

# PRORAČUN POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U MALOM VODOVODNOM SUSTAVU S VODOSPREMOM

---

**Damjanović, Mateo**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Slavonski Brod / Sveučilište u Slavonskom Brodu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:262:851960>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-05**



*Repository / Repozitorij:*

[repository.unisb.hr](https://repository.unisb.hr) - The digital repository is a digital collection of works by the University of Slavonski Brod.



SVEUČILIŠTE U SLAVONSKOM BRODU  
STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU

**ZAVRŠNI RAD**  
sveučilišnog preddiplomskog studija

**Mateo Damjanović**  
0367001604

Slavonski Brod, 2024.

SVEUČILIŠTE U SLAVONSKOM BRODU  
STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU

**ZAVRŠNI RAD**  
sveučilišnog preddiplomskog studija

**Mateo Damjanović**  
0367001604

Mentorica završnog rada:  
**prof. dr. sc. Marija Živić**

Slavonski Brod, 2024.

## I. AUTOR

Ime i prezime: Mateo Damjanović  
Mjesto i datum rođenja: Vinkovci, 20.8.2002.  
Adresa: Babogredske kompanije 14, Babina Greda

## STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU

## II. ZAVRŠNI RAD

Naslov: Proračun potrošnje električne energije u malom vodovodnom sustavu s vodospremom

Naslov na engleskom jeziku: Calculation of electrical energy consumption in a small water supply system with water storage

Ključne riječi: Vodosprema, pumpa, cjevovod, vodovodna mreža

Ključne riječi na engleskom jeziku: Water storage, water pump, pipeline, water supply network

Broj stranica: 25 slika: 5 tablica: 16 priloga: 1 bibliografskih izvora: 3

Ustanova i mjesto gdje je rad izrađen: STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU

Stečen akademski naziv: **sveučilišni prvostupnik inženjer strojarstva**

Mentorica rada: prof. dr. sc. Marija Živić

Komentor rada: dr. sc. Antun Barac

Obranjeno na Strojarskom fakultetu u Slavonskom Brodu

dana 4.9.2024.

Oznaka i redni broj rada: SFSB-PSS-27/2024

## ZAVRŠNI ZADATAK br. 2023-2024

Pristupnik: **Mateo Damjanović (0367001604)**  
Studij: **Strojarstvo**

Zadatak: **PRORAČUN POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U MALOM  
VODOVODNOM SUSTAVU S VODOSPREMOM**

### Opis zadatka:

ZA POTREBE OPSKRBE VODOM POTROŠAČA IZGRAĐEN JE VODOVODNI SUSTAV SHEMATSKI PRIKAZAN NA SLICI. OSNOVNI PARAMETRI VODOVODA I MAKSIMALNE POTROŠNJE DANI SU U TABLICI, A KARAKTERISTIČNI RASPORED DNEVNE POTROŠNJE SVAKOG POTROŠAČA U DIJAGRAMU.

RJEŠENJEM ZADATKA POTREBNO JE OBUHVATITI SLJEDEĆE:

1. IZRAČUNATI DNEVNI POTROŠAK ELEKTRIČNE ENERGIJE POTREBAN ZA DOBAVU VODE DO POTROŠAČA
2. IZRAČUNATI VELIČINU VODOSPREME KOJA JE POTREBNA DA BI SE OSIGURALA OPSKRBA TIJEKOM REŽIMA SKUPLJE ENERGIJE.
3. IZRAČUNATI VELIČINU VODOSPREME KOJA JE POTREBNA DA BI SE USKLADIŠTILA SVA VODA KOJU JE MOGUĆE DOSTAVITI VODOSPREMI TIJEKOM REŽIMA JEFTINIJE ENERGIJE.
4. NAČINITI PLAN TOKA NOVCA I ANALIZU RIZIKA IZGRADNJE VODOSPREME (VELIČINA PREMA DVODNEVNOJ POTROŠNJI) AKO ĆE SE PROJEKT U POTPUNOSTI FINANCIRATI PUTEM KREDITA KOJI ĆE SE OTPLAČIVATI TIJEKOM 20 GODINA UZ 9% KAMATA. PRETPOSTAVITE VRIJEME PROJEKTA 20 GODINA, STOPU POREZA NA DOBIT 20% TE DA JE AMORTIZACIJSKA STOPA 5% KROZ 20 GODINA, A MINIMALNO ATRAKTIVNA STOPA POVRATA (MARR)  $I = 15\%$ .

Zadatak uručen pristupniku: 10. siječnja 2024.

Rok za predaju rada: 10. srpnja 2024.

Mentor:

prof. dr. sc. Marija Živić



Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

prof. dr. sc. Ivica Kladarić

Komentor:

dr. sc. Antun Barac

## IZJAVA

Izjavljujem da sam završni rad radio samostalno, koristeći stečeno znanje na studiju i navedenu literaturu.

U izradi proračuna svojim stručnim vodstvom te korisnim savjetima mi je pomogao asistent Matej Đuranović, mag. ing. mech. te ovim putem želim izraziti zahvalu.

U izradi završnoga rada mi je pomogla mentorica prof. dr. sc. Marija Živić svojim savjetima i konstruktivnim kritikama na kojim zahvaljujem.

A handwritten signature in cursive script, appearing to read 'Danijel', is written in the lower right quadrant of the page.

## **ABSTRACT**

In this bachelor thesis, the task was to evaluate the feasibility of constructing a water reservoir, create a cash flow plan, and analyze the risks associated with its construction. The Hardy Cross method confirmed that the necessary pressure of 1.5 bar is maintained at every node in the water supply network and that the reservoir can be filled during nighttime hours when electricity rates are lower. The economic analysis determined that the project is feasible when financed with a loan at 9% interest over 20 years, considering the current electricity price and even if it increased by 20%. However, the risk analysis showed that if the electricity price decreased by 20%, the project would become unprofitable.

# SADRŽAJ

## PREGLED VELIČINA, OZNAKA I JEDINICA

1. UVOD.....	1
1.1. Vodosprema .....	1
2. TEHNIČKA ANALIZA .....	2
2.1. Dnevna potrošnja vode .....	2
2.2. Proračun stacionarnog strujanja u cijevnim mrežama metodom Hardy – Cross .....	3
2.3. Rezultati proračuna vodovodne mreže.....	6
2.3.1. Proračun dnevne potrošnje električne energije .....	11
2.4. Dimenzioniranje vodospreme .....	13
3. EKONOMSKA ANALIZA .....	17
3.1 Novčani tok.....	17
3.2. Provjera isplativosti projekta .....	19
3.2.1. Analiza rizika .....	21
4. ZAKLJUČAK.....	24
5. LITERATURA .....	25



## PREGLED VELIČINA, OZNAKA I JEDINICA

Oznaka	Jedinica	Opis
$Q$	$\text{m}^3/\text{s}$	volumenski protok
$h_f$	m	visina gubitaka mehaničke energije
$\lambda$	-	faktor otpora trenja
$p$	bar	tlak
$D$	m	promjer
$h$	m	peizometrička visina
$Re$	-	Reynoldsov broj
$\rho$	$\text{kg}/\text{m}^3$	gustoća
$L$	m	duljina cijevi
$v$	$\text{m}/\text{s}$	brzina strujanja u cijevi
$g$	$\text{m}/\text{s}^2$	ubrzanje Zemljine sile teže
$k$	m	hrapavost cijevi
$\eta$	-	stupanj korisnoga djelovanja
$P$	W	snaga
$h_p$	m	visina dobave pumpe
$V$	$\text{m}^3$	volumen
$\nu$	$\text{m}^2/\text{s}$	kinematička viskoznost

## 1. UVOD

Vodovodne mreže tvore esencijalnu infrastrukturu u svakom naselju, bilo to ruralnog ili urbanog, osiguravajući kućanstva pitkom vodom koja je nužna za održavanje svakodnevnih životnih funkcija, zdravlje, higijenu i drugo. Svaka vodovodna mreža se sastoji od vodospreme, cjevovoda, pumpe te drugih elemenata koji obnašaju funkciju distribucije vode od izvorišta do potrošača. Pažljivo projektiranje, kvalitetna izgradnja i održavanje pridonose povećanju učinkovitosti cjelovite vodovodne mreže, smanjenu mogućih gubitaka vode i postizanju potrebne količine vode na zahtjeve svih potrošača. Uz to je potrebno provesti ekonomsku analizu gdje se razrađuju financije projekta. Ekonomska analiza je od vrlo visokog značaja kod postavljanja poslovnog plana i donošenju suda o isplativosti projekta.

