

# Analiza kretanja vozila pri djelovanju hidrodinamičke sile nastale istjecanjem vode iz spremnika

---

Dumanić, Antonia

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:731936>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-26**



*Repository / Repozitorij:*

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

# **ZAVRŠNI RAD**

**Antonia Dumanić**

**Split, srpanj 2022.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**Analiza kretanja vozila pri djelovanju  
hidrodinamičke sile nastale istjecanjem vode iz  
spremnika**

**Završni rad**

**Split, srpanj 2022.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

Split, Matice hrvatske 15

**STUDIJ: PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
GRAĐEVINARSTVA**

**KANDIDAT: Antonia Dumanić**

**MATIČNI BROJ: 0023122858**

**(JMBG)**

**KATEDRA: Katedra za hidromehaniku i hidrauliku**

**PREDMET: Hidromehanika**

## **ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

**Tema:** Proračun kretanja vozila pod djelovanjem hidrodinamičke sile

**Opis zadatka:** Zadan je otvoreni vodospremnik sa kotačima na horizontalnoj podlozi. Voda iz otvorenog vodospremnika istječe slobodno u atmosferu kroz kratku cijev. Na početku, vodospremnik je pun, a cijev je zatvorena. Nakon otvaranja zatvarača na kraju cijevi, voda počinje istjecati iz spremnika, te nastaje hidrodinamička sila koja pokreće vozilo u suprotnom smjeru od smjera istjecanja vode. Potrebno je proračunati ubrzanja, brzine i prevaljeni put u funkciji vremena sve do zaustavljanja vozila.

Potrebno je izvesti proračun za zadani problem, te ga riješiti numeričkom integracijom mješovitim postupkom.

Zadatak treba riješiti za 3 varijante promjera cijevi.

Rezultate prikazati grafički i tablično (proračun provesti u EXCEL-u).

U Splitu, 15. lipnja 2022.

Voditelj Završnog rada: Doc. dr. sc. Davor Bojanić, dipl.ing.građ

***Izražavam iskrenu zahvalu:***

*Mentoru doc. dr. sc. Davoru Bojaniću koji mi je svojim stručnim savjetima pomogao pri izradi ovog završnog rada te je uvijek imao strpljenja i vremena za moje upite.*

***Sažetak:***

Za zadani otvoreni vodospremnik s ispustom sa kotačima izvršen je proračun prevaljenog puta, brzine i ubrzanja vodospremnika u ovisnosti o vremenu, od početka istjecanja do zaustavljanja vozila.

Zadatak je riješen za 3 različita promjera ispusne cijevi numeričkom integracijom mješovitim postupkom.

***Ključne riječi:***

Otvoreni vodospremnik, ispusna cijev, numerička integracija, hidrodinamička sila, Newtonova metoda, ...

**Analysis of the movement of the vehicle under the action of the hydrodynamic force caused by the outflow of water from the tank**

***Abstract:***

For the assigned open water tank on wheels with an outlet, the traveled distance, speed and acceleration of the water tank as a function of time were calculated, from the start of the flow until the vehicle stops.

The task was solved for 3 different diameters of the discharge pipe by numerical integration using a mixed method.

***Keywords:***

Open water tank, discharge pipe, numerical integration, hydrodynamic force, Newton's method.

# SADRŽAJ

<b>1. Zadatak za završni rad</b> .....	1
<b>2. Tehnički opis</b> .....	2
2.1 Uvod.....	2
2.2 Značajne hidrauličke i geometrijske karakteristike.....	3
<b>3. Proračun</b> .....	4
3.1 Postupak proračuna vodospremnika .....	4
3.2 Rezultati proračuna kretanja vodospremnika.....	8
3.2.1 Tablični prikazi rezultata .....	8
3.2.2 Grafički prikaz rezultata.....	15
<b>4. Zaključak</b> .....	23
<b>5. Literatura</b> .....	23

## Popis slika:

Slika 1. Vodospremnik s ispustom.....	2
Slika 2. Newtonova metoda .....	4
Slika 3. Shematski prikaz vodospremnika i pripadajućih sila .....	6
Slika 4. Poligon sila .....	6
Slika 5. Grafički prikaz vodostaja za $D_{c1} = 0,1$ m.....	15
Slika 6. Grafički prikaz ubrzanja vodospremnika za $D_{c1} = 0,10$ m .....	15
Slika 7. Grafički prikaz brzine vodospremnika za $D_{c1} = 0,10$ m .....	16
Slika 8. Grafički prikaz prevaljenog puta vodospremnika za $D_{c1} = 0,10$ m .....	16
Slika 9. Grafički prikaz vodostaja za $D_{c2} = 0,15$ m.....	17
Slika 10. Grafički prikaz ubrzanja vodospremnika za $D_{c2} = 0,15$ m .....	17
Slika 11. Grafički prikaz brzine vodospremnika za $D_{c2} = 0,15$ m .....	18
Slika 12. Grafički prikaz prevaljenog puta vodospremnika za $D_{c2} = 0,15$ m .....	18
Slika 13. Grafički prikaz vodostaja za $D_{c3} = 0,20$ m.....	19
Slika 14. Grafički prikaz ubrzanja vodospremnika za $D_{c3} = 0,20$ m .....	19
Slika 15. Grafički prikaz brzine vodospremnika za $D_{c3} = 0,20$ m .....	20
Slika 16. Grafički prikaz prevaljenog puta vodospremnika za $D_{c3} = 0,20$ m .....	20
Slika 17. Grafički prikaz usporedbe vodostaja za cijevi $D_{c1}$ , $D_{c2}$ , $D_{c3}$ .....	21
Slika 18. Grafički prikaz usporedbe ubrzanja vodospremnika za cijevi $D_{c1}$ , $D_{c2}$ , $D_{c3}$ .....	21
Slika 19. Grafički prikaz usporedbe brzine vodospremnika za cijevi $D_{c1}$ , $D_{c2}$ , $D_{c3}$ .....	22
Slika 20. Grafički prikaz usporedbe prevaljenog puta vodospremnika za cijevi $D_{c1}$ , $D_{c2}$ , $D_{c3}$ .....	22

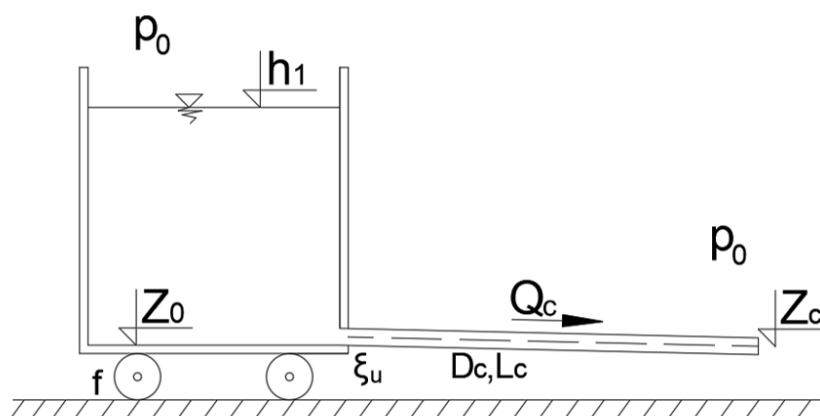
## 1. Zadatak za završni rad

Zadan je otvoreni vodospremnik sa kotačima na horizontalnoj podlozi. Voda iz otvorenog vodospremnika istječe slobodno u atmosferu kroz kratku cijev. Površina dna vodospremnika i kraj cijevi su definirani na određenoj nadmorskoj visini  $z_0$  i  $z_c$ . Potrebno je izračunati koliku će postići brzinu i ubrzanje, te koliki će put prevaliti vodospremnik u ovisnosti o vremenu, sve do zaustavljanja vozila.

Studentica će postaviti sve potrebne jednadžbe koje opisuju zadani problem. Zadatak će riješiti numeričkom integracijom mješovitim postupkom.

Zadatak treba riješiti za 3 različita promjera cijevi.

Za rješavanje koristiti tablični kalkulator (EXCEL), a rezultate prikazati grafički i tablično.



Slika 1. Vodospremnik s ispustom

Zadano je:

$$L_c = 5 \text{ (m)}$$

$$D_{c1} = 0,1 \text{ (m)}; D_{c2} = 0,15 \text{ (m)}; D_{c3} = 0,2 \text{ (m)}$$

$$\varepsilon = 0,001 \text{ (m)}$$

$$\nu = 0,00000114 \text{ (m}^2/\text{s)}$$

$$\theta = 0,5$$

$$A_{TL} = 5 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$m_{\text{vodospremnik}} = 200 \text{ (kg)}$$

$$f = 0,0003$$

$$\xi_u = 0,5$$

$$z_0 = 2,05 \text{ (m n. m.)}$$

$$z_c = 2 \text{ (m n. m.)}$$

Početna razina vode u vodospremniku je  $h_1 = 5 \text{ (m n. m.)}$



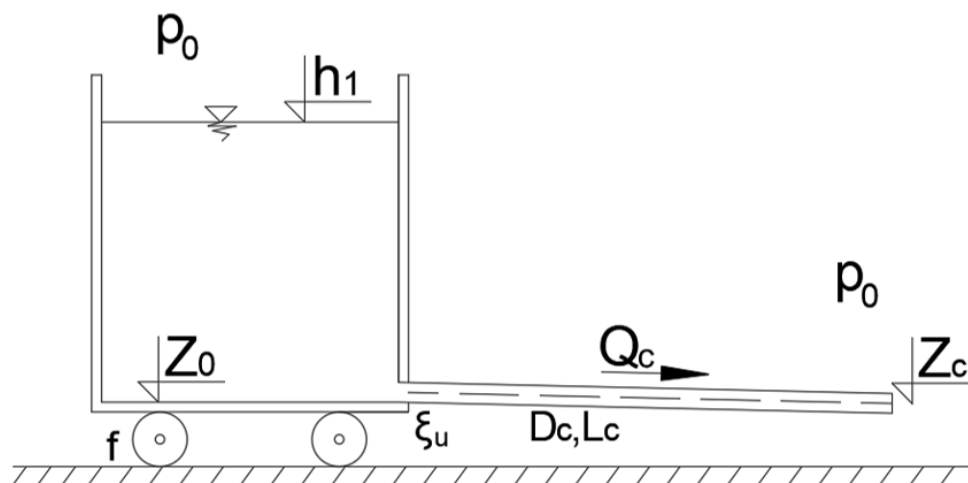
## 2. Tehnički opis

### 2.1 Uvod

Zadan je otvoreni vodospremnik sa kotačima na horizontalnoj podlozi, *Slika 1*. Voda iz otvorenog vodospremnika istječe slobodno u atmosferu kroz kratku cijev dužine  $L_c$ . Zbog istjecanja količine vode  $Q$  javlja se hidrodinamička sila koja pokreće spremnik. Smanjenjem vodostaja smanjuje se protok te se mijenja brzina  $v$ , ubrzanje  $a$  i prevaljeni put  $s$  vodospremnika u ovisnosti o vremenu  $t$ . Na temelju zadanih podataka istraženi su  $v(t)$ ,  $a(t)$ ,  $s(t)$  za tri različita promjera cijevi  $D_c$ .

Zadano je:

- Površina dna vodospremnika
- Masa vodospremnika
- Kota dna vodospremnika
- Početna razina vode u vodospremniku
- Potrebne mjere vezane za kratku cijev
- Kota kraja ispusne cijevi
- Ostale vrijednosti potrebne za proračun



*Slika 1. Vodospremnik s ispustom*

## 2.2 Značajne hidrauličke i geometrijske karakteristike

Zadani sustav sastoji se od otvorenog vodospremnika i kratke cijevi na dnu spremnika iz koje istječe voda slobodno u atmosferu. Površina vodospremnika je  $A_{TL} = 5 \text{ (m}^2\text{)}$  te njegova masa iznosi  $m_{\text{vodospremnik}} = 200 \text{ (kg)}$ . Početna nadmorska razina vode je  $h_1 = 5 \text{ (m n. m.)}$ , a nadmorska razina dna spremnika je  $z_0 = 2,05 \text{ (m n. m.)}$ . Kraj kratke cijevi kroz koju istječe voda nalazi se na  $z_c = 2 \text{ (m n. m.)}$ . Duljina cijevi je  $L_c = 5 \text{ (m)}$ , a promjeri za 3 različite vrste cijevi su:  $D_{c1} = 0,1 \text{ (m)}$ ;  $D_{c2} = 0,15 \text{ (m)}$ ;  $D_{c3} = 0,2 \text{ (m)}$ . Koeficijent trenja između kotača vodospremnika i podloge je  $f = 0,0003$ .

Zadatkom je zadana apsolutna pogonska hidraulička hrapavost cijevi u iznosu od  $\varepsilon = 0,001 \text{ (m)}$ , pomoću koje se izračunavaju linijski gubici energije. Također je zadana vrijednost kinematičkog koeficijenta viskoznosti tekućine  $\nu = 0,00000114 \text{ (m}^2\text{/s)}$ . Za koeficijent lokalnog gubitka energije na ulazu uzeta je vrijednost  $\xi_u = 0,5$ .

### 3. Proračun

#### 3.1 Postupak proračuna vodospremnika

Početna razina vode u vodospremniku je 5 (m n. m.).

1. Jednadžba kontinuiteta za vodospremnik je:

$$A_{TL} \cdot \frac{dh}{dt} = -Q \quad (1)$$

Nakon separacije varijabli dobije se:

$$dh = -\frac{Q}{A_{TL}} dt \quad (2)$$

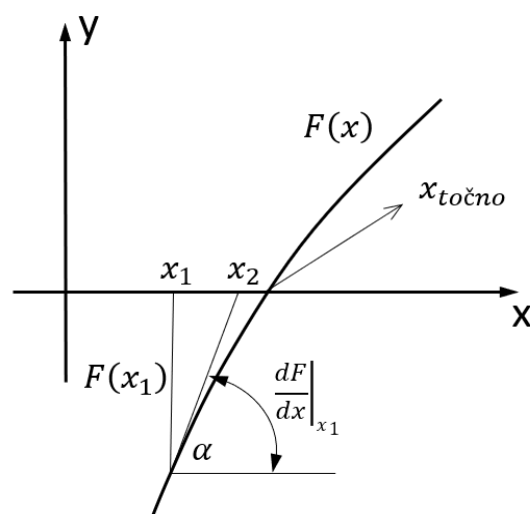
Numerička integracija mješovitim postupkom daje:

$$h^{k+1} = h^k - \frac{(1-\theta) \cdot \Delta t}{A_{TL}} \cdot Q^k - \frac{\theta \cdot \Delta t}{A_{TL}} \cdot Q^{k+1} \quad (3)$$

Pri čemu je  $A_{TL}$  površina vodospremnika,  $Q$  je volumni protok iz vodospremnika,  $h$  je razina vodostaja u vodospremniku,  $\Delta t$  je vremenski korak,  $\theta$  je parametar integracije u iznosu od 0.5.

Oznake  $h^k$ ,  $Q^k$  odnose se na vrijednosti na početku vremenskog intervala dok oznake  $h^{k+1}$ ,  $Q^{k+1}$  se odnose se na vrijednosti na kraju vremenskog intervala. Vodostaj na kraju intervala odredit će se iz izraza (3).

Zbog  $h^{k+1}$  nepoznanice u (3) jednadžbi primjenjuje se Newtonova metoda za rješavanje nelinearnih jednadžbi, *Slika 2*.



*Slika 2. Newtonova metoda*

Neka je zadana funkcija  $F(x)$ . Tražimo onaj  $x$  ( $x_{\text{točno}}$ ) za kojeg vrijedi da je  $F(x)=0$ . Postupak je takav da se odabere vrijednost  $x_1$ . Za tu vrijednost  $x_1$  izračuna se vrijednost funkcije u toj točki  $F(x_1)$  i vrijednost derivacije u toj točki. Novu vrijednost za  $x$  tj.  $x_2$  koja će biti bliže točnom rješenju dobit će se iz sljedećeg:

$$(x_2 - x_1) \cdot \frac{dF(x)}{dx}|_{x_1} = -F(x) \quad (4)$$

Oдавde slijedi:

$$x_2 = x_1 - \frac{F(x_1)}{\frac{dF}{dx}|_{x_1}} \quad (5)$$

Time je određen postupak postupnog približavanja točnom rješenju.

## 2. Protok kroz cijev je dan izrazom:

$$Q_c = v \cdot A_c \quad (6)$$

gdje je  $v$  srednja brzina u cijevi:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\xi_U + \lambda \cdot \frac{L}{D} + \alpha}} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (h - z_c)} \quad (7)$$

te površina presjeka cijevi  $A_c$  je

$$A_c = \frac{D_c^2 \cdot \pi}{4} \quad (8)$$

Režim strujanja:

Turbulentno prijelazni režim:  $\lambda = f(\varepsilon/D, Re)$ ; (Coolebrook-Whiteova jednađžba)

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left( \frac{\varepsilon}{3,71 \cdot D_c} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} \right) \quad (9)$$

$$\lambda = \frac{1}{4 \cdot \left[ \log \left( \frac{\varepsilon}{3,71 \cdot D_c} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} \right) \right]^2} \quad (10)$$

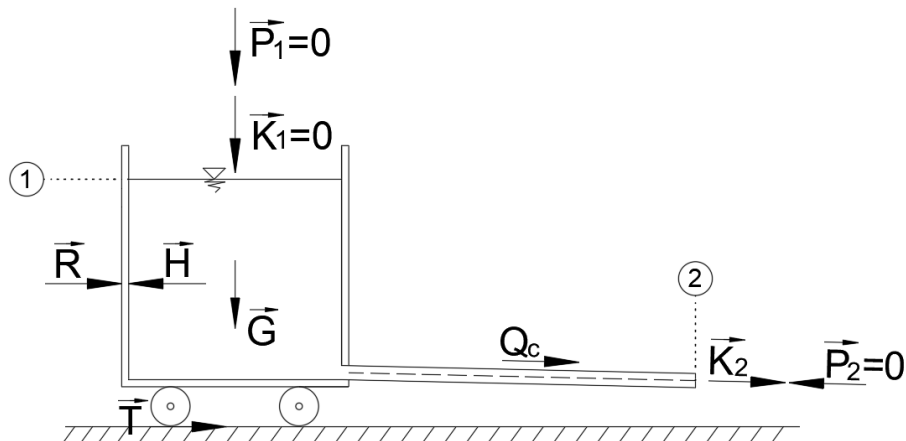
gdje je Reynoldsov broj:

$$Re = \frac{v \cdot D_c}{\nu} \quad (11)$$

Stoga slijedi:

$$Q_c = v \cdot A_c = \frac{1}{\sqrt{\xi_U + \lambda \cdot \frac{L}{D_c} + \alpha}} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (h - z_c)} \cdot \frac{D_c^2 \cdot \pi}{4} \quad (12)$$

### 3. Zakon održanja količine gibanja:



Slika 3. Shematski prikaz vodospremnika i pripadajućih sila

Zakon održavanja količine gibanja glasi:

$$\vec{K}_2 - \vec{K}_1 = \sum \vec{F}_i \quad (13)$$

$$\vec{K}_2 - \vec{K}_1 = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{T} + \vec{R} \quad (14)$$

gdje su:  $\vec{K}_1 = 0$  (vektor količine gibanja u presjeku 1);  $\vec{P}_1 = 0$  (tlačna sila u presjeku 1);  $\vec{P}_2 = 0$  (tlačna sila u presjeku 2) iz čega slijedi:

$$\vec{R} = \vec{K}_2 - \vec{T} \quad (15)$$

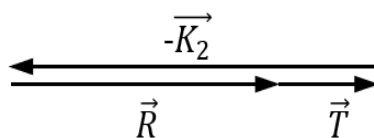
$$K_2 = |\vec{K}_2| = \rho \cdot Q_c \cdot v \quad (16)$$

$$T = |\vec{T}| = m_{uk} \cdot g \cdot f = (m_{vozila} + m_{vodosprema}) \cdot g \cdot f \quad (17)$$

$$m_{vodosprema} = \rho \cdot A_{TL} \cdot (h - z_0) \quad (18)$$

Sila teže  $\vec{G}$  djeluje vertikalno i ne sudjeluje u sumi horizontalnih sila.

Grafički prikaz sume sila (Slika 4.).



Slika 4. Poligon sila

U presjeku 1 brzina  $v_0$  je zanemarivo mala te je vektor količine gibanja u presjeku 1 jednak nuli ( $\vec{K}_1 = 0$ ). Također su tlačne sile u presjecima 1 i 2 jednake nuli ( $\vec{P}_1 = 0; \vec{P}_2 = 0$ ). Stoga je horizontalna reakcijska sila jednaka razlici količine gibanja u presjeku 2 i sile trenja ( $\vec{R} = \vec{K}_2 - \vec{T}$ ). Veličina te sile je veća od nule te se vodosprema pomiče u lijevo.

#### 4. Numerička integracija

Za određivanje prevaljenog puta vodospremnika potrebno je primijeniti II. Newtonov zakon:

$$a = \frac{R}{m_{uk}} \quad (19)$$

Ubrzanje je jednako derivaciji brzine po vremenu:

$$\frac{dv}{dt} = a \quad (20)$$

$$dv = a dt \quad (21)$$

$$v^{k+1} = v^k + \int_{t^k}^{t^{k+1}} a dt \quad (22)$$

Numerička integracija mješovitim postupkom daje:

$$v^{k+1} = v^k + (1 - \theta) \cdot \Delta t \cdot a^k + \theta \cdot \Delta t \cdot a^{k+1} \quad (23)$$

Brzina je jednaka derivaciji puta po vremenu:

$$\frac{ds}{dt} = v \quad (24)$$

$$ds = v dt \quad (25)$$

$$s^{k+1} = s^k + \int_{t^k}^{t^{k+1}} v dt \quad (26)$$

Numerička integracija mješovitim postupkom daje:

$$s^{k+1} = s^k + (1 - \theta) \cdot \Delta t \cdot v^k + \theta \cdot \Delta t \cdot v^{k+1} \quad (27)$$

Oznake  $v^k$ ,  $s^k$  odnose se na vrijednosti na početku vremenskog intervala dok oznake  $v^{k+1}$ ,  $s^{k+1}$  se odnose se na vrijednosti na kraju vremenskog intervala. Prevaljeni put na kraju intervala odredit će se iz izraza (27).

### 3.2 Rezultati proračuna kretanja vodospremnika

Rezultati su dobiveni rješenjem nelinearne jednadžbe opisane u točki 3.1. Rješenje je provedeno u programu "Microsoft Excel" na sljedeći način:

Nakon određivanja vrijednosti Reynoldsovog broj te koeficijenta otpora trenja moguće je odrediti brzinu istjecanja u određenom vremenu. Na temelju toga moguće je odrediti novu razinu vode u spremniku. Iz zakona za održanje količine gibanja određuje se akceleracija vodospremnika, brzina vodospremnika te prevaljeni put. Numeričkom integracijom mješovitim postupkom dobiveni su sljedeći podaci u ovisnosti o vremenu, a to su: vodostaj u vodospremniku  $h$ , ubrzanje  $a$ , brzina  $v$  i prevaljeni put  $s$  vodospremnika za različite promjere cijevi, od početka istjecanja sve do zaustavljanja vozila.

#### 3.2.1 Tablični prikazi rezultata

U *Tablici 1.* prikazani su rezultati proračuna za promjer cijevi  $D_{c1} = 0,10$  (m) te vremenski korak  $\Delta t = 5$  (s).

U *Tablici 2.* prikazani su rezultati proračuna za promjer cijevi  $D_{c2} = 0,15$  (m) te vremenski korak  $\Delta t = 5$  (s).

U *Tablici 3.* prikazani su rezultati proračuna za promjer cijevi  $D_{c3} = 0,20$  (m) te vremenski korak  $\Delta t = 5$  (s).

Tablica 1. Tablični prikaz vodostaja, ubrzanja, brzine i prevaljenog puta u ovisnosti o vremenu za  $D_{c1} = 0,10$  (m)

t (s)	h (m n.m.)	a (m/s <sup>2</sup> )	v (m/s)	s (m)
0,00	5,00000	0,00589	0,00000	0,00000
5,00	4,96789	0,00589	0,02944	0,07359
10,00	4,93595	0,00589	0,05887	0,29436
15,00	4,90418	0,00589	0,08831	0,66231
20,00	4,87259	0,00589	0,11775	1,17746
25,00	4,84117	0,00589	0,14719	1,83981
30,00	4,80992	0,00589	0,17663	2,64935
35,00	4,77884	0,00589	0,20607	3,60610
40,00	4,74794	0,00589	0,23552	4,71007
45,00	4,71721	0,00589	0,26496	5,96126
50,00	4,68666	0,00589	0,29441	7,35967
55,00	4,65627	0,00589	0,32385	8,90531
60,00	4,62606	0,00589	0,35330	10,59820
65,00	4,59603	0,00589	0,38275	12,43832
70,00	4,56616	0,00589	0,41220	14,42570
75,00	4,53647	0,00589	0,44165	16,56033
80,00	4,50696	0,00589	0,47111	18,84223
85,00	4,47761	0,00589	0,50056	21,27140
90,00	4,44844	0,00589	0,53002	23,84785
95,00	4,41944	0,00589	0,55948	26,57158
100,00	4,39061	0,00589	0,58893	29,44260
105,00	4,36196	0,00589	0,61840	32,46093
110,00	4,33348	0,00589	0,64786	35,62656
115,00	4,30517	0,00589	0,67732	38,93951
120,00	4,27704	0,00589	0,70679	42,39978
125,00	4,24908	0,00589	0,73625	46,00738
130,00	4,22129	0,00589	0,76572	49,76233
135,00	4,19368	0,00589	0,79519	53,66462
140,00	4,16623	0,00589	0,82467	57,71427
145,00	4,13896	0,00590	0,85414	61,91128
150,00	4,11187	0,00590	0,88362	66,25567
155,00	4,08495	0,00590	0,91309	70,74744
160,00	4,05820	0,00590	0,94257	75,38661
165,00	4,03162	0,00590	0,97206	80,17319
170,00	4,00521	0,00590	1,00154	85,10717
175,00	3,97898	0,00590	1,03102	90,18858
180,00	3,95292	0,00590	1,06051	95,41743
185,00	3,92704	0,00590	1,09000	100,79371
190,00	3,90133	0,00590	1,11950	106,31746
195,00	3,87579	0,00590	1,14899	111,98867
200,00	3,85042	0,00590	1,17849	117,80736
205,00	3,82523	0,00590	1,20799	123,77354
210,00	3,80021	0,00590	1,23749	129,88722
215,00	3,77536	0,00590	1,26699	136,14842
...	...	...	...	...

t (s)	h (m n.m.)	a (m/s <sup>2</sup> )	v (m/s)	s (m)
675,00	2,22884	0,00620	4,01581	1346,97712
680,00	2,22006	0,00622	4,04686	1367,13378
685,00	2,21146	0,00623	4,07799	1387,44590
690,00	2,20302	0,00625	4,10920	1407,91387
695,00	2,19476	0,00627	4,14050	1428,53813
700,00	2,18667	0,00629	4,17190	1449,31915
705,00	2,17875	0,00631	4,20340	1470,25742
710,00	2,17101	0,00633	4,23502	1491,35347
715,00	2,16343	0,00636	4,26675	1512,60788
720,00	2,15603	0,00639	4,29861	1534,02126
725,00	2,14881	0,00641	4,33061	1555,59429
730,00	2,14175	0,00645	4,36275	1577,32769
735,00	2,13487	0,00648	4,39507	1599,22223
740,00	2,12816	0,00652	4,42755	1621,27878
745,00	2,12162	0,00656	4,46024	1643,49826
750,00	2,11525	0,00660	4,49313	1665,88168
755,00	2,10906	0,00665	4,52626	1688,43016
760,00	2,10303	0,00670	4,55964	1711,14490
765,00	2,09718	0,00676	4,59330	1734,02727
770,00	2,09150	0,00683	4,62728	1757,07873
775,00	2,08600	0,00690	4,66161	1780,30095
780,00	2,08066	0,00698	4,69632	1803,69577
785,00	2,07550	0,00708	4,73147	1827,26524
790,00	2,07051	0,00718	4,76711	1851,01168
795,00	2,06569	0,00730	4,80331	1874,93772
800,00	2,06105	0,00744	4,84014	1899,04634
805,00	2,05657	0,00759	4,87771	1923,34097
810,00	2,05227	0,00777	4,91613	1947,82556
815,00	2,04809	0,00846	4,95671	1972,50766
820,00	2,04809	-0,00294	4,94200	1997,25444
825,00	2,04809	-0,00294	4,92728	2021,92764
830,00	2,04809	-0,00294	4,91257	2046,52727
835,00	2,04809	-0,00294	4,89785	2071,05333
840,00	2,04809	-0,00294	4,88314	2095,50581
845,00	2,04809	-0,00294	4,86842	2119,88472
850,00	2,04809	-0,00294	4,85371	2144,19005
855,00	2,04809	-0,00294	4,83899	2168,42180
860,00	2,04809	-0,00294	4,82428	2192,57998
865,00	2,04809	-0,00294	4,80956	2216,66459
870,00	2,04809	-0,00294	4,79485	2240,67562
875,00	2,04809	-0,00294	4,78013	2264,61308
880,00	2,04809	-0,00294	4,76542	2288,47696
885,00	2,04809	-0,00294	4,75070	2312,26726
890,00	2,04809	-0,00294	4,73599	2335,98399
...	...	...	...	...



Tablica 1. nastavak. Tablični prikaz vodostaja, ubrzanja, brzine i prevaljenog puta u ovisnosti o vremenu za  $D_{c1} = 0,10$  (m)

t (s)	h (m n.m.)	a (m/s <sup>2</sup> )	v (m/s)	s (m)	t (s)	h (m n.m.)	a (m/s <sup>2</sup> )	v (m/s)	s (m)
1800,00	2,04809	-0,00294	2,05786	5427,18452	2275,00	2,04809	-0,00294	0,65993	6072,66020
1805,00	2,04809	-0,00294	2,04314	5437,43703	2280,00	2,04809	-0,00294	0,64522	6075,92308
1810,00	2,04809	-0,00294	2,02843	5447,61596	2285,00	2,04809	-0,00294	0,63050	6079,11238
1815,00	2,04809	-0,00294	2,01371	5457,72131	2290,00	2,04809	-0,00294	0,61579	6082,22811
1820,00	2,04809	-0,00294	1,99900	5467,75309	2295,00	2,04809	-0,00294	0,60107	6085,27027
1825,00	2,04809	-0,00294	1,98428	5477,71130	2300,00	2,04809	-0,00294	0,58636	6088,23885
1830,00	2,04809	-0,00294	1,96957	5487,59593	2305,00	2,04809	-0,00294	0,57164	6091,13385
1835,00	2,04809	-0,00294	1,95485	5497,40699	2310,00	2,04809	-0,00294	0,55693	6093,95529
1840,00	2,04809	-0,00294	1,94014	5507,14447	2315,00	2,04809	-0,00294	0,54221	6096,70314
1845,00	2,04809	-0,00294	1,92542	5516,80837	2320,00	2,04809	-0,00294	0,52750	6099,37742
1850,00	2,04809	-0,00294	1,91071	5526,39870	2325,00	2,04809	-0,00294	0,51278	6101,97813
1855,00	2,04809	-0,00294	1,89599	5535,91546	2330,00	2,04809	-0,00294	0,49807	6104,50526
1860,00	2,04809	-0,00294	1,88128	5545,35864	2335,00	2,04809	-0,00294	0,48335	6106,95881
1865,00	2,04809	-0,00294	1,86656	5554,72825	2340,00	2,04809	-0,00294	0,46864	6109,33880
1870,00	2,04809	-0,00294	1,85185	5564,02428	2345,00	2,04809	-0,00294	0,45392	6111,64520
1875,00	2,04809	-0,00294	1,83713	5573,24673	2350,00	2,04809	-0,00294	0,43921	6113,87803
1880,00	2,04809	-0,00294	1,82242	5582,39561	2355,00	2,04809	-0,00294	0,42449	6116,03729
1885,00	2,04809	-0,00294	1,80770	5591,47092	2360,00	2,04809	-0,00294	0,40978	6118,12297
1890,00	2,04809	-0,00294	1,79299	5600,47265	2365,00	2,04809	-0,00294	0,39506	6120,13507
1895,00	2,04809	-0,00294	1,77827	5609,40081	2370,00	2,04809	-0,00294	0,38035	6122,07361
1900,00	2,04809	-0,00294	1,76356	5618,25539	2375,00	2,04809	-0,00294	0,36563	6123,93856
1905,00	2,04809	-0,00294	1,74884	5627,03639	2380,00	2,04809	-0,00294	0,35092	6125,72994
1910,00	2,04809	-0,00294	1,73413	5635,74382	2385,00	2,04809	-0,00294	0,33620	6127,44775
1915,00	2,04809	-0,00294	1,71941	5644,37768	2390,00	2,04809	-0,00294	0,32149	6129,09198
1920,00	2,04809	-0,00294	1,70470	5652,93796	2395,00	2,04809	-0,00294	0,30677	6130,66263
1925,00	2,04809	-0,00294	1,68998	5661,42467	2400,00	2,04809	-0,00294	0,29206	6132,15971
1930,00	2,04809	-0,00294	1,67527	5669,83780	2405,00	2,04809	-0,00294	0,27734	6133,58322
1935,00	2,04809	-0,00294	1,66055	5678,17735	2410,00	2,04809	-0,00294	0,26263	6134,93315
1940,00	2,04809	-0,00294	1,64584	5686,44333	2415,00	2,04809	-0,00294	0,24791	6136,20951
1945,00	2,04809	-0,00294	1,63112	5694,63574	2420,00	2,04809	-0,00294	0,23320	6137,41229
1950,00	2,04809	-0,00294	1,61641	5702,75457	2425,00	2,04809	-0,00294	0,21848	6138,54149
1955,00	2,04809	-0,00294	1,60169	5710,79983	2430,00	2,04809	-0,00294	0,20377	6139,59712
1960,00	2,04809	-0,00294	1,58698	5718,77151	2435,00	2,04809	-0,00294	0,18905	6140,57918
1965,00	2,04809	-0,00294	1,57226	5726,66961	2440,00	2,04809	-0,00294	0,17434	6141,48766
1970,00	2,04809	-0,00294	1,55755	5734,49414	2445,00	2,04809	-0,00294	0,15962	6142,32257
1975,00	2,04809	-0,00294	1,54283	5742,24510	2450,00	2,04809	-0,00294	0,14491	6143,08390
1980,00	2,04809	-0,00294	1,52812	5749,92248	2455,00	2,04809	-0,00294	0,13019	6143,77165
1985,00	2,04809	-0,00294	1,51340	5757,52628	2460,00	2,04809	-0,00294	0,11548	6144,38583
1990,00	2,04809	-0,00294	1,49869	5765,05652	2465,00	2,04809	-0,00294	0,10076	6144,92644
1995,00	2,04809	-0,00294	1,48397	5772,51317	2470,00	2,04809	-0,00294	0,08605	6145,39347
2000,00	2,04809	-0,00294	1,46926	5779,89625	2475,00	2,04809	-0,00294	0,07133	6145,78693
2005,00	2,04809	-0,00294	1,45454	5787,20576	2480,00	2,04809	-0,00294	0,05662	6146,10681
2010,00	2,04809	-0,00294	1,43983	5794,44169	2485,00	2,04809	-0,00294	0,04190	6146,35311
2015,00	2,04809	-0,00294	1,42511	5801,60404	2490,00	2,04809	-0,00294	0,02719	6146,52584
...	...	...	...	...	2495,00	2,04809	-0,00294	0,01247	6146,62500

Tablica 2. Tablični prikaz vodostaja, ubrzanja, brzine i prevaljenog puta u ovisnosti o vremenu za  $D_{c2} = 0,15$  (m)

t (s)	h (m n.m.)	a (m/s <sup>2</sup> )	v (m/s)	s (m)
0,00	5,00000	0,02273	0,00000	0,00000
5,00	4,91821	0,02273	0,11366	0,28415
10,00	4,83755	0,02273	0,22733	1,13662
15,00	4,75802	0,02274	0,34101	2,55747
20,00	4,67962	0,02274	0,45470	4,54673
25,00	4,60235	0,02274	0,56840	7,10447
30,00	4,52622	0,02274	0,68211	10,23074
35,00	4,45121	0,02275	0,79583	13,92559
40,00	4,37734	0,02275	0,90957	18,18910
45,00	4,30460	0,02275	1,02332	23,02132
50,00	4,23299	0,02275	1,13708	28,42231
55,00	4,16251	0,02276	1,25086	34,39217
60,00	4,09316	0,02276	1,36465	40,93094
65,00	4,02495	0,02276	1,47846	48,03873
70,00	3,95786	0,02277	1,59229	55,71560
75,00	3,89191	0,02277	1,70613	63,96166
80,00	3,82708	0,02277	1,82000	72,77698
85,00	3,76339	0,02278	1,93388	82,16167
90,00	3,70083	0,02278	2,04779	92,11584
95,00	3,63940	0,02279	2,16171	102,63960
100,00	3,57910	0,02279	2,27567	113,73305
105,00	3,51993	0,02280	2,38965	125,39634
110,00	3,46190	0,02280	2,50365	137,62958
115,00	3,40499	0,02281	2,61769	150,43292
120,00	3,34922	0,02282	2,73175	163,80652
125,00	3,29457	0,02282	2,84585	177,75052
130,00	3,24106	0,02283	2,95999	192,26511
135,00	3,18868	0,02284	3,07416	207,35047
140,00	3,13742	0,02285	3,18837	223,00679
145,00	3,08730	0,02286	3,30263	239,23428
150,00	3,03831	0,02287	3,41693	256,03317
155,00	2,99045	0,02288	3,53128	273,40370
160,00	2,94373	0,02289	3,64569	291,34614
165,00	2,89813	0,02290	3,76016	309,86077
170,00	2,85366	0,02291	3,87469	328,94789
175,00	2,81032	0,02293	3,98929	348,60784
180,00	2,76812	0,02294	4,10396	368,84097
185,00	2,72704	0,02296	4,21872	389,64768
190,00	2,68710	0,02298	4,33357	411,02840
195,00	2,64828	0,02300	4,44851	432,98359
200,00	2,61060	0,02302	4,56356	455,51376
205,00	2,57404	0,02305	4,67873	478,61948
210,00	2,53862	0,02307	4,79403	502,30137
215,00	2,50433	0,02310	4,90947	526,56010
220,00	2,47116	0,02314	5,02507	551,39645
...	...	...	...	...

t (s)	h (m n.m.)	a (m/s <sup>2</sup> )	v (m/s)	s (m)
300,00	2,09414	0,02548	6,93112	1028,57227
305,00	2,08016	0,02606	7,05997	1063,54999
310,00	2,06732	0,02685	7,19223	1099,18051
315,00	2,05560	0,02795	7,32923	1135,48416
320,00	2,04473	0,03350	7,48286	1172,51439
325,00	2,04473	-0,00294	7,46815	1209,89192
330,00	2,04473	-0,00294	7,45343	1247,19587
335,00	2,04473	-0,00294	7,43872	1284,42625
340,00	2,04473	-0,00294	7,42400	1321,58305
345,00	2,04473	-0,00294	7,40929	1358,66628
350,00	2,04473	-0,00294	7,39457	1395,67593
355,00	2,04473	-0,00294	7,37986	1432,61201
360,00	2,04473	-0,00294	7,36514	1469,47451
365,00	2,04473	-0,00294	7,35043	1506,26344
370,00	2,04473	-0,00294	7,33571	1542,97879
375,00	2,04473	-0,00294	7,32100	1579,62057
380,00	2,04473	-0,00294	7,30628	1616,18877
385,00	2,04473	-0,00294	7,29157	1652,68340
390,00	2,04473	-0,00294	7,27685	1689,10445
395,00	2,04473	-0,00294	7,26214	1725,45192
400,00	2,04473	-0,00294	7,24742	1761,72583
405,00	2,04473	-0,00294	7,23271	1797,92615
410,00	2,04473	-0,00294	7,21799	1834,05291
415,00	2,04473	-0,00294	7,20328	1870,10608
420,00	2,04473	-0,00294	7,18856	1906,08568
425,00	2,04473	-0,00294	7,17385	1941,99171
430,00	2,04473	-0,00294	7,15913	1977,82416
435,00	2,04473	-0,00294	7,14442	2013,58304
440,00	2,04473	-0,00294	7,12970	2049,26834
445,00	2,04473	-0,00294	7,11499	2084,88007
450,00	2,04473	-0,00294	7,10027	2120,41822
455,00	2,04473	-0,00294	7,08556	2155,88280
460,00	2,04473	-0,00294	7,07084	2191,27380
465,00	2,04473	-0,00294	7,05613	2226,59123
470,00	2,04473	-0,00294	7,04141	2261,83508
475,00	2,04473	-0,00294	7,02670	2297,00536
480,00	2,04473	-0,00294	7,01198	2332,10206
485,00	2,04473	-0,00294	6,99727	2367,12519
490,00	2,04473	-0,00294	6,98255	2402,07474
495,00	2,04473	-0,00294	6,96784	2436,95071
500,00	2,04473	-0,00294	6,95312	2471,75312
505,00	2,04473	-0,00294	6,93841	2506,48194
510,00	2,04473	-0,00294	6,92369	2541,13720
515,00	2,04473	-0,00294	6,90898	2575,71887
520,00	2,04473	-0,00294	6,89426	2610,22697
...	...	...	...	...

Tablica 2. - nastavak. Tablični prikaz vodostaja, ubrzanja, brzine i prevaljenog puta u ovisnosti o vremenu za  $D_{c2} = 0,15$  (m)

t (s)	h (m n.m.)	a (m/s <sup>2</sup> )	v (m/s)	s (m)	t (s)	h (m n.m.)	a (m/s <sup>2</sup> )	v (m/s)	s (m)
1800,00	2,04473	-0,00294	3,12722	9023,97788	2630,00	2,04473	-0,00294	0,68453	10605,85654
1805,00	2,04473	-0,00294	3,11251	9039,57721	2635,00	2,04473	-0,00294	0,66982	10609,24242
1810,00	2,04473	-0,00294	3,09779	9055,10296	2640,00	2,04473	-0,00294	0,65510	10612,55472
1815,00	2,04473	-0,00294	3,08308	9070,55514	2645,00	2,04473	-0,00294	0,64039	10615,79345
1820,00	2,04473	-0,00294	3,06836	9085,93374	2650,00	2,04473	-0,00294	0,62567	10618,95860
1825,00	2,04473	-0,00294	3,05365	9101,23877	2655,00	2,04473	-0,00294	0,61096	10622,05017
1830,00	2,04473	-0,00294	3,03893	9116,47022	2660,00	2,04473	-0,00294	0,59624	10625,06818
1835,00	2,04473	-0,00294	3,02422	9131,62810	2665,00	2,04473	-0,00294	0,58153	10628,01260
1840,00	2,04473	-0,00294	3,00950	9146,71240	2670,00	2,04473	-0,00294	0,56681	10630,88346
1845,00	2,04473	-0,00294	2,99479	9161,72313	2675,00	2,04473	-0,00294	0,55210	10633,68073
1850,00	2,04473	-0,00294	2,98007	9176,66028	2680,00	2,04473	-0,00294	0,53738	10636,40443
1855,00	2,04473	-0,00294	2,96536	9191,52386	2685,00	2,04473	-0,00294	0,52267	10639,05456
1860,00	2,04473	-0,00294	2,95064	9206,31386	2690,00	2,04473	-0,00294	0,50795	10641,63111
1865,00	2,04473	-0,00294	2,93593	9221,03028	2695,00	2,04473	-0,00294	0,49324	10644,13409
1870,00	2,04473	-0,00294	2,92121	9235,67314	2700,00	2,04473	-0,00294	0,47852	10646,56349
1875,00	2,04473	-0,00294	2,90650	9250,24241	2705,00	2,04473	-0,00294	0,46381	10648,91932
1880,00	2,04473	-0,00294	2,89178	9264,73812	2710,00	2,04473	-0,00294	0,44909	10651,20157
1885,00	2,04473	-0,00294	2,87707	9279,16024	2715,00	2,04473	-0,00294	0,43438	10653,41025
1890,00	2,04473	-0,00294	2,86235	9293,50879	2720,00	2,04473	-0,00294	0,41966	10655,54535
1895,00	2,04473	-0,00294	2,84764	9307,78377	2725,00	2,04473	-0,00294	0,40495	10657,60688
1900,00	2,04473	-0,00294	2,83292	9321,98517	2730,00	2,04473	-0,00294	0,39023	10659,59483
1905,00	2,04473	-0,00294	2,81821	9336,11300	2735,00	2,04473	-0,00294	0,37552	10661,50921
1910,00	2,04473	-0,00294	2,80349	9350,16725	2740,00	2,04473	-0,00294	0,36080	10663,35001
1915,00	2,04473	-0,00294	2,78878	9364,14793	2745,00	2,04473	-0,00294	0,34609	10665,11724
1920,00	2,04473	-0,00294	2,77406	9378,05503	2750,00	2,04473	-0,00294	0,33137	10666,81089
1925,00	2,04473	-0,00294	2,75935	9391,88856	2755,00	2,04473	-0,00294	0,31666	10668,43096
1930,00	2,04473	-0,00294	2,74463	9405,64851	2760,00	2,04473	-0,00294	0,30194	10669,97747
1935,00	2,04473	-0,00294	2,72992	9419,33489	2765,00	2,04473	-0,00294	0,28723	10671,45039
1940,00	2,04473	-0,00294	2,71520	9432,94769	2770,00	2,04473	-0,00294	0,27251	10672,84975
1945,00	2,04473	-0,00294	2,70049	9446,48692	2775,00	2,04473	-0,00294	0,25780	10674,17552
1950,00	2,04473	-0,00294	2,68577	9459,95257	2780,00	2,04473	-0,00294	0,24308	10675,42772
1955,00	2,04473	-0,00294	2,67106	9473,34465	2785,00	2,04473	-0,00294	0,22837	10676,60635
1960,00	2,04473	-0,00294	2,65634	9486,66315	2790,00	2,04473	-0,00294	0,21365	10677,71140
1965,00	2,04473	-0,00294	2,64163	9499,90807	2795,00	2,04473	-0,00294	0,19894	10678,74288
1970,00	2,04473	-0,00294	2,62691	9513,07943	2800,00	2,04473	-0,00294	0,18422	10679,70078
1975,00	2,04473	-0,00294	2,61220	9526,17720	2805,00	2,04473	-0,00294	0,16951	10680,58511
1980,00	2,04473	-0,00294	2,59748	9539,20141	2810,00	2,04473	-0,00294	0,15479	10681,39586
1985,00	2,04473	-0,00294	2,58277	9552,15203	2815,00	2,04473	-0,00294	0,14008	10682,13304
1990,00	2,04473	-0,00294	2,56805	9565,02908	2820,00	2,04473	-0,00294	0,12536	10682,79664
1995,00	2,04473	-0,00294	2,55334	9577,83256	2825,00	2,04473	-0,00294	0,11065	10683,38667
2000,00	2,04473	-0,00294	2,53862	9590,56246	2830,00	2,04473	-0,00294	0,09593	10683,90312
2005,00	2,04473	-0,00294	2,52391	9603,21879	2835,00	2,04473	-0,00294	0,08122	10684,34600
2010,00	2,04473	-0,00294	2,50919	9615,80154	2840,00	2,04473	-0,00294	0,06650	10684,71530
2015,00	2,04473	-0,00294	2,49448	9628,31072	2845,00	2,04473	-0,00294	0,05179	10685,01103
2020,00	2,04473	-0,00294	2,47976	9640,74632	2850,00	2,04473	-0,00294	0,03707	10685,23318
					2855,00	2,04473	-0,00294	0,02236	10685,38175

Tablica 3. Tablični prikaz vodostaja, ubrzanja, brzine i prevaljenog puta u ovisnosti o vremenu za  $D_{c3} = 0,20$  (m)

t (s)	h (m n.m.)	a (m/s <sup>2</sup> )	v (m/s)	s (m)	t (s)	h (m n.m.)	a (m/s <sup>2</sup> )	v (m/s)	s (m)
0,00	5,00000	0,04944	0,00000	0,00000	500,00	2,04634	-0,00294	7,51187	3358,68240
5,00	4,84520	0,04945	0,24721	0,61802	505,00	2,04634	-0,00294	7,49715	3396,20495
10,00	4,69451	0,04945	0,49445	2,47216	510,00	2,04634	-0,00294	7,48244	3433,65392
15,00	4,54792	0,04946	0,74175	5,56266	515,00	2,04634	-0,00294	7,46772	3471,02932
20,00	4,40543	0,04947	0,98909	9,88974	520,00	2,04634	-0,00294	7,45301	3508,33114
25,00	4,26704	0,04948	1,23648	15,45366	525,00	2,04634	-0,00294	7,43829	3545,55939
30,00	4,13276	0,04950	1,48394	22,25471	530,00	2,04634	-0,00294	7,42358	3582,71406
35,00	4,00257	0,04951	1,73146	30,29319	535,00	2,04634	-0,00294	7,40886	3619,79516
40,00	3,87649	0,04953	1,97905	39,56946	540,00	2,04634	-0,00294	7,39415	3656,80268
45,00	3,75451	0,04954	2,22672	50,08389	545,00	2,04634	-0,00294	7,37943	3693,73663
50,00	3,63664	0,04956	2,47448	61,83690	550,00	2,04634	-0,00294	7,36472	3730,59700
55,00	3,52286	0,04958	2,72235	74,82898	555,00	2,04634	-0,00294	7,35000	3767,38380
60,00	3,41319	0,04961	2,97032	89,06064	560,00	2,04634	-0,00294	7,33529	3804,09702
65,00	3,30762	0,04963	3,21842	104,53248	565,00	2,04634	-0,00294	7,32057	3840,73667
70,00	3,20615	0,04966	3,46666	121,24518	570,00	2,04634	-0,00294	7,30586	3877,30274
75,00	3,10878	0,04970	3,71506	139,19949	575,00	2,04634	-0,00294	7,29114	3913,79524
80,00	3,01551	0,04974	3,96365	158,39629	580,00	2,04634	-0,00294	7,27643	3950,21416
85,00	2,92634	0,04978	4,21245	178,83656	585,00	2,04634	-0,00294	7,26171	3986,55951
90,00	2,84128	0,04984	4,46150	200,52145	590,00	2,04634	-0,00294	7,24700	4022,83128
95,00	2,76031	0,04990	4,71083	223,45229	595,00	2,04634	-0,00294	7,23228	4059,02948
100,00	2,68345	0,04997	4,96050	247,63064	600,00	2,04634	-0,00294	7,21757	4095,15410
105,00	2,61068	0,05006	5,21057	273,05832	605,00	2,04634	-0,00294	7,20285	4131,20515
110,00	2,54201	0,05016	5,46111	299,73753	610,00	2,04634	-0,00294	7,18814	4167,18262
115,00	2,47745	0,05029	5,71223	327,67087	615,00	2,04634	-0,00294	7,17342	4203,08652
120,00	2,41698	0,05044	5,96404	356,86154	620,00	2,04634	-0,00294	7,15871	4238,91684
125,00	2,36061	0,05063	6,21673	387,31347	625,00	2,04634	-0,00294	7,14399	4274,67359
130,00	2,30834	0,05088	6,47051	419,03158	630,00	2,04634	-0,00294	7,12928	4310,35676
135,00	2,26016	0,05120	6,72571	452,02214	635,00	2,04634	-0,00294	7,11456	4345,96636
140,00	2,21609	0,05162	6,98276	486,29332	640,00	2,04634	-0,00294	7,09985	4381,50238
145,00	2,17611	0,05221	7,24234	521,85608	645,00	2,04634	-0,00294	7,08513	4416,96483
150,00	2,14022	0,05304	7,50544	558,72553	650,00	2,04634	-0,00294	7,07042	4452,35370
155,00	2,10843	0,05429	7,77375	596,92351	655,00	2,04634	-0,00294	7,05570	4487,66900
160,00	2,08073	0,05630	8,05020	636,48339	660,00	2,04634	-0,00294	7,04099	4522,91072
165,00	2,05712	0,05989	8,34068	677,46061	665,00	2,04634	-0,00294	7,02627	4558,07887
170,00	2,04634	-0,00294	8,48306	719,51995	670,00	2,04634	-0,00294	7,01156	4593,17344
175,00	2,04634	-0,00294	8,46834	761,89845	675,00	2,04634	-0,00294	6,99684	4628,19444
180,00	2,04634	-0,00294	8,45363	804,20337	680,00	2,04634	-0,00294	6,98213	4663,14186
185,00	2,04634	-0,00294	8,43891	846,43472	685,00	2,04634	-0,00294	6,96741	4698,01571
190,00	2,04634	-0,00294	8,42420	888,59249	690,00	2,04634	-0,00294	6,95270	4732,81598
195,00	2,04634	-0,00294	8,40948	930,67669	695,00	2,04634	-0,00294	6,93798	4767,54268
200,00	2,04634	-0,00294	8,39477	972,68731	700,00	2,04634	-0,00294	6,92327	4802,19580
205,00	2,04634	-0,00294	8,38005	1014,62436	705,00	2,04634	-0,00294	6,90855	4836,77535
210,00	2,04634	-0,00294	8,36534	1056,48783	710,00	2,04634	-0,00294	6,89384	4871,28132
215,00	2,04634	-0,00294	8,35062	1098,27773	715,00	2,04634	-0,00294	6,87912	4905,71372
225,00	2,04634	-0,00294	8,32119	1181,63680	720,00	2,04634	-0,00294	6,86441	4940,07254

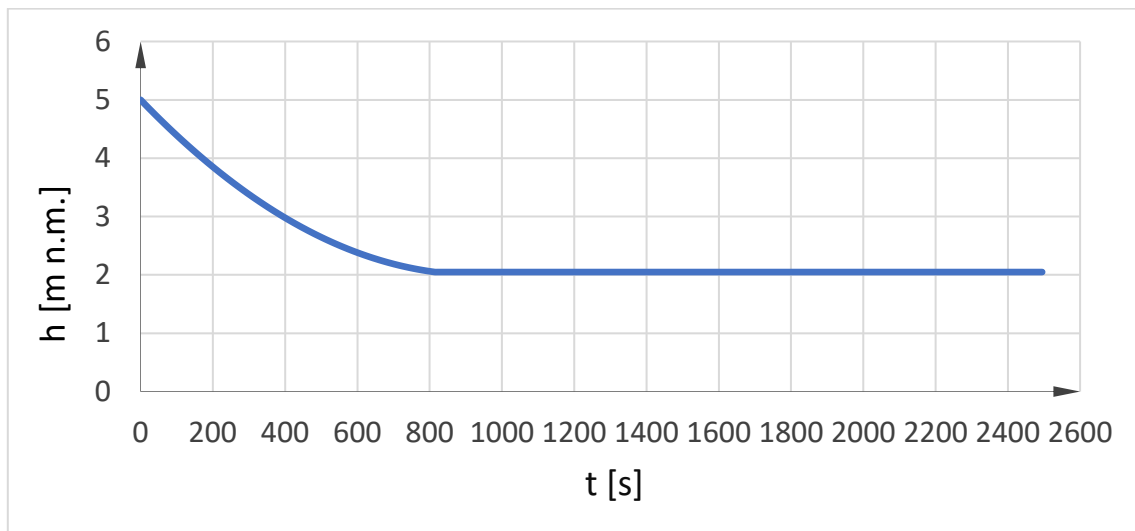
Tablica 3.nastavak. Tablični prikaz vodostaja, ubrzanja, brzine i prevaljenog puta u ovisnosti o vremenu za  $D_{c3} = 0,20$  (m)

t (s)	h (m n.m.)	a (m/s <sup>2</sup> )	v (m/s)	s (m)
1800,00	2,04634	-0,00294	3,68597	10637,27447
1805,00	2,04634	-0,00294	3,67125	10655,66752
1810,00	2,04634	-0,00294	3,65654	10673,98699
1815,00	2,04634	-0,00294	3,64182	10692,23289
1820,00	2,04634	-0,00294	3,62711	10710,40521
1825,00	2,04634	-0,00294	3,61239	10728,50396
1830,00	2,04634	-0,00294	3,59768	10746,52913
1835,00	2,04634	-0,00294	3,58296	10764,48073
1840,00	2,04634	-0,00294	3,56825	10782,35875
1845,00	2,04634	-0,00294	3,55353	10800,16320
1850,00	2,04634	-0,00294	3,53882	10817,89407
1855,00	2,04634	-0,00294	3,52410	10835,55137
1860,00	2,04634	-0,00294	3,50939	10853,13509
1865,00	2,04634	-0,00294	3,49467	10870,64524
1870,00	2,04634	-0,00294	3,47996	10888,08181
1875,00	2,04634	-0,00294	3,46524	10905,44481
1880,00	2,04634	-0,00294	3,45053	10922,73423
1885,00	2,04634	-0,00294	3,43581	10939,95008
1890,00	2,04634	-0,00294	3,42110	10957,09235
1895,00	2,04634	-0,00294	3,40638	10974,16105
1900,00	2,04634	-0,00294	3,39167	10991,15617
1905,00	2,04634	-0,00294	3,37695	11008,07772
1910,00	2,04634	-0,00294	3,36224	11024,92569
1915,00	2,04634	-0,00294	3,34752	11041,70009
1920,00	2,04634	-0,00294	3,33281	11058,40091
1925,00	2,04634	-0,00294	3,31809	11075,02816
1930,00	2,04634	-0,00294	3,30338	11091,58183
1935,00	2,04634	-0,00294	3,28866	11108,06193
1940,00	2,04634	-0,00294	3,27395	11124,46845
1945,00	2,04634	-0,00294	3,25923	11140,80140
1950,00	2,04634	-0,00294	3,24452	11157,06077
1955,00	2,04634	-0,00294	3,22980	11173,24657
1960,00	2,04634	-0,00294	3,21509	11189,35879
1965,00	2,04634	-0,00294	3,20037	11205,39744
1970,00	2,04634	-0,00294	3,18566	11221,36251
1975,00	2,04634	-0,00294	3,17094	11237,25401
1980,00	2,04634	-0,00294	3,15623	11253,07193
1985,00	2,04634	-0,00294	3,14151	11268,81628
1990,00	2,04634	-0,00294	3,12680	11284,48705
1995,00	2,04634	-0,00294	3,11208	11300,08425
2000,00	2,04634	-0,00294	3,09737	11315,60787
2005,00	2,04634	-0,00294	3,08265	11331,05792
2010,00	2,04634	-0,00294	3,06794	11346,43439
2015,00	2,04634	-0,00294	3,05322	11361,73729
2020,00	2,04634	-0,00294	3,03851	11376,96661
...	...	...	...	...

t (s)	h (m n.m.)	a (m/s <sup>2</sup> )	v (m/s)	s (m)
2825,00	2,04634	-0,00294	0,66939	12869,39594
2830,00	2,04634	-0,00294	0,65468	12872,70611
2835,00	2,04634	-0,00294	0,63996	12875,94271
2840,00	2,04634	-0,00294	0,62525	12879,10573
2845,00	2,04634	-0,00294	0,61053	12882,19518
2850,00	2,04634	-0,00294	0,59582	12885,21105
2855,00	2,04634	-0,00294	0,58110	12888,15335
2860,00	2,04634	-0,00294	0,56639	12891,02207
2865,00	2,04634	-0,00294	0,55167	12893,81722
2870,00	2,04634	-0,00294	0,53696	12896,53879
2875,00	2,04634	-0,00294	0,52224	12899,18679
2880,00	2,04634	-0,00294	0,50753	12901,76121
2885,00	2,04634	-0,00294	0,49281	12904,26206
2890,00	2,04634	-0,00294	0,47810	12906,68933
2895,00	2,04634	-0,00294	0,46338	12909,04303
2900,00	2,04634	-0,00294	0,44867	12911,32315
2905,00	2,04634	-0,00294	0,43395	12913,52970
2910,00	2,04634	-0,00294	0,41924	12915,66267
2915,00	2,04634	-0,00294	0,40452	12917,72207
2920,00	2,04634	-0,00294	0,38981	12919,70789
2925,00	2,04634	-0,00294	0,37509	12921,62014
2930,00	2,04634	-0,00294	0,36038	12923,45881
2935,00	2,04634	-0,00294	0,34566	12925,22391
2940,00	2,04634	-0,00294	0,33095	12926,91543
2945,00	2,04634	-0,00294	0,31623	12928,53337
2950,00	2,04634	-0,00294	0,30152	12930,07775
2955,00	2,04634	-0,00294	0,28680	12931,54854
2960,00	2,04634	-0,00294	0,27209	12932,94577
2965,00	2,04634	-0,00294	0,25737	12934,26941
2970,00	2,04634	-0,00294	0,24266	12935,51949
2975,00	2,04634	-0,00294	0,22794	12936,69598
2980,00	2,04634	-0,00294	0,21323	12937,79891
2985,00	2,04634	-0,00294	0,19851	12938,82825
2990,00	2,04634	-0,00294	0,18380	12939,78403
2995,00	2,04634	-0,00294	0,16908	12940,66622
3000,00	2,04634	-0,00294	0,15437	12941,47485
3005,00	2,04634	-0,00294	0,13965	12942,20989
3010,00	2,04634	-0,00294	0,12494	12942,87137
3015,00	2,04634	-0,00294	0,11022	12943,45926
3020,00	2,04634	-0,00294	0,09551	12943,97359
3025,00	2,04634	-0,00294	0,08079	12944,41433
3030,00	2,04634	-0,00294	0,06608	12944,78151
3035,00	2,04634	-0,00294	0,05136	12945,07510
3040,00	2,04634	-0,00294	0,03665	12945,29513
3045,00	2,04634	-0,00294	0,02193	12945,44157
3050,00	2,04634	-0,00294	0,00722	12945,51445

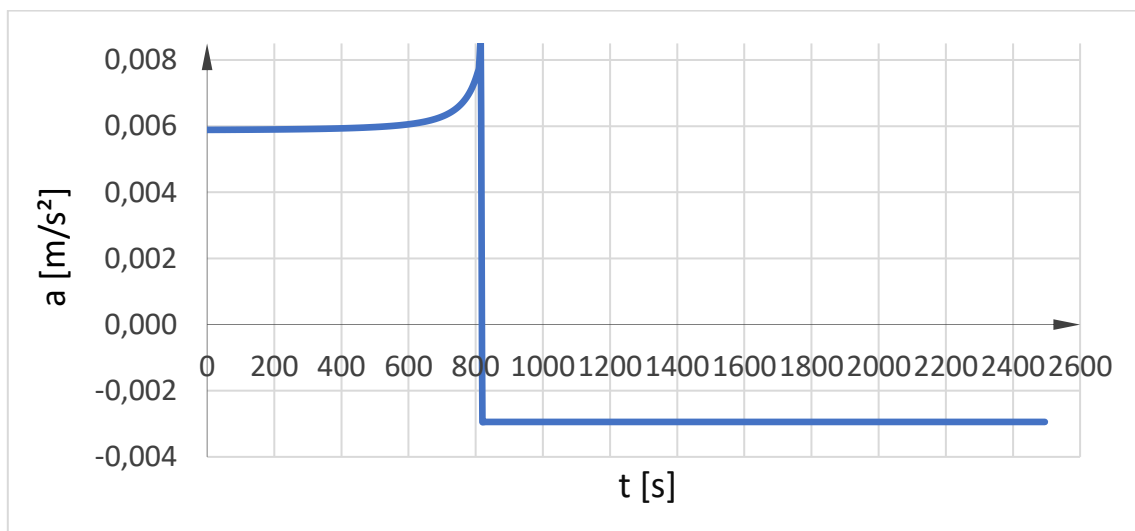
### 3.2.2 Grafički prikaz rezultata

U grafičkim prikazima rješenja iskazani su: vodostaj u vodospremniku  $h$ , ubrzanje  $a$ , brzina  $v$  i prevaljeni put  $s$  u ovisnosti o vremenu za različite promjere cijevi. Odnosno dijagrami:  $h-t$ ,  $a-t$ ,  $v-t$ ,  $s-t$ . Sa *Slike 5. i Tablice 1.* se može uočiti da za  $D_{c1} = 0,10$  (m) je potrebno oko 815(s) za potpuno istjecanje vode iz vodospremnika.



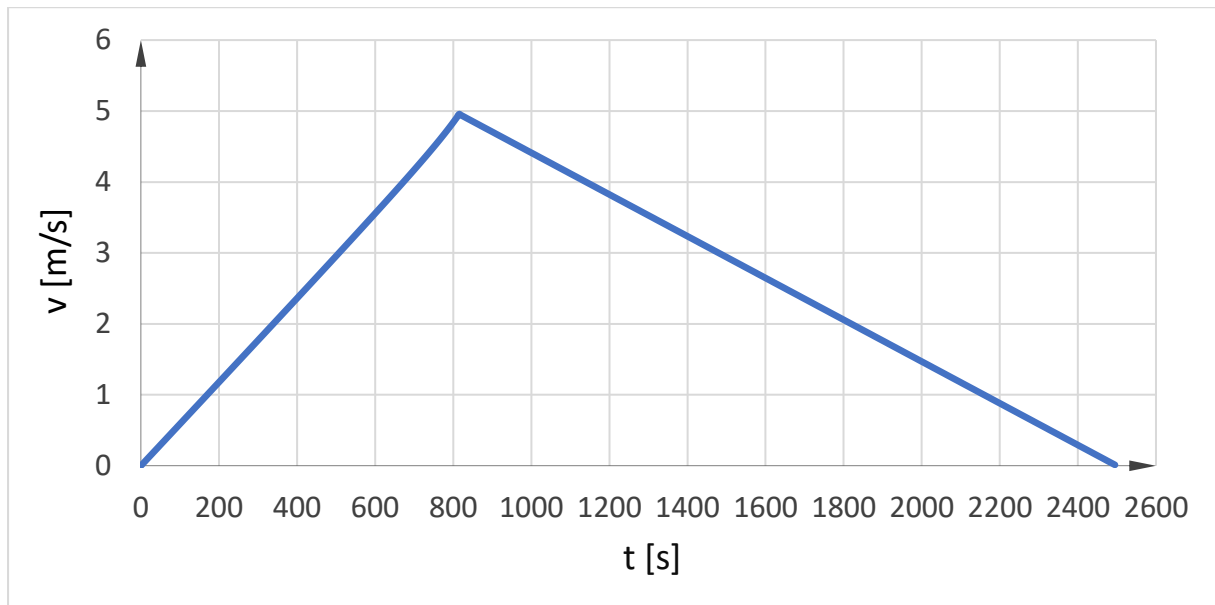
*Slika 5. Grafički prikaz vodostaja za  $D_{c1} = 0,1$  (m)*

Sa *Slike 6. i Tablice 1.* se može uočiti da za  $D_{c1} = 0,10$  (m) ubrzanje postupno raste do oko 815 (s) gdje ujedno postiže i svoju maksimalnu vrijednost. Nakon tog vremena akceleracija postaje negativna odnosno dolazi do usporavanja vodospremnika.



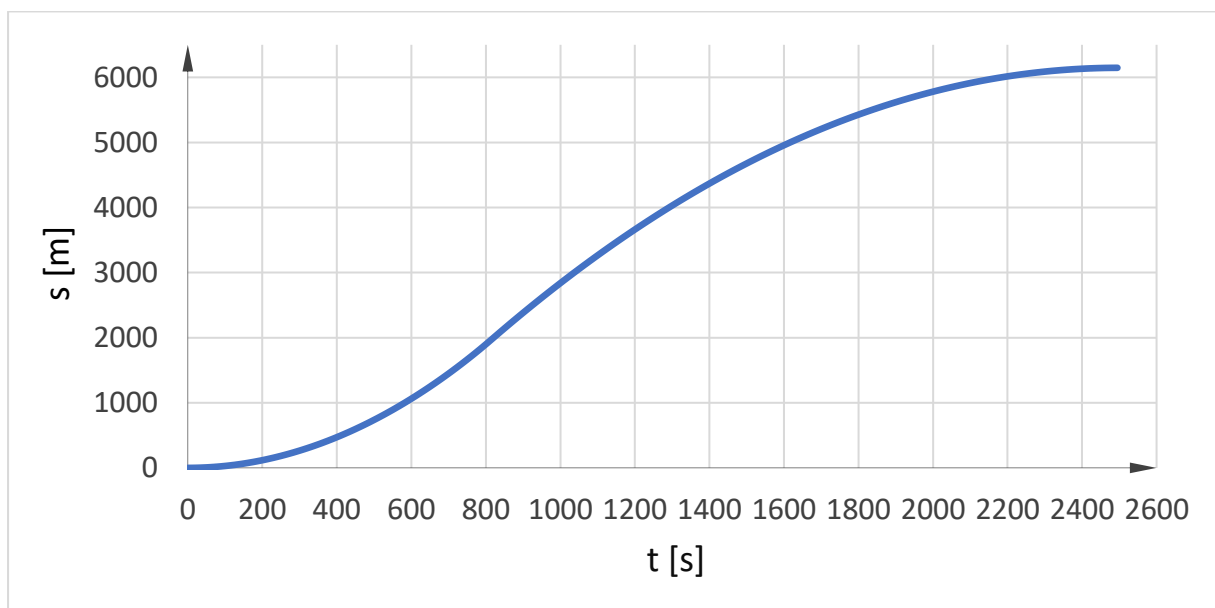
*Slika 6. Grafički prikaz ubrzanja vodospremnika za  $D_{c1} = 0,10$  (m)*

Sa Slike 7. i Tablice 1. se može uočiti da za  $D_{c1} = 0,10$  (m) brzina postupno raste do oko 815 (s) gdje ujedno postiže i svoju maksimalnu vrijednost. Nakon tog vremena brzina opada te dostiže vrijednost 0 u trenutku od oko 2495 (s).



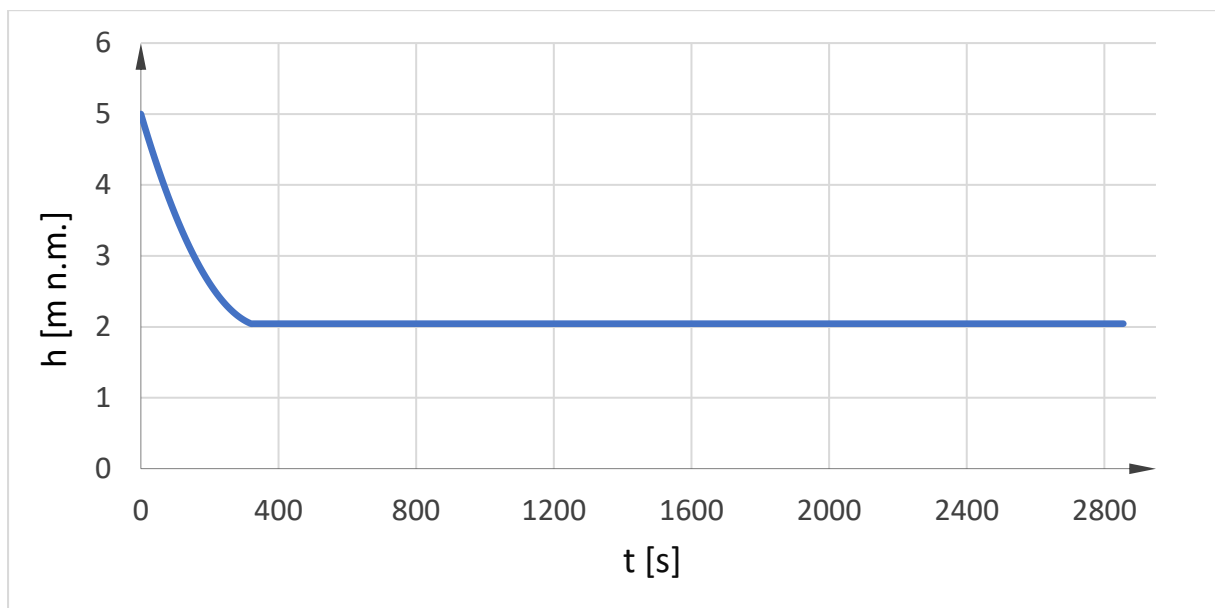
Slika 7. Grafički prikaz brzine vodospremnika za  $D_{c1} = 0,10$  (m)

Sa Slike 8. i Tablice 1. se može uočiti da za  $D_{c1} = 0,10$  (m) vodospremnik se zaustavi u vremenu od oko 2495 (s), uz prevaljeni put od 6146,6 (m).



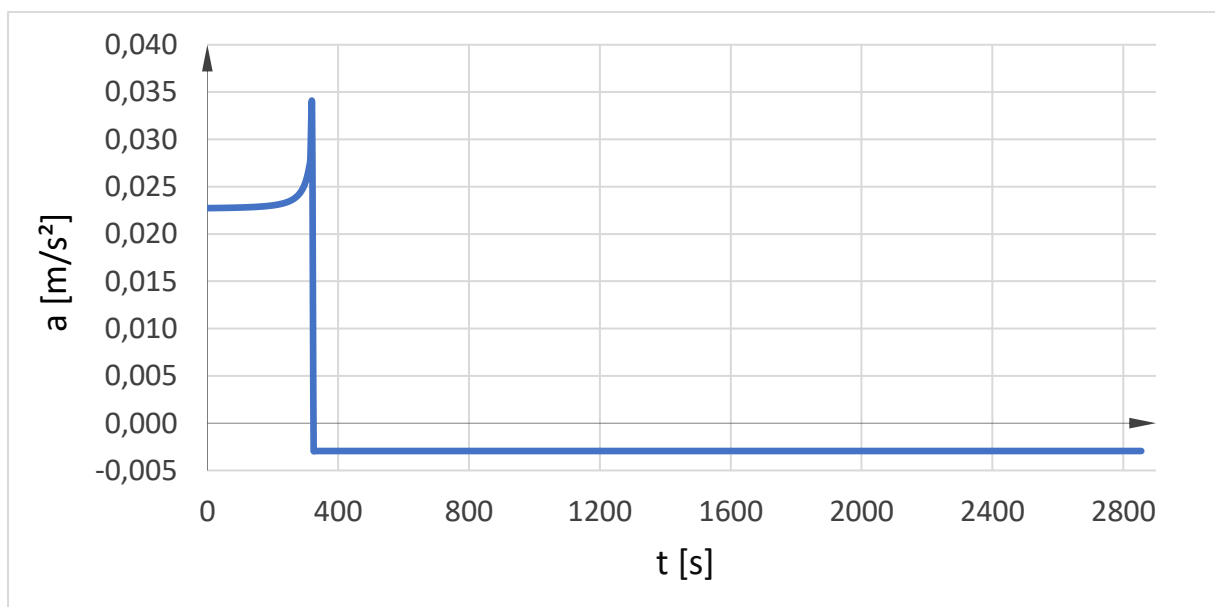
Slika 8. Grafički prikaz prevaljenog puta vodospremnika za  $D_{c1} = 0,10$  (m)

Sa Slike 9. i Tablice 2. se može uočiti da za  $D_{c2} = 0,15$  (m) je potrebno oko 320 (s) za potpuno istjecanje vode iz vodospremnika.



Slika 9. Grafički prikaz vodostaja za  $D_{c2} = 0,15$  (m)

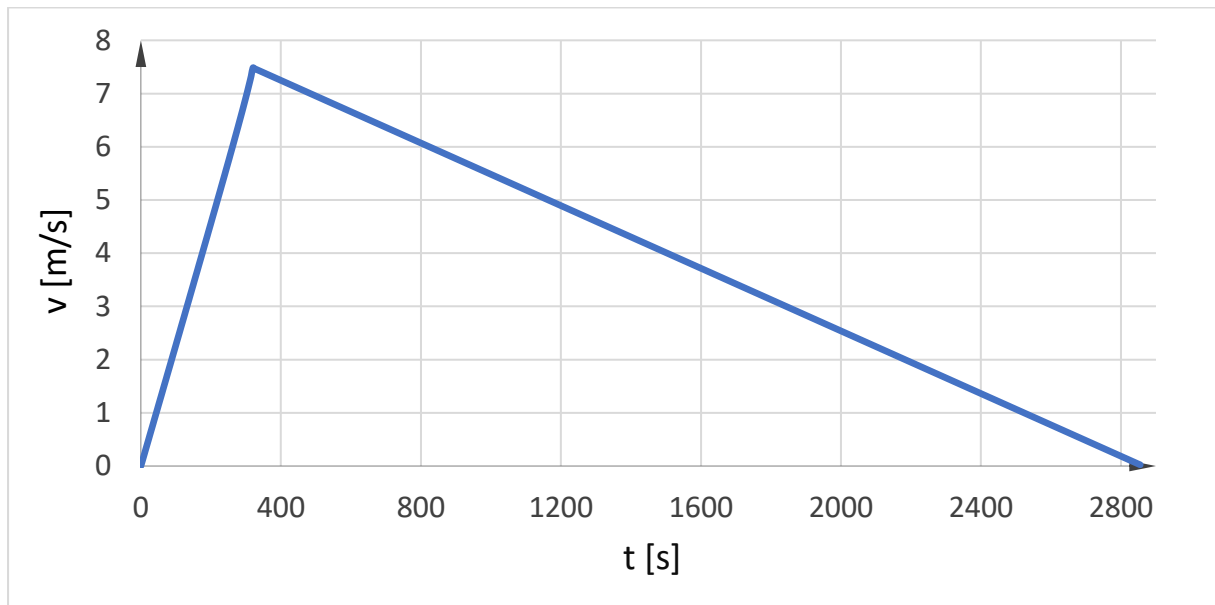
Sa Slike 10. i Tablice 2. se može uočiti da za  $D_{c2} = 0,15$  (m) ubrzanje postupno raste do oko 320 (s) gdje ujedno postiže i svoju maksimalnu vrijednost. Nakon tog vremena akceleracija postaje negativna odnosno dolazi do usporavanja vodospremnika.



Slika 10. Grafički prikaz ubrzanja vodospremnika za  $D_{c2} = 0,15$  (m)

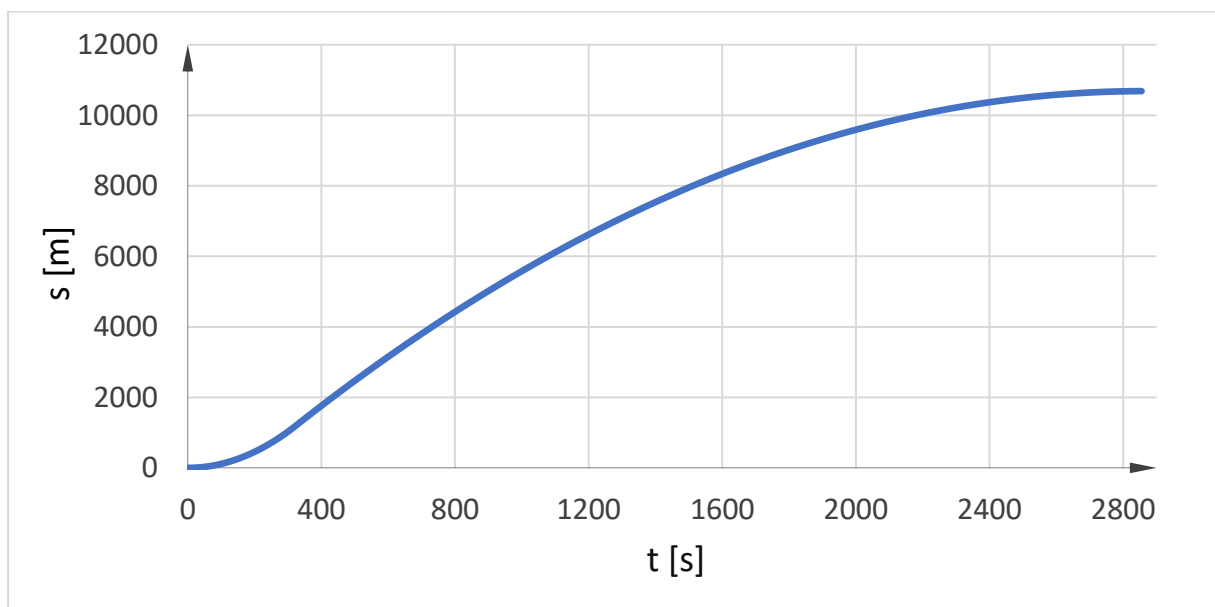


Sa Slike 11. i Tablice 2. se može uočiti da za  $D_{c2} = 0,15$  (m) brzina postupno raste do oko 320 (s) gdje ujedno postiže i svoju maksimalnu vrijednost. Nakon tog vremena brzina opada te dostiže vrijednost 0 u trenutku od oko 2855 (s).



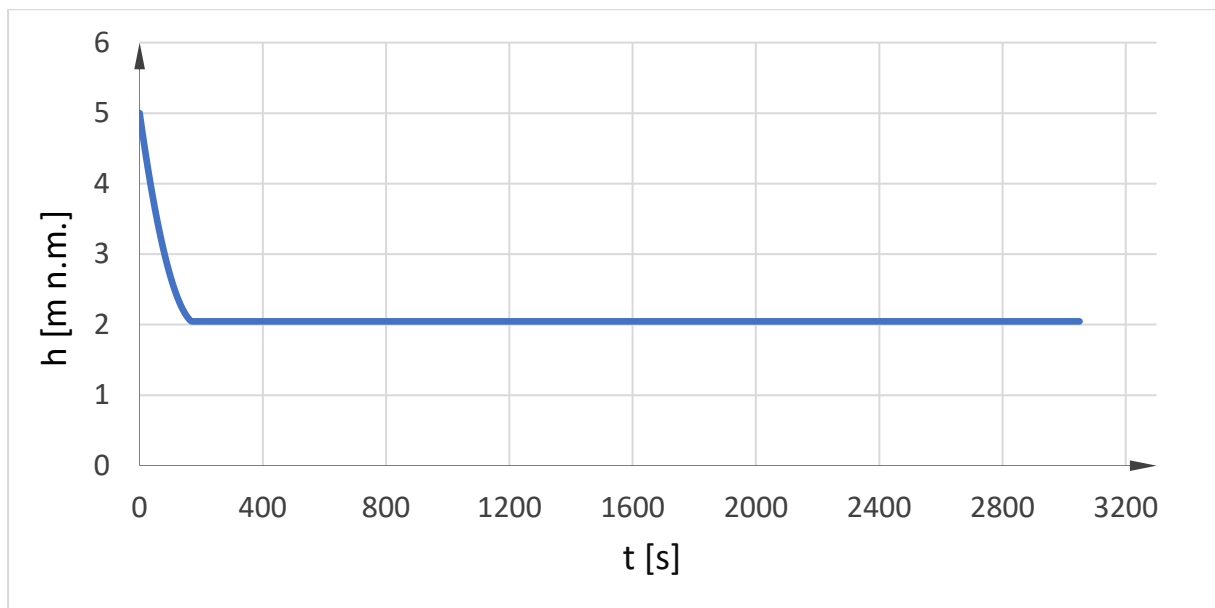
Slika 11. Grafički prikaz brzine vodospremnika za  $D_{c2} = 0,15$  (m)

Sa Slike 12. i Tablice 2. se može uočiti da za  $D_{c2} = 0,15$  (m) vodospremnik se zaustavi u vremenu od oko 2855 (s), uz prijeđeni put od 10685,4 (m).



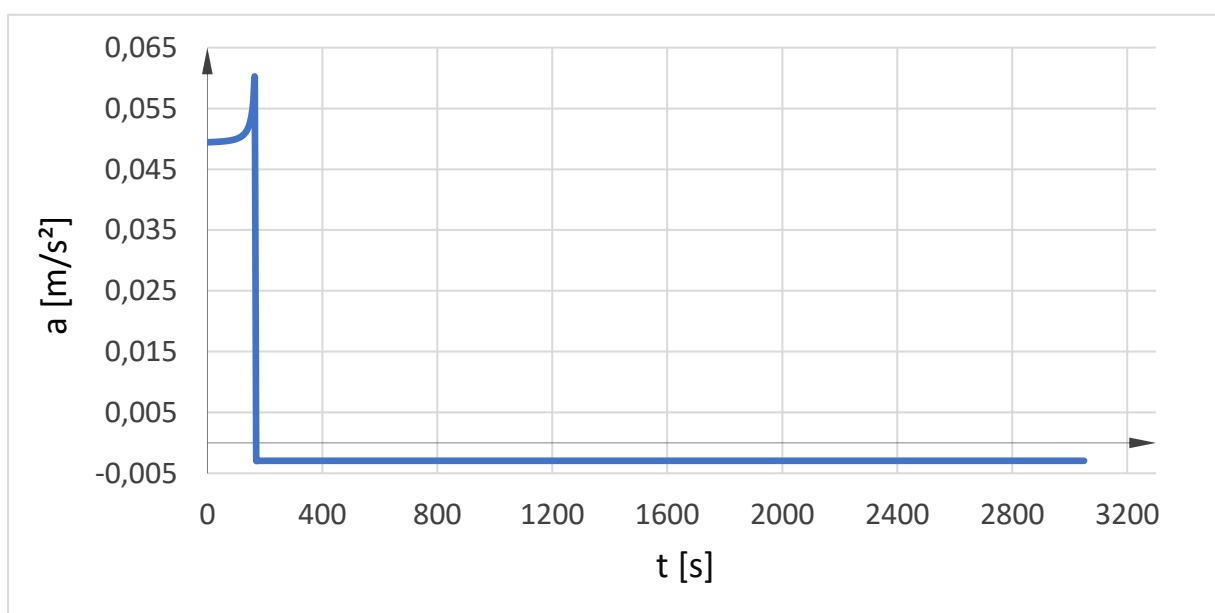
Slika 12. Grafički prikaz prevaljenog puta vodospremnika za  $D_{c2} = 0,15$  (m)

Sa Slike 13. i Tablice 3. se može uočiti da za  $D_{c3} = 0,20$  (m) je potrebno oko 165 (s) za potpuno istjecanje vode iz vodospremnika.



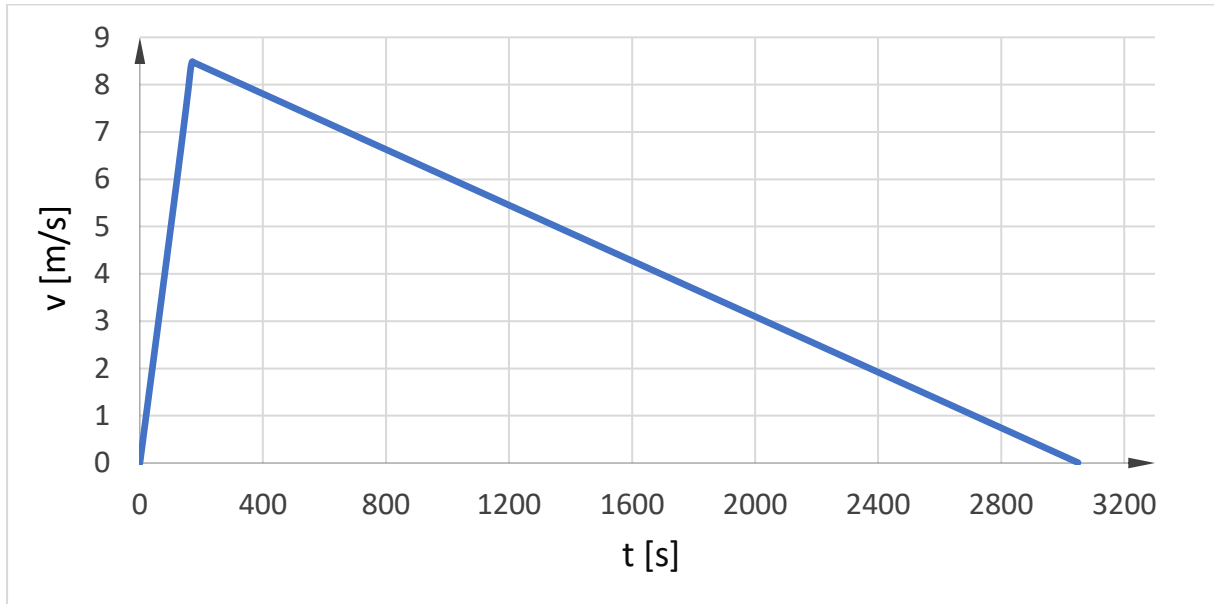
Slika 13. Grafički prikaz vodostaja za  $D_{c3} = 0,20$  (m)

Sa Slike 14. i Tablice 3. se može uočiti da za  $D_{c3} = 0,20$  (m) ubrzanje postupno raste do oko 165 (s) gdje ujedno postiže i svoju maksimalnu vrijednost. Nakon tog vremena akceleracija postaje negativna odnosno dolazi do usporavanja vodospremnika.



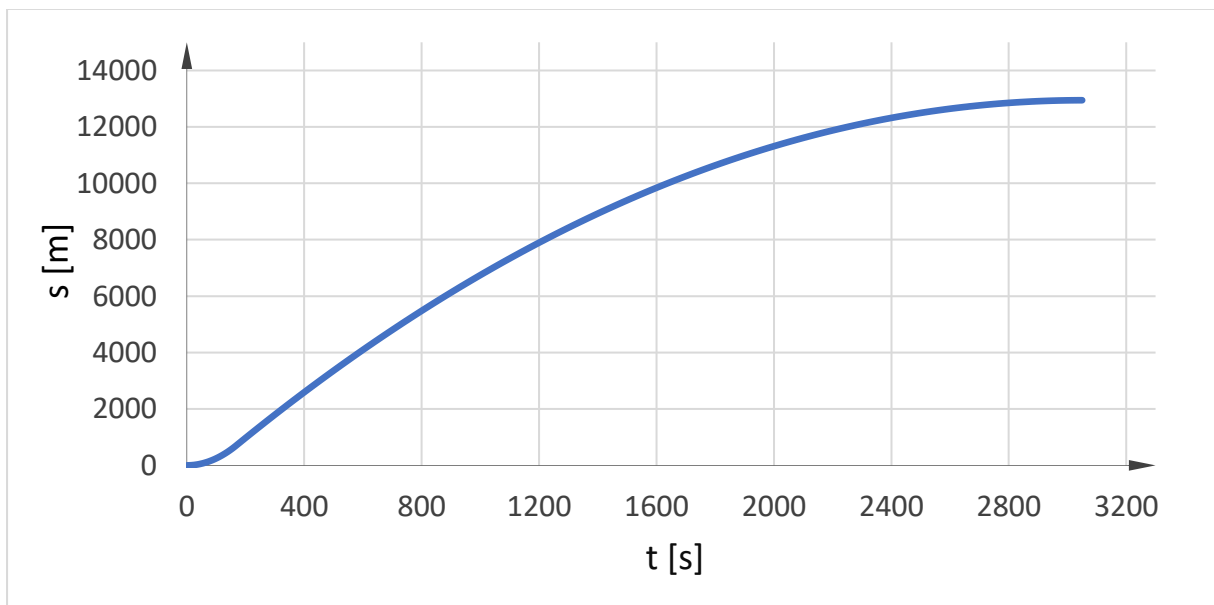
Slika 14. Grafički prikaz ubrzanja vodospremnika za  $D_{c3} = 0,20$  (m)

Sa Slike 15. i Tablice 3. se može uočiti da za  $D_{c3} = 0,20$  (m) brzina postupno raste do oko 165 (s) gdje ujedno postiže i svoju maksimalnu vrijednost. Nakon tog vremena brzina opada te dostiže vrijednost 0 u trenutku od oko 3050 (s).



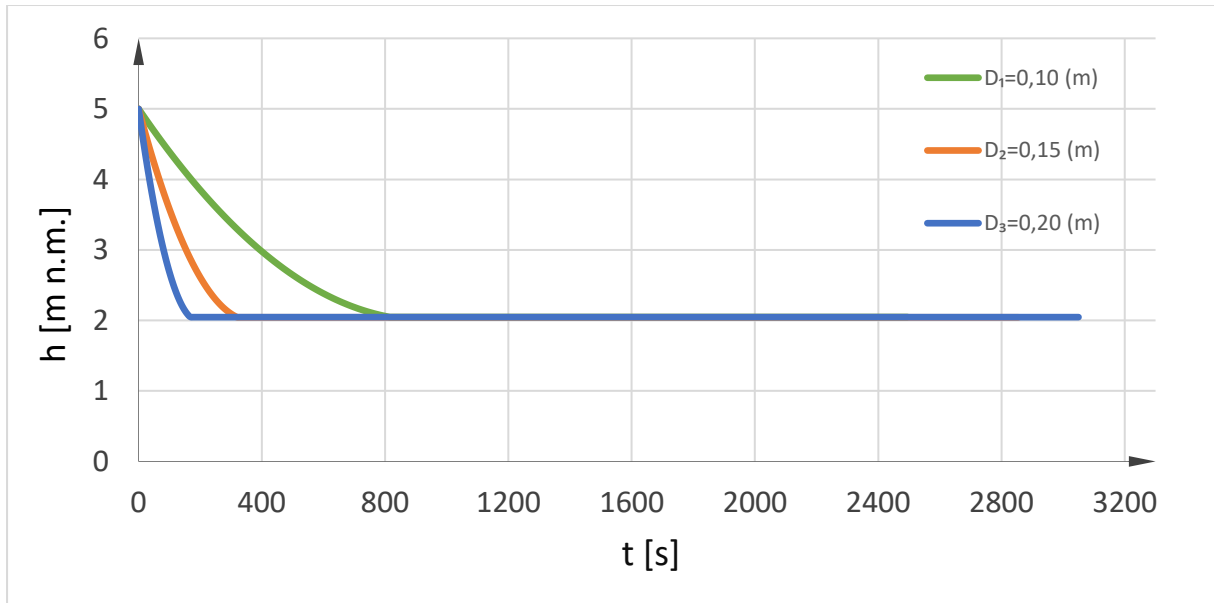
Slika 15. Grafički prikaz brzine vodospremnika za  $D_{c3} = 0,20$  (m)

Sa Slike 16. i Tablice 13. se može uočiti da za  $D_{c3} = 0,20$  (m) vodospremnik se zaustavi u vremenu od oko 3050 (s), uz prijeđeni put od 12945,5 (m).



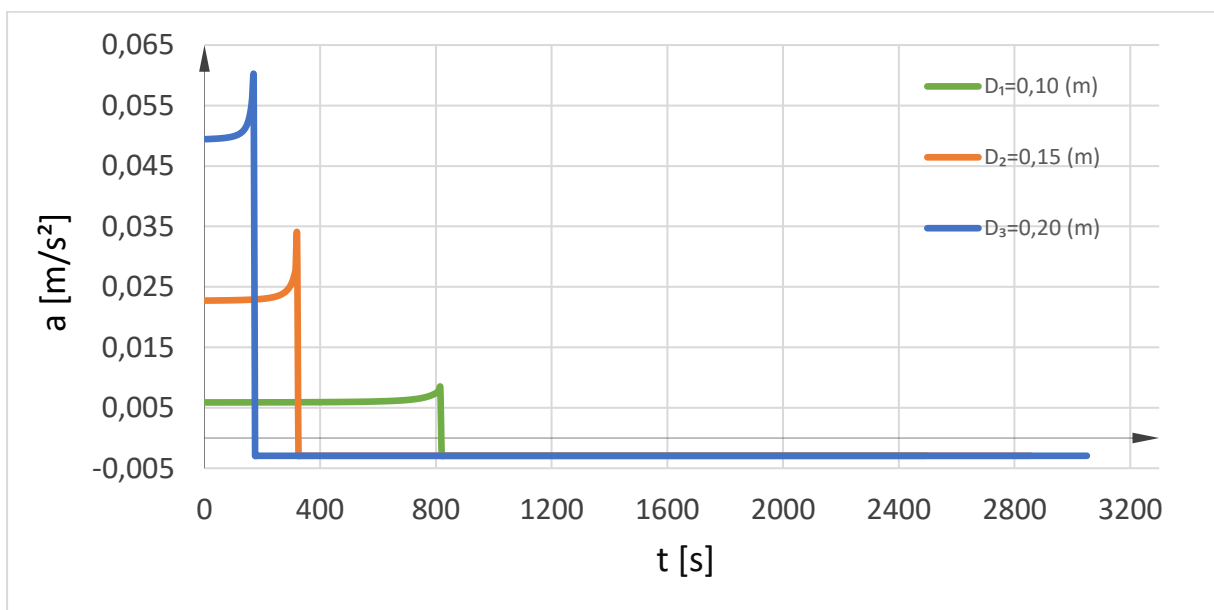
Slika 16. Grafički prikaz prevađenog puta vodospremnika za  $D_{c3} = 0,20$  (m)

Sa Slike 17. se može uočiti da se vodospremnik sa cijevi najvećeg promjera ( $D_{c3} = 0,20$  (m)) najbrže isprazni.



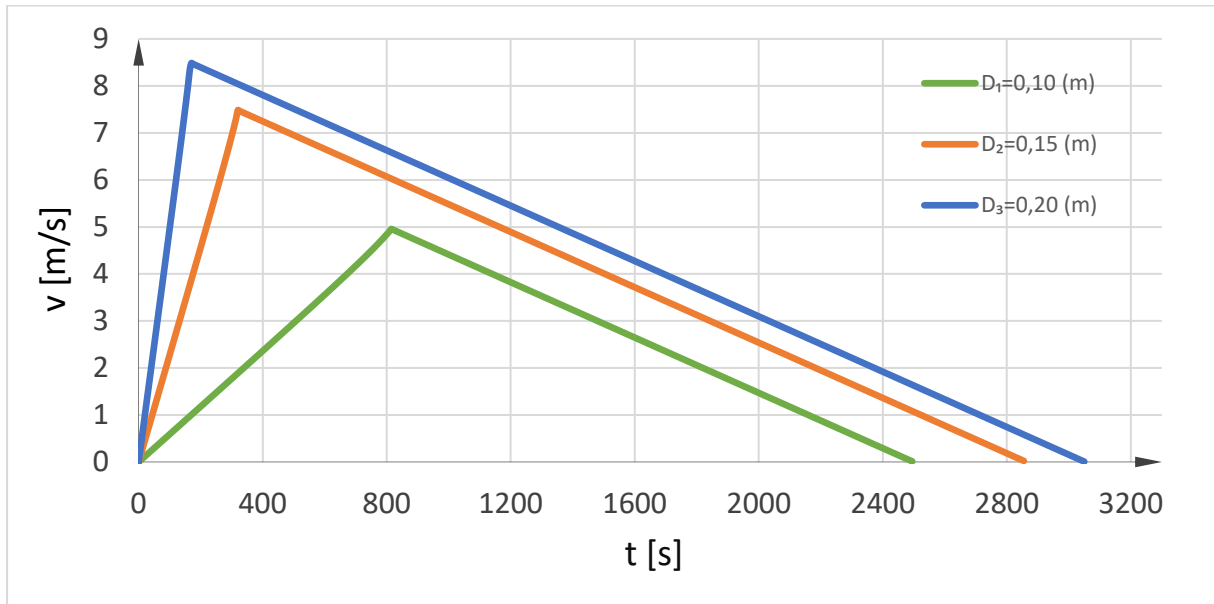
Slika 17. Grafički prikaz usporedbe vodostaja za cijevi  $D_{c1}$ ,  $D_{c2}$ ,  $D_{c3}$

Sa Slike 18. se može uočiti da za  $D_{c3} = 0,20$  (m) ubrzanje postiže maksimalnu vrijednost u najkraćem vremenu u odnosu na ostala dva promjera cijevi. Iznosi maksimalnih ubrzanja su  $0,00846$  ( $m/s^2$ ) za promjer  $D_{c1}$ ,  $0,03350$  ( $m/s^2$ ) za promjer  $D_{c2}$  te  $0,05989$  ( $m/s^2$ ) za  $D_{c3}$ .



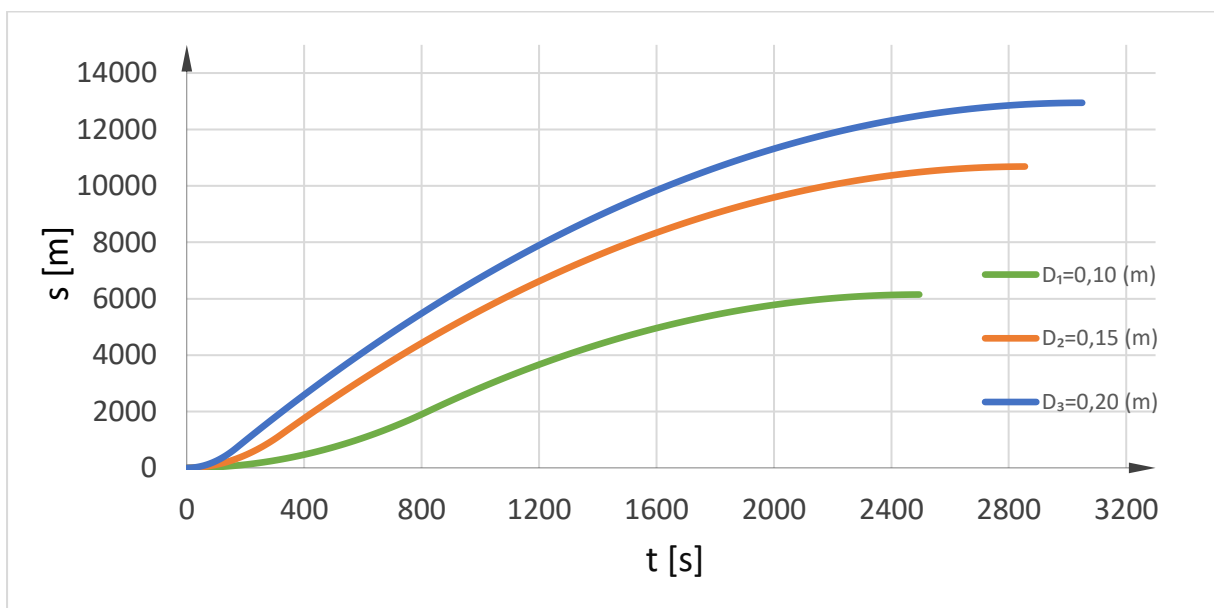
Slika 18. Grafički prikaz usporedbe ubrzanja vodospremnika za cijevi  $D_{c1}$ ,  $D_{c2}$ ,  $D_{c3}$

Sa *Slike 19.* se može uočiti da također za  $D_{c3} = 0,20$  (m) brzina postigne maksimalnu vrijednost u najkraćem vremenu u odnosu na ostala dva promjera cijevi. Iznosi maksimalnih brzina su  $4,96$  (m/s) za promjer  $D_{c1}$ ,  $7,48$  (m/s) za promjer  $D_{c2}$ , te  $8,48$  (m/s) za  $D_{c3}$ .



*Slika 19. Grafički prikaz usporedbe brzina vodospremnika za cijevi  $D_{c1}$ ,  $D_{c2}$ ,  $D_{c3}$*

Sa *Slike 20.* se može uočiti da vodospremnik sa cijevi najvećeg promjera ( $D_{c3} = 0,20$  (m)) prevali najveći put. Iznosi prevaljenih puteva su  $6146,63$  (m) za promjer  $D_{c1}$ ,  $10685,38$  (m) za promjer  $D_{c2}$  te  $12945,51$  (m) za  $D_{c3}$ .



*Slika 20. Grafički prikaz usporedbe prevaljenog puta vodospremnika za cijevi  $D_{c1}$ ,  $D_{c2}$ ,  $D_{c3}$*

## 4. Zaključak

Problem ovog završnog rada odnosi se na otvoreni vodospremnik sa kotačima na horizontalnoj podlozi iz kojeg istječe voda slobodno u atmosferu kroz kratku cijev. Razmatrana su tri različita promjera cijevi. Cilj završnog rada bio je izračunati koliku će postići brzinu i ubrzanje te koliki će put prevaliti vodospremnik u ovisnosti o vremenu, od početka istjecanja do zaustavljanja vozila. Za navedeno je bilo potrebno postaviti odgovarajuće jednadžbe. Za rješavanje jednadžbi korišten je tablični kalkulator (EXCEL). Važno je naglasiti da se zbog istjecanja vode javlja hidrodinamička sila koja uzrokuje pomicanje vodospremnika. Iz grafičkih i tabličnih prikaza rezultata može se zaključiti da vodospremnik za cijevi najvećeg promjera dostiže najveće ubrzanje. Uzrok tome je istjecanje vode u najkraćem vremenu što je povezano sa najvećim volumnim protokom u odnosu na preostale dvije cijevi s manjim promjerima. Isti spremnik dostiže i najveću brzinu te najveći prevaljeni put. Također, smanjenjem količine vode dolazi do smanjenja volumnog protoka što uzrokuje promjenu brzine i ubrzanja u vremenu. Nakon potpunog istjecanja vode iz vodospremnika, dolazi do usporavanja istog. Dakle, vodospremnik se nastavlja gibati, ali uz negativnu akceleraciju što dovodi do konačnog zaustavljanja vodospremnika nakon određenog vremena.

## 5. Literatura

[1] Bojanić, D., Hidromehanika, Predavanja

[2] Jović, V., Osnove Hidromehanike, Element, 2006