

# Teorija grafova i ekonomski održiv promet donacija

---

**Prudky, Ivan; Gržinić, Rea; Bulić, Sanja**

*Source / Izvornik:* **Hrana i zajednica, 2022, 117 - 128**

**Book chapter / Poglavlje u knjizi**

*Publication status / Verzija rada:* **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:192:358788>

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

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
**EKONOMSKI FAKULTET**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of  
Economics and Business - FECRI Repository](#)



## 10. POGLAVLJE

# TEORIJA GRAFOVA I EKONOMSKI ODRŽIV PROMET DONACIJA

Ivan Prudky, Rea Gržinić, Sanja Bulić

### SAŽETAK

Količina proizvedene hrane na svjetskoj razini dostatna je da bi nahranila cjelokupno stanovništvo, ali nesrazmjer u njezinoj raspodjeli čini jedan od najvećih problema današnjice. Vlast i stanovništvo sve su svjesniji problema upravljanja hranom te se posljednjih godina sve više napora ulaže u rješavanje ovoga problema. Doniranje hrane kao čin davanja hrane krajnjim primateljima bez naknade jedna je od metoda kojom se pokušava postići ravnomjernija distribucija hrane. Više je sudionika uključeno u lanac doniranja hrane (donator, posrednik i krajnji primatelj) i svaki od njih ima bitnu ulogu u rješavanju spomenutog problema. Kako bi se hrana bolje rasporedila, konkretizirala se ideja o podjeli hrane potrebitima i osnovane su socijalne samoposluge. Motiv je ovog rada smanjenje količina bačene hrane i povećanje njezina doniranja. Konkretno, cilj je prikazati mogućnost povećanja efikasnosti doniranja hrane pronalaženjem i određivanjem najkraćih udaljenosti od socijalnih samoposluga do njihovih krajnjih korisnika teorijom grafova i njezinim metodama. Za izradu modela koristile su se adrese korisnika Socijalne samoposluge „Kruh sv. Elizabete” iz Rijeke, a kojoj upravo distribucija određenih oblika hrane predstavlja jednu od glavnih poteškoća u radu. Predloženom mrežom dostave nudi se ekonomski održiv model dostave hrane krajnjim korisnicima.

**Ključne riječi:** hrana, doniranje, socijalne samoposluge, teorija grafova

### UVOD

Globalno gospodarstvo proizvodi sve veće količine hrane, a istodobno se broj pothranjenog stanovništva ne snižava. Siguran izvor hrane nema dvije milijarde ili 26,4 % ukupnog svjetskog stanovništva (FAO, 2019). Neravnomjerna raspodjela resursa predstavlja najveći problem. U svijetu ima otprilike 820 milijuna pothranjenih osoba (svaka deveta osoba), ali i 672 milijuna odraslih osoba koje su pretile (svaka osma odrasla osoba). U zemljama članicama Europske unije godišnje se baci 88 milijuna tona hrane. U Republici Hrvatskoj ta je vrijednost 400 000 tona hrane godišnje ili prosječno 93 kilograma po stanovniku (Europska komisija, 2019). Nadalje, stopa rizika od siromaštva i života na rubu gladi u Republici Hrvatskoj iznosi 19,4 % nakon uračunatih socijalnih transfera stanovništva (2,2 postotna poena više od prosjeka Europske unije) (Eurostat, 2019a), a 10,1 % stanovnika nema mogućnost priuštiti si obrok s mesom, ribom ili vegetarijanskim ekvivalentom hrane svaki drugi dan (3,1 postotnih poena više od prosjeka Europske unije) (Eurostat, 2019b). Sustav doniranja hrane u Republici Hrvatskoj nailazi na brojne probleme i daleko je od efikasnog i održivog. Donacije su nedostatne ili se odvijaju vrlo neravnomjerno. Osobit problem s donacijama imaju socijalne samoposluge. Sezonalnost donacija povezana s nedostatkom skladišnih kapaciteta i mogućnosti daljnje distribucije krajnjim korisnicima socijalnih samoposluga problemi su za koje još nije pronađeno rješenje.

## TEORIJSKA PODLOGA

Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske Pravilnikom o doniranju hrane i hrane za životinje (NN, 91/19) točno uređuje odredbe mogućnosti, sudionika te uvjeta doniranja hrane. Doniranjem hrane smatra davanje iste bez naknade primateljima. Donacijski lanac može se sastojati od donatora i krajnjeg primatelja (proces izravne donacije), ali može uključivati i posrednika (proces neizravne donacije). Sigurnost i zdravstvena ispravnost hrane koja je namijenjena za prodaju nužan je uvjet za njezinu donaciju, a dopuštena je i prodaja pripremljene hrane koja prethodno nije bila poslužena.