### 1.1. Vodosprema

Vodosprema je građevina koja služi za akumulaciju i skladištenje vode, a sastavni je dio vodovodne mreže. Mogu se koristiti također za uštedu električne energije akumulirajući vodu noću, tijekom režima jeftinije električne energije, te akumuliranu vodu distribuirati danju bez potrebe za radom pumpe. Izvode se kao ukopane, djelomično ukopane ili prizemne. Mogu biti izrađene od armiranog betona, čelika, kamenog zida i slično, što ovisi o vrsti tla, klimatskim uvjetima i drugo. [1]

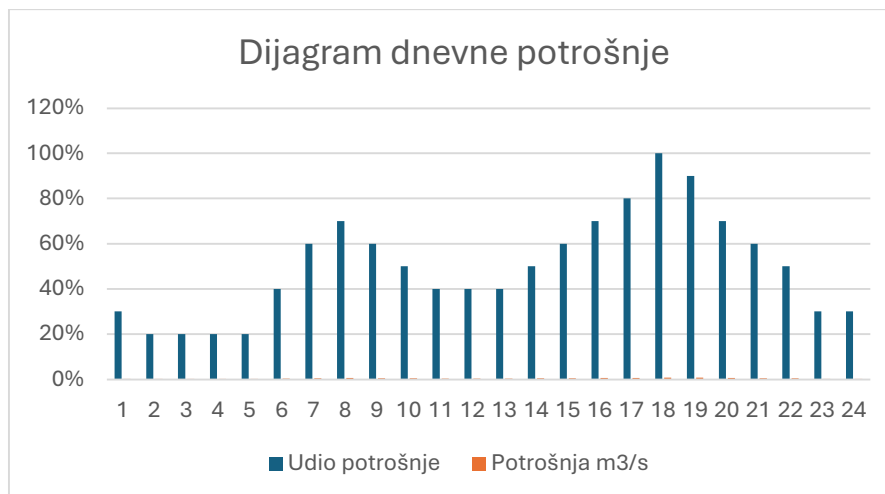


Slika 1.1 Vodosprema [1]

## 2. TEHNIČKA ANALIZA

### 2.1. Dnevna potrošnja vode

Na slici 2.1 prikazan je dijagram karakterističnog rasporeda dnevne potrošnje vode svakog potrošača.



Slika 2.1 *Dijagram rasporeda dnevne potrošnje vode*

Na temelju dijagrama 2.1 rasporeda dnevne potrošnje vode je kreirana tablica 2.1 koja prikazuje razdiobu dnevne potrošnje vode po satima.

Tablica 2.1 *Razdioba dnevne potrošnje vode po satima*

Sat	Udio dnevne potrošnje, %	Sat	Udio dnevne potrošnje, %
1	30%	13	40%
2	20%	14	50%
3	20%	15	60%
4	20%	16	70%
5	20%	17	80%
6	40%	18	100%
7	60%	19	90%
8	70%	20	70%
9	60%	21	60%
10	50%	22	50%
11	40%	23	30%
12	40%	24	30%

Podaci iz tablice 2.1 koristi će se za proračun punjenja vodospreme. Evidentno je da će se vodosprema puniti tijekom režima jeftinije električne energije (24-6 h), kada je i najmanja potrošnja.

## 2.2. Proračun stacionarnog strujanja u cijevnim mrežama metodom Hardy – Cross

Metoda Hardy – Crossa je jedna od iterativnih metoda koja se koristi za analizu i računanje protoka fluida u mrežama cjevovoda, posebno u sustavima za distribuciju vode. Vodovodna mreža je kompleksni sustav sastavljen od različitih elemenata kao što su spremnici, pumpe, ventili, cijevi te je shematski moguće prikazati određeni broj elemenata koji su povezani u čvorovima. Složenim cijevnim mrežama se smatraju one koje imaju barem jednu zatvorenu cijevnu petlju. Čvor se definira na mjestu račvanja cjevovoda, na mjestu spajanja dvije cijevi različitih promjera ili na bilo kojem mjestu u cjevovodu na kojem se želi ustanoviti vrijednosti brzine ili tlaka.

Model stacionarnoga strujanja fluida proizlazi direktno iz modela nestacionarnoga strujanja u kojima se nestacionarni članovi jednaki nuli. [2] Jednadžba kontinuiteta slijedi iz poznate činjenice konstantnosti brzine uzduž cijevi konstantnog presjeka :  $\partial v / \partial x = 0$ . Nakon integracije, jednadžba količine gibanja svodi se na poznati izraz Darcy – Weisbacha. Na temelju toga, Hardy – Cross metoda formulira model stacionarnog strujanja s obzirom na sljedeće uvjete :

- a) Za svaki čvor suma protoka koji ulaze u čvor je jednak onoj sumi protoka koji izlazi iz čvora.

$$\sum_{i=1}^n Q_i = 0$$

- b) Za svaku cijev mora biti zadovoljena Darcy – Weisbachova jednadžba, ili na drugi način, suma padova visina gubitaka mehaničke energije  $h_f$  svake petlje sa n elemenata mora biti jednaka nuli.

$$h_f = \lambda \frac{L v^2}{D 2g} = \lambda \frac{L 8Q^2}{D^5 g\pi^2} = rQ|Q| \quad \text{ili} \quad \sum_{i=1}^n h_{fi} = 0$$

Gdje je  $Q^2$  zamijenjen sa  $Q|Q|$  čime je povezan predznak visine gubitaka mehaničke energije sa smjerom protoka.

$h_f$  – visina gubitaka mehaničke energije zbog otpora trenja, m

$\lambda$  – koeficijent otpora trenja,

$L$  – duljina cijevi ili segmenta cijevi istog poprečnog presjeka, m

$D$  – promjer cijevi, m

Određivanje faktora trenja predstavlja problem jer on nije univerzalan kao faktor trenja mirovanja između dvije površine već ovisi o vrsti strujanja fluida.

U ovom radu koeficijent otpora trenja će se određivati pomoću sljedećih formula :

- za područje laminarnog strujanja :

$$\lambda = \frac{64}{Re}, \quad Re \leq 2320$$

- za područje turbulentnog strujanja primjenjuje se Swamee-Jain jednadžba [3] :

$$\lambda = \frac{1,325}{\left[ \ln \left( \frac{k}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}, \quad 5 \cdot 10^3 \leq Re \leq 10^8, \quad 10^{-6} < \frac{k}{D} < 10^{-2}$$

$Re$  – Reynoldsov broj

$$Re = \frac{vD}{\nu} = \frac{4Q}{D\pi\nu}$$

$Q$  – volumenski protok, m<sup>3</sup>/s

$\nu$  – koeficijent dinamičke viskoznosti, m/s

$k$  – visina hrapavosti, m

$k/D$  – relativna hrapavost

$r$  – pomoćni koeficijent, s<sup>2</sup>/m<sup>5</sup>

$$r = \lambda \frac{8L}{D^5 g \pi^2}$$

Za proračun stacionarnoga strujanja u vodovodnim mrežama postoji niz različitih numeričkih metoda, konkretno u ovom radu je korištena Hardy – Cross metoda. Hardy – Cross metoda polazi od činjenice da algebarska suma padova tlakova u zatvorenoj petlji mora biti jednaka nuli i to za svaku petlju.

Prvi korak provođenja Hardy – Cross metode jest empirijski pretpostaviti protoke u svakoj od cijevi petlje, a da se pri tome zadovoljava jednadžba kontinuiteta u svakom čvoru. Nakon toga se iterativnim postupkom računa korekcija protoka te se dodaje ili oduzima ovisno o pretpostavljenom smjeru obilaženja petlje. Iteraciju je potrebno provoditi sve do izjednačenja padova tlakova, odnosno do potpunog balansiranja mreže u smislu izjednačenja sume visina gubitaka mehaničke energije s nulom, tj dok se ne zadovolji kriterij točnosti  $|\Delta Q| < \varepsilon$ , gdje je  $\varepsilon$  zadana točnost za protok. Važno je napomenuti da se pri iterativnom postupku korigiranja protoka ne narušava jednadžba kontinuiteta.

Potrebno je za svaku cijev petlje u svakoj iteraciji za koju je potrebno korigirati protok primijeniti formulu :

$$Q_i^{(k)} = Q_i^{(k-1)} + \Delta Q^{(k)}$$

gdje je :

$Q_i^{(k)}$  – protok u i-toj cijevi petlje u k-toj tekućoj iteraciji

$Q_i^{(k-1)}$  – protok u i-toj cijevi određen u prethodnoj iteraciji

$\Delta Q^{(k)}$  – korekcija protoka u tekućoj iteraciji, koja je jednaka za sve cijevi u istoj petlji

Također za svaku cijev u petlji vrijedi jednačba :

$$h_{fi}^{(k)} = r_i^{(k)} [Q_i^{(k)}]^2 = r_i^{(k)} [Q_i^{(k-1)} + \Delta Q^{(k)}]^2$$

S obzirom da je korekcija  $\Delta Q^{(k)}$  malena u usporedbi s  $Q_i^{(k-1)}$ , član  $[\Delta Q^{(k)}]^2$  je zanemariv, pa slijedi :

$$h_{fi}^{(k)} = r_i^{(k)} \left[ \left( Q_i^{(k-1)} \right)^2 + 2Q_i^{(k-1)} \Delta Q^{(k)} \right]$$

Za svaku petlju vrijedi da je suma visina gubitaka mehaničke energije zbog otpora trenja u svakoj iteraciji jednaka nuli.

Matematički zapisano :

$$h_{f1}^{(k)} + h_{f2}^{(k)} + \dots + h_{fi}^{(k)} + \dots + h_{fn}^{(k)} = \sum_{i=1}^n h_{fi}^{(k)} = 0$$

$n$  – broj cijevi u određenoj petlji,

$h_{fi}^{(k)}$  – je pozitivan za protok kojem je smjer jednak smjeru obilaženja petlje, te negativan za suprotni slučaj.

Kombinacijom ova dva izraza se dobiva sljedeća jednačba :

$$\sum_{i=1}^n r_i^{(k)} [Q_i^{(k-1)}]^2 + \Delta Q^{(k)} \sum_{i=1}^n 2r_i^{(k)} Q_i^{(k-1)} = 0$$

Iz jednačbe se izražava korekcija protoka u određenoj petlji k-te iteracije :

$$\Delta Q^{(k)} = - \frac{\sum r_i^{(k)} Q_i^{(k-1)} |Q_i^{(k-1)}|}{\sum 2r_i^{(k)} |Q_i^{(k-1)}|}$$

ili u općenitom obliku :

$$\Delta Q = - \frac{\sum h_{fi}}{\sum \frac{\partial h_{fi}}{\partial Q_i}}$$

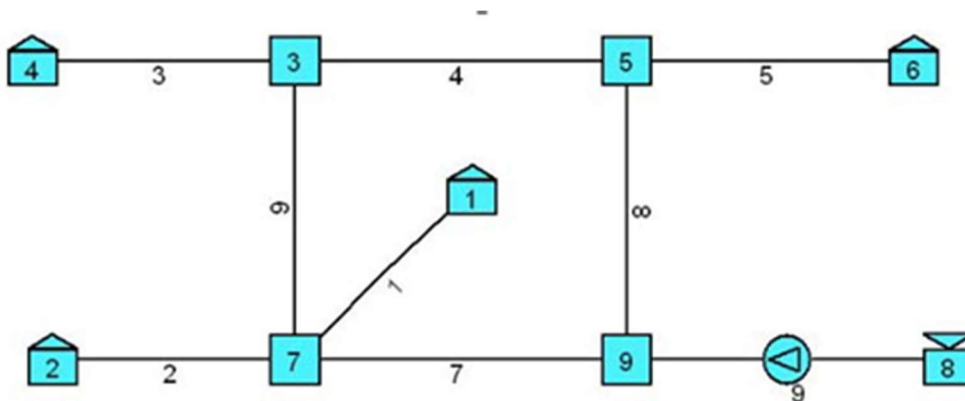
Korekcija protoka  $\Delta Q$  se pridodaje protoku u slučaju da se smjer protoka poklapa sa pretpostavljenim smjerom obilaska petlje, u suprotnom slučaju kada je smjer protoka suprotan od pretpostavljenog smjera obilaska petlje se korekcija protoka oduzima od protoka.

### 2.3. Rezultati proračuna vodovodne mreže

S obzirom na podatke zadane zadatkom i osnovnih parametara vodovoda danih u tablici 2.2, konstruiran je sustav vodovodne mreže malog vodovodnog sustava sa vodospremom prikazan shematski na slici 2.2.

Tablica 2.2 Osnovni parametri vodovoda

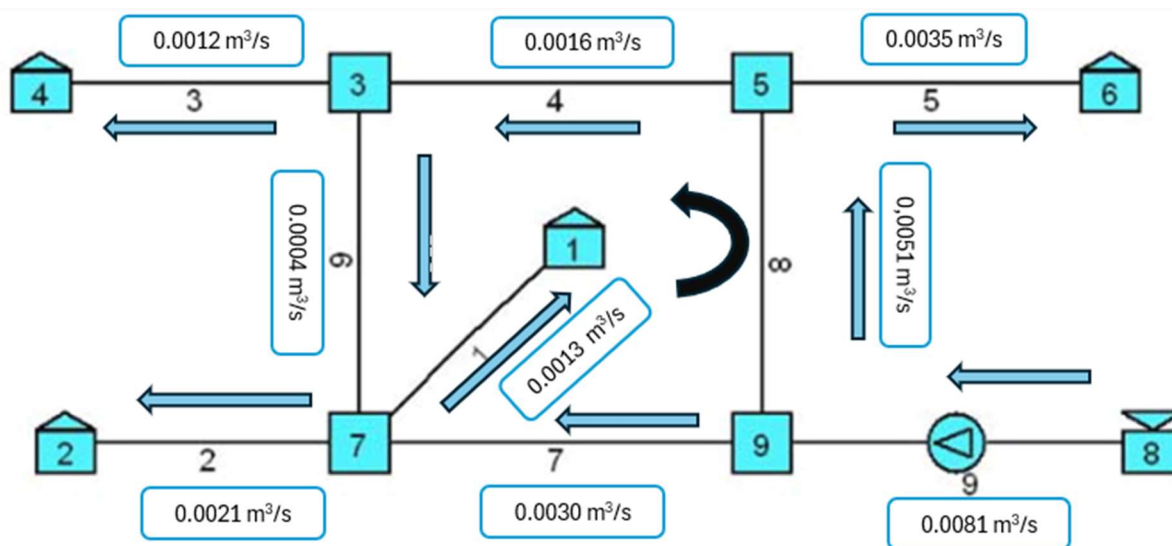
Cijev	Duljina	Promjer	Čvor	Potrošnja (m <sup>3</sup> /s)	Visina
1	3 km	100 mm	1	0.0013	20 m
2	5 km	100 mm	2	0.0021	40 m
3	16 km	100 mm	3		35 m
4	3 km	100 mm	4	0.012	20 m
5	5 km	150 mm	5		35 m
6	11 km	100 mm	6	0.035	60 m
7	2 km	100 mm	7		35 m
8	5 km	150 mm	8		20 m
9		150 mm	9		20 m



Slika 2.2 Shematski prikaz vodovoda

Potrebno je odrediti tlakove u pojedinim čvorovima te protoke kroz cijevi za vodovodni sustav shematski prikazan na slici 2.2. U tablici 2.2 su zadane pojedine potrošnje potrošača, duljine cijevi  $L$ , promjeri cijevi  $D$  i visine. Definiran je pretlak u čvoru 8 od 1 bar. Gustoća vode iznosi  $999 \text{ kg/m}^3$ .

Prvi korak proračunavanja vodovodne mreže jest numeriranje svih čvorova i cijevi kao što je prikazano na slici 2.2. Zatim slijedi empirijsko pretpostavljanje smjera i iznosa protoka (slika 2.3) vodeći računa da jednadžba kontinuiteta bude zadovoljena u svakom čvoru, a time i u cijeloj vodovodnoj mreži. Crnom polukružnom strelicom je pretpostavljen smjer obilaska petlje.



Slika 2.3 Pretpostavljanje smjera i iznosa protoka u pojedinim cijevima

U trećem koraku slijedi identificiranje broja zatvorenih petlji. Očito je da se na temelju slike 2.3 radi o jednoj zatvorenoj petlji što je moguće i matematički dokazati.



$$\text{Broj čvorova} = 9$$

$$\text{Broj elemenata} = 9$$

$$\text{Broj petlji} = 9 + 1 - 9 = 1$$

Zatim slijedi primjena Hardy – Cross metode u cilju računanja suma padova tlakova i njihovih derivacija u elementima koji sačinjavaju petlju te se određuje korekcija protoka  $\Delta Q$  koja se dodaje protoku kada je smjer protoka jedan pretpostavljenom smjeru obilaska petlje, a u suprotnom slučaju oduzima. Jednim iterativnim postupkom se obuhvaća korekcija protoka u svim petljama vodovodne mreže.

Formule koje će se iskoristiti za iterativni postupak :

$$Re = \frac{vD}{\nu} = \frac{4Q}{D\pi\nu}$$

$$\lambda = \frac{64}{Re}, \quad Re \leq 2320$$

$$\lambda = \frac{1,325}{\left[ \ln \left( \frac{k}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}, \quad 5 \cdot 10^3 \leq Re \leq 10^8, \quad 10^{-6} < \frac{k}{D} < 10^{-2}$$

$$r = \lambda \frac{8L}{D^5 g \pi^2}$$

$$\Delta = \frac{\sum r \cdot |Q| \cdot Q}{\sum 2 \cdot r \cdot |Q|}$$

U tablici 2.3 je prikazan opis veličina.

Tablica 2.3 Prikaz opisa veličina

Oznaka	Jedinica	Opis veličine
$Re$	-	Reynoldsov broj
$\nu$	$m^2/s$	kinematička viskoznost
$D$	m	promjer cijevi
$Q$	$m^3/s$	protok kroz cijev
$\lambda$	-	koeficijent otpora trenja
$k$	m	visina hrapavosti
$k/D$	-	relativna hrapavost
$L$	m	duljina cijevi
$r$	$s^2/m^5$	pomoćni koeficijent
$\Delta$	-	korekcija protoka za sve elemente koji sačinjavaju petlju

Zadatom su zadani i podaci koeficijenta kinematičke viskoznosti koja iznosi  $1,12 \cdot 10^{-6}$  te visina hrapavosti stijenke koja iznosi  $8 \cdot 10^{-5}$  koji će se koristiti u daljnjem proračunu.

Vidljivo je sa slike 2.3 da će protoci u cijevima 8, 4 i 6 biti pozitivni jer je smjer pretpostavljenih protoka jednak pretpostavljenom smjeru obilaska petlje, sukladno tomu protok u cijevi 7 će imati negativan predznak. Slijedi postupak iteracije.

Tablica 2.4 Prikaz postupka iteracije

## Pretpostavka

Element	$L, m$	$D, m$	$Q, m^3/s$	$Re$	$\lambda$	$r$	$r \cdot Q \cdot \text{abs}(Q)$	$2r \cdot \text{abs}(Q)$	Korekcija
4	3000	0,1	0,0016	18189,14	0,028224915	699879,8136	1,791692323	2239,6154	
6	11000	0,1	0,0004	4547,28	0,039917035	3629280,456	0,580684873	2903,4244	
7	2000	0,1	-0,003	34104,63	0,025050258	414106,2308	-3,726956077	2484,6374	
8	5000	0,15	0,0051	38651,91	0,023759020	129303,9543	3,363195851	1318,9003	
							2,008616969	8946,5775	-0,00022451

## ITERACIJA 1

Element	Korigirani $Q$
4	0,00137549
6	0,000175488
7	0,00322451
8	0,00487549

Element	$L, m$	$D, m$	$Q, m^3/s$	$Re$	$\lambda$	$r$	$r \cdot Q \cdot \text{abs}(Q)$	$2r \cdot \text{abs}(Q)$	Korekcija
4	3000	0,1	0,00137549	15636,83	0,029151132	722846,7584	1,367601726	1988,5336	
6	11000	0,1	0,00017549	1994,98	0,032080511	2916779,002	0,089824898	1023,7175	
7	2000	0,1	-0,00322451	36656,93	0,024748087	409111,0444	-4,25372381	2638,3672	
8	5000	0,15	0,00487549	36950,38	0,023953946	130364,7995	3,098820825	1271,1839	
							0,30252364	6921,8023	-4,37059E-05

## ITERACIJA 2

Element	Korigirani $Q$
4	0,00133178
6	0,00013178
7	0,00326822
8	0,00483178

Element	$L$ , m	$D$ , m	$Q$ , m <sup>3</sup> /s	$Re$	$\lambda$	$r$	$r * Q * \text{abs}(Q)$	$2r * \text{abs}(Q)$	Korekcija
4	3000	0,1	0,00133178	15139,98	0,029358055	727977,7429	1,291172383	1939,015	
6	11000	0,1	0,00013178	1498,12	0,042720130	3884139,483	0,067453648	1023,7175	
7	2000	0,1	-0,00326822	37153,79	0,024693010	408200,5539	-4,36009235	2668,177	
8	5000	0,15	0,00483178	36619,14	0,023993459	130579,8399	3,04853196	1261,8666	
							0,047065641	6892,776	-6,82826E-06

## ITERACIJA 3

Element	Korigirani $Q$
4	0,00132495
6	0,00012495
7	0,00327505
8	0,00482495

Element	$L$ , m	$D$ , m	$Q$ , m <sup>3</sup> /s	$Re$	$\lambda$	$r$	$r * Q * \text{abs}(Q)$	$2r * \text{abs}(Q)$	Korekcija
4	3000	0,1	0,00132495	15062,35	0,029391299	728802,081	1,279413361	1931,2577	
6	11000	0,1	0,00012495	1420,50	0,045054630	4096393,629	0,063958545	1023,7175	
7	2000	0,1	-0,00327505	37231,42	0,024684507	408060,0016	-4,376822824	2672,831	
8	5000	0,15	0,00482495	36567,39	0,023999680	130613,6987	3,040709938	1260,41	
							0,00725902	6888,2162	-1,05383E-06

## ITERACIJA 4

Element	Korigirani $Q$
4	0,00132390
6	0,00012390
7	0,00327610
8	0,00482390

Element	$L$ , m	$D$ , m	$Q$ , m <sup>3</sup> /s	$Re$	$\lambda$	$r$	$r * Q * \text{abs}(Q)$	$2r * \text{abs}(Q)$	Korekcija
4	3000	0,1	0,00132390	15050,37	0,029396453	728929,8686	1,277602924	1930,06	
6	11000	0,1	0,00012390	1408,52	0,045437844	4131235,602	0,063419132	1023,7175	
7	2000	0,1	-0,00327610	37243,40	0,024683198	408038,3499	-4,379407606	2673,5491	
8	5000	0,15	0,00482390	36559,40	0,024000641	130618,9306	3,03950357	1260,1852	
							0,00111802	6887,5119	-1,62326E-07

Element	Korigirani $Q$
4	0,00132374
6	0,00012374
7	0,00327626
8	0,00482374

Nakon iterativnog postupka dobivaju se konačni iznosi protoka u svim cijevima koji su prikazani u tablici 2.5.

Tablica 2.5 Prikaz rezultata protoka dobiveni postupkom iteracije

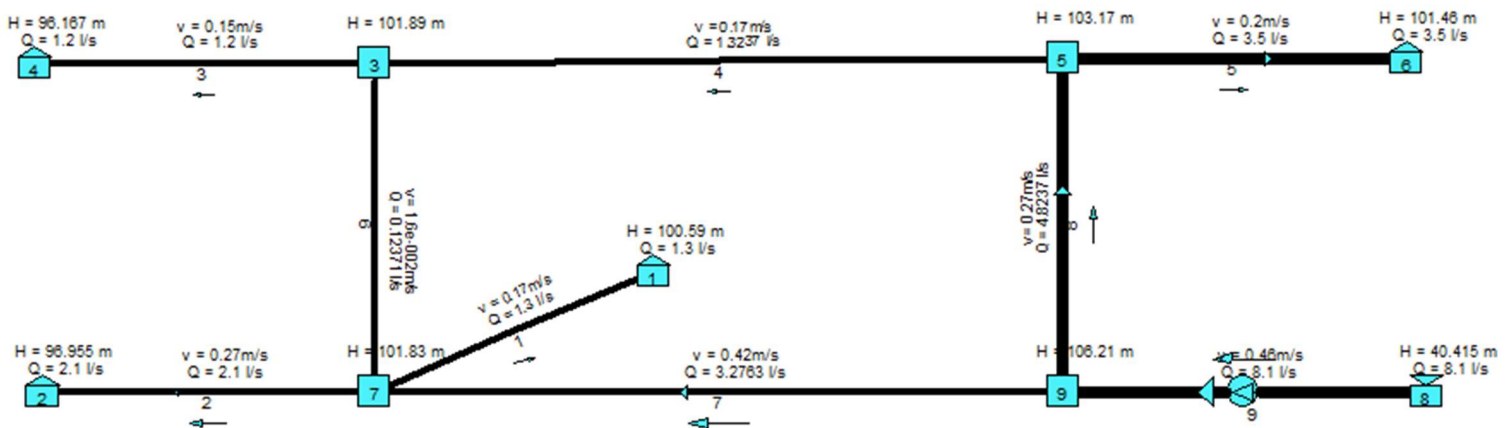
Element	$L$ , m	$D$ , m	$Q$ , m <sup>3</sup> /s	$Re$	$\lambda$	$r$
1	3000	0,1	0,0013	14778,67	0,0295149936	731869,27
2	5000	0,1	0,0021	23873,24	0,0267252791	1104490,08
3	16000	0,1	0,0012	13641,85	0,0300485491	3973864,51
4	3000	0,1	0,00132374	15048,52	0,0293972470	728949,57
5	5000	0,15	0,0035	26525,82	0,0255290482	138936,99
6	11000	0,1	0,00012374	1406,67	0,0454974515	4136655,19
7	2000	0,1	0,00327626	37245,24	0,0246829960	408035,02
8	5000	0,15	0,00482374	36558,17	0,0240007896	130619,74

Pad tlaka izražen u metrima vodenog stupca računa se iz izraza  $\Delta p = r|Q|Q$  gdje je pomoćni koeficijent  $r$  zadan jednadžbom  $r = \lambda \frac{8L}{D^5 g \pi^2}$ . Kako je u čvoru 8 narinut tlak u iznosu od 2 bara, tlak u čvoru 9 se računa kao tlak u čvoru 8 umanjen za pad tlaka u elementu 8. Sukladno tomu tlak čvoru 7 se računa kao tlak u čvoru 9 umanjen za pad tlaka u elementu 9. Postupak se izvodi dok se ne izračunaju tlakovi u svim čvorovima. Rezultati su prikazani u tablici 2.6.

Tablica 2.6 Prikaz rezultata visina tlaka

Čvor	Geodetska visina	Peizometrička visina	Visina tlaka
1	20	100,59	80,59
2	40	96,96	56,96
3	35	101,89	66,89
4	20	96,17	76,17
5	35	103,17	68,17
6	60	101,46	41,46
7	35	101,83	66,83
8	20	40,41	20,41
9	20	106,21	86,21

U svrhu provjere rezultata, proračun vodovodne mreže je također izvršen u programskom paketu PIPELINE (slika 2.4).



Slika 2.4 Prikaz rezultata proračuna u programskom paketu PIPELINE

### 2.3.1. Proračun dnevne potrošnje električne energije

Potrebno je proračunati dnevni potrošak električne energije potreban za dobavu vode do potrošača. Koristi se pumpa koja može postići maksimalni protok od  $0,0081 \text{ m}^3/\text{s}$  čiji je stupanj djelovanja izražen jednadžbom  $\eta = 0,112 \cdot \{Q\}_l - 0,004687 \cdot (\{Q\}_{l/s})^2$ .

Vidljivo je iz izraza da će se stupanj djelovanja pumpe mijenjati s promjenom protoka te samim time direktno utjecati na količinu utrošene električne energije. Visina pumpe je zadana karakteristikom  $\{h_p\}_m = 84 - 1,6 \cdot \{Q\}_l - 0,08 \cdot (\{Q\}_{l/s})^2$ . Evidentno je da ne ovisi samo stupanj djelovanja o protoku već i visina dobave pumpe također što utječe na snagu pumpe jer je snaga pumpe dana izrazom :

$$P = \rho \cdot g \cdot h_p$$

Gdje je :

$P$  – snaga pumpe, W

$\rho$  – gustoća vode, kg/m<sup>3</sup>

$h_p$  – visina dobave pumpe, m

$g$  – ubrzanje sile teže na Zemlji, m/s<sup>2</sup>

Ukupna dnevna potrošnja električne energije je prikazana tablicom 2.7 i iznosi 192,64 kWh.

Tablica 2.7 Prikaz dnevne potrošnje električne energije

Sati	Udio potrošnje	Potrošnja m <sup>3</sup> /s	Visina pumpe, m	Snaga pumpe, W	Stupanj korisnog djelovanja	Utrošena elek. energija, kWh
1	30%	0,00243	79,64	1895,93	0,24	7,75
2	20%	0,00162	81,20	1288,68	0,17	7,62
3	20%	0,00162	81,20	1288,68	0,17	7,62
4	20%	0,00162	81,20	1288,68	0,17	7,62
5	20%	0,00162	81,20	1288,68	0,17	7,62
6	40%	0,00324	77,98	2475,10	0,31	7,89
7	60%	0,00486	74,33	3539,26	0,43	8,16
8	70%	0,00567	72,36	4019,24	0,48	8,30
9	60%	0,00486	74,33	3539,26	0,43	8,16
10	50%	0,00405	76,21	3023,71	0,38	8,03
11	40%	0,00324	77,98	2475,10	0,31	7,89
12	40%	0,00324	77,98	2475,10	0,31	7,89
13	40%	0,00324	77,98	2475,10	0,31	7,89
14	50%	0,00405	76,21	3023,71	0,38	8,03
15	60%	0,00486	74,33	3539,26	0,43	8,16
16	70%	0,00567	72,36	4019,24	0,48	8,30
17	80%	0,00648	70,27	4461,16	0,53	8,43
18	100%	0,00810	65,79	5220,82	0,60	8,71
19	90%	0,00729	68,08	4862,52	0,57	8,57
20	70%	0,00567	72,36	4019,24	0,48	8,30
21	60%	0,00486	74,33	3539,26	0,43	8,16
22	50%	0,00405	76,21	3023,71	0,38	8,03
23	30%	0,00243	79,64	1895,93	0,24	7,75
24	30%	0,00243	79,64	1895,93	0,24	7,75
Ukupno, kWh						192,64

U slučaju da se koristi jednotarifno brojilo cijena električne energije je jedinstvena i iznosi 0,18 €/kWh i tada bi cijena dnevne potrošnje električne energije iznosila 34,67 €.

Ako bi se koristilo dvotarifno brojilo, tada bi cijena skuplje električne energije koja nastupa od 7 do 21 h bila 0,21 €/kWh, a cijena jeftinije električne energije koja nastupa od 21 do 7 h bila 0,12 €/kWh. Ukupna dnevna cijena električne energije bi tada bila 33,45 €.

#### 2.4. Dimenzioniranje vodospreme

Dimenzioniranje vodospreme predstavlja važan korak u projektiranju sustava za snabdijevanje vodom. Vodosprema služi za skladištenje vode, pri tomu omogućavajući stabilnu opskrbu pri vršnom opterećenju te osiguravajući rezervu vode u slučaju iznenadnih kvarova ili drugih kritičnih situacija.

Temeljni faktori za dimenzioniranje vodospreme :

1. Potrošnja vode – analiza trenutne i očekivane potrošnje vode je osnova za određivanje potrebnog kapaciteta vodospreme.
2. Vrsta potrošnje :
  - Domaćinstvo – prosječna dnevna potrošnja po stanovniku.
  - Industrijska – potrošnja zavisna o vrsti industrije.
  - Javne institucije – bolnice, škole i dr.
3. Vršno opterećenje – maksimalna očekivana dnevna potrošnja.
4. Hidraulički uvjeti – tlak vode u sustavu, geografski položaj vodospreme.
5. Sigurnosna rezerva – dodatni kapacitet koji će osigurati opskrbu vodom u slučaju hitnih situacija (remont pumpe, požar, elementarne nepogode).

Uz kapacitet vodospreme kao najvažniju stavku, bitan je i oblik vodospreme. Vodospreme se izvode kao podzemne ili nadzemne u različitim geometrijskim oblicima koji mogu biti :

1. Cilindrične :
  - Vertikalne cilindrične vodospreme – najčešće su postavljene na tlo ili uzvišene strukture. Upotrebljavaju se za skladištenje vode u različite komunalne i industrijske svrhe.
  - Horizontalne cilindrične – koriste se za skladištenje vode u slučajevima gdje je nužan niži profil rezervoara.
2. Sferične vodospreme :
  - Koriste se u situacijama gdje je potrebno ostvariti ravnomjeran tlak u svim smjerovima. Sferične mogu biti podzemne ili iznad zemlje.

### 3. Kockaste ili pravokutne vodospreme :

- Koriste se u slučajevima gdje je potrebna optimalnost iskorištenja prostora, kao što su podzemne vodospreme u urbanim naseljima ili skladišni prostori unutar zgrada.

Radi uštede u cijeni električne energije razmišlja se o izgradnji vodospreme u čvoru 6. Tijekom režima jeftinije električne energije pumpa bi dostavljala vodu i u vodospremu i potrošačima, a tijekom režima skuplje električne energije nastojalo bi se zadovoljiti opskrbu iz vodospreme (zadovoljiti potrebne količine pri tlaku od barem 1,5 bara).

Potrebno je bilo proračunati kapacitet vodospreme u tri slučaja :

1. Kapacitet vodospreme koja je potrebna da bi se osigurala opskrba tijekom režima skuplje energije :
  - Sumom potrošnja tijekom režima skuplje energije se dobiva 0,07128 m<sup>3</sup>/s te množeći sa 3600 kako bi se rezultat izrazio u m<sup>3</sup> se dobiva 256,61 m<sup>3</sup>.
2. Kapacitet vodospreme koja je potrebna da bi se uskladištila sva voda koju je moguće dostaviti vodospremi tijekom režima jeftinije energije :
  - Količina vode koja je potrebna da bi se uskladištila sva voda tijekom režima jeftinije energije je jednaka razlici količine vode koja ide u čvor 6 (vodosprema se nalazi u čvoru 6) i svih potrošača na čvoru 6 za taj sat. Količina vode koja ide u čvor 6 se dobivala pomoću programskoga paketa Pipeline. Količine vode koja ide u čvor 6 tijekom sati jeftinije energije s obzirom na karakterističnu potrošnju su dani u tablici 2.8.

Tablica 2.8 Količina vode koja ide u čvor 6

Postotak potrošnje, %	Protok koji ide u čvor 6 m <sup>3</sup> /s (rezultati izvučeni iz pipeline-a)
20	0,01020
30	0,00995
40	0,00969
50	0,00942
60	0,00915
70	0,00888
80	0,0086
90	0,00831
100	0,00802

Množeći sumu protoka koji idu u vodospremu prikazanih u tablici 2.9 sa 3600 dobiva se kapacitet vodospreme od 315,76 m<sup>3</sup>.

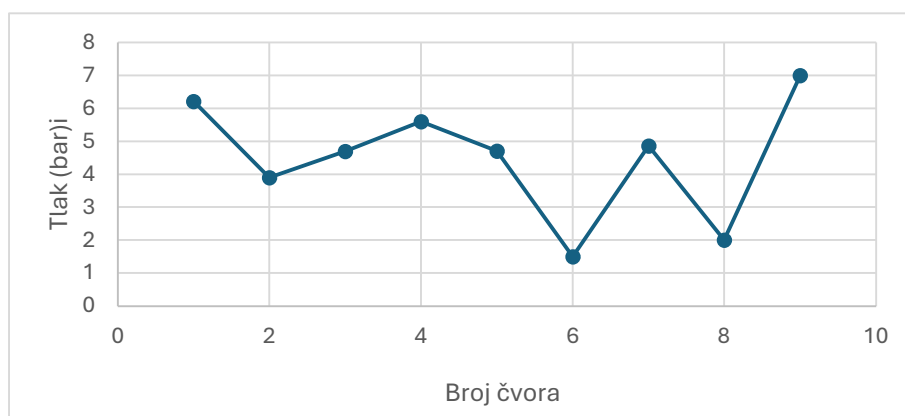
Tablica 2.9 Protok koji ide u vodospremu

Sati	Protok koji ide u vodospremu	Sati	Protok koji ide u vodospremu
1	0,00890	13	0,00000
2	0,00950	14	0,00000
3	0,00950	15	0,00000
4	0,00950	16	0,00000
5	0,00950	17	0,00000
6	0,00829	18	0,00000
7	0,00000	19	0,00000
8	0,00000	20	0,00000
9	0,00000	21	0,00705
10	0,00000	22	0,00767
11	0,00000	23	0,00890
12	0,00000	24	0,00890
		Ukupno	0,08771

3. Kapacitet vodospreme koja je potrebna da bi se osigurala sva potrošnja tijekom dva dana (npr. zbog remonta pumpe).

- Sumom dvodnevne potrošnje se dobiva rezultat  $0,19440 \text{ m}^3/\text{s}$ , zatim množeći sa 3600 kako bi se dobio kapacitet vodospreme koji iznosi  $699,84 \text{ m}^3$ .

U sva tri slučaja je bilo potrebno ostvariti tražene količine vode pri tlaku od barem 1,5 bar što je i ostvareno kao što je prikazano na slici 2.5 dijagramom u najzahtjevnijim uvjetima (100% potrošnje u 18 h) pa samim time i u svim ostalim uvjetima.



Slika 2.5 Promjena tlakova po pojedinim čvorovima

Za 3. slučaj je bilo potrebno odrediti i najpogodniji oblik za izradu vodospreme te količinu i cijenu betona potrebnog za izgradnju vodospreme. Cijena građevinskih radova prema količini ugrađenog betona iznosi  $180\text{€/m}^3$ . Potrebna debljina stijenke zida vodospreme iznosi 0.3 m. U tablici 2.10 je dokazano da je kugla najisplativiji oblik vodospreme.



Tablica 2.10 Prikaz najpovoljnijeg izbora oblika vodospreme

Kugla		Kocka		Cilindar	
Radijus, m	5,51	Brid, m	8,88	Radijus, m	5,65
Kapacitet vodospreme, m <sup>3</sup>	700,59	Kapacitet vodospreme, m <sup>3</sup>	701	Visina, m	7
Volumen betona, m <sup>3</sup>	120,78	Volumen betona, m <sup>3</sup>	150,97	Kapacitet vodospreme, m <sup>3</sup>	702,01
Cijena betona, €	<b>21743,935</b>	Cijena betona, €	27174,85	Volumen betona, m <sup>3</sup>	143,26
				Cijena betona, €	25786,8

U slučaju izgradnje vodospreme te punjenja tijekom jeftinije tarife električne energije, a trošenja vode iz vodospreme tijekom skuplje tarife električne energije, doći će do smanjenja potrošnje električne energije. U slučaju jednotarifnog brojila, dnevna potrošnja električne energije će iznositi 16,16 €, a u slučaju dvotarifnog brojila ukupna dnevna potrošnja električne energije će iznositi 10,77 €. Isplativost ove investicije će se provjeriti u dijelu ekonomske analize.

### 3. EKONOMSKA ANALIZA

Ekonomski analiza je ključni alat u procjeni vrijednosti, troškova i koristi različitih ekonomskih odluka. Pravilno provedena ekonomska analiza obuhvaća identificiranje najučinkovitijih odluka, minimalizaciju troškova te ispitivanje isplativosti donesenih odluka. Svaki projekt može imati smisla sa pogleda tehničkog stajališta, u smislu da je tehnički izvediv što ne mora nužno značiti da će biti i isplativ. Upravo ekonomski faktor i jest najutjecajniji na odluku provođenja određenog projekta ili ne. Za svaki projekt je potrebno provesti procjenu izvedivosti, odnosno provesti i tehničku i ekonomsku analizu koja će dati potpunu sliku o provođenju projekta i njegovoj isplativosti.

Svaka ekonomska analiza se sastoji iz dva dijela :

1. dio se sastoji iz izrade financijskog novčanog toka,
2. dio se sastoji iz analize projekta metodom procjene ekonomske isplativosti projekta.

#### 3.1 Novčani tok

Novčani tok predstavlja ključni financijski termin koji se odnosi na količinu gotovine koja ulazi i izlazi iz poduzeća, projekta ili pojedinca tijekom određenog vremenskog perioda. Novčani tok se koristi za procjenu unovčenosti, fleksibilnosti i ukupnog financijskog zdravlja predmeta promatranja.

Vrste novčanih tokova :

1. Operativni novčani tok – ovaj novčani tok proizlazi iz osnovnih poslovnih aktivnosti kao što su prodaja proizvoda, primanje uplata od kupaca ili plaćanje dobavljačima  
Primjer : plaćanje plaća radnicima.
2. Investicijski novčani tok – novčani tok koji proizlazi iz aktivnosti vezanih za kupovinu i prodaju dugotrajne imovine.  
Primjer : kupovina opreme, prodaja nekretnina.
3. Financijski novčani tok – ovaj novčani tok proizlazi iz aktivnosti vezanih za financiranje tvrtke kao što je podizanje kredita, izdavanje dionica, isplaćivanje dividendi.  
Primjer : otplaćivanje dugova.

Novčani tok je važan iz nekoliko razloga kao što su :

- Likvidnost : pokazatelj sposobnosti tvrtke plaćanju svojih obaveza.
- Planiranje : pomaže kod planiranja budućih potreba za gotovinom.

- Investitori : pružanje uvida u financijsko zdravlje tvrtke, što je esencijalno za donošenje odluka o investiranju ili kreditiranju.
- Financijsko upravljanje : pomaže menadžmentu donositi odluke o trošenju, ulaganju i financiranju.

Potrebno je bilo načiniti plan toka novca za izgradnju vodospreme veličine prema dvodnevnoj potrošnji ako će se projekt financirati potpuno putem kredita koji će se otplaćivati tijekom 20 godina uz 9% kamata. Pretpostavljeno vrijeme trajanja projekta iznosi 20 godina, stopa poreza na dobit u iznosu od 20 % te amortizirana stopa 5% kroz period od 20 godina, a minimalno atraktivna stopa povrata (MARR) 15%.

Potreban iznos kredita za izgradnju vodospreme kapaciteta od 699,84 m<sup>3</sup> u obliku kugle iznosi 21743,935 € kao što je prikazano tablicom 2.9. Ukamaćivanje se izvršava jednom godišnje sa nominalnom kamatnom stopom radi lakšeg obračuna kamata.

Formula za izračun godišnje rate kredita :

$$A = P \cdot \frac{i \cdot (1 + i)^N}{(1 + i)^N - 1}$$

Gdje je :

$A$  – godišnja rata kredita

$P$  – iznos kredita

$i$  – kamatna stopa

$N$  – broj godina otplaćivanja kredita

$$A = 21743,94 \cdot \frac{0,09 \cdot (1 + 0,09)^{20}}{(1 + 0,09)^{20} - 1} = 2381,9715 \text{ €}$$

Godišnja rata kredita s obzirom na iznos kredita od 21743,94 €, kamatnom stopom od 9 % na 20 godina će iznositi 2381,9715 €.

U tablici 3.1 je prikazan novčani tok za izgradnju vodospreme. Ušteda je jednaka razlici u potrošnji električne energije bez vodospreme i s vodospremom te množeći sa 365 kako bi se dobila godišnja ušteda.

Tablica 3.1 Prikaz toka novca

Godina	Ušteda	Kamata	Otplata kredita	Amortizacija	Porez na dobit	Neto novčani tok
0	0	0	0	0	0	-21743,94
1	8276,69	9%	1956,9546	1087,2	1046,50728	4186,02912
2	8276,69	9%	1918,703036	1087,2	1054,157593	4216,630371
3	8276,69	9%	1877,008831	1087,2	1062,496434	4249,985735
4	8276,69	9%	1831,562147	1087,2	1071,585771	4286,343082
5	8276,69	9%	1782,025263	1087,2	1081,493147	4325,97259
6	8276,69	9%	1728,030058	1087,2	1092,292188	4369,168754
7	8276,69	9%	1669,175285	1087,2	1104,063143	4416,252572
8	8276,69	9%	1605,023583	1087,2	1116,893483	4467,573934
9	8276,69	9%	1535,098227	1087,2	1130,878555	4523,514219
10	8276,69	9%	1458,879589	1087,2	1146,122282	4584,489129
11	8276,69	9%	1375,801274	1087,2	1162,737945	4650,951781
12	8276,69	9%	1285,24591	1087,2	1180,849018	4723,396072
13	8276,69	9%	1186,540564	1087,2	1200,590087	4802,360349
14	8276,69	9%	1078,951737	1087,2	1222,107853	4888,431411
15	8276,69	9%	961,6799147	1087,2	1245,562217	4982,248868
16	8276,69	9%	833,8536288	1087,2	1271,127474	5084,509897
17	8276,69	9%	694,5229773	1087,2	1298,993605	5195,974418
18	8276,69	9%	542,652567	1087,2	1329,367687	5317,470746
19	8276,69	9%	377,1138199	1087,2	1362,475436	5449,901744
20	8276,69	9%	196,6765855	1087,2	1398,562883	5594,251532

### 3.2. Provjera isplativosti projekta

Procjena isplativosti projekta je nužan korak koji prethodi odluci hoće li se investirati u određeni projekt ili neće. Ovaj proces omogućava organizacijama da identificiraju projekte koji će vjerojatno donijeti pozitivne financijske rezultate, a koji neće. Postoji nekolicina metoda koje se koriste za provjeru isplativosti projekta. Za konkretan projekt izgradnje vodospreme je izabrana NPV metoda.

Neto sadašnja vrijednost (NPV) metoda je metoda koja uzima u obzir vremensku vrijednost novca, odnosno izračunava sadašnju vrijednost novca budućih novčanih tokova koje projekt generira, umanjenu za inicijalne investicijske troškove.

$$NPV = \sum \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I$$

Gdje je :

$CF_t$  – novčani tok u periodu t

$r$  – diskontna stopa

$I$  – početna investicija

$t$  – period

Ako je NPV veći od 0, projekt je isplativ, u suprotnom projekt je neisplativ.

U tablici 3.2 je prikazana provjera osjetljivosti projekta za slučaj ako bi trenutna cijena električne energije ostala ista. U analizi rizika će se razmotriti još dva slučaja, jedan za porast cijene električne energije, drugi za pad.

Tablica 3.2 Prikaz provjere isplativosti projekta za osnovni slučaj

Plan prihoda i rashoda											
Godina		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Prihodi											
	Ušteda		8276,6910	8276,6910	8276,6910	8276,6910	8276,6910	8276,6910	8276,6910	8276,6910	8276,6910
Rashodi											
	Amortizacija		1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €
	Kamata		1956,9546	1918,703	1877,0088	1831,56215	1782,02526	1728,03006	1669,1753	1605,0236	1535,0982
Oporezivi prihod			5232,5394	5270,7910	5312,4852	5357,9319	5407,4687	5461,4639	5520,3187	5584,4704	5654,3958
Porez na dobit 20%			1046,5079	1054,1582	1062,4970	1071,5864	1081,4937	1092,2928	1104,0637	1116,8941	1130,8792
Prihodi			4186,0315	4216,6328	4249,9881	4286,3455	4325,9750	4369,1712	4416,2550	4467,5763	4523,5166

Plan toka novca												
Postovanje		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	Prihod		4186,0315	4216,6328	4249,9881	4286,3455	4325,9750	4369,1712	4416,2550	4467,5763	4523,5166	
	Amortizacija		1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	
Investicije												
	Investicija		21.743,94 €									
Financiranje												
	Posuđena glavnica		21.743,94 €									
	Otplaćena glavnica		425,01738	463,26894	504,96315	550,409832	599,946717	653,941922	712,79669	776,9484	846,87375	
Tok novca			4848,2111	4840,5608	4832,2220	4823,1326	4813,2253	4802,4262	4790,6553	4777,8249	4763,8399	
Tok novca sadašnje vrijednosti			-21.743,94 €	4215,8358	3660,1594	3177,2644	2757,64175	2393,02363	2076,22139	1800,9848	1561,8794	1354,1806

Plan prihoda i rashoda													
Godina		0	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Prihodi													
	Ušteda		8276,6910	8276,6910	8276,6910	8276,6910	8276,6910	8276,6910	8276,6910	8276,6910	8276,6910	8276,6910	8276,6910
Rashodi													
	Amortizacija		1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €
	Kamata		1458,8796	1375,8013	1285,2459	1186,5406	1078,9517	961,6799147	833,8536288	694,5229773	542,652567	377,1138199	196,6765855
Oporezivi prihod			5730,6144	5813,6927	5904,2481	6002,9534	6110,5423	6227,8141	6355,6404	6494,9710	6646,8414	6812,3802	6992,8174
Porez na dobit 20%			1146,1229	1162,7385	1180,8496	1200,5907	1222,1085	1245,5628	1271,1281	1298,9942	1329,3683	1362,4760	1398,5635
Prihodi			4584,4915	4650,9542	4723,3985	4802,3627	4888,4338	4982,2513	5084,5123	5195,9768	5317,4731	5449,9041	5594,2539

Plan toka novca														
Postovanje		0	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	Prihod		4584,4915	4650,9542	4723,3985	4802,3627	4888,4338	4982,2513	5084,5123	5195,9768	5317,4731	5449,9041	5594,2539	
	Amortizacija		1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	
Investicije														
	Investicija		21.743,94 €											
Financiranje														
	Posuđena glavnica		21.743,94 €											
	Otplaćena glavnica		923,09239	1006,1707	1096,7261	1195,4314	1303,0202	1420,292065	1548,118351	1687,449003	1839,319413	2004,85816	2185,295394	
Tok novca			4748,5961	4731,9805	4713,8694	4694,1283	4672,6106	4649,1562	4623,5909	4595,7248	4565,3507	4532,2430	4496,1555	
Tok novca sadašnje vrijednosti			-21.743,94 €	1173,7803	1017,1071	881,0559	762,92709	660,37378	571,3556582	494,0989818	427,0618037	368,9037088	318,4595071	274,7163575
Ukupna dobit sadašnje vrijednosti			8.203,09 €											

Dobivena je ukupna dobit sadašnje vrijednosti (NPV) u iznosu od 8203.09 € koja je veća od 0 što znači da je projekt isplativ.

### 3.2.1. Analiza rizika

Analiza rizika je sastavni dio upravljanja projektom, koji omogućava otkrivanje, procjenu i planiranje kako se nositi sa mogućim problemima koji mogu dovesti do negativnog utjecaja na uspjeh određenog projekta. Rizik je nezaobilazan dio svakog projektiranja i usko je vezan s procesom odlučivanja. Prilikom odlučivanja bitno je biti upoznat sa potencijalnim rizicima za nesmetano odvijanje projekta. Nakon otkrivanja rizika bitno je učinkovito i pravilno upravljati rizicima.

Prvi korak u analizi rizika je identificirati koji tokovi novca mogu biti varijabilni. U slučaju gdje je potrebno provjeriti isplativost izgradnje vodospreme radi uštede električne energije jedina varijabla je cijena električne energije koja se može promijeniti u nekom određenom vremenu. Zatim je potrebno načiniti proračun sadašnje vrijednosti ukupne dobiti kao funkciju varijabli što je i načinjeno u tablici 3.2. Nakon toga je potrebno odrediti distribuciju vjerojatnosti za svaku ulaznu varijablu, u ovom slučaju jednu.

To je potrebno napraviti za tri slučaja :

1. Slučaj je ako bi cijena električne energije ostala nepromijenjena, empirijski je pridodana vjerojatnost od 50 % da će to biti tako. Ovaj slučaj je prikazan u tablici 3.2 i govori da je u tome slučaju projekt isplativ.
2. Slučaj je ako bi se cijena električne energije smanjila za 20%, pridodana je vjerojatnost od 25% da će se taj slučaj ostvariti. U tablici 3.3 su prikazani parametri analize rizika za ovaj slučaj. U tablici 3.4 je prikazano da u tome slučaju projekt neće biti isplativ.

