

# Vodeni otisak prehrambene industrije

---

**Marković, Mateo**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:159:545448>

*Rights / Prava:* [Attribution-NoDerivatives 4.0 International](#)/[Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-03**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



**Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Prijediplomski studij Prehrambena tehnologija**

**Mateo Marković**  
0058217825

**Vodeni otisak prehrambene industrije**

**ZAVRŠNI RAD**

**Predmet: Tehnologija vode**  
**Mentor: izv. prof. dr. sc. Josip Ćurko**

**Zagreb, 2023.**

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Prijediplomski sveučilišni studij Prehrambena tehnologija

Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo  
Laboratorij za tehnologiju vode

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti  
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Vodeni otisak prehrambene industrije

Mateo Marković, 0058217825

## Sažetak:

Voda ima važnu ulogu u svim granama prehrambene industrije. Ona je obnovljiv izvor, no dostupnost joj nije neograničena. Vodeni otisak je važan dio procjene potrošnje vode u industriji. Dijeli se na plavi, zeleni i sivi. Plavi se odnosi na potrošnju slatke vode, zeleni na oborine, a sivi na razrjeđivanje onečišćujućih tvari iz otpadnih voda. Procjenjuje se za operativni dio koji uključuje vodu korištenu u procesu proizvodnje i ugrađenu u proizvod te za opskrbni lanac koji obuhvaća sve sirovine i ambalažu. Prehrambena industrija je među prvima koja je koristila taj sustav procjene potrošnje vode. On je važan čimbenik u kolektivnom upravljanju resursima vode koji proizlaze iz korporativne održivosti čiji je zadatak napredak uz istovremeno poštivanje načela održivog razvoja zbog ograničenosti resursima. Pritom je važno utvrditi kritične procese i sirovine, ali i paziti na otpadne vode kako bi se postigla održivost resursa vode i zadovoljila društvena odgovornost.

**Ključne riječi:** vodeni otisak, potrošnja vode, virtualna voda, prehrambena industrija, korporativna održivost

**Rad sadrži:** 33 stranice, 9 slika, 5 tablica, 24 literaturnih navoda, 0 priloga

**Jezik izvornika:** hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku pohranjen u knjižnici Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Josip Ćurko

**Datum obrane:** 05. srpnja 2023.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Undergraduate thesis

University of Zagreb  
Faculty of Food Technology and Biotechnology  
University undergraduate study Food Technology

Department of Food Engineering  
Laboratory for Water Technology

Scientific area: Biotechnical Sciences  
Scientific field: Food Technology

**Water footprint of the food industry**

**Mateo Marković, 0058217825**

**Abstract:**

Water plays an important role in all aspects of the food industry. It is a renewable resource, but it is not unlimited. The water footprint (WF) is an important part of evaluating water use in the industry. It is divided into blue, green and grey WF. Blue refers to freshwater consumption, green to precipitation, and grey to dilution of pollutants from wastewater. It can be estimated as operational water footprint, which includes water used in the production process and water contained in the product, and supply chain WF, which includes all raw materials and packaging. The food industry is one of the first industries to use this system to estimate water consumption. It is an important factor in corporate water management as part of corporate sustainability, whose mission is to make profits while respecting the principles of sustainable development, since resources are limited. At the same time, it is important to determine the critical processes and raw materials, as well as wastewater treatment, in order to achieve sustainability of water resources and meet social responsibility.

**Keywords:** water footprint, water consumption, virtual water, food and beverage industry, corporate sustainability

**Thesis contains:** 33 pages, 9 figures, 5 tables, 24 references, 0 supplements

**Original in:** Croatian

Thesis is deposited in printed and electronic form in the Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

**Mentor:** Josip Ćurko, Associate Professor

**Thesis defended:** July 05, 2023

## SADRŽAJ

<b>1.UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2.TEORIJSKI DIO .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. VODENI OTISAK .....</b>	<b>2</b>
2.1.1 PLAVI VODENI OTISAK.....	3
2.1.2. ZELENI VODENI OTISAK.....	5
2.1.3. KORELACIJA PLAVOG I ZELENOG VODENOG OTISKA.....	5
2.1.4. SIVI VODENI OTISAK .....	6
2.1.5. VIRTUALNI PROTOK VODE .....	9
<b>2.2. VODENI OTISAK PROIZVODA.....</b>	<b>11</b>
2.2.1. PROCJENA VODENOG OTISKA PROIZVODA U PROIZVODNJI OSVJEŽAVAJUĆIH BEZALKOHOLNIH PIĆA .....	14
2.2.2. OPERATIVNI VODENI OTISAK PROIZVODA .....	16
2.2.3. VODENI OTISAK OPSKRBNOG LANCA PROIZVODA .....	17
2.2.4. VODENI OTISAK SOKA OD NARANČE .....	23
<b>2.3. KOLEKTIVNO UPRAVLJANJE RESURSIMA VODE .....</b>	<b>25</b>
<b>3.ZAKLJUČCI.....</b>	<b>30</b>
<b>4.POPIS LITERATURE .....</b>	<b>31</b>

## 1. UVOD

Nestašica vode jedan je od glavnih problema s kojima se bori prehrambena industrija, a održivi način proizvodnje predstavlja razne izazove s kojima se tvrtke suočavaju prilikom upravljanja resursima vode. Tijekom zadnja dva desetljeća izvještavanje o održivosti proizvodnje razvilo se iz prakse kojoj se nije pridavalo toliko pažnje u uobičajeni program za upravljanje vodom.

Iz toga se razvila procjena vodenog otiska kao princip praćenja potrošnje vode u industriji. On obuhvaća skup definicija, metoda i matematičkih modela potrebnih za detaljno sakupljanje podataka. Dijeli se na direktni operativni vodeni otisak i indirektni vodeni otisak opskrbnog lanca. Operativni vodeni otisak uključuje vodu utrošenu za proizvodnju koja je uglavnom jednaka količini vode koja se ugradi u proizvod. Vodeni otisak opskrbnog lanca je mnogo složeniji, a uključuje procjenu vodenog otiska svih sirovina uključenih u proizvodnju što osim proizvodnih sirovina uključuje i ambalažne materijale. Vodeni otisak opskrbnog lanca prati se kroz virtualni protok vode koji je posljedica internacionalne trgovine resursima. Važan je čimbenik u korporativnoj održivosti koja zahtjeva upravljanje resursima vode prema propisanoj društvenoj odgovornosti.

Vodeni otisak dodatno se dijeli na plavi, zeleni i sivi. Plavi vodeni otisak obuhvaća potrošnju podzemnih i površinskih zaliha pitke vode koje se koriste u proizvodnji. Potrošnja uključuje isparavanje vode i njenu ugradnju u proizvod. Razlikuje se od tradicionalnog praćenja potrošnje jer ne uključuje pročišćenu vodu koja se vraća u isti sustav. Zeleni vodeni otisak odnosi se na potrošnju kišnice koja ima funkciju navodnjavanja u poljoprivredi. Sivi vodeni otisak povezan je sa volumenom otpadne vode nastale prilikom proizvodnje. Poboljšane metode izračuna opisali su ih .

Cilj ovog rada je osvijestiti važnost upravljanja vodom zbog ograničenosti njenih resursa. Opisan je princip upravljanja resursima vode kroz procjenu vodenog otiska u industriji osvježavajućih bezalkoholnih pića i sokova. Predstavljeni su primjeri za Nestle i Coca-Colu kroz njihove programe upravljanja vodom u sklopu korporativne održivosti i opisani su rezultati njihove optimizacije potrošnje vode.