Ministarstvo poljoprivrede u svom Izvješću o rezultatima istraživanja o doniranju hrane u Republici Hrvatskoj (2017, str. 5 – 26) dolazi do zaključaka kako u cjelokupnom lancu stvaranja prehrambenih proizvoda nastaju visoke razine viškova hrane. Razlozi su razni, a najčešći su problemi s distribucijom i skladištenjem, nepodudarnost ponude i potražnje, greške u ambalaži te planiranju jelovnika. Metode zbrinjavanja viškova hrane također su raznolike, no doniranje hrane kao rješenje zauzima najniže udjele. Razlog je tomu niska razina upoznatosti subjekata s mogućnostima i zakonodavnim okvirom doniranja hrane.

Socijalne samoposluge kao sudionici lanca doniranja hrane u fokusu su ovog rada. Prema definiciji Crvenog križa (n.d.), one socijalno ugroženim osobama daju mogućnost osiguranja prehrambenih i higijenskih potrepština bez naknade u okruženju koje štiti njihovo dostojanstvo. Socijalne samoposluge u Republici Hrvatskoj djeluju u sklopu rada društava Crvenog križa, Crkve ili civilnih udruga te djeluju na volonterskoj bazi. Iako su subjekti samposlužnog karaktera, volonteri dijele pakete hrane i drugih osnovnih potrepština na tjednoj ili mjesečnoj bazi korisnicima samoposluga, ovisno o količini prikupljenih donacija ili potrebama korisnika.

Optimizacija procesa distribucije donirane hrane problem je istraživanja ovog rada. Grafovima (Gross, Yellen, Anderson, 2019, str. 2 – 14) moguće je prikazati razne fizičke ili digitalne mreže, ali i manje opipljive veze poput veza u ekosustavu, socijalnim vezama, bazama podataka i slično. Formalno se grafovi sastoje od dvaju skupova zvanih vrhovi i bridovi te incidencije među njima. Vrhovi i bridovi grafa mogu imati dodatne attribute koji označavaju težinu, način veze, smjer kretanja ili neko drugo odlučujuće, za model korisno svojstvo. Primjena teorije grafova i algoritama usmjeravanja te traženja puteva kroz mrežu predstavljaju mogućnost rješenja ovoga problema. Različiti algoritmi na grafovima daju mogućnost određivanja najkraćih udaljenosti među vrhovima grafa. Primov i Kruskalov algoritam za pronalazak minimalnog razapinjućeg stabla grafa te Dijkstrin i Floydov algoritam za pronalazak minimalnih udaljenosti među vrhovima grafa prikazani su u nastavku na problemu optimizacije dostave donacija korisnicima socijalne samoposluge.

## PROBLEM DONIRANJA HRANE

Temeljna odredba za uspješno doniranje hrane dana je Pravilnikom o uvjetima, kriterijima i načinima doniranja hrane i hrane za životinje Ministarstva poljoprivrede (NN, 119/15) kojima su definirane mogućnosti, načini i uvjeti doniranja hrane u Republici Hrvatskoj. Pravilnikom o izmjenama i dopunama pravilnika o porezu

na dodanu vrijednost Ministarstva financija (NN, 130/15) donirana hrana više ne podliježe obračunu poreza na dodanu vrijednost, a čime se želi pospješiti proces doniranja hrane. Uklanjanjem poreznih nameta te stvaranjem uvjeta za ostvarenje poreznih olakšica na doniranje hrane (Ministarstvo poljoprivrede, 2019, str. 37 – 40). Jedan je od najvećih problema doniranja hrane prijevoz hrane od donatora do krajnjeg korisnika (socijalnih samoposluga). Zbog vrlo kratkog perioda unutar kojeg je hranu potrebno dostaviti korisnicima, logistika oko distribucije mora biti organizirana tako da se kontinuirano prate i prikupljaju podaci kako bi se distribucija donacija odvijala prema potrebama korisnika. Potencijalno je rješenja osnivanje posredničkog tijela koje bi organiziralo učinkovitiji sustav doniranja hrane. Ministarstvo poljoprivrede u svome Vodiču o doniranju hrane (2019, str. 11 – 18) daje prikaz sustava Registra posrednika u lancu doniranja hrane kao rješenje te napatke za rad posrednika. Otegotna je okolnost složen proces prijave u sustav te sam sustav izvještavanja, što dodatno odbija potencijalne posrednike. Iako neke europske zemlje imaju vrlo dobro razvijen sustav doniranja hrane, u Republici Hrvatskoj stanje je daleko od optimalnog.

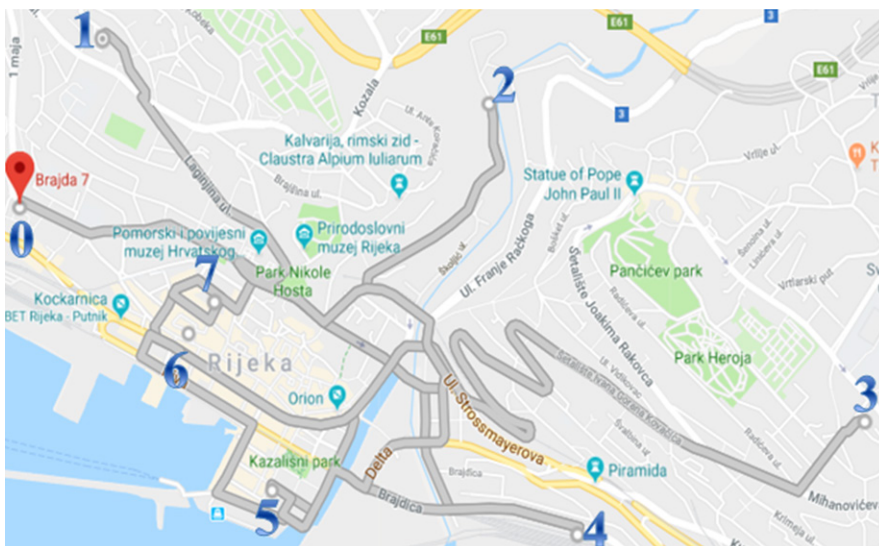
Socijalne samoposluge osnovane su s ciljem osvještavanja socijalne i ekonomske ugroženosti skupine građana te pružanja pomoći istima. U većini gradova u Hrvatskoj postoje socijalne samoposluge koje djeluju pod okriljem Crvenoga križa ili Crkve. Također, postoje i humanitarne udruge kao što su „Centar za kulturu dijaloga” i „Naš san njihov osmijeh”, članice „Mreže hrane” koje vrše podjelu hrane kao što to čine i socijalne samoposluge (Udruga Delta, n.d.).

Ukidanjem PDV-a na doniranu hranu razina donacija nije se povećala (Ministarstvo poljoprivrede, 2017, str. 37 - 40). Uzroci tome su u tendenciji primarnih proizvođača hrane da viškove kompostiraju i/ili ponovno prerađuju, a trgovačkih lanaca da proizvode pred istek roka trajanja prodaju po akcijskim cijenama. Odluče li se na donaciju, potrebno je organizirati distribuciju velike količine hrane u vrlo kratkom roku. Ograničeni skladišni kapaciteti i najčešće neefikasan način dostave hrane iz socijalne samoposluge krajnjim korisnicima tada su osobit problem. Međusobna nepovezanost socijalnih samoposluga koje imaju različite osnivače ne nudi ni sustav distribucije među njima.

U nastavku rada prikazane su mogućnosti modela optimizacije prijevoza donirane Socijalne samoposluge „Kruh sv. Elizabete” iz Rijeke primjenom različitih algoritama teorije grafova.

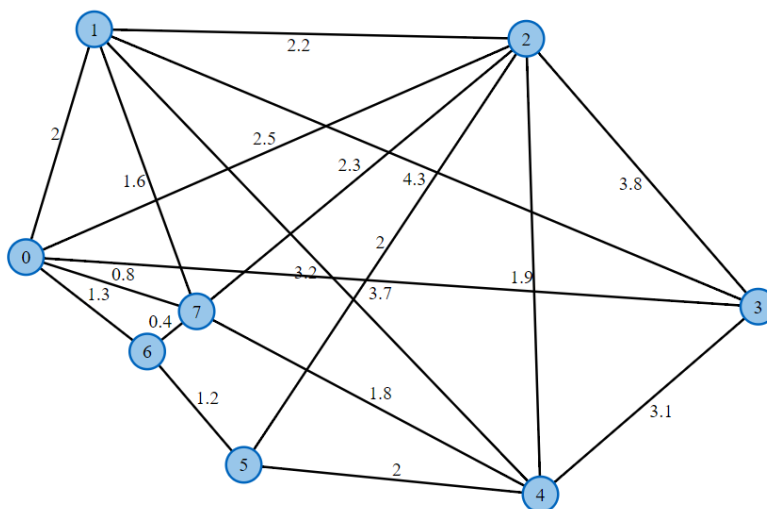
## **MODEL ODRŽIVOG PRIJEVOZA HRANE**

Voditelji Socijalne samoposluge „Kruh sv. Elizabete” Zbog Zakona o zaštiti osobnih podataka omogućili su pristup ograničenom broju podataka, odnosno pobližoj lokaciji njihovih korisnika te se zbog toga za izračun koristilo manjim brojem korisnika u užem centru grada Rijeke. Pomoću dobivenih podataka definirana je mreža odabranih korisnika (Slika 1.).



**Slika 1.** Mreža odabranih korisnika socijalne samoposluge  
*Izvor:* izrada autora prema podacima Socijalne samoposluge „Kruh sv. Elizabete”

Lokacije su označene brojevima vrijednosti od 0 do 7, pri čemu vrijednost 0 označava adresu sjedišta socijalne samoposluge, a ostale vrijednosti adrese njihovih korisnika. Na temelju prikaza lokacija na karti izrađen je grafički prikaz mreže odabranih korisnika socijalne samoposluge (Slika 2.). Vrhovi grafa predstavljaju lokacije socijalne samoposluge i njezinih korisnika, dok su bridovi grafa prikaz mogućega kretanja, tj. prometna povezanost pojedinih lokacija međusobno. Definirana je i težina bridova koja predstavlja udaljenosti u kilometrima. Grafički prikaz koristio se u izračunu najkraćeg puta Primovim, Kruskalovim, Dijkstrinim i Floydovim algoritmom. Algoritmi su riješeni uz pomoć programa TUM – Matematik – M9.

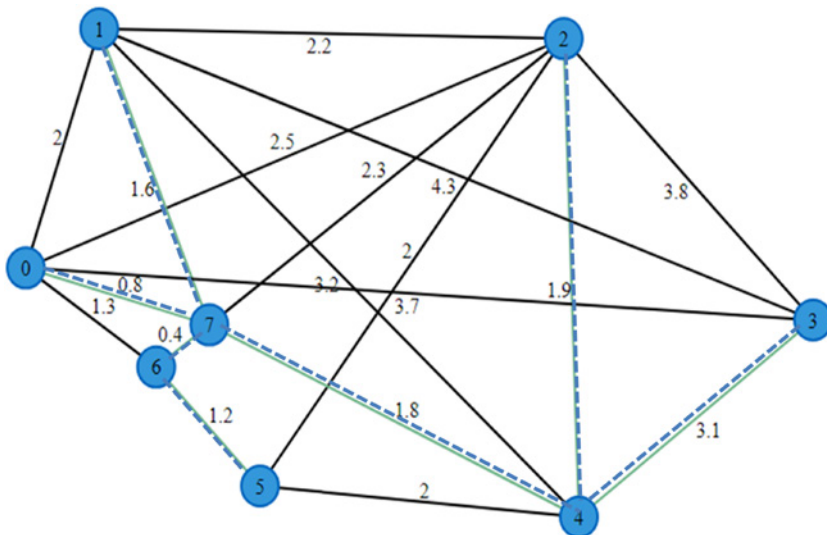


**Slika 2.** Grafički prikaz mreže odabranih korisnika socijalne samoposluge  
*Izvor:* izrada autora prema podacima Socijalne samoposluge „Kruh sv. Elizabete”

## Primjena Primova i Kruskalova algoritma

Primov i Kruskalov algoritam kao najjednostavniji algoritmi u teoriji grafova za cilj imaju odrediti minimalno razapinjuće stablo u grafu, odnosno pronalaze bridove najmanjih težina povezujući vrhove grafa, ne tvoreći pri tome ciklus (Gross, Yellen, Anderson, 2019, str. 187 – 189). Razlika u algoritmima je ta što Primov algoritam kreće sa zadanim vrhom i traži najkraće udaljenosti do susjednih vrhova do kojih vodi izravna veza, a isti postupak se ponavlja dodavanjem svakog idućeg vrha, dok u se konačnici ne stvori stablo s minimalnim težinama bridova među vrhovima. Kruskalov algoritam ne polazi iz određenog vrha, nego odabire bridove najmanjih težina dok u konačnici ne dobije jedinstveno minimalno razapinjuće stablo (Saha Ray, 2013, str. 68 - 72).

Primjenom Primova i Kruskalova algoritma izračunata su minimalna razapinjuća stabla služenjem lokacijama pojedinih korisnika socijalne samoposluge s ciljem povećanja ekonomičnosti održivog prijevoza donirane hrane.



**Slika 3.** Minimalno razapinjuće stablo prema Primovu i Kruskalovu algoritmu

*Izvor: Izrada autora*

Isprekidanim linijama na novom grafu (Slika 3.) označeno je minimalno razapinjuće stablo. Rezultat je obaju algoritama jednak, razlika je u samom toku algoritma. Postupak Primova algoritma kreće odabirom početnog vrha, tj. vrha 0 koji predstavlja sjedište socijalne samoposluge. Zatim se dodaju bridovi u stablo koji imaju svojstvo da povezuju jedan vrh koji se već nalazi u stablu i jedan koji se u njemu ne nalazi, pri čemu težina tog brida mora biti minimalna. Kod Kruskalova algoritma se, kao i kod Primova algoritma, počinje s praznim razapinjućim stablom te se dodaju bridovi iz početnoga grafa u razapinjuće stablo. U svakom koraku dodaje se po jedan brid u stablo tako da je dužina dodanog brida minimalna te da pritom dodani brid ne tvori ciklus s ostalim bridovima.

Postupak rješavanja Primovim algoritmom:	Postupak rješavanja Kruskalovim algoritmom:
$0 - 7 = 0,8$	$6 - 7 = 0,4$
$7 - 6 = 0,4$	$0 - 7 = 0,8$
$6 - 5 = 1,2$	$5 - 6 = 1,2$
$7 - 1 = 1,6$	$7 - 1 = 1,6$
$7 - 4 = 1,8$	$7 - 4 = 1,8$
$4 - 2 = 1,9$	$4 - 2 = 1,9$
$4 - 3 = 3,1$	$4 - 3 = 3,1$

Zbrajanjem udaljenosti sjedišta socijalne samoposluge i njezinih korisnika izračunata je vrijednost minimalnog razapinjućeg stabla u iznosu od 10,8 kilometara.

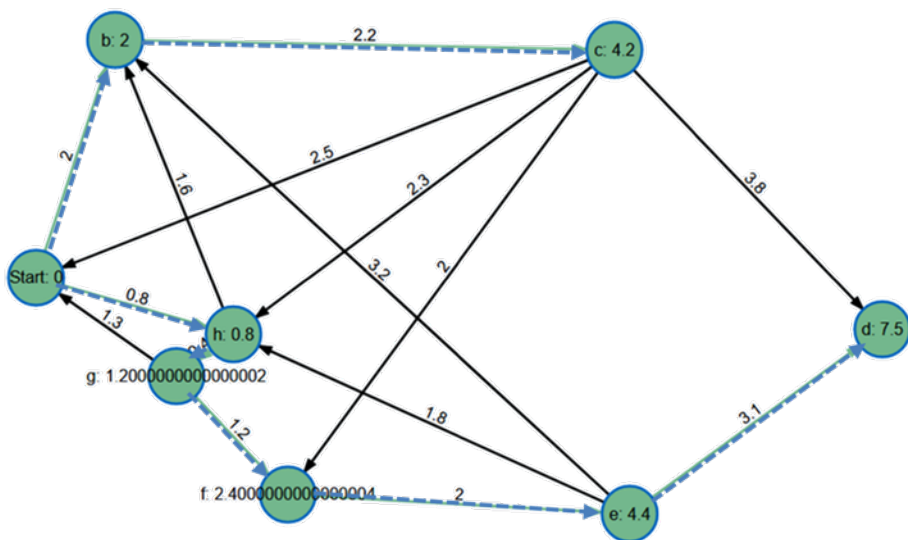
### Primjena Dijkstrinova i Floydova algoritma

Suma težina bridova koji čine put od početnog do krajnjeg vrha opis je udaljenosti u grafu. Vrhovi grafova mogu imati različite bridove koji ih međusobno povezuju te tako mogu tvoriti različite puteve (Gross, Yellen, Anderson, 2019, str. 189 – 192). Kao proširenje prethodno prikazanih Primova i Kruskalova algoritma za pronalaženje minimalnog puta u grafu koriste se Dijkstrin i Floydov algoritam.

Dijkstrinov algoritam gradi put tako da promatra minimalne puteve od početnog vrha do svih ostalih vrhova grafa. Algoritam radi tako da se u svakom koraku odabire brid koji se ne nalazi u stablu računajući pri tome udaljenost do novog vrha kao najmanji zbroj težine bridova koji vode do njega. Tako se dobivaju vrijednosti najmanjih udaljenosti od početnog vrha do svih ostalih vrhova koji se nalaze u grafu. Način rada Floydova algoritma ispitivanje je i pronalazak najmanjih udaljenosti među parovima vrhova grafa. Udaljenosti među vrhovima analizira se kroz put kretanja preko jednog dodatnog vrha te ako je takva putanja manja, ona tvori minimalni put (Saha Ray, 2013, str. 58 – 66).

Primjenom Dijkstrinova i Floydova algoritma izračunate su najkraće udaljenosti u grafu služenjem adresama pojedinih korisnika socijalne samoposluge s ciljem povećanja ekonomičnosti održivog prijevoza donirane hrane. S obzirom da su najkraće udaljenosti izravni pravci između socijalne samoposluge i pojedinih korisnika socijalne samoposluge, potrebno je uvrstiti u graf dopušteni smjer kretanja (dodatne strelice na bridovima grafa) da bi izračun najkraćih udaljenosti uz pomoć programa bio što točniji.

Na Slici 4. isprekidanim linijama označene su najkraće udaljenosti od socijalne samoposluge do pojedinih korisnika primjenom Dijkstrinova algoritma.



**Slika 4.** Najkraća udaljenost primjenom Dijkstrinova algoritma  
 Izvor: Izrada autora

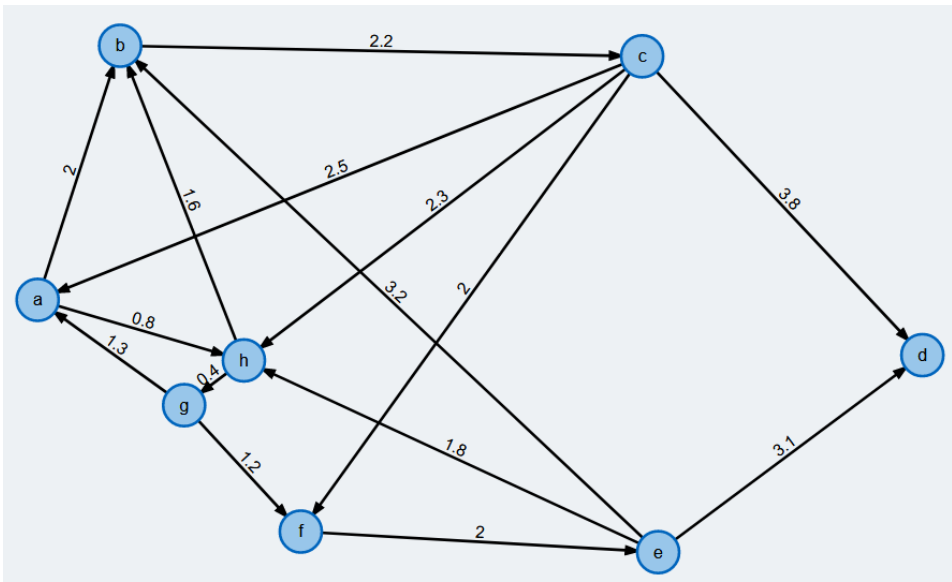
Postupak rješavanja:

Prva najkraća udaljenost:	Druga najkraća udaljenost:
$0 - b = 2$	$0 - h = 0,8$
$0 - b - c = 4,2$	$0 - h - g = 1,2$
	$0 - h - g - f = 2,4$
	$0 - h - g - f - e = 4,4$
	$0 - h - g - f - e - d = 7,5$

Najkraće udaljenosti od socijalne samoposluge do pojedinih korisnika primjenom Dijkstrinova algoritma mogu se iskazati pomoću dva odvojena puta (smjera kretanja). Prvi je put od socijalne samoposluge preko točke „b” do točke „c” i njegova ukupna udaljenost iznosi 4,2 kilometara. Drugi put također kreće od socijalne samoposluge i obuhvaća smjer kretanja kako slijedi: „0” - „h”, „g”, „f”, „e” i „d” te njegova ukupna udaljenost iznosi 7,5 kilometara.

Na temelju grafičkog prikaza (Slika 5.) s usmjerenim bridovima izračunata je najkraća udaljenost od socijalne samoposluge do odabranih korisnika socijalne samoposluge primjenom Floydova algoritma. Prilikom rješavanja problema Floydovim algoritmom tvori se tablica incidencije (Tablica 1.). Ona prikazuje udaljenosti među vrhovima u grafu te je dijagonalno simetrična.





**Slika 5.** Grafički prikaz mreže odabranih korisnika socijalne samoposluge primjenom Floydova algoritma

Izvor: Izrada autora

Postupak rješavanja:

	a	b	c	d	e	f	g	h
a	0	2	∞	∞	∞	∞	∞	0.8
b	∞	0	2.2	∞	∞	∞	∞	∞
c	2.5	∞	0	3.8	∞	2	∞	2.3
d	∞	∞	∞	0	∞	∞	∞	∞
e	∞	3.2	∞	3.1	0	∞	∞	1.8
f	∞	∞	∞	∞	2	0	∞	∞
g	1.3	∞	∞	∞	∞	1.2	0	∞
h	∞	1.6	∞	∞	∞	∞	0.4	0

**Tablica 1.** Početna tablica incidencije

Izvor: Izrada autora

Nakon početne tablice incidencije traže se najkraće udaljenosti preko svakog vrha te se dobiva nova tablica incidencije.

Postupak rješavanja preko vrha „h”:

$a - b = 2 < a - h - b = 2,4$	$c - d =$ ne postoji
$a - c =$ ne postoji	$c - e =$ ne postoji
$a - d =$ ne postoji	$c - f =$ ne postoji
$a - e =$ ne postoji	$c - g = c - h - g = 2,7$
$a - f =$ ne postoji	$d - e =$ ne postoji
$a - g = a - h - g = 1,2$	$d - f =$ ne postoji
$b - c =$ ne postoji	$d - g =$ ne postoji
$b - d =$ ne postoji	$e - f =$ ne postoji
$b - e =$ ne postoji	$e - g = e - h - g = 2,2$
$b - f =$ ne postoji	$f - g =$ ne postoji
$b - g =$ ne postoji	

Isti postupak provodi se preko svih ostalih vrhova te su nove najkraće udaljenosti prikazane u Tablici 2.

	a	b	c	d	e	f	g	h
a	0,0	2,0	4,2	7,5	4,4	2,4	1,2	0,8
b	4,7	0,0	2,2	6,0	6,2	4,2	4,9	4,5
c	2,5	3,9	0,0	3,8	4,0	2,0	2,7	2,3
d	$\infty$	$\infty$	$\infty$	0,0	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
e	3,5	3,2	5,4	3,1	0,0	3,4	2,2	1,8
f	5,5	5,2	7,4	5,1	2,0	0,0	4,2	3,8
g	1,3	3,3	5,5	6,3	3,2	1,2	0,0	2,1
h	1,7	1,6	3,8	6,7	3,6	1,6	0,4	0,0

**Tablica 2.** Nova tablica incidencije

Izvor: Izrada autora

Nova tablica incidencije prikazuje najkraće udaljenosti između dviju točaka preko vrha koji ih povezuje. Vrijednosti zaokružene crvenom bojom prikazuju nove najkraće udaljenosti između dviju točaka preko vrha „h” čiji je postupak rješavanja prethodno prikazan.

Algoritmima koji se koriste u teoriji grafova pokušali su se pronaći čim kraći putevi prijevoza hrane od Socijalne samoposluge „Kruh sv. Elizabete” u Rijeci do njezinih korisnika u užem centru Rijeke. Primovim i Kruskalovim algoritmom dobivene vrijednosti minimalnog razapinjućeg stabla govore kako je potrebno prijeći 10,8 kilometara da bi se došlo do svakog pojedinog promatranog korisnika socijalne samoposluge. Međutim, sam način rada algoritama u ovom konkretnom primjeru dostave neće dati željeni rezultat jednog prolaska bez povratka istim putanjom (bridom).

Stvarna korist minimalnih razapinjućih stabala koja proizlaze iz primjene ovih algoritama u određivanju je drugih vrsta problema, primjerice minimizaciji udaljenosti nekog cjevovodnog sustava i sl.

Korist primjene Primova algoritma očituje se kroz pronalazak najkraćih udaljenosti od početnog vrha do svih drugih vrhova u grafu. Algoritmom je određeno kako bi se put ekonomski održive dostave do promatranih korisnika trebao odvititi kroz dva različita dostavna procesa ukupne dužine 11,7 kilometara. Proširenjem grafa, odnosno proširenjem mreže korisnika, ovakav algoritam može uvelike pomoći u optimiziranju sustava dostave, odnosno učiniti ga ekonomski održivim. Primov algoritam pronaći će najkraće udaljenosti od mjesta polazišta do svih ostalih mjesta stajališta, tj. dostave hrane. Najkraće udaljenosti među parovima mjesta dostave hrane dat će Kruskalovim algoritmom. Također s ciljem određivanja najkraćeg puta dostave, on će prikazati kako najkraće doći do prvog sljedećeg mjesta odredišta. Najveća aplikativna korist Kruskalova algoritma upravo je pronalazak najkraćih puteva na kraćim relacijama među stajalištima.

## ZAKLJUČAK

Neravnomjerna raspodjela resursa hrane predstavlja problem za cjelokupno svjetsko gospodarstvo. Iako pojedine zemlje imaju dobro razvijen sustav doniranja hrane, u Republici Hrvatskoj stanje nije takvo. Unatoč naporima institucija unaprjeđivanja sustava doniranja hrane uređenjem zakona, pravilnika i smjernica, formiranja sustava registra posrednika u donacijskom sustavu te pružanja poreznih olakšica, opskrbenici u lancu hrane i dalje biraju druge načine upravljanja viškovima hrane.

Sustav socijalnih samoposluga, iako rasprostranjen diljem zemlje, nailazi na brojne probleme prilikom pribavljanja i dijeljenja hrane svojim krajnjim korisnicima. Navike donacija i njihova sezonalnost dovode do nagle potrebe skladištenja velikih količina hrane i traže njihovu brzu distribuciju zbog rokova trajanja. Zbog raznovrsnih osnivača socijalne samoposluge nisu međusobno umrežene te nemaju mogućnost raspoređivanja nerazmjernih količina hrane međusobno.

Sustav dostave hrane od socijalne samoposluge do njezinih krajnjih korisnika problem je istraživanja ovog rada. Primjenom algoritama iz teorije grafova cilj je bio prikazati njihovu aplikabilnost na konkretnom problemu dostave, točnije postići ekonomski održiv model prijevoza hrane. Na temelju podataka o području stanovanja i udaljenosti pojedinih korisnika usluga socijalne samoposluge „Kruh sv. Elizabete” u Rijeci pomoću četiriju različitih algoritama pokušalo se doći do izračuna najmanjeg puta dostave hrane. Primov i Kruskalov algoritam pronašli su minimalno razapinjuće stablo ukupno najmanje težine, no zaključak je da aplikacija ovih algoritama nije polučila odgovarajuće rješenje problema. Dijkstrin i Floydov algoritam prikazali su se aplikabilnijima te se primjenom tih dvaju algoritama uspješno došlo do minimalnih puteva dostave hrane od socijalne samoposluge do njezinih krajnjih korisnika.

## LITERATURA

1. Europska komisija, Decision on Adoption of the Plan for Prevention and Reduction of Food Waste Generation of the Republic of Croatia 2019 – 2022, 2019., online: [https://ec.europa.eu/food/system/files/2020-05/fw\\_lib\\_fwp-strat\\_national-strategy\\_hrv\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/food/system/files/2020-05/fw_lib_fwp-strat_national-strategy_hrv_en.pdf)
2. Eurostat, At-risk-of-poverty rate by poverty threshold, age and sex - EU-SILC and ECHP surveys, 2019a, online: [https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ilc\\_mdcs03&lang=en](https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ilc_mdcs03&lang=en)
3. Eurostat, Inability to afford a meal with meat, chicken, fish (or vegetarian equivalent) every second day - EU-SILC survey, 2019b, online: [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ilc\\_li02/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ilc_li02/default/table?lang=en)
4. FAO, IFAD, UNICEF, WFP i WHO, The State of Food Security and Nutrition in the World 2019 - Safeguarding against economic slowdowns and downturns, FAO, Rim, 2019., online: <https://www.fao.org/3/ca5162en/ca5162en.pdf>
5. Gross, J. L., Yellen, J., Anderson, M., Graph Theory and Its Applications, Third Edition, CRC Press, Boca Raton, 2019.
6. Hrvatski crveni križ, n.d., Socijalne samoposluge, pregledano: 20.10.2019., online: <https://www.hck.hr/sto-radimo/socijalna-skrb/humanitarna-pomoc/socijalne-samoposluge/194>
7. Ministarstvo poljoprivrede, Izvješće Ministarstva poljoprivrede o rezultatima istraživanja o doniranju hrane u Republici Hrvatskoj, 2017., online: [https://poljoprivreda.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/hrana/doniranje\\_hrane/Izvjescje\\_o\\_doniranju\\_hrane\\_u\\_RH\\_-\\_listopad\\_2017.pdf](https://poljoprivreda.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/hrana/doniranje_hrane/Izvjescje_o_doniranju_hrane_u_RH_-_listopad_2017.pdf)
8. Ministarstvo poljoprivrede, Vodič o doniranju hrane, 2019., online: [https://poljoprivreda.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/hrana/doniranje\\_hrane/MPVodic\\_%20za\\_doniranje\\_hrane.pdf](https://poljoprivreda.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/hrana/doniranje_hrane/MPVodic_%20za_doniranje_hrane.pdf)
9. NN 119/15, Pravilnik o uvjetima, kriterijima i načinima doniranja hrane i hrane za životinje, Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske
10. NN 130/15, Pravilnik o izmjenama i dopunama pravilnika o porezu na dodanu vrijednost, Ministarstvo financija Republike Hrvatske
11. NN 91/19, Pravilnik o uvjetima, kriterijima i načinima doniranja hrane i hrane za životinje, Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske
12. Saha Ray, S., Graph Theory with Algorithms and its Applications, Springer India, New Delhi, 2013.
13. TUM – Matematik – M9, n.d., Visualizations of Graph Algorithms, online: <https://algorithms.discrete.ma.tum.de/>
14. Udruga Delta, n.d., Mreža hrane, pregledano: 15.11.2019., online: <http://www.udruga-delta.hr/Aktivnosti/Mreza-hrane>

# GRAPH THEORY AND ECONOMICALLY SUSTAINABLE TRANSPORTATION OF DONATIONS

## ABSTRACT

The amount of food produced in the world is sufficient to feed the entire population, but its uneven distribution makes it one of the greatest problems of our time. Both the authorities and the people have become increasingly aware of food management problems and have consequently been putting more efforts in solving this problem in recent years. Food donation, as an act of giving food to final recipients free of charge, is one of the methods aimed at achieving a more even distribution of food. There are many actors involved in the food donation chain (a donor, an intermediary, and a final recipient), and each of them plays an important role in solving the problem mentioned above. In order to achieve a better and more even distribution of food, the idea of distributing it to people in need through social self-services has become effective. The aim of this study is to help in reducing the amount of food waste and increasing the amount of food donation. More specifically, the aim is to show the possibility of increasing the efficiency of food donation by identifying and determining the shortest distances between the social self-service services and their end users using graph theory and its methods. The model was developed based on the addresses of the users of the social self-service The Bread of St. Elizabeth from Rijeka, for which the distribution of certain foodstuffs poses one of the main difficulties in their work. The proposed delivery network offers an economically viable model for the delivery of food to its end users.

**Key words:** food, donation, social self-services, graph theory