.646	0.635	0.730	0.658	0.683
119	'137'	119	0.736	0.735	0.727	0.725	0.672	0.658	0.651	0.640	0.626	0.672	0.682
120	'138'	120	0.736	0.735	0.727	0.725	0.672	0.658	0.651	0.640	0.626	0.672	0.682
121	'139'	121	0.736	0.735	0.727	0.725	0.672	0.658	0.651	0.640	0.626	0.672	0.682
122	'140'	122	0.736	0.735	0.727	0.725	0.672	0.658	0.651	0.640	0.626	0.672	0.682
123	'141'	123	0.736	0.735	0.727	0.725	0.672	0.658	0.651	0.640	0.626	0.672	0.682
124	'142'	124	0.736	0.735	0.727	0.725	0.672	0.658	0.651	0.640	0.626	0.672	0.682
125	'143'	125	0.736	0.736	0.727	0.725	0.672	0.658	0.652	0.640	0.625	0.672	0.681
126	'144'	126	0.736	0.736	0.727	0.725	0.672	0.658	0.652	0.640	0.625	0.672	0.681
127	'145'	127	0.736	0.736	0.727	0.725	0.672	0.658	0.652	0.640	0.625	0.672	0.681

Ред. бр.	ID чвора	Индекс чвора	Предложена мерна места										
			PMM1	PMM2	PMM3	PMM4	PMM5	PMM6	PMM7	PMM8	PMM9	PMM10	PMM11
128	'146'	128	0.736	0.736	0.727	0.725	0.672	0.658	0.652	0.640	0.625	0.672	0.681
129	'147'	129	0.736	0.735	0.727	0.725	0.672	0.658	0.651	0.640	0.626	0.672	0.681
130	'148'	130	0.737	0.736	0.728	0.726	0.672	0.658	0.652	0.641	0.623	0.672	0.681
131	'149'	131	0.736	0.736	0.728	0.725	0.672	0.658	0.652	0.641	0.624	0.672	0.681
132	'150'	132	0.736	0.736	0.728	0.725	0.672	0.658	0.652	0.641	0.624	0.672	0.681
133	'151'	133	0.736	0.736	0.728	0.725	0.672	0.658	0.652	0.641	0.624	0.672	0.681
134	'152'	134	0.736	0.736	0.728	0.725	0.672	0.658	0.652	0.641	0.624	0.672	0.681
135	'153'	135	0.736	0.736	0.727	0.725	0.672	0.658	0.652	0.640	0.625	0.672	0.681
136	'154'	136	0.736	0.735	0.727	0.725	0.672	0.658	0.651	0.640	0.627	0.672	0.682
137	'155'	137	0.724	0.723	0.715	0.713	0.659	0.646	0.639	0.628	0.562	0.657	0.665
138	'156'	138	0.718	0.717	0.709	0.707	0.653	0.640	0.633	0.622	0.518	0.649	0.657
139	'157'	139	0.718	0.717	0.709	0.707	0.653	0.640	0.633	0.622	0.512	0.649	0.657
140	'159'	140	0.718	0.717	0.709	0.707	0.653	0.640	0.633	0.622	0.509	0.649	0.657
141	'160'	141	0.713	0.712	0.704	0.702	0.650	0.637	0.630	0.620	0.636	0.652	0.660
142	'161'	142	0.716	0.715	0.707	0.705	0.652	0.639	0.632	0.621	0.564	0.650	0.658
143	'162'	143	0.717	0.717	0.708	0.706	0.653	0.639	0.633	0.622	0.532	0.649	0.657
144	'163'	144	0.718	0.717	0.709	0.707	0.653	0.639	0.633	0.622	0.526	0.649	0.657
145	'164'	145	0.714	0.713	0.705	0.703	0.651	0.637	0.631	0.620	0.637	0.651	0.659
146	'165'	146	0.717	0.717	0.708	0.706	0.653	0.639	0.633	0.622	0.532	0.649	0.657
147	'166'	147	0.716	0.715	0.707	0.705	0.652	0.639	0.632	0.621	0.564	0.650	0.658
148	'167'	148	0.718	0.717	0.708	0.706	0.653	0.639	0.633	0.622	0.529	0.649	0.657
149	'168'	149	0.718	0.717	0.708	0.706	0.653	0.639	0.633	0.622	0.529	0.649	0.657
150	'169'	150	0.717	0.716	0.708	0.706	0.653	0.639	0.633	0.622	0.637	0.652	0.657
151	'170'	151	0.715	0.715	0.706	0.704	0.648	0.634	0.627	0.616	0.630	0.636	0.658
152	'173'	152	0.716	0.715	0.706	0.704	0.648	0.634	0.627	0.616	0.630	0.636	0.658
153	'174'	153	0.715	0.714	0.706	0.704	0.647	0.634	0.627	0.615	0.631	0.636	0.659

Ред. бр.	ID чвора	Индекс чвора	Предложена мерна места										
			PMM1	PMM2	PMM3	PMM4	PMM5	PMM6	PMM7	PMM8	PMM9	PMM10	PMM11
154	'175'	154	0.715	0.714	0.706	0.704	0.647	0.634	0.627	0.615	0.631	0.636	0.659
155	'180'	155	0.718	0.717	0.709	0.707	0.653	0.640	0.634	0.622	0.637	0.653	0.657
156	'181'	156	0.718	0.717	0.709	0.707	0.653	0.640	0.634	0.622	0.637	0.653	0.657
157	'182'	157	0.719	0.718	0.710	0.708	0.654	0.641	0.634	0.623	0.637	0.654	0.656
158	'183'	158	0.719	0.718	0.710	0.708	0.654	0.641	0.634	0.623	0.637	0.654	0.656
159	'184'	159	0.716	0.715	0.707	0.704	0.648	0.635	0.628	0.616	0.627	0.635	0.658
160	'185'	160	0.716	0.715	0.706	0.704	0.648	0.634	0.628	0.616	0.629	0.635	0.658
161	'186'	161	0.716	0.715	0.706	0.704	0.648	0.635	0.628	0.616	0.628	0.635	0.658
162	'188'	162	0.712	0.712	0.703	0.701	0.645	0.631	0.624	0.612	0.622	0.630	0.654
163	'189'	163	0.712	0.712	0.703	0.701	0.644	0.631	0.624	0.612	0.623	0.630	0.654
164	'191'	164	0.716	0.715	0.707	0.704	0.648	0.635	0.628	0.616	0.627	0.635	0.658
165	'193'	165	0.712	0.711	0.703	0.701	0.644	0.631	0.624	0.612	0.623	0.620	0.654
166	'194'	166	0.712	0.711	0.703	0.701	0.644	0.631	0.624	0.612	0.623	0.620	0.654
167	'195'	167	0.712	0.711	0.703	0.701	0.644	0.631	0.624	0.612	0.623	0.613	0.654
168	'196'	168	0.712	0.711	0.703	0.701	0.644	0.631	0.624	0.612	0.623	0.613	0.654
169	'197'	169	0.712	0.712	0.703	0.701	0.645	0.631	0.624	0.612	0.622	0.629	0.654
170	'199'	170	0.712	0.711	0.703	0.701	0.644	0.631	0.624	0.612	0.623	0.610	0.654
171	'200'	171	0.712	0.711	0.703	0.701	0.644	0.631	0.624	0.612	0.623	0.610	0.654
172	'203'	172	0.712	0.711	0.703	0.701	0.644	0.631	0.624	0.612	0.623	0.610	0.654
173	'204'	173	0.712	0.711	0.703	0.701	0.644	0.630	0.623	0.612	0.624	0.606	0.654
174	'205'	174	0.712	0.711	0.703	0.701	0.644	0.631	0.624	0.612	0.623	0.610	0.654
175	'206'	175	0.712	0.711	0.703	0.701	0.644	0.630	0.623	0.612	0.624	0.606	0.654
176	'210'	176	0.712	0.711	0.703	0.701	0.644	0.631	0.624	0.612	0.623	0.610	0.654
177	'211'	177	0.698	0.697	0.689	0.686	0.629	0.615	0.608	0.596	0.605	0.580	0.638
178	'212'	178	0.682	0.681	0.672	0.670	0.610	0.597	0.589	0.577	0.581	0.517	0.619
179	'213'	179	0.682	0.681	0.672	0.670	0.610	0.597	0.590	0.578	0.580	0.550	0.619

Ред. бр.	ID чвора	Индекс чвора	Предложена мерна места										
			PMM1	PMM2	PMM3	PMM4	PMM5	PMM6	PMM7	PMM8	PMM9	PMM10	PMM11
180	'214'	180	0.682	0.681	0.673	0.670	0.611	0.598	0.590	0.578	0.579	0.562	0.618
181	'215'	181	0.682	0.681	0.672	0.670	0.610	0.597	0.590	0.577	0.580	0.528	0.619
182	'216'	182	0.682	0.681	0.672	0.670	0.610	0.597	0.590	0.577	0.580	0.528	0.619
183	'217'	183	0.682	0.681	0.672	0.670	0.610	0.597	0.589	0.577	0.581	0.522	0.619
184	'218'	184	0.682	0.681	0.673	0.670	0.611	0.598	0.590	0.578	0.579	0.562	0.618
185	'219'	185	0.682	0.681	0.672	0.670	0.610	0.597	0.590	0.578	0.579	0.543	0.619
186	'220'	186	0.682	0.681	0.672	0.670	0.609	0.596	0.589	0.577	0.582	0.491	0.619
187	'221'	187	0.682	0.681	0.672	0.670	0.609	0.596	0.589	0.577	0.582	0.491	0.619
188	'222'	188	0.682	0.681	0.672	0.670	0.609	0.596	0.589	0.577	0.582	0.491	0.619
189	'223'	189	0.682	0.681	0.672	0.669	0.609	0.596	0.589	0.577	0.582	0.484	0.619
190	'224'	190	0.682	0.681	0.672	0.670	0.609	0.596	0.589	0.577	0.582	0.506	0.619
191	'225'	191	0.682	0.681	0.672	0.669	0.609	0.596	0.589	0.577	0.582	0.499	0.619
192	'226'	192	0.686	0.686	0.677	0.675	0.618	0.606	0.599	0.587	0.593	0.584	0.622
193	'227'	193	0.695	0.695	0.686	0.683	0.622	0.612	0.605	0.594	0.607	0.594	0.638
194	'228'	194	0.696	0.695	0.686	0.683	0.622	0.611	0.604	0.593	0.607	0.594	0.638
195	'229'	195	0.696	0.695	0.686	0.683	0.622	0.611	0.604	0.593	0.607	0.594	0.638
196	'230'	196	0.695	0.695	0.686	0.683	0.622	0.612	0.605	0.594	0.607	0.594	0.638
197	'231'	197	0.632	0.632	0.621	0.618	0.530	0.543	0.535	0.524	0.536	0.524	0.573
198	'232'	198	0.640	0.639	0.629	0.625	0.538	0.551	0.543	0.531	0.544	0.531	0.580
199	'234'	199	0.639	0.639	0.629	0.625	0.540	0.551	0.543	0.531	0.544	0.532	0.580
200	'236'	200	0.640	0.639	0.629	0.626	0.534	0.550	0.542	0.530	0.544	0.531	0.580
201	'237'	201	0.640	0.639	0.629	0.626	0.534	0.550	0.542	0.530	0.544	0.531	0.580
202	'239'	202	0.638	0.637	0.627	0.624	0.554	0.554	0.547	0.535	0.545	0.534	0.581
203	'240'	203	0.639	0.638	0.628	0.625	0.548	0.552	0.545	0.533	0.544	0.533	0.580
204	'241'	204	0.640	0.639	0.629	0.626	0.539	0.550	0.542	0.529	0.543	0.530	0.580
205	'242'	205	0.640	0.639	0.629	0.626	0.541	0.549	0.541	0.529	0.543	0.530	0.580

Ред. бр.	ID чвора	Индекс чвора	Предложена мерна места										
			PMM1	PMM2	PMM3	PMM4	PMM5	PMM6	PMM7	PMM8	PMM9	PMM10	PMM11
206	'243'	206	0.640	0.640	0.630	0.626	0.550	0.550	0.542	0.530	0.543	0.530	0.579
207	'246'	207	0.640	0.639	0.629	0.626	0.550	0.551	0.543	0.531	0.544	0.531	0.580
208	'250'	208	0.640	0.639	0.629	0.626	0.550	0.551	0.544	0.531	0.544	0.531	0.580
209	'251'	209	0.640	0.639	0.629	0.625	0.546	0.546	0.538	0.529	0.544	0.531	0.580
210	'252'	210	0.640	0.639	0.629	0.626	0.542	0.549	0.540	0.528	0.543	0.530	0.579
211	'254'	211	0.640	0.640	0.630	0.626	0.545	0.549	0.540	0.527	0.543	0.529	0.579
212	'255'	212	0.640	0.640	0.630	0.626	0.546	0.548	0.538	0.526	0.543	0.529	0.579
213	'256'	213	0.640	0.639	0.629	0.625	0.547	0.546	0.538	0.529	0.544	0.531	0.580
214	'257'	214	0.671	0.670	0.661	0.658	0.587	0.583	0.576	0.566	0.579	0.566	0.612
215	'259'	215	0.640	0.639	0.629	0.625	0.546	0.546	0.538	0.529	0.544	0.531	0.580
216	'260'	216	0.640	0.639	0.629	0.626	0.536	0.549	0.541	0.529	0.543	0.530	0.580
217	'262'	217	0.640	0.639	0.629	0.625	0.547	0.546	0.537	0.529	0.544	0.530	0.580
218	'263'	218	0.641	0.640	0.630	0.627	0.551	0.550	0.542	0.529	0.543	0.530	0.579
219	'264'	219	0.641	0.640	0.630	0.627	0.549	0.548	0.539	0.525	0.543	0.528	0.579
220	'265'	220	0.584	0.583	0.573	0.568	0.482	0.482	0.473	0.457	0.483	0.463	0.520
221	'267'	221	0.558	0.557	0.547	0.544	0.464	0.464	0.456	0.442	0.453	0.440	0.484
222	'268'	222	0.530	0.529	0.519	0.515	0.430	0.432	0.423	0.408	0.419	0.406	0.454
223	'271'	223	0.545	0.544	0.533	0.529	0.440	0.443	0.434	0.418	0.437	0.421	0.475
224	'272'	224	0.530	0.529	0.519	0.515	0.430	0.432	0.423	0.408	0.419	0.406	0.454
225	'273'	225	0.542	0.541	0.531	0.527	0.446	0.448	0.439	0.425	0.433	0.422	0.468
226	'275'	226	0.545	0.544	0.533	0.529	0.439	0.440	0.424	0.413	0.437	0.420	0.475
227	'276'	227	0.544	0.544	0.533	0.528	0.440	0.438	0.420	0.414	0.437	0.420	0.475
228	'277'	228	0.544	0.544	0.533	0.528	0.439	0.438	0.421	0.415	0.437	0.420	0.475
229	'278'	229	0.546	0.546	0.535	0.530	0.442	0.440	0.421	0.417	0.439	0.422	0.477
230	'279'	230	0.544	0.544	0.533	0.528	0.439	0.438	0.421	0.415	0.437	0.420	0.475
231	'280'	231	0.575	0.574	0.564	0.560	0.476	0.476	0.467	0.454	0.472	0.456	0.507

Ред. бр.	ID чвора	Индекс чвора	Предложена мерна места										
			PMM1	PMM2	PMM3	PMM4	PMM5	PMM6	PMM7	PMM8	PMM9	PMM10	PMM11
232	'281'	232	0.575	0.574	0.564	0.560	0.476	0.476	0.467	0.454	0.472	0.456	0.507
233	'282'	233	0.575	0.574	0.564	0.560	0.477	0.475	0.467	0.454	0.472	0.456	0.507
234	'283'	234	0.575	0.574	0.564	0.560	0.478	0.474	0.466	0.454	0.472	0.456	0.507
235	'285'	235	0.575	0.574	0.564	0.560	0.476	0.476	0.467	0.454	0.472	0.456	0.507
236	'286'	236	0.575	0.574	0.564	0.560	0.476	0.476	0.467	0.454	0.472	0.456	0.507
237	'287'	237	0.575	0.574	0.564	0.560	0.476	0.476	0.467	0.454	0.472	0.456	0.507
238	'291'	238	0.544	0.543	0.532	0.528	0.435	0.440	0.431	0.419	0.438	0.422	0.475
239	'135'	239	0.581	0.581	0.571	0.567	0.485	0.484	0.475	0.459	0.479	0.463	0.514
240	'171'	240	0.561	0.561	0.550	0.546	0.461	0.461	0.451	0.438	0.454	0.437	0.492
241	'176'	241	0.561	0.561	0.550	0.546	0.461	0.461	0.451	0.438	0.454	0.437	0.492
242	'177'	242	0.561	0.561	0.550	0.546	0.461	0.461	0.451	0.438	0.454	0.437	0.492
243	'207'	243	0.528	0.528	0.517	0.513	0.425	0.424	0.414	0.399	0.425	0.403	0.459
244	'233'	244	0.514	0.514	0.503	0.498	0.407	0.406	0.396	0.381	0.405	0.383	0.443
245	'235'	245	0.494	0.493	0.483	0.477	0.387	0.386	0.376	0.361	0.392	0.367	0.423
246	'292'	246	0.479	0.478	0.467	0.462	0.368	0.367	0.357	0.341	0.371	0.345	0.406
247	'294'	247	0.478	0.478	0.467	0.461	0.366	0.365	0.348	0.337	0.372	0.347	0.407
248	'295'	248	0.478	0.478	0.467	0.461	0.366	0.365	0.348	0.337	0.372	0.347	0.407
249	'298'	249	0.554	0.553	0.543	0.538	0.454	0.453	0.444	0.429	0.452	0.432	0.485
250	'299'	250	0.624	0.623	0.614	0.610	0.536	0.534	0.526	0.514	0.529	0.514	0.559
251	'301'	251	0.613	0.612	0.602	0.598	0.523	0.519	0.504	0.499	0.514	0.501	0.548
252	'304'	252	0.613	0.612	0.602	0.598	0.523	0.519	0.501	0.499	0.514	0.501	0.548
253	'305'	253	0.613	0.612	0.602	0.598	0.523	0.519	0.502	0.499	0.514	0.501	0.548
254	'307'	254	0.613	0.612	0.602	0.598	0.523	0.519	0.501	0.499	0.514	0.501	0.548
255	'309'	255	0.613	0.612	0.602	0.598	0.523	0.519	0.501	0.499	0.514	0.501	0.548
256	'310'	256	0.613	0.612	0.602	0.598	0.523	0.519	0.501	0.499	0.514	0.501	0.548
257	'311'	257	0.613	0.612	0.602	0.598	0.523	0.519	0.500	0.499	0.514	0.501	0.548

Ред. бр.	ID чвора	Индекс чвора	Предложена мерна места										
			PMM1	PMM2	PMM3	PMM4	PMM5	PMM6	PMM7	PMM8	PMM9	PMM10	PMM11
258	'312'	258	0.613	0.612	0.602	0.598	0.523	0.519	0.499	0.499	0.514	0.501	0.548
259	'313'	259	0.613	0.612	0.602	0.598	0.523	0.519	0.499	0.499	0.514	0.501	0.548
260	'314'	260	0.634	0.633	0.624	0.621	0.548	0.545	0.531	0.526	0.539	0.527	0.570
261	'316'	261	0.611	0.610	0.600	0.597	0.520	0.518	0.509	0.489	0.512	0.499	0.546
262	'318'	262	0.613	0.612	0.602	0.598	0.523	0.519	0.511	0.499	0.514	0.501	0.548
263	'319'	263	0.613	0.612	0.602	0.598	0.523	0.519	0.503	0.499	0.514	0.501	0.548
264	'320'	264	0.613	0.612	0.602	0.598	0.523	0.519	0.497	0.499	0.514	0.501	0.548
265	'321'	265	0.613	0.612	0.602	0.598	0.523	0.519	0.502	0.499	0.514	0.501	0.548
266	'322'	266	0.612	0.612	0.602	0.598	0.521	0.518	0.492	0.498	0.515	0.502	0.548
267	'323'	267	0.612	0.612	0.602	0.598	0.521	0.519	0.495	0.497	0.514	0.501	0.548
268	'324'	268	0.612	0.612	0.602	0.598	0.521	0.518	0.482	0.499	0.515	0.502	0.548
269	'325'	269	0.612	0.612	0.602	0.598	0.521	0.518	0.470	0.498	0.515	0.502	0.548
270	'326'	270	0.612	0.612	0.602	0.598	0.521	0.517	0.456	0.499	0.515	0.502	0.548
271	'327'	271	0.612	0.612	0.602	0.598	0.521	0.517	0.467	0.499	0.515	0.502	0.548
272	'328'	272	0.612	0.611	0.601	0.598	0.523	0.515	0.352	0.501	0.515	0.502	0.548
273	'329'	273	0.612	0.611	0.601	0.598	0.522	0.516	0.498	0.500	0.515	0.502	0.548
274	'330'	274	0.612	0.611	0.602	0.598	0.521	0.517	0.498	0.499	0.515	0.502	0.548
275	'331'	275	0.641	0.640	0.631	0.628	0.557	0.551	0.545	0.536	0.548	0.536	0.578
276	'332'	276	0.612	0.611	0.601	0.597	0.524	0.512	0.490	0.502	0.515	0.503	0.548
277	'333'	277	0.612	0.611	0.601	0.598	0.523	0.515	0.352	0.501	0.515	0.502	0.548
278	'334'	278	0.612	0.611	0.601	0.598	0.523	0.514	0.375	0.501	0.515	0.502	0.548
279	'335'	279	0.612	0.611	0.601	0.598	0.523	0.514	0.362	0.501	0.515	0.502	0.548
280	'337'	280	0.612	0.611	0.601	0.598	0.523	0.515	0.351	0.501	0.515	0.502	0.548
281	'339'	281	0.612	0.611	0.601	0.598	0.523	0.515	0.347	0.501	0.515	0.502	0.548
282	'340'	282	0.612	0.611	0.601	0.598	0.523	0.515	0.347	0.501	0.515	0.502	0.548
283	'342'	283	0.612	0.611	0.601	0.598	0.523	0.515	0.336	0.500	0.515	0.502	0.548

Ред. бр.	ID чвора	Индекс чвора	Предложена мерна места										
			PMM1	PMM2	PMM3	PMM4	PMM5	PMM6	PMM7	PMM8	PMM9	PMM10	PMM11
284	'343'	284	0.612	0.611	0.601	0.598	0.523	0.515	0.310	0.500	0.515	0.502	0.548
285	'345'	285	0.612	0.611	0.601	0.598	0.523	0.516	0.287	0.500	0.515	0.502	0.548
286	'348'	286	0.612	0.611	0.601	0.598	0.523	0.514	0.355	0.501	0.515	0.502	0.548
287	'349'	287	0.612	0.611	0.601	0.598	0.523	0.515	0.347	0.501	0.515	0.502	0.548
288	'350'	288	0.612	0.611	0.601	0.597	0.524	0.513	0.507	0.502	0.515	0.503	0.548
289	'353'	289	0.611	0.610	0.600	0.597	0.520	0.519	0.510	0.497	0.512	0.498	0.546
290	'354'	290	0.614	0.613	0.603	0.600	0.524	0.522	0.514	0.501	0.518	0.503	0.549
291	'356'	291	0.596	0.596	0.585	0.582	0.504	0.503	0.494	0.481	0.494	0.477	0.529
292	'360'	292	0.601	0.601	0.591	0.587	0.510	0.508	0.500	0.487	0.500	0.483	0.534
293	'363'	293	0.597	0.596	0.586	0.583	0.505	0.504	0.496	0.483	0.492	0.473	0.528
294	'365'	294	0.592	0.591	0.582	0.578	0.500	0.498	0.490	0.477	0.493	0.473	0.525
295	'306'	295	0.583	0.582	0.572	0.568	0.488	0.486	0.477	0.464	0.481	0.462	0.515
296	'308'	296	0.972	0.972	0.971	0.972	0.969	0.969	0.969	0.968	0.959	0.965	0.940
297	'346'	297	0.975	0.975	0.974	0.975	0.975	0.976	0.976	0.976	0.961	0.964	0.942
298	'366'	298	0.972	0.972	0.971	0.972	0.972	0.973	0.973	0.974	0.955	0.903	0.938
299	'367'	299	0.971	0.971	0.971	0.972	0.972	0.973	0.973	0.973	0.956	0.926	0.938
300	'369'	300	0.972	0.972	0.971	0.972	0.972	0.973	0.973	0.974	0.955	0.903	0.938
301	'370'	301	0.952	0.952	0.951	0.951	0.947	0.947	0.947	0.946	0.939	0.944	0.920
302	'371'	302	0.931	0.930	0.929	0.929	0.915	0.928	0.928	0.928	0.918	0.926	0.900
303	'372'	303	0.931	0.930	0.929	0.929	0.915	0.928	0.928	0.928	0.918	0.926	0.900
304	'373'	304	0.931	0.930	0.929	0.929	0.916	0.928	0.928	0.929	0.918	0.926	0.900
305	'374'	305	0.931	0.930	0.929	0.929	0.915	0.928	0.928	0.928	0.918	0.926	0.900
306	'375'	306	0.931	0.930	0.929	0.929	0.915	0.928	0.928	0.928	0.918	0.926	0.900
307	'377'	307	0.931	0.930	0.929	0.929	0.915	0.928	0.928	0.928	0.918	0.926	0.900
308	'378'	308	0.931	0.930	0.929	0.929	0.915	0.928	0.928	0.928	0.918	0.926	0.900
309	'379'	309	0.931	0.931	0.930	0.930	0.905	0.927	0.926	0.926	0.917	0.924	0.899



Ред. бр.	ID чвора	Индекс чвора	Предложена мерна места										
			PMM1	PMM2	PMM3	PMM4	PMM5	PMM6	PMM7	PMM8	PMM9	PMM10	PMM11
310	'381'	310	0.923	0.922	0.922	0.924	0.928	0.930	0.931	0.932	0.915	0.926	0.896
311	'382'	311	0.912	0.912	0.911	0.913	0.917	0.919	0.920	0.921	0.901	0.914	0.882
312	'383'	312	0.925	0.924	0.924	0.925	0.929	0.931	0.931	0.932	0.914	0.926	0.895
313	'384'	313	0.925	0.924	0.924	0.925	0.929	0.931	0.931	0.932	0.914	0.926	0.895
314	'385'	314	0.925	0.924	0.924	0.925	0.929	0.931	0.931	0.932	0.914	0.926	0.895
315	'386'	315	0.955	0.955	0.954	0.954	0.950	0.951	0.950	0.946	0.942	0.948	0.923
316	'387'	316	0.957	0.957	0.956	0.956	0.953	0.952	0.943	0.952	0.944	0.950	0.925
317	'388'	317	0.957	0.956	0.956	0.956	0.953	0.952	0.916	0.952	0.944	0.950	0.925
318	'390'	318	0.956	0.956	0.956	0.956	0.952	0.951	0.879	0.952	0.945	0.951	0.925
319	'391'	319	0.956	0.956	0.956	0.956	0.953	0.951	0.844	0.952	0.945	0.951	0.925
320	'392'	320	0.925	0.925	0.925	0.926	0.929	0.931	0.931	0.932	0.913	0.926	0.894
321	'393'	321	0.932	0.931	0.930	0.930	0.903	0.927	0.926	0.926	0.917	0.924	0.899
322	'247'	322	0.934	0.934	0.933	0.932	0.925	0.926	0.924	0.916	0.918	0.923	0.901
323	'248'	323	0.947	0.947	0.947	0.948	0.950	0.952	0.952	0.953	0.939	0.948	0.919
324	'249'	324	0.948	0.948	0.948	0.949	0.951	0.952	0.952	0.953	0.938	0.948	0.918
325	'253'	325	0.949	0.949	0.949	0.949	0.951	0.952	0.953	0.953	0.938	0.948	0.918
326	'261'	326	0.954	0.954	0.954	0.954	0.954	0.955	0.955	0.955	0.825	0.946	0.915
327	'126'	327	0.952	0.952	0.951	0.951	0.949	0.950	0.950	0.950	0.929	0.933	0.916
328	'198'	328	0.958	0.958	0.957	0.958	0.957	0.959	0.959	0.959	0.939	0.953	0.913
329	'201'	329	0.957	0.957	0.956	0.957	0.957	0.958	0.958	0.958	0.939	0.952	0.913
330	'274'	330	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.957	0.958	0.958	0.939	0.951	0.914
331	'297'	331	0.956	0.956	0.955	0.956	0.956	0.957	0.957	0.957	0.938	0.951	0.914
332	'317'	332	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.954	0.954	0.954	0.937	0.948	0.916
333	'380'	333	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.954	0.954	0.954	0.937	0.948	0.916
334	'394'	334	0.954	0.954	0.953	0.954	0.954	0.955	0.955	0.955	0.831	0.946	0.915
335	'395'	335	0.948	0.948	0.948	0.949	0.951	0.952	0.952	0.953	0.938	0.948	0.918

Ред. бр.	ID чвора	Индекс чвора	Предложена мерна места										
			PMM1	PMM2	PMM3	PMM4	PMM5	PMM6	PMM7	PMM8	PMM9	PMM10	PMM11
336	'396'	336	0.915	0.915	0.914	0.913	0.903	0.905	0.904	0.902	0.896	0.900	0.880
337	'398'	337	0.949	0.949	0.948	0.949	0.951	0.952	0.952	0.953	0.938	0.948	0.918
338	'399'	338	0.948	0.948	0.948	0.949	0.951	0.952	0.952	0.953	0.938	0.948	0.918
339	'400'	339	0.948	0.948	0.948	0.949	0.951	0.952	0.952	0.953	0.938	0.948	0.918
340	'401'	340	0.931	0.930	0.929	0.929	0.923	0.930	0.929	0.930	0.918	0.926	0.900
341	'402'	341	0.931	0.931	0.930	0.929	0.922	0.929	0.929	0.929	0.918	0.925	0.900
342	'403'	342	0.914	0.914	0.913	0.912	0.884	0.909	0.909	0.909	0.898	0.906	0.881
343	'172'	343	0.934	0.934	0.933	0.932	0.925	0.924	0.908	0.923	0.918	0.924	0.901
344	'178'	344	0.956	0.956	0.956	0.956	0.952	0.951	0.879	0.952	0.945	0.951	0.925
345	'179'	345	0.956	0.956	0.956	0.956	0.952	0.951	0.879	0.952	0.945	0.951	0.925
346	'238'	346	0.956	0.956	0.956	0.956	0.952	0.951	0.879	0.952	0.945	0.951	0.925
347	'244'	347	0.956	0.956	0.956	0.956	0.952	0.951	0.879	0.952	0.945	0.951	0.925
348	'245'	348	0.957	0.956	0.956	0.956	0.953	0.952	0.895	0.952	0.945	0.951	0.925
349	'266'	349	0.957	0.956	0.956	0.956	0.953	0.951	0.867	0.952	0.945	0.951	0.925
350	'293'	350	0.956	0.956	0.956	0.956	0.953	0.951	0.851	0.952	0.945	0.951	0.925
351	'300'	351	0.956	0.956	0.956	0.956	0.953	0.951	0.845	0.952	0.945	0.951	0.925
352	'302'	352	0.957	0.956	0.956	0.956	0.953	0.952	0.916	0.952	0.944	0.950	0.925
353	'303'	353	0.957	0.956	0.956	0.956	0.953	0.952	0.895	0.952	0.945	0.951	0.925
354	'336'	354	0.957	0.956	0.956	0.956	0.953	0.951	0.867	0.952	0.945	0.951	0.925
355	'338'	355	0.956	0.956	0.956	0.956	0.953	0.951	0.851	0.952	0.945	0.951	0.925
356	'344'	356	0.956	0.956	0.956	0.956	0.953	0.951	0.845	0.952	0.945	0.951	0.925
357	'347'	357	0.957	0.956	0.956	0.956	0.953	0.951	0.867	0.952	0.945	0.951	0.925
358	'351'	358	0.956	0.956	0.956	0.956	0.953	0.951	0.832	0.952	0.945	0.951	0.925
359	'357'	359	0.956	0.956	0.956	0.956	0.953	0.951	0.834	0.952	0.945	0.951	0.925
360	'358'	360	0.956	0.956	0.956	0.956	0.953	0.951	0.832	0.952	0.945	0.951	0.925
361	'359'	361	0.956	0.956	0.956	0.956	0.953	0.951	0.834	0.952	0.945	0.951	0.925

Ред. бр.	ID чвора	Индекс чвора	Предложена мерна места										
			PMM1	PMM2	PMM3	PMM4	PMM5	PMM6	PMM7	PMM8	PMM9	PMM10	PMM11
362	'361'	362	0.933	0.933	0.932	0.932	0.926	0.920	0.769	0.925	0.919	0.925	0.901
363	'362'	363	0.933	0.933	0.932	0.932	0.926	0.920	0.810	0.926	0.919	0.925	0.901
364	'364'	364	0.930	0.930	0.928	0.928	0.921	0.930	0.930	0.931	0.919	0.927	0.900
365	'368'	365	0.930	0.930	0.928	0.928	0.921	0.930	0.930	0.931	0.919	0.927	0.900
366	'376'	366	0.930	0.930	0.929	0.928	0.917	0.928	0.928	0.929	0.918	0.926	0.900
367	'389'	367	0.900	0.928	0.931	0.935	0.939	0.941	0.941	0.942	0.927	0.937	0.908
368	'397'	368	0.929	0.929	0.927	0.926	0.930	0.932	0.933	0.934	0.920	0.930	0.901
369	'404'	369	0.947	0.947	0.946	0.947	0.950	0.951	0.952	0.952	0.939	0.948	0.919
370	'405'	370	0.968	0.968	0.967	0.968	0.969	0.970	0.970	0.970	0.959	0.967	0.938
371	'406'	371	0.917	0.919	0.785	0.922	0.927	0.929	0.930	0.931	0.915	0.925	0.896
372	'407'	372	0.918	0.919	0.847	0.921	0.927	0.929	0.929	0.930	0.914	0.925	0.895
373	'408'	373	0.968	0.968	0.964	0.968	0.969	0.970	0.970	0.970	0.959	0.967	0.939
374	'409'	374	0.968	0.968	0.964	0.968	0.969	0.970	0.970	0.970	0.959	0.967	0.939
375	'410'	375	0.949	0.959	0.961	0.962	0.964	0.965	0.965	0.965	0.953	0.961	0.933
376	'411'	376	0.944	0.944	0.947	0.949	0.952	0.953	0.953	0.954	0.941	0.950	0.921
377	'412'	377	0.916	0.919	0.886	0.922	0.927	0.929	0.930	0.931	0.915	0.926	0.896
378	'413'	378	0.948	0.948	0.948	0.948	0.945	0.946	0.946	0.946	0.925	0.912	0.912
379	'13'	379	0.948	0.962	0.962	0.964	0.965	0.966	0.966	0.966	0.955	0.963	0.934
380	'41'	380	0.980	0.980	0.979	0.980	0.980	0.980	0.980	0.980	0.971	0.977	0.949
381	'42'	381	0.980	0.980	0.979	0.980	0.980	0.980	0.980	0.980	0.971	0.977	0.949
382	'43'	382	0.959	0.959	0.958	0.959	0.959	0.960	0.960	0.960	0.941	0.954	0.906
383	'44'	383	0.966	0.966	0.966	0.966	0.966	0.967	0.967	0.967	0.951	0.962	0.917
384	'47'	384	0.957	0.956	0.956	0.957	0.956	0.958	0.958	0.958	0.938	0.951	0.892
385	'48'	385	0.957	0.957	0.957	0.957	0.957	0.958	0.958	0.959	0.939	0.952	0.894
386	'54'	386	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.959	0.959	0.960	0.940	0.953	0.897
387	'64'	387	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Ред. бр.	ID чвора	Индекс чвора	Предложена мерна места										
			PMM1	PMM2	PMM3	PMM4	PMM5	PMM6	PMM7	PMM8	PMM9	PMM10	PMM11
388	'77'	388	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.975	0.981	0.957
389	'121'	389	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.975	0.981	0.957
390	'124'	390	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.975	0.981	0.957
391	'130'	391	0.979	0.979	0.979	0.979	0.979	0.980	0.980	0.980	0.970	0.977	0.948
392	'158'	392	0.978	0.978	0.978	0.978	0.978	0.979	0.979	0.979	0.968	0.975	0.945
393	'187'	393	0.979	0.979	0.979	0.979	0.979	0.980	0.980	0.980	0.970	0.977	0.948
394	'190'	394	0.979	0.979	0.979	0.979	0.979	0.980	0.980	0.980	0.970	0.977	0.948
395	'208'	395	0.963	0.978	0.979	0.981	0.982	0.982	0.983	0.983	0.979	0.981	0.974
396	'209'	396	0.930	0.958	0.960	0.963	0.966	0.967	0.967	0.968	0.961	0.966	0.958
397	'258'	397	0.923	0.950	0.954	0.957	0.960	0.961	0.961	0.962	0.955	0.960	0.952
398	'269'	398	0.922	0.934	0.940	0.943	0.948	0.949	0.950	0.951	0.942	0.948	0.939
399	'270'	399	0.976	0.976	0.976	0.975	0.977	0.976	0.977	0.977	0.974	0.976	0.970
400	'284'	400	0.977	0.977	0.976	0.976	0.976	0.974	0.975	0.976	0.973	0.975	0.970
401	'289'	401	0.977	0.977	0.977	0.977	0.975	0.972	0.973	0.975	0.973	0.974	0.969
402	'290'	402	0.947	0.947	0.946	0.945	0.940	0.934	0.936	0.939	0.939	0.940	0.938
403	'296'	403	0.949	0.949	0.948	0.947	0.942	0.938	0.939	0.940	0.941	0.941	0.940
404	'32'	404	0.949	0.949	0.948	0.948	0.942	0.938	0.939	0.940	0.941	0.941	0.940
405	'33'	405	0.977	0.977	0.977	0.976	0.972	0.974	0.974	0.975	0.973	0.975	0.969
406	'288'	406	0.977	0.977	0.977	0.976	0.972	0.974	0.974	0.975	0.973	0.975	0.969
407	'315'	407	0.963	0.978	0.978	0.979	0.981	0.981	0.981	0.981	0.977	0.980	0.973
408	'341'	408	0.963	0.978	0.978	0.979	0.981	0.981	0.981	0.981	0.977	0.980	0.973
409	'352'	409	0.963	0.978	0.978	0.979	0.981	0.981	0.981	0.981	0.977	0.980	0.973
410	'355'	410	0.964	0.963	0.963	0.963	0.960	0.960	0.960	0.960	0.950	0.892	0.951
411	'414'	411	0.964	0.963	0.963	0.963	0.960	0.960	0.960	0.960	0.950	0.892	0.951
412	'415'	412	0.964	0.963	0.963	0.963	0.960	0.960	0.960	0.960	0.950	0.892	0.951
413	'417'	413	0.964	0.963	0.963	0.963	0.960	0.960	0.960	0.960	0.950	0.892	0.951

Ред. бр.	ID чвора	Индекс чвора	Предложена мерна места										
			PMM1	PMM2	PMM3	PMM4	PMM5	PMM6	PMM7	PMM8	PMM9	PMM10	PMM11
414	'418'	414	0.964	0.964	0.963	0.963	0.961	0.961	0.961	0.961	0.947	0.926	0.951
415	'133'	415	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.993	0.995	0.988
416	'202'	416	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.993	0.995	0.988
417	'416'	417	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.993	0.995	0.988

## 6.2. Код napisan u programskom okruženju Matlab

```
start_toolkit; % pokretanje alata

imeFajla = 'Becej2006-24h.inp'; % dodeljivanje promenljivoj "imeFajla" ime .inp
fajla mreže na kojoj će se vršiti analiza

G = epanet(imeFajla); % učitavanje EPANET mreže

%drugi način za učitavanje mreže
%G = epanet("Becej2006-24h")

% vremenska podešavanja proračuna (simulacije)

hrs = 24; % promenljivoj "hrs" dodeljena je vrednost od 24 časa, koliko traje
simulacija

G.setTimeSimulationDuration(hrs*3600); % zadavanje vremena trajanja simulacije u
vrednosti koja je prethodno definisana pomoću promenljive "hrs", u sekundama

junctionIndex = G.getNodeJunctionIndex; % očitavanje podataka o indeksima svih
čvorova

junctionID = G.getNodeJunctionNameID; % očitavanje podataka o ID-jevima svih
čvorova

H = G.getComputedHydraulicTimeSeries; % puštanje hidrauličkog proračuna i
očitavanje svih hidrauličkih parametara učitane mreže

BD0=G.getNodeBaseDemands; % očitavaju se i zadaju pomenljivoj BD0 potrebe za vodom
u svakom čvoru učitane mreže, kao početne vrednosti potreba za vodom

% Odabrana predložena merna mesta PMM

PMM = [376, 321, 285, 261, 383]; % promenljiva "PMM" predstavlja niz predloženih
mernih mesta za postavljanje senzora

% NAPOMENA: unose se indeksi čvorova koji su predloženi kao merna mesta

%čuvanje referentnih pritisaka u PMM

pressureRef = H.Pressure(:,PMM); % čuvanje referentnih pritisaka iz čvorova zadatih
u promenljivoj "PMM" u promenljivoj "refPressure"

sensitivity = []; %promenljiva "sensitivity" definiše se kao prazna matrica u kojoj
će se čuvati rezultati pritiska za u mernim mestima za simulaciju generisanja
gubitka u svakom pojedinačnom čvoru

numSimulation = G.getNodeJunctionCount; % promenljiva numSimulation predstavlja
broj simulacija, odnosno broj čvorova u mreži
```

### Simulacija gubitka u i-tom čvoru i očitavanje novih pritisaka u PMM

```
tic %početak merenja trajanja simulacije

for i = 1:numSimulation %for petlja koja će proći kroz svaki od čvorova mreže
```

```

    newBD= BD0{1}(i) * 1.5; % veštačko generisanje gubitaka u i-tom čvoru pomoću
    promenljive "newBD"

    G.setNodeBaseDemands(i,newBD); % unošenje novih potreba za vodom

    H = G.getComputedHydraulicTimeSeries; % puštanje hidrauličkog proračuna i
    očitavanje svih hidrauličkih parametara učitane mreže sa generisanim gubicima u i-
    tom čvoru

    pressureSim = H.Pressure(:,PMM); % čuvanje pritisaka u čvorovima zadatim u
    promenljivoj "PMM" u promenljivoj "simPressure", za i-tu simulaciju

    sensitivity(i,:) = sqrt((1/25)*(sum((pressureRef-pressureSim).^2))); % čuvanje
    rezultata osetljivosi, preko RMSE broja u prethodno definisanoj praznoj matrici
    "sensitivity"

    G.setNodeBaseDemands(i,newBD/1.5); % vraćanje vrednosti potrošnje u i-tom
    čvoru na početnu
end % kraj for petlje
toc %kraj merenja trajanja simulacije
sensitivity = sensitivity./max(sensitivity); %skaliranje matrice sensitivity na
(0,1)
p = 0.5; % zadavanje vrednosti promenljivoj p -prag osetljivosti
cvorovi = []; % promenljiva "cvorovi" definiše se kao prazna matrica u kojoj će se
čuvati rezultati
for i=1:length(PMM) % for petlja koja prolazi kroz svako od predloženih mernih
mesta i čuva podatke koji su veći od praga osetljivosti, bez duplikata

    tmp = sensitivity(:,i);
    nm{i} = find (tmp>p);
    cvorovi = union (cvorovi, nm{i})
end
broj_pokrivenih_cvorova = length (cvorovi) % prikaz konačnog rezultata u vidu broja
čvorova mreže u kojima će senzori registrovati promenu pritiska, odnsono gubitke

```