## 2. TEORIJSKI DIO

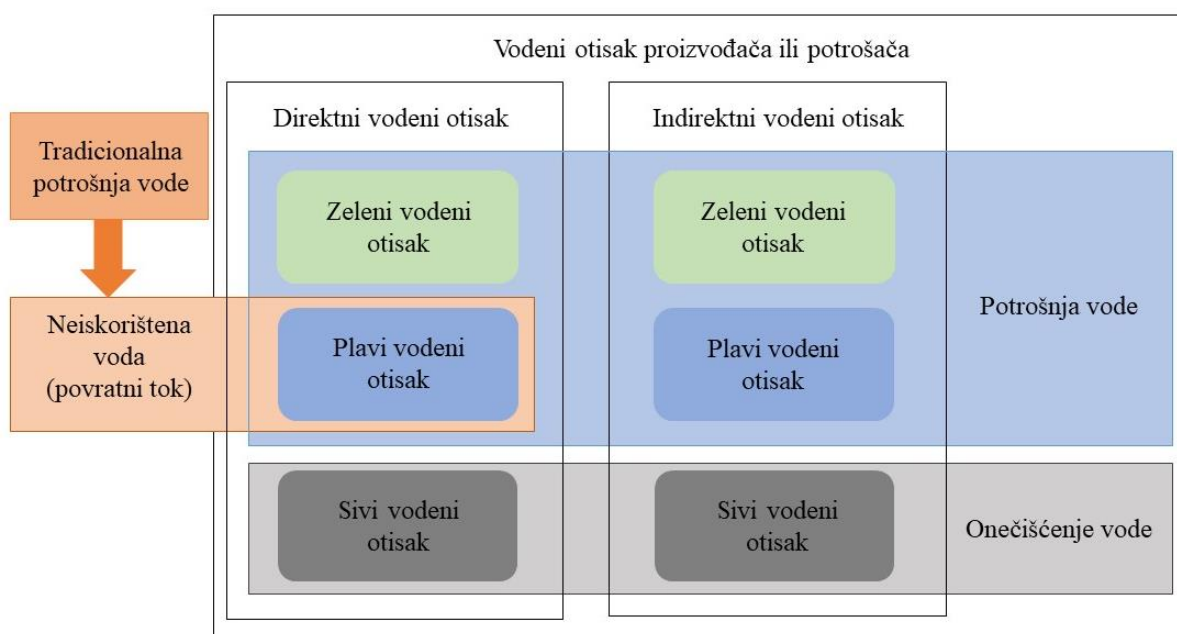
### 2.1. VODENI OTISAK

Vodeni otisak je inovativni pokazatelj potrošnje vode u industriji. Osmišljen je kao procjena potrošnje vode. Može se računati za pojedinca, kućanstvo, proizvod, industriju ili za cijelu državu. Računa se kao potrošnja direktne, ali i indirektne (virtualne) vode u nekom vremenskom periodu. Stvarna ili direktna voda je sva voda koja se crpi iz prirodnih izvora i namijenjena je direktnom korištenju, dok je indirektna ili virtualna voda definirana kao voda koja je ugrađena u biljku, koja je u procesu proizvodnje ugrađena u proizvod, koja je iskorištena za proizvodnju pakiranja ili u svrhu pružanja usluge kao što je prijevoz sirovine. Naime, dok se stvarna voda može lako izraziti jer označava čistu potrošnju, virtualna voda se bazira na procjeni koja je određena raznim matematičkim modelima (Sengupta, 2017). Vodeni otisak kao takav se može smatrati sveobuhvatnim pokazateljem rukovanjem vodom kao resursom. Razlika tradicionalnog načina mjerenja količine potrošene vode u odnosu na mjerenja ukupnog vodenog otiska je prikazana na slici 1. U odnosu na tradicionalni način mjerenja količine potrošene vode koji u obzir uzima samo vodu povučenu u pogon prilikom proizvodnje i povratni tok neiskorištene vode, vodeni otisak se prati kroz cijeli lanac proizvodnje, od uzgoja sirovine do police u trgovini. On se tako dijeli na više različitih komponenata, a sve komponente mjerenja su određene vremenski i geografski (Hoekstra i sur., 2011).

Dijeli se na tri komponente, a to su plavi, zeleni i sivi vodeni otisak, a određuje se posebno u proizvodnji kao direktni, ali i za opskrbeni lanac kao indirektni vodeni otisak kao što je prikazano na slici 1. Plavi vodeni otisak se odnosi na potrošnju podzemnih i površinskih voda, ali i prikupljene kišnice. Potrošnja se karakterizira kao isparavanje vode ili kao ugradnja u sirovinu ili konačan proizvod. Voda koja se prilikom kruženja vode u prirodi vraća nazad u isti ekosustav u istom vremenskom razdoblju se ne ubraja u plavi vodeni otisak, a to se odnosi na povratni tok koji se ne ugradi u biljku prilikom navodnjavanja (Ercin i sur., 2011). Zeleni vodeni otisak predstavlja kišnica koja se upije u zemlju i zatim se ugradi u biljku ili ispari kroz tlo ili biljku. Kišnica koja oteče u povratnom toku se ne ubraja u zeleni vodeni otisak (Hoekstra i sur., 2011). Sivi vodeni otisak se uglavnom odnosi na otpadnu vodu koju ispušta industrijsko postrojenje, no može se odnositi i na otpadnu vodu iz kućanstava u obliku komunalne otpadne vode i poljoprivrednu otpadnu vodu. Definiran je kao količina vode potrebna da razrijedi

onečišćujuće tvari kako bi se postigla propisana koncentracija tih tvari u otpadnoj vodi (Gu i sur., 2014).

Ovako opisani način praćenja potrošnje vode daje puno širu sliku o tome kakav utjecaj na okoliš ima proizvodnja određenog proizvoda. Utjecaj vodenog otiska na određenom području ovisi o dostupnosti vode, broju potrošača i količini onečišćivača prisutnih u tom sustavu. Taj utjecaj je potrebno usporediti s maksimalnim onečišćenjem prilikom kojeg se može očuvati održivost tog vodenog sustava. To se može provesti na način da se uz pomoć najbolje dostupne tehnologije utvrdi vodeni otisak određene industrije kako bi se on mogao usporediti sa vodenim otiscima drugih sličnih industrija u svrhu što efikasnije potrošnje i veće uštede vode. To omogućuje bolju održivost i kontrolu lokalnih vodenih resursa kao i pravednu raspodjelu korištenja vode (Hoekstra, 2015).



**Slika 1.** Vodeni otisak proizvođača ili potrošača (Hoekstra i sur., 2011)

### 2.1.1 Plavi vodeni otisak

Plavi vodeni otisak je pokazatelj potrošnje „plave“ vode, odnosno slatke površinske ili podzemne vode. Potrošnja vode može se opisati u četiri slučaja: voda koja ispari (evaporacija), voda ugrađena u sirovinu i/ili proizvod, voda koja se ne vraća u isti sliv (vraća se u drugi sliv ili u more) te voda koja se ne vraća u istom vremenskom periodu (crpi se u sušnom razdoblju, a vraća se u kišnom razdoblju) što je shematski prikazano na slici 2. Evaporacija je

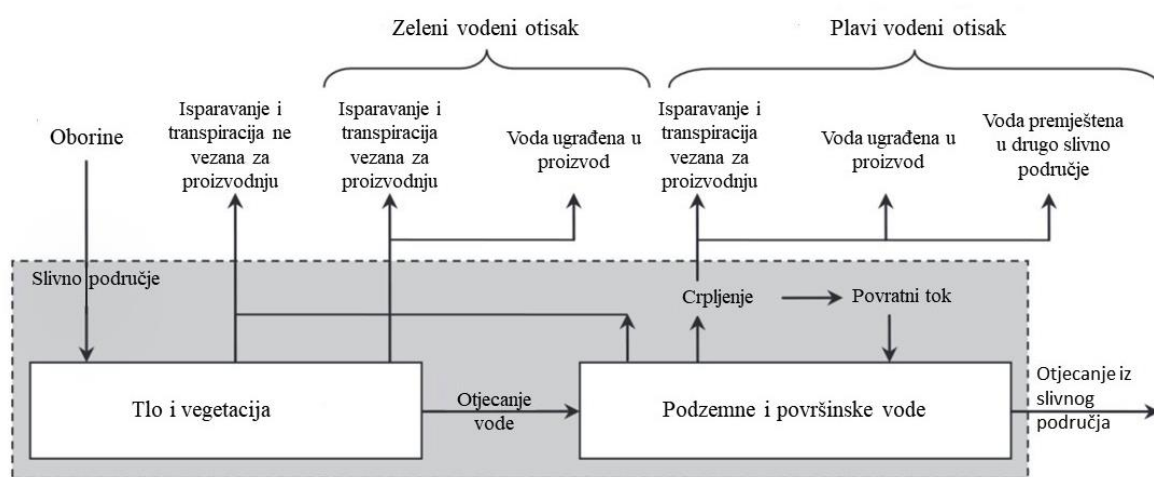


najznačajnija komponenta plavog vodenog otiska. Ukupna potrošnja se često izjednačava s isparavanjem, no potrebno je uključiti i ostale komponente kada je to potrebno. Svaka evaporacija u proizvodnom lancu se ubraja, uključujući i vodu koja ispari prilikom navodnjavanja. Osim toga ubraja se i voda koja ispari prilikom skladištenja vode (umjetni akumulacijski rezervoari), prilikom transporta vode, u proizvodnji (isparavanje tijekom zagrijavanja vode u slučaju kada se ne skuplja vodena para), tijekom isparavanja otpadne vode (odvodni kanali i uređaji za pročišćavanje otpadnih voda). Iskorištenje vode ne znači da se ta voda zapravo troši, ona uvijek ostaje u ciklusu. Iako je voda obnovljivi resurs i ostaje u ciklusu, to ne znači da je njezina dostupnost pritom neograničena. U određenom vremenskom periodu zalihe su vode uvijek ograničene na određenu količinu. Iako se te zalihe konstantno obnavljaju, nije ih poželjno trošiti brže od toga. To je moguće raditi privremeno, no u dužem vremenskom periodu nije održivo. Površinske i podzemne vode se mogu koristiti u svrhu navodnjavanja, za industrije ili kućanstva. Plavi vodeni otisak zapravo mjeri količinu vode dostupne u određenom razdoblju koji se troši za potrebe ljudi, dok se ostatak zaliha troši za održavanje ekosustava (Hoekstra i sur., 2011).