Tablica 3.3 Prikaz parametara analize rizika za 2. slučaj

Analiza rizika	Vjerojatnost 0,25
-20%	
Cijena dnevne potrošnje električne energije bez vodospreme	26,7596826
Cijena dnevne potrošnje električne energije sa vodospremom	8,61899
Dnevna ušteta	18,1406926
Godišnja ušteta	6621,352799

Tablica 3.4 Prikaz analize rizika za 2. slučaj

Plan prihoda i rashoda											
Godina		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Prihodi											
	Ušteta		6621,3428	6621,3428	6621,3428	6621,3428	6621,3428	6621,3428	6621,3428	6621,3428	6621,3428
Rashodi											
	Amortizacija		1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €
	Kamata		1956,9546	1918,703	1877,00883	1831,56215	1782,02526	1728,03006	1669,17529	1605,0236	1535,0982
Oporezivi prihod			3577,1912	3615,4428	3657,1370	3702,5837	3752,1205	3806,1157	3864,9705	3929,1222	3999,0476
Porez na dobit 20%			715,4382	723,0886	731,4274	740,5167	750,4241	761,2231	772,9941	785,8244	799,8095
Prihodi			2861,7530	2892,3542	2925,7096	2962,0669	3001,6964	3044,8926	3091,9764	3143,2978	3199,2381

Plan toka novca											
Godina		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Poslovanje											
	Prihod		2861,7530	2892,3542	2925,7096	2962,0669	3001,6964	3044,8926	3091,9764	3143,2978	3199,2381
	Amortizacija		1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €
Investicije											
	Investicija		21.743,94 €								
Financiranje											
	Posuđena glavica		21.743,94 €								
	Otplaćena glavica		425,01738	463,26894	504,963149	550,409832	599,946717	653,941922	712,796695	776,9484	846,87375
Tok novca			3523,9326	3516,2823	3507,9434	3498,8541	3488,9467	3478,1477	3466,3767	3453,5464	3439,5613
Tok novca sadašnje vrijednosti			-21.743,94 €	3064,2892	2658,8146	2306,52975	2000,48118	1734,62314	1503,69922	1303,1394	1128,9704

Plan prihoda i rashoda												
Godina		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Prihodi												
	Ušteta	6621,3428	6621,3428	6621,3428	6621,3428	6621,3428	6621,3428	6621,3428	6621,3428	6621,3428	6621,3428	6621,3428
Rashodi												
	Amortizacija	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €
	Kamata	1458,87959	1375,8013	1285,2459	1186,54056	1078,9517	961,67991	833,85363	694,52298	542,6526	377,1138	196,6766
Oporezivi prihod		4075,2662	4158,3445	4248,8999	4347,6052	4455,1941	4572,4659	4700,2922	4839,6228	4991,4932	5157,0320	5337,4692
Porez na dobit 20%		815,0532	831,6689	849,7800	869,5210	891,0388	914,4932	940,0584	967,9246	998,2986	1031,4064	1067,4938
Prihodi		3260,2130	3326,6756	3399,1199	3478,0842	3564,1553	3657,9727	3760,2337	3871,6983	3993,1946	4125,6256	4269,9754

Plan toka novca												
Godina		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Poslovanje												
	Prihod	3260,2130	3326,6756	3399,1199	3478,0842	3564,1553	3657,9727	3760,2337	3871,6983	3993,1946	4125,6256	4269,9754
	Amortizacija	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €
Investicije												
	Investicija	21.743,94 €										
Financiranje												
	Posuđena glavica	21.743,94 €										
	Otplaćena glavica	923,092391	1006,1707	1096,7261	1195,43142	1303,0202	1420,2921	1548,1184	1687,449	1839,319	2004,858	2185,295
Tok novca		3424,3176	3407,7019	3389,5908	3369,8498	3348,3320	3324,8776	3299,3124	3271,4463	3241,0722	3207,9644	3171,8770
Tok novca sadašnje vrijednosti		846,438934	732,46243	633,53876	547,694798	473,21527	408,60913	352,58026	304,00204	261,8952	225,4086	193,8026
Ukupna dobit sadašnje vrijednosti		-86,01 €										
ISPITIVANJE ISPLATLJIVOSTI		-86,01 €	NE									

3. Slučaj je ako bi cijena električne energije porasla za 20%, pridodana je vjerojatnost od 25 % da će se taj slučaj dogoditi. U tablici 3.5 su prikazani parametri analize rizika za ovaj slučaj. U tablici 3.6 je prikazana analiza rizika za 3. slučaj, i u tom slučaju je projekt isplativ.

Tablica 3.5 Prikaz parametara analize rizika za 3. slučaj

Analiza rizika	Vjerojatnost 0,25
20%	
Cijena dnevne potrošnje električne energije bez vodospreme	40,13952392
Cijena dnevne potrošnje električne energije sa vodospremom	12,92848512
Dnevna ušteta	27,2110388
Godišnja ušteta	9932,029162

Tablica 3.6 Prikaz analize rizika za 3. slučaj

Plan prihoda i rashoda											
Godina		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Prihodi											
	Ušteta		9932,0292	9932,0292	9932,0292	9932,0292	9932,0292	9932,0292	9932,0292	9932,0292	9932,0292
Rashodi											
	Amortizacija		1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €
	Kamata		1956,9546	1918,703	1877,00883	1831,56215	1782,02526	1728,03006	1669,17529	1605,0236	1535,0982
Oporezivi prihod			6887,8776	6926,1291	6967,8233	7013,2700	7062,8069	7116,8021	7175,6569	7239,8086	7309,7339
Porez na dobit 20%			1377,5755	1385,2258	1393,5647	1402,6540	1412,5614	1423,3604	1435,1314	1447,9617	1461,9468
Prihodi			5510,3020	5540,9033	5574,2587	5610,6160	5650,2455	5693,4417	5740,5255	5791,8469	5847,7871

Plan toka novca											
Poslovanje		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Prihod		5510,3020	5540,9033	5574,2587	5610,6160	5650,2455	5693,4417	5740,5255	5791,8469	5847,7871
	Amortizacija		1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €
Investicije											
	Investicija	21.743,94 €									
Financiranje											
	Posuđena glavnica	21.743,94 €									
	Otplaćena glavnica		425,01738	463,26894	504,963149	550,409832	599,946717	653,941922	712,796695	776,9484	846,87375
Tok novca			6172,4817	6164,8314	6156,4925	6147,4032	6137,4958	6126,6968	6114,9258	6102,0955	6088,1104
Tok novca sadašnje vrijednosti		-21.743,94 €	5367,3754	4661,4982	4047,99376	3514,79772	3051,42013	2648,74008	2298,82711	1994,7858	1730,6209

Plan prihoda i rashoda												
Godina		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Prihodi												
	Ušteta	9932,0292	9932,0292	9932,0292	9932,0292	9932,0292	9932,0292	9932,0292	9932,0292	9932,0292	9932,0292	9932,0292
Rashodi												
	Amortizacija	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €
	Kamata	1458,8796	1375,8013	1285,2459	1186,5406	1078,951737	961,6799147	833,85363	694,52298	542,65257	377,11382	196,6765855
Oporezivi prihod		7385,9526	7469,0309	7559,5863	7658,2916	7765,8804	7883,1522	8010,9785	8150,3092	8302,1796	8467,7183	8648,1556
Porez na dobit 20%		1477,1905	1493,8062	1511,9173	1531,6583	1553,1761	1576,6304	1602,1957	1630,0618	1660,4359	1693,5437	1729,6311
Prihodi		5908,7621	5975,2247	6047,6690	6126,6333	6212,7043	6306,5218	6408,7828	6520,2473	6641,7437	6774,1747	6918,5245

Plan toka novca												
Poslovanje		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Prihod	5908,7621	5975,2247	6047,6690	6126,6333	6212,7043	6306,5218	6408,7828	6520,2473	6641,7437	6774,1747	6918,5245
	Amortizacija	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €	1.087,20 €
Investicije												
	Investicija											
Financiranje												
	Posuđena glavnica											
	Otplaćena glavnica	923,09239	1006,1707	1096,7261	1195,4314	1303,020243	1420,292065	1548,1184	1687,449	1839,3194	2004,8582	2185,295394
Tok novca		6072,8667	6056,2510	6038,1399	6018,3989	5996,8811	5973,4267	5947,8615	5919,9953	5889,6213	5856,5135	5820,4261
Tok novca sadašnje vrijednosti		1501,1198	1301,7501	1128,5715	978,15807	847,5311576	734,1012032	635,61685	550,12082	475,91155	411,5098	355,6296562

Ukupna dobit sadašnje vrijednosti 16.492,14 €

ISPITIVANJE ISPLATLJIVOSTI 16.492,14 € DA



#### **4. ZAKLJUČAK**

Proračun vodovodne mreže je sveobuhvatan proces koji obuhvaća tehnološke i ekonomske aspekte, s ciljem postizanja sigurne, dovoljne i efikasne distribucije vode do potrošača. U zadatku je bilo potrebno izvršiti tehničku i ekonomsku analizu izgradnje vodospreme za vodovodni sustav. Numeričkom metodom Hardy – Cross je izračunata dinamika punjenja vodospreme i pokazano je da je ostvaren minimalni zahtijevani tlak od 1,5 bar u svim točkama vodovodne mreže te da je vodospremu moguće puniti tijekom režima jeftinije električne energije. Zatim je trebalo potvrditi opravdanost investiranja u izgradnju vodospreme ekonomskom analizom. Projekt bi se u potpunosti financirao putem kredita. Zaključeno je da su uštede električne energije izgradnjom vodospreme dovoljno značajne da bi se opravdao projekt ako bi cijena električne energije ostala iste ili se povećala za 20%. U slučaju kada bi se cijena smanjila za 20% projekt više ne bi bio isplativ.

## 5. LITERATURA

- [1] *Hrvatska enciklopedija*, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2013.,  
URL: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/vodosprema> (25.6.2024.)
- [2] Šavar, M. *Hidrodinamika cijevnih mreža*, Zagreb, 2005.
- [3] Swamee, P.; Jain, A. *Explicit equations for pipe – flow problems*, ASCE Journal of the Hydraulics Division, 102(5), 1976., pp. 657-664.