Mjeri se volumen vode koja dolazi iz izvora plave vode, no od toga se oduzima volumen vode koji se vraća nazad u sustav. Tako se zapravo uzima u obzir voda koja se prilikom navodnjavanja ugradi u proizvod, u ovom slučaju biljku koja postaje sirovina, i voda koja ispari u procesu navodnjavanja. Voda koja se prilikom navodnjavanja vrati u isti sustav kao povratni tok se oduzima i ne karakterizira se kao voda potrošena za navodnjavanje. Može se reći kako je glavna razlika novijeg načina u odnosu na stari uobičajeni način praćenja potrošnje vode, pri kojemu se sva voda računa kao utrošak, to što stari pogled na utrošak vode označava bruto potrošnju vode, dok novi način zbog izuzimanja vode koja se vraća u sustav označava neto potrošnju vode. Takav novi način računanja potrošnje vode ima više smisla jer se povratni tok vode u sustav može ponovo iskoristiti za razliku od vode koja je ugrađena u proizvod ili je isparila. Isparena voda se smatra gubitkom iako će se vratiti u obliku oborina. To je tako iz razloga što će to u tom vremenskom periodu uzrokovati nedostatak vode u tom izvoru i ne može se garantirati gdje i u kojoj količini će se ta voda vratiti u obliku oborina (Hoekstra, 2015).

### 2.1.2. Zeleni vodeni otisak

Zeleni vodeni otisak se odnosi na globalne resurse zelene vode, odnosno oborina u svrhu proizvodnje sirovina i njihove prerade (Ercin i sur., 2011). Indikator je isključivo ljudske upotrebe oborina, a odnosi se na vodu koja ne otječe, tj. koja ne puni zalihe podzemnih ili površinskih voda, nego se privremeno skladišti u tlu ili zaostaje na vrhu tla ili vegetacije. Taj dio oborina služi za navodnjavanje biljaka, a u konačnici ispari iz tla, ugradi se u biljku ili dođe do transpiracije kroz biljku. Izražava se kao volumen kišnice koja je iskorištena tijekom procesa proizvodnje, konkretno, kod rasta biljaka. Taj volumen je jednak zbroju volumena vode koja je isparila i koja se ugradila u biljku kao što je prikazano na slici 2. Posebno je prikladna za rast usjeva, no oni ne mogu preuzeti svu zelenu vodu koja padne na nekom području jer će dio te vode uvijek ispariti. Osim toga, rast usjeva ovisi o padalinama koje mogu biti različite ovisno o području sadnje i o razdoblju u godini. Potrošnju zelene vode u poljoprivredi moguće je izmjeriti, ili bolje rečeno procijeniti skupom formula ili matematičkim modelima koji se baziraju na podacima o klimi, tlu i karakteristikama usjeva (Hoekstra i sur., 2011).



**Slika 2.** Shematski prikaz plavog i zelenog vodenog otiska (Hoekstra i sur., 2011)

### 2.1.3. Korelacija plavog i zelenog vodenog otiska

Izvori plave vode su općenito oskudniji od zelene vode te je veći trošak potreban za njihovu upotrebu pa je zbog toga jako bitno obratiti na potrošnju plave vode unutar vodenog otiska. Međutim, izvori zelene vode su također ograničeni pa je i na njih bitno obratiti

pozornost gledajući na ukupni vodeni otisak. Korisno je što se izvori plave vode mogu koristiti prilikom nedostatka zelene vode, odnosno oborina. To se posebno odnosi na agrikulturu. Zbog toga što se praćenje potrošnje plave vode uvijek prioritiziralo, došlo je do podcjenjivanja zelene vode kao važnog čimbenika proizvodnje (Hoekstra i sur., 2011). Zbog navedenog razloga kako su izvori plave vode oskudniji od izvora zelene vode, globalni gubitci vode ponekad mogu imati pozitivan značaj ukoliko dolazi do uštede plavih izvora vode. Primjerice, kada zemlja sa malom količinom oborina uvozi usjeve iz države koja ima vlažniju klimu te tako koristi zelenu vodu, odnosno oborine za navodnjavanje. Takav način uvoza vode ugrađene u sirovinu se naziva virtualni vodeni otisak, odnosno u slučaju uvoza virtualni protok vode (Hoekstra i Chapagain, 2007).

Procijenjeno je kako je 92 % plavog vodenog otiska na globalnoj razini iskorišteno isključivo u agrikulturi za potrebe navodnjavanja. Osim toga zeleni vodeni otisak na globalnoj razini se gotovo potpuno koristi u primarnom sektoru čija je glavna djelatnost agrikultura (Hoekstra, 2015). Iako se većina plavog i zelenog vodenog otiska koriste za agrikulturu, zeleni vodeni otisak je i dalje glavni izvor vode za navodnjavanje pri čemu je prosječni godišnji utrošak zelene vode tri puta veći od utroška plave (Rost i sur., 2008). Iako je potrebno paziti na potrošnju plave vode u svrhu navodnjavanja, njezina važnost može biti vrlo značajna za uzgoj u područjima sa smanjenom količinom oborina. U tom slučaju, dodatno navodnjavanje sa vodom iz plavih izvora može uvelike povećati prinose, često i više nego dvostruko. No to se ne odnosi na područja sa potpunom suhom klimom gdje je jedina opcija potpuno navodnjavanje (Hoekstra i Chapagain, 2007).

#### 2.1.4. Sivi vodeni otisak

Otpadna voda koju ispušta industrija, a pod koju spada i otpadna voda nastala korištenjem u kućanstvu ili poljoprivredi se naziva siva voda. To znači da ona potječe iz točkastih izvora kao što su industrijska i gradska kanalizacija ili iz raspršenih izvora sa poljoprivrednih polja (Sengupta, 2017a). Sivi vodeni otisak se odnosi na količinu onečišćene vode koja je povezana sa cjelokupnom proizvodnjom. Određena je kao količina vode koja je potrebna da se onečišćene tvari razrijede do te mjere u kojoj kvaliteta vode ostaje unutar dogovorenih parametara, tj. standarda (Wyness, 2011). Sami koncept sivog vodenog otiska proizašao je iz spoznaje kako se količina onečišćenja može izraziti kao volumen vode potreban

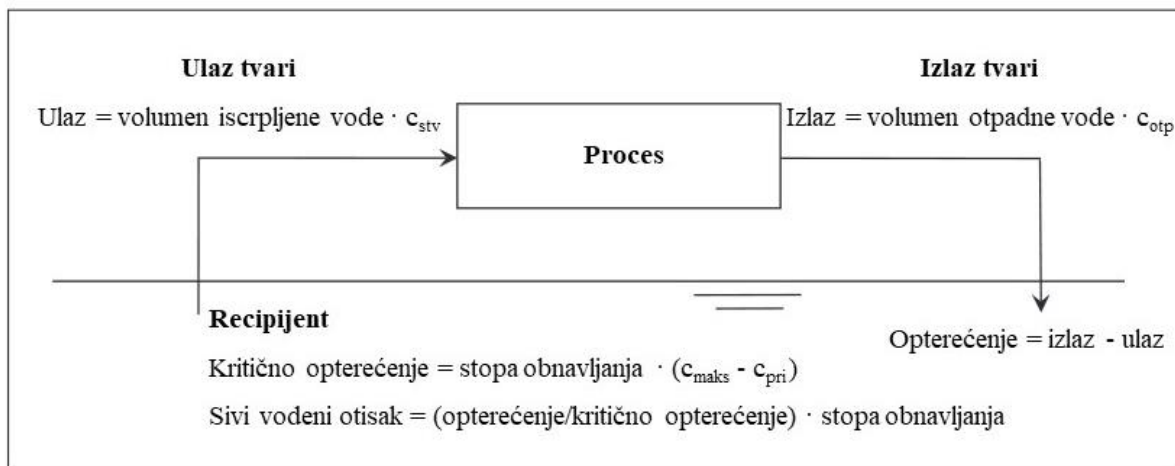
za razrjeđivanje onečišćivača do koncentracije u kojoj oni postaju bezopasni (Hoekstra i sur., 2011).

Prati se u nekom referentnom vremenskom razdoblju, a na njega utječe nekoliko čimbenika. Ovisi o srednjoj koncentraciji onečišćujuće tvari koja se općenito uzima kao referentna u prirodnoj vodi koja se naziva i „prirodna koncentracija“, koncentraciji te tvari u recipijentu u koji se otpadna voda ispušta, ukupni volumen korištene vode, ukupni volumen ispuštene otpadne vode i koncentracija referentne onečišćujuće tvari u ispuštenoj otpadnoj vodi (Sengupta, 2017a).

Računa se kao kvocijent opterećenja onečišćujućim tvarima i razlike između standarda kvalitete za tu onečišćujuću tvar u okolnoj vodi (maksimalna prihvatljiva koncentracija) i njene prirodne koncentracije u recipijentu u koji se otpadna voda ispušta (prirodna koncentracija). Prirodna koncentracija je ona koncentracija kada ne bi bilo ljudskog utjecaja na taj recipijent. Ona je za sintetičke tvari koje se prirodno ne nalaze u vodi uvijek jednaka 0. Kao referenca u recipijentu u koji se otpadna voda ispušta se koristi općenita prirodna koncentracija, a ne stvarna koncentracija koja je prisutna. To je tako iz razloga što je sivi vodeni otisak zapravo pokazatelj asimilacijskog kapaciteta. Sposobnost asimilacije recipijenta ovisi o razlici između najveće dopuštene i prirodne koncentracije tvari. Kada bi se uspoređivale maksimalna dopuštena i stvarna koncentracija, to bi se odnosilo na preostali kapacitet asimilacije. On je funkcija stvarne razine onečišćenja u određenom vremenu, no konstantno se mijenja što može otežati njegovu kontrolu (Hoekstra i sur., 2011).

Otpadne vode često sadrže onečišćivače koji se već nalaze u nekoj koncentraciji ( $c_{otp}$ ) u recipijentu u koji se ta otpadna voda ispušta. To je već opisano kao stvarna koncentracija onečišćivača ( $c_{stv}$ ) u recipijentu koji se konstantno mijenja zbog čega je nužno pristupiti izračunu kao što je vidljivo na slici 3. To je bitno zato što može doći do kritičnog opterećenja recipijenta tim određenim onečišćivačem. Kritično opterećenje je definirano kao razlika između maksimalne prihvatljive koncentracije ( $c_{maks}$ ) i prirodne koncentracije ( $c_{pri}$ ) tog onečišćivača koja se množi sa stopom obnavljanja tog recipijenta (primjer slika 3). U tom slučaju se za izračun maksimalne prihvatljive koncentracije mora koristiti stvarna koncentracija onečišćivača u tom recipijentu, a ne standardna prirodna koncentracija kao inače. Stopa obnavljanja u rijeci se definira kao povratni tok u rijeku, u podzemnoj vodi kao ponovno punjenje, tj. dopunjavanje, a u jezeru kao protok vode kroz jezero. Kada količina sivog vodenog otiska postane jednaka stopi obnavljanja recipijenta u koju se otpadna voda ispušta, dolazi do

potpunog iskorištenja asimilacijskog kapaciteta. Kada taj iznos postane veći od stope obnavljanja, onečišćenje postaje veće od asimilacijskog kapaciteta što dovodi do prekoračenja maksimalne dozvoljene koncentracije. Ako otpadna voda sadrži više različitih onečišćivača, što je uglavnom tako, sivi vodeni otisak određen je onim onečišćivačem koji predstavlja najveću opasnost. Na sličan se može pratiti i termalno onečišćenje. U tom slučaju opterećenje predstavlja toplina, a kapacitet asimilacije ovisi o porastu temperature unutar recipijenta koji prima tu otpadnu vodu (Hoekstra, 2015).



**Slika 3.** Definicija sivog vodenog otiska na temelju količine ispuštenih onečišćujućih tvari u recipijent (Hoekstra, 2015)

Otpadne vode iz prehrambene industrije često nisu biorazgradive ili se ne mogu pročišćavati u postrojenjima za obradu otpadnih voda te mogu onečistiti izvore. Takve vode je moguće obraditi smotama biološke obrade (Weber i Saunders-Hogberg, 2020). Nedostatak praćenja sivog vodenog otiska je to što zanemaruje vrijeme zadržavanja onečišćivača u okolišu i ne bavi se svim onečišćujućim tvarima nego samo sa nekoliko koji su navedeni u standardima. Rezultati sivog vodenog otiska koji se baziraju na standardima kvalitete vode ne mogu s točnošću odrediti utjecaj onečišćujućih tvari na okoliš. Često se zanemaruje utjecaj sive vode kroz duži vremenski period. Neke onečišćujuće tvari, kao što su trajni organski onečišćivači, imaju jako značajne dugoročne učinke na kvalitetu vode. Osim toga, zanemaruje se utjecaj onečišćenja na lokalne izvore pitke vode. Vrijednost sivog vodenog otiska je u direktnoj vezi sa plavim vodenim otiskom te skupa mogu činiti ukupni vodeni otisak, no takva vrijednost ne može u potpunosti točno izraziti utjecaj otpadne vode na okoliš. Velika

količina organskih i anorganskih onečišćujućih tvari kroz otpadnu vodu dopijeva u prirodne vode gdje se akumuliraju. Ne mogu biti jednostavno uklonjene prirodnim pročišćavanjem te imaju dugotrajan učinak na vodeni okoliš. Mogu biti otporne na fotolitičku, kemijsku i biološku razgradnju. Nakupljaju se u masnom tkivu živućih organizama i imati toksični učinak što može uzrokovati potencijalni ekološki rizik. Osim toga, dugoročno nakupljanje dušika i fosfora može dovesti do velike promjene u vodenom okolišu, a u najgorem slučaju ih može dovesti i do eutrofikacije, tj. starenja vodenih ekosustava, uglavnom jezera. Kako bi se to spriječilo i bolje pratilo sve čimbenike, novija procjena sivog vodenog otiska bi trebala u obzir uzimati kvalitetu i količinu vode te vrijeme (Gu i sur., 2014).

Iako se sivi vodeni otisak često shvaća kao potreba za razrjeđivanjem otpadne vode, to može implicirati da je onečišćivače potrebno samo razrijediti, a ne i smanjiti njihovo ispuštanje u okoliš. To nije njegova glavna svrha jer je sivi vodeni otisak indikator onečišćenja s ciljem da se ono maksimalno umani. Iz tog razloga se provodi pročišćavanje otpadne vode prije odlaganja, čime se pokušava što više smanjiti sivi vodeni otisak, u idealnim okolnostima i u potpunosti (Hoekstra i sur., 2011). S druge strane, bitno je dobro procijeniti standarde kvalitete kako bi se bolje mogla opisati kritična opterećenja. Također je bitno osmisliti mehanizme provedbe kontrole kako se ta opterećenja ne bi prekoračila (Hoekstra, 2014).

#### 2.1.5. Virtualni protok vode

Virtualna voda je drugi naziv za vodu ugrađenu u sirovinu, odnosno proizvod. Definira se kao voda koja je potrebna biljkama za proizvodnju biomase, odnosno za rast biljke, voda koja se troši za proizvodnju u industriji ili voda koja se troši u svrhu pružanja neke usluge namijenjene proizvodnji. Virtualna voda usjeva kao najbitnijeg aspekta procjene izražava se kao mjerljiva količina vode koja ispari prilikom navodnjavanja ili transpirira kroz biljku. To je zapravo zbroj zelenog i plavog vodenog otiska (Sengupta, 2017a). Koncept virtualne vode se zasniva na praćenju cijelog proizvodnog lanca kroz procese i pružanja usluga u svrhu proizvodnje. Tako možemo izračunati vodeni otisak u industriji i saznati pravu vrijednost virtualne vode potrebnu za proizvodnju nekog proizvoda. Ona je različita od volumena vode koji je izravno prisutan u proizvodima koji se naziva virtualni sadržaj vode. Usko je povezan sa vodenim otiskom, a namijenjen je kvantifikaciji globalne virtualne vode, odnosno njezinih tokova kroz trgovanje. Osnovan je kako bi se analizirala veza između ljudske potrošnje i

korištenja vode uzimajući u obzir i indirektnu potrošnju vode, ali i kako bi se lakše pratila trgovina i upravljanje globalnim resursima vode (Lovarelli i sur., 2016).

Kako bi pratili međunarodne tokove virtualne vode povezane sa trgovinom industrijskih proizvoda, u teoriji bi bilo potrebno za svaki pojedinačni proizvod računati količinu virtualne vode i pomnožiti ju sa količinom tog proizvoda. Takav način nije u uporabi jer je proizvoda mnogo i procjena virtualne vode za svaki proizvod bila bi zahtjevna. Jednostavniji način koji se umjesto toga koristi za procjenu uvoza i izvoza virtualne vode je množenje monetarnih podataka o međunarodnoj trgovini industrijskim proizvodima (US\$/godina) s podacima o prosječnom sadržaju virtualne vode po dolaru industrijskih proizvoda za određenu državu ( $\text{m}^3/\text{US}\$$ ). To se računa za svaku državu dijeljenjem količine iscrpljene vode za industrijski sektor sa vrijednošću koju ta voda u procesu proizvodnje dodaje proizvodu kako bi mu podigla cijenu. Osim toga bitno je naglasiti kako u procjeni protoka virtualne vode ulaze i proizvodi koji se uvoze i zatim ponovno izvoze (Hoekstra i Chapagain, 2007). Jako je bitno pratiti protok virtualne vode jer ljudi za proizvodnju hrane koriste oko tisuću puta više vode nego za svakodnevni život (Allan, 1998).

Uz sve to, najveći pozitivni učinak virtualnim protokom vode trgovinom je ušteda vode u regijama ili državama koje uvoze proizvode. Te uštede su jednake volumenom virtualne vode koja je uvezena pomnoženim sa volumenom vode koja bi bila potrebna za domaću proizvodnju. S druge strane, te uštede u državi uvoza stvaraju gubitke vode u državi izvoza što znači da se ta voda više ne može koristiti za druge svrhe u toj državi izvoza. Do neto uštede vode dolazi u slučaju kada država sa učinkovitom potrošnjom vode (proizvod ima mali virtualni sadržaj vode) izvozi proizvod u državu sa manje učinkovitom potrošnjom vode (isti proizvod ima velik virtualni sadržaj vode). S druge strane, ukoliko je slučaj obrnut, dolazi do neto dodatne potrošnje vode. Primjerice, prema Hoekstra i Hung (2005), procijenjeno je kako za proizvodnju jednog kilograma žitarica, uzgojenih u kišnim i povoljnim klimatskim uvjetima potrebno jedan do dva kubična metra vode, tj. 1000-2000 kg vode. Za istu količinu žitarica, ali uzgojenih u sušnim i nepovoljnim klimatskim uvjetima gdje je visoka temperatura, evaporacija i transpiracija, potrebno je 3000-5000 kg vode. Neto ušteda vode se može ostvariti skladištenjem proizvoda koji su proizvedeni u visoko produktivnim razdobljima godine, odnosno za vrijeme „sezone“, kako bi se mogli koristiti tijekom nisko produktivnih razdoblja godine. To je puno učinkovitiji i ekološki prihvatljiviji način korištenja vode, nego neučinkovito korištenje vode tijekom sušnih razdoblja. Na globalnoj razini bi se u teoriji moglo doći do velike uštede vode

ukoliko bi se države specijalizirale za proizvodnju i izvoz proizvoda za koju imaju komparativnu prednost, tj. učinkovitiju proizvodnju u odnosu na države uvoza. Isto tako bi uvezile proizvode za koje su u komparativnom nedostatku u odnosu na države izvoza. No prilikom takvog načina trgovanja dolazi i do trajnog iscrpljivanja resursa u državi što je jedan od nedostataka. Također je relevantno pratiti je li uštedena plava ili zelena voda jer iako su oba resursa bitna, države uglavnom sadrže oskudnije resurse plave vode (Chapagain i sur., 2006). Međutim, kako je trenutno na globalnoj snazi otvorena ekonomija, države nisu naklonjene uštedi vode, nego nema pravila prema kojima se trgovanje odvija ako se u obzir uzima virtualni protok vode. Osim toga, ukoliko trgovanjem dolazi do neto dodatne potrošnje vode, to nije pravilno regulirano jer mnoge države u manje razvijenim dijelovima svijeta izvoze proizvode po cijenama koje neispravno uključuju trošak virtualne vode utrošene za taj proizvod. To dovodi do situacija u kojima neke države izvoze svoje već oskudne resurse vode (Hoekstra i Hung, 2005).

## **2.2. VODENI OTISAK PROIZVODA**

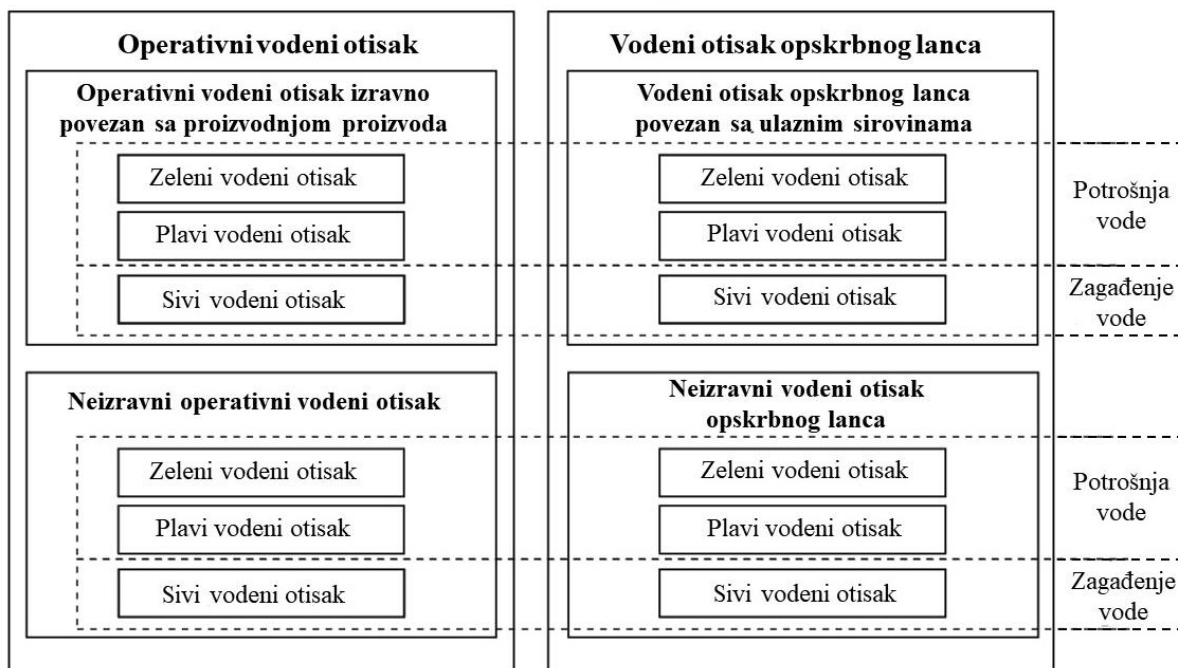
Vodeni otisak je potrebno računati za cijeli proizvodni pogon, no kako bi olakšali izračun njegove procjene, potrebno ga je računati za svaki proizvod posebno. Iako se uspoređuje, a često je i zamijenjen pojmom ugrađena voda ili virtualni sadržaj vode koji se odnose samo na količinu vode sadržanu u proizvodu, on je zapravo puno kompleksnije objašnjen. Definiran je kao količina pitke odnosno slatke vode koja je direktno ili indirektno potrebna za njegovu proizvodnju. Razvrstava se u plavi, zeleni i sivi vodeni otisak, a procjenjuje se uzimajući u obzir ukupnu potrošnju vode i onečišćenje vode u svim fazama proizvodnje, tj. u svakom od koraka u proizvodnom lancu. Bitan aspekt procjene vodenog otiska proizvoda leži u tome što osim samih volumena vode, u obzir se uzima mjesto i vrijeme korištenja kao i vrsta vode (Hoekstra i sur., 2011). Dobra procjena je srž vodenog otiska. Postoji nekoliko činjenica koje se pritom moraju uzimati u obzir. Procjena vodenog otiska iziskuje značajnu količinu podataka koji se moraju uzimati u obzir. Zbog razgranatosti opskrbnog lanca, niti jedna osoba ne može imati pristup svim potrebnim podacima. Vodeni otisak koji je posljedica agrikulturnog uzgoja sirovina je teško pratiti zbog činjenice da se takve sirovine kupuju od distributera ili sličnih posrednika. Posrednici također često mogu mijenjati izvornog dobavljača sirovine što znači da se vodeni otisak iste sirovine potpuno mijenja zbog činjenice



da se ta sirovina uzgaja na drugoj lokaciji pod različitim uvjetima. Za takve proizvode je zbog toga važno biti u razumijevanju o stalnim promjenama informacija. U svakom slučaju, sakupljanje potrebnih podataka oduzima puno vremena i može povećati troškove proizvodnje. U slučaju nedovoljne količine informacija o korištenoj sirovini koja je potrebna za procjenu vodenog otiska, moguće je koristiti regionalne prosjeke iz globalnih skupova podataka koji su u nekim slučajevima jedini dostupni izvor informacija. Uz to, važno je primijetiti kako vodeni otisak često dolazi sa polja, a ne iz tvornica. Pri tome je najveći doprinos plavom vodenom otisku voda koja se koristi za navodnjavanje, sivi vodeni otisak uglavnom proizlazi iz upotrebe pesticida i gnojiva, no on se također povezuje i sa proizvodnjom materijala za pakiranje. Sve to govori koliko je bitna procjena vodenog otiska u opskrbnom lancu. Vodeni otisak proizvoda je često osjetljiv na samo nekoliko ulaznih parametara. Prinos usjeva je jedan od najznačajnijih, kao i pravilna procjena sivog vodenog otiska. Prinosi mogu dosta varirati iz godine u godinu kao rezultat mnogih čimbenika kao što je klima, bolesti i sl. Dobavljači često smatraju prinose povjerljivim informacijama što može činiti veliku razliku od prosječnih rezultata i uzrokovati nekvalitetnu procjenu ukupnog vodenog otiska. Također, procjene sivog vodenog otiska često nisu dostupne zbog čega se rade pojednostavljene pretpostavke koje mogu odstupati od pravih vrijednosti. Kako bi se provela odgovarajuća analiza procjene sivog vodenog otiska, potreban je daljnji razvoj i standardizacija metodologije za njegov izračun (Ercin i sur., 2011). Gu i sur. (2014) su prikazali primjer takvog kompleksnijeg proračuna sivog vodenog otiska. Kako bi pravilno procijenili vodeni otisak proizvoda, potrebno je razumjeti način na koji je on proizveden i na što se sve mora obratiti pažnja. Prvo se mora identificirati proizvodni sustav koji je sastavljen od niza procesnih koraka. Svaki od tih koraka uglavnom ima više ulaznih komponenti što znači da se umjesto linearnog lanca procesnih koraka dobiva razgranati lanac, odnosno stablo proizvodnje. Osim toga, proizvodni sustavi često daju više od jednog konačnog proizvoda te je zbog toga nužno pravilno razbiti cijeli proces na manje cjeline kako bi olakšali procjenu vodenog otiska (Hoekstra i sur., 2011). Za početak je potrebno podijeliti vodeni otisak u dva glavna dijela, a to su, kao što se vidi na slici 4, direktni ili operativni vodeni otisak i indirektni ili vodeni otisak opskrbnog lanca. Važno je primijetiti kako je svaki dio dodatno podijeljen na zeleni, plavi i sivi vodeni otisak. Pod operativni vodeni otisak ulazi ona voda koja je potrošena ili onečišćena prilikom same proizvodnje. On se dijeli na operativni vodeni otisak izravno povezan sa proizvodnjom proizvoda i na neizravni operativni vodeni otisak (primjer slika 4). Operativni vodeni otisak izravno povezan sa proizvodnjom proizvoda je definiran kao voda koja je ugrađena u proizvod, voda koja je potrošena tijekom proizvodnje (npr. za pranje i

čišćenje), a da pritom nije ispuštena u isti sustav iz kojeg je povučena te voda koja je postala onečišćena kao rezultat proizvodnje. Za prve dvije stavke se zeleni vodeni otisak može zanemariti jer je sva voda povučena u pogon uglavnom vodovodna voda ili dolazi iz nekog drugog izvora koji se ubraja u plavi vodeni otisak. Sivi vodeni otisak se odnosi na treću stavku, a ovisi o industriji i proizvodima koji se proizvode te ga je pročišćavanjem otpadnih voda potrebno smanjiti na minimum, a često ga je moguće i smanjiti na nulu. Neizravni operativni vodeni otisak je definiran kao voda koju konzumiraju zaposlenici, potrošena ili onečišćena voda u kuhinjama i zahodima tvornice, voda potrošena za pranje robe zaposlenika te potrošena ili onečišćena voda korištena za čišćenje tvornice. Tvornice uglavnom proizvode veliki broj proizvoda prilikom čega bi se neizravni operativni vodeni otisak trebao podijeliti na sve proizvode. Osim toga sva otpadna voda iz tvornica uglavnom prolazi kroz sustave za pročišćavanje otpadnih voda. Zbog tih razloga, taj dio vodenog otiska možemo zanemariti. Vodeni otisak opskrbnog lanca obuhvaća vodu koja je potrošena ili onečišćena prilikom proizvodnje svih sirovina i pružanja usluga vezanih uz njihovu nabavu. On se također dijeli na vodeni otisak povezan sa ulaznim sirovinama i na neizravni vodeni otisak (primjer slika 4). Vodeni otisak opskrbnog lanca povezan sa ulaznim sirovinama se dodatno dijeli na sve sirovine osim vode koje su uključene u proizvodnju i čine dio gotovog proizvoda te na vodeni otisak ambalaže proizvoda i materijala koji se koriste za pakiranje. To je kritični dio u procjeni vodenog otiska jer on čini gotovo cijeli vodeni otisak konačnog proizvoda. Neizravni vodeni otisak opskrbnog lanca potječe od sve ostale imovine i pruženih usluga u tvornici koje nisu direktno vezane uz proizvodnju određenog proizvoda u tvornici. U to spadaju građevinski materijali i strojevi koji se koriste u tvornici, uredska oprema i materijali, oprema i materijali za čišćenje, radna odjeća, prijevoz, energija za grijanje i struju i sl. Potrebno je procijeniti vrijednosti vodenog otiska za svaku od navedenih komponenata kako bi se mogle zanemariti one komponente koje nisu bitne i ne igraju veliku ulogu u konačnom vodenom otisku (Hoekstra i Chapagain, 2011; Ercin i sur., 2011; The Coca-Cola Company i The Nature Conservancy, 2010).

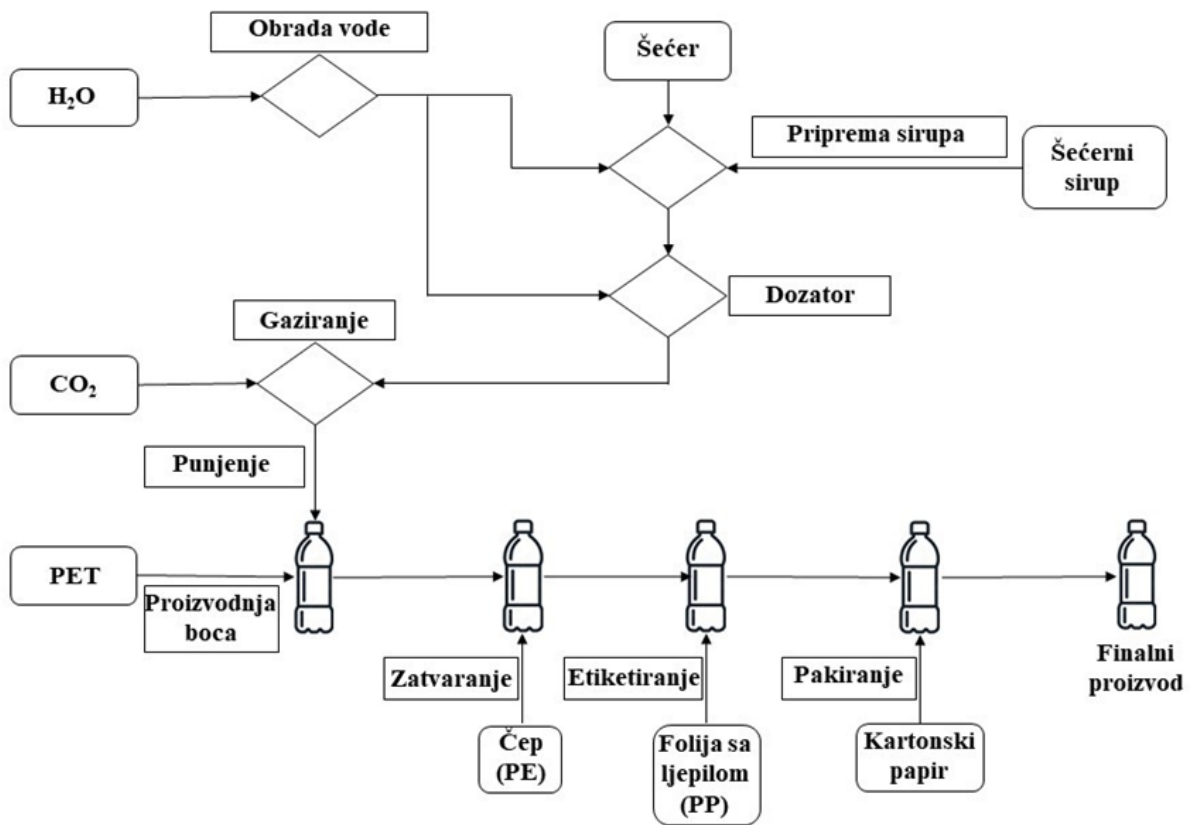
### Vodeni otisak proizvodnje



Slika 4. Vodeni otisak proizvodnje (Ercin i sur., 2011)

#### 2.2.1. Procjena vodenog otiska proizvoda u proizvodnji osvježavajućih bezalkoholnih pića

Na slici 5 vidi se prikaz općenite tehnološke sheme proizvodnje osvježavajućeg bezalkoholnog pića. To je prvi korak u procjeni vodenog otiska proizvoda jer se na jednom mjestu nalaze glavni ulazni parametri koji se prilikom procjene moraju uzimati u obzir. To su operativni vodeni otisak izravno povezan sa proizvodnjom te sve ulazne sirovine uključene u proizvodnju koje spadaju pod vodeni otisak opskrbnog lanca. Neizravni operativni vodeni otisak i neizravni vodeni otisak opskrbnog lanca nisu prikazani, no oni nisu specifični za proizvodnju jednog određenog proizvoda jer se ti vodeni otisci odnose na prateće aktivnosti i materijale koji se koriste u ukupnoj proizvodnji, a ona uključuje širi spektar proizvoda (Ercin i sur., 2011).



Slika 5. Tehnološka shema proizvodnje gaziranog pića (Ercin i sur., 2011)

U slučaju prikazanom na slici 5 tehnološka shema je vrlo jednostavna jer takvi proizvodi uglavnom sadrže samo četiri sastojka, a to su voda, šećer, ugljikov dioksid te šećerni sirup sa dodatkom arome koji daje specifični okus proizvodu, a može potjecati iz različitih izvora. Također, u nekim slučajevima takvi proizvodi mogu sadržavati još dodatnih sastojaka kao što su kofein, ekstrakt vanilije, karamela i sl. (tablica 2) (Ercin i sur., 2011).

## 2.2.2. Operativni vodeni otisak proizvoda

**Tablica 1.** Operativni vodeni otisak proizvodnje osvježavajućeg bezalkoholnog napitka od 0,5 L (Ercin i sur., 2011)

Stavka	Operativni vodeni otisak (litre)			
	Zeleni	Plavi	Sivi	Ukupni
Voda kao sastojak za proizvodnju 0,5 L napitka	0	0,5	0	0,5
Neto količina vode korištena prilikom proizvodnje	0	0	0	0
Proizvodnja boca	0	0	0	0
Čišćenje boca (zrakom)	0	0	0	0
Miješanje sastojaka	0	0	0	0
Pakiranje	0	0	0	0
Ukupni operativni vodeni otisak	0	0,5	0	0,5

Voda kao sirovina spada u operativni vodeni otisak proizvoda (tablica 1), dok se u vodeni otisak opskrbnog lanca ubrajaju vodeni otisci svih ostalih sirovina (tablica 2). Ukupni operativni vodeni otisak iznosi 0,5 L isto kao i ukupni vodeni otisak vode kao sastojaka. To je tako iz razloga što se voda potrošena u proizvodnim koracima pročišćava u sustavima za pročišćavanje otpadnih voda što znači da ta voda ne ulazi u ukupnu procjenu vodenog otiska. Uz to, ambalažni materijali se uglavnom dobavljaju unutar opskrbnog lanca što znači da se njihov vodeni otisak računa u sklopu vodenog otiska opskrbnog lanca (Ercin i sur., 2011).

Osim ambalažnih materijala (npr. boce, čepovi, etikete), u vodeni otisak opskrbnog lanca spadaju i materijali za pakiranje (npr. kartonski papir, palete, folije) (tablica 2). Vodeni otisak je prema definiciji i geografski određen. Bitno je znati odakle i u kojem razdoblju je taj vodeni otisak nastao kako bi mogli procijeniti kakav je utjecaj imao na okolinu iz koje iskorištena voda potječe. Nakon što se odredi utrošak, lokacija i vrsta vodenog otiska, potrebno je utvrditi koliko su lokalni sustavi osjetljivi na te promjene. Osim toga, važno je utvrditi i kakva je konkurencija za potrošnju vode na određenom području kako bi se spriječilo prekomjerno crpljenje vode,

prekomjerno onečišćenje izvora vode i slični negativni učinci na lokalne sustave. (Ercin i sur., 2011).

### 2.2.3. Vodeni otisak opskrbnog lanca proizvoda

**Tablica 2.** Vodeni otisak opskrbnog lanca za osvježavajući bezalkoholni napitak sa sadržajem šećera od 0,5 L koji se odnosi na uobičajene sirovine koje se koriste (Ercin i sur., 2011)

Sirovina	Vodeni otisak opskrbnog lanca (litre)			
	Zeleni	Plavi	Sivi	Ukupni
Šećer	Tablica 3	Tablica 3	Tablica 3	Tablica 3
CO <sub>2</sub>	0	0,3	0	0,3
Fosforna kiselina	0	0	0	0
Limunska kiselina	0	0	0	0
Kofein	52,8	0	0	52,8
Ekstrakt vanilije	79,8	0	0	79,8
Ulje limuna	0,01	0	0	0,01
Ulje naranče	0,9	0	0	0,9

U tablici 2 su prikazane glavne i sporedne sirovine u proizvodnji osvježavajućih bezalkoholnih pića sa sadržajem šećera. Iznosi vodenih otisaka za svaku sirovinu su izraženi prema njihovim udjelima u gotovom proizvodu. Iako je ovo primjer procjene vodenog otiska proizvoda sa relativno jednostavnim opskrbnim lancem, on može biti i puno kompliciraniji. Iz tog razloga je bitno napraviti prvu procjenu kako bi pronašli kritične sirovine koje čine većinu vodenog otiska proizvoda i čije je utjecaje na ukupni vodeni otisak najbitnije sagledati ovisno prostoru i vremenu njihova uzgoja. U ovom slučaju je to šećer čiji je vodeni otisak uspoređivan s obzirom na više zemalja iz kojih potječe što je prikazano u tablici 3. Prema podacima iz

tablice 2 može se vidjeti kako od sporednih sirovina iz opskrbnog lanca osvježavajućih bezalkoholnih pića utjecaj na vodeni otisak proizvoda imaju samo kofein i ekstrakt vanilije iako se dodaju u puno manjim količinama od šećera. Ekstrakt vanilija ima relativno visok vodeni otisak od 80 L po boci s obzirom da se koristi u vrlo malim količinama. Vanilija je jedna od najintenzivnijih poljoprivrednih kultura za uzgoj, a potrebno joj je i do tri godine prije nego što se usjev krene brati. Zbog toga su velike količine vode potrebne za njen uzgoj, no činjenica da se uzgaja na Madagaskaru je uzrok zašto je plavi vodeni otisak jednak nuli. Prema Climate change knowledge portalu (CCKP) (2021) Madagaskar prima umjerenu količinu padalina godišnje što uglavnom znači kako nema potrebe za navodnjavanjem i bespotrebnim crpljenjem vodenih resursa. Ubrano cvijeće zatim prolazi proces stvrdnjavanja u vrućoj vodi na 65°C tijekom 3 minute. To uzrokuje ekološke probleme u smislu termalnog onečišćenja kao rezultat ispuštanja tople vode u recipient pri čemu dolazi do povećanja njihove temperature iznad ekološki prihvatljivih granica. No iako je prema radu Hoekstre (2015) termalno onečišćenje svrstano pod sivi vodeni otisak, u tablici 2 je prikazano kako je sivi vodeni otisak ekstrakta vanilije jednak nuli. To znači da je termalno onečišćenje u ovom slučaju izuzeto iz sivog vodenog otiska ili je količina korištenog ekstrakta dovoljno mala da se iznos sivog vodenog otiska može zanemariti. Kofein isto ima vrlo visok vodeni otisak od 53 L po boci, a također se dodaje u vrlo malim količinama. Dobiva se iz zrna kave čiji uzgoj uzrokuje onečišćenje površinskih i podzemnih voda zbog upotrebe gnojiva što čini ekološke probleme, a spada pod sivi vodeni otisak. Slično kao i kod ekstrakta vanilije, količina korištenog kofeina je vjerojatno dovoljno mala da se sivi vodeni otisak može zanemariti (Ercin i sur., 2011; The Coca-Cola Company i The Nature Conservancy, 2010).

**Tablica 3.** Vodeni otisak šećera kao primarne sirovine u proizvodnji osvježavajućeg bezalkoholnog pića sa sadržajem šećera od 0,5 L (Ercin i sur., 2011)

Sirovina	Vodeni otisak (litre)			
	Zeleni	Plavi	Sivi	Ukupni
Šećerna repa (zemlja podrijetla)				
Iran	5,7	82,8	10,0	98,5
Rusija	24,6	34,1	4,5	63,4

**Tablica 3.** Vodeni otisak šećera kao primarne sirovine u proizvodnji osvježavajućeg bezalkoholnog pića sa sadržajem šećera od 0,5 L (Ercin i sur., 2011) - *nastavak*

SAD	14,7	30,1	6,4	51,2
Italija	18,6	20,8	7,1	46,5
Španjolska	10,0	23,1	9,7	42,8
Francuska	11,7	9,5	6,2	27,4
Nizozemska	13,6	7,0	5,4	26,0
Šećerna trska (zemlja podrijetla)				
Kuba	95,2	65,7	6,2	157,0
Pakistan	9,0	123,5	8,0	140,4
Brazil	35,3	26,6	2,4	64,3
India	26,2	47,9	4,6	78,6
Peru	0	41,3	2,6	43,9
SAD	29,3	24,4	3,2	56,8

Kao što je prethodno navedeno, šećer je u ovakvoj vrsti proizvoda kritična sirovina za procjenu ukupnog vodenog otiska. U tablici 3 prikazani su iznosi vodenog otiska šećera ovisno iz koje sirovine je proizveden (šećerna repa, šećerna trska) i koja mu je zemlja podrijetla. Ove zemlje proizvodnje su odabrane kako bi se ukazalo na to kakav je geografski utjecaj na ukupni vodeni otisak, ali i na svaku vrstu vodenog otiska. Vidljivo je kako ukupni vodeni otisak šećera iz šećerne repe može varirati od 26 L po boci od 0,5 L iz Nizozemske do 98,5 L po boci od 0,5 L iz Irana. Proizvodnja šećera iz šećerne trske pokazuje veće iznose ukupnog vodenog otiska jer ona zahtjeva više vode za navodnjavanje od šećerne repe. Također, tu su varijacije ukupnog vodenog otiska još veće, a sežu od 56,8 L po boci od 0,5 L za šećer proizveden u SAD-u do 157 L po boci od 0,5 L za šećer proizveden na Kubi. Prema Hoekstra i sur. (2011) okolnosti uzgoja i proizvodnje se mogu uvelike razlikovati ovisno o geografskom području što utječe na veličinu i boju vodenog otiska. Zbog toga je poželjno geografski mapirati vodeni otisak konačnog proizvoda. Mnoge su zemlje koje proizvode šećer bogate vodom pa veći vodeni otisak u takvim državama teže dovodi do nestašice vode i ne dolazi do problema sa opskrbom.



S druge strane, postoje mnoga područja gdje to nije tako, a proizvodnja šećera iz šećerne repe ili trske osiguravaju ekonomski profit iako to ide na štetu lokalni vodenih resursa. Kao što je ranije spomenuto, iako zelena voda, odnosno kišnica nije neograničen izvor, isplativo je koristiti ju u većim količinama u odnosu na plavu vodu. Neadekvatno korištenje plave vode u slučaju kod nedostatka oborina, kao što je prema tablici 3 najveći problem u Iranu i Pakistanu, najviše utječe na ukupni vodeni otisak. Osim toga, vidljivo je prema vrijednostima ukupnog vodenog otiska u tablici 4 kako je šećerna trska puno osjetljivija poljoprivredna kultura od šećerne repe. Kao što je prethodno spomenut geografski utjecaj na ukupni vodeni otisak proizvoda, kao i na svaku boju vodenog otiska zasebno, to je vidljivo i u tablici 3. Sa izuzetkom Irana, vidljivo je kako se šećerna repa uglavnom uzgaja u zemljama umjerenog pojasa koje imaju umjerenu klimu kao i količinu oborina, a Francuska i SAD su najveći proizvođači (Ercin i sur., 2011).

**Tablica 4.** Neodrživi plavi vodeni otisak u odnosu na apsolutni iznos (Mekonnen i Hoekstra, 2020)

Sirovina	Ukupni plavi vodeni otisak (milijuna m <sup>3</sup> /god.)	Neodrživi plavi vodeni otisak (milijuna m <sup>3</sup> /god.)	Udio neodrživog dijela plavog vodenog otiska	Doprinos ukupnog neodrživom plavom vodenom otisku	Doprinos ukupnoj potencijalnoj uštedi plave vode
Šećerna trska	73,912	43,528	59 %	8,5 %	8,6 %
Šećerna repa	6,436	3,700	57 %	0,72 %	1,3 %

Osjetljivost promatranih poljoprivrednih kultura vidljiva je i u tablici 4 koja pokazuje kako je ukupni plavi vodeni otisak u svijetu za šećernu trsku gotovo dvanaest puta veći od ukupnog plavog vodenog otiska šećerne repe. Uz to, gotovo 60 % plavog vodenog otiska za uzgoj obje sirovine smatra se neodrživim. No kada to usporedimo sa ukupnim svjetskim neodrživim plavim vodenim otiskom, utjecaj šećerne trske iznosi 8,5 % što ju svrstava na

četvrto mjesto prema neodrživosti plavog vodenog otiska, dok je šećerna repa sa 0,72 % na petnaestom mjestu. Kada se to uzme u obzir sa referentnim razinama plavog vodenog otiska svake sirovine, one koje imaju veći plavi vodeni otisak mogu i više doprinijeti ukupnoj potencijalnoj uštedi plave vode. Prema tome, šećerna trska sa 8,6 % ujedno je i sirovina koja može više popraviti sliku plavog vodenog otiska ukoliko se sa njom pravilno rukuje (Mekonnen i Hoekstra, 2020).

Sivi vodeni otisak pri uzgoju šećerne repe i trske, kao i pri proizvodnji šećera iz tih sirovina uzrokuje negativne utjecaje na okoliš (WWF, 2005). Prema pilot istraživanju koje su proveli The Coca-Cola Company i The Nature Conservancy (2010) osim standarda za dušik, ne postoji drugi standard za kontrolu otpadnih voda za zemlje Europe u kojima se uzgaja šećerna repa. Istraživači su pratili osjetljivost tri različita standarda kvalitete vode što je pokazalo kako vrsta tretmana otpadne vode ima značajan utjecaj na sivi vodeni otisak. Za tvornice šećera sa niskim razinama obrade ili bez obrade otpadne vode, pokazalo se kako izbor standarda ima vrlo značajan utjecaj na rezultat. S druge strane, tvornice šećera sa odgovarajućim tretmanom otpadne vode pokazale su kako izbor standarda ima manji utjecaj na sivi vodeni otisak. Intenzivna poljoprivredna proizvodnja hrane općenito pa tako i šećera koristi visoke razine pesticida kao što su herbicidi, insekticidi, fungicidi i sl. pri čemu herbicidi predstavljaju oko 50 % ukupne količine pesticida koji se koriste. Osim toga, upotreba herbicida u proizvodnji šećerne repe je među najvećima u usporedbi s drugim poljoprivrednim usjevima. Prema radu WWF (World Wildlife Fund) (2005) dugotrajni agrokemijski, mikrobiološki i ekološki pokusi primjene pesticida na šećernoj repi u Rusiji pokazali su nakupljanje toksičnih tvari u biljkama, posebno u korijenu što je uzrokovalo usporavanje rasta biljke i smanjenje sadržaja šećera, odnosno željenog prinosa kada su se koristile maksimalne doze pesticida. U tablici 3 je vidljivo kako šećerna repa ima u prosjeku skoro dva puta veći sivi vodeni otisak od šećerne trske iako šećerna trska u prosjeku ima puno veći ukupni vodeni otisak. Osim pesticida, pretjerana je upotreba i anorganskih gnojiva koja tlo opskrbljuju dušikom, fosforom i kalijem u mineralnom obliku, a njihova upotreba je tipična za uzgoj usjeva šećerne repe i trske. Istraživanje u Austriji u radu WWF (2005) također je dokazalo kako se pri konvencionalnoj upotrebi gnojiva samo 50 % dušika iz tla apsorbira u usjeve, 20 % zaostane u tlu, dok se 30 % izgubi i posljedično može zagaditi okolni zrak, vodu i poljoprivredna zemljišta. Drugi dio sivog vodenog otiska dolazi iz njihove prerade u tvornicama šećera. U nekim zemljama sa slabim zakonima o zaštiti okoliša, pri godišnjem čišćenju tvornica se oslobađa velika količina otpadne vode. Otpadna voda je relativno bogata organskim tvarima u usporedbi s drugim izvorima te

njihova razgradnja smanjuje razinu kisika u vodi što može dovesti do ugrožavanja ekosustava. Potencijalni onečišćivači u takvoj otpadnoj vodi su teški metali, ulje, mast i sredstva za čišćenje. No to se sve može smanjiti pravilnim rukovanjem otpadnih voda i njihovim pročišćavanjem (WWF, 2005).

**Tablica 5.** Vodeni otisak opskrbnog lanca ambalaže za osvježavajući bezalkoholni napitak sa sadržajem šećera od 0,5 L (Ercin i sur., 2011)

Sirovina	Vodeni otisak opskrbnog lanca (litre)			
	Zeleni	Plavi	Sivi	Ukupni
Boca (PET)	0	0,2	4,4	4,6
Čep (HDPE)	0	0,03	0,68	0,71
Etiketa (PP)	0	0,003	0,0068	0,007
Kartonska kutija	1	0	0,5	1,5
Folija za omatanje (PE)	0	0,02	0,36	0,38
Paleta (drvo)	0,033	0	0,007	0,04

PET – polietilen tereftalat

HDPE – polietilen visoke gustoće

PP – polipropilen

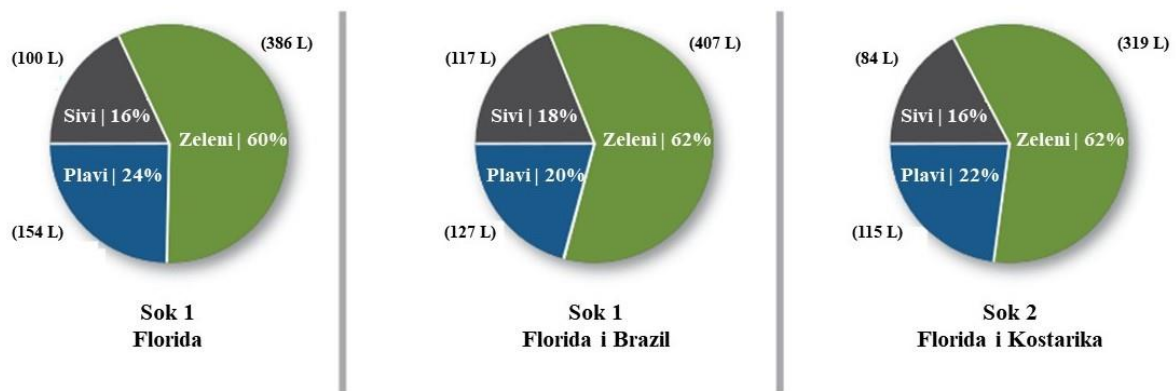
PE – polietilen

Kao što je vidljivo u tablici 5 jasno je kako ukupni vodeni otisak ambalažnih materijala nije velik u usporedbi sa ostatkom opskrbnog lanca proizvoda. Međutim, iako se čini kako nemaju mnogo utjecaja na vodeni otisak proizvoda, ukupni vodeni otisak im praktički odgovara sivom vodenom otisku jer se pri proizvodnji navedenih vrsta plastike velike količine vode koriste za hlađenje prilikom čijeg ispuštanja dolazi do termalnog onečišćenja koje ulazi u procjenu sivog vodenog otiska kao što je prikazao Hoekstra (2015). Kako bi se to izbjeglo, potrebno bi bilo smanjenje temperature otpadne vode prilikom ispuštanja u neki recipijent (Ercin i sur., 2011). Pri računanju vodenog otiska vode u bocama, Niccolucci i sur. (2011) ustanovili su da nakon što su u vodeni otisak proizvoda uračunali doprinos sive rashladne vode

potrebne za proizvodnju plastične ambalaže i valovitog kartona, ukupni vodeni otisak se udvostručio. Osim toga, udio sivog vodenog otiska u ukupnom se povisio sa 9 % na 55 %, dok se udio plavog vodenog otiska smanjio sa 91 % na 45 %.

#### 2.2.4. Vodeni otisak soka od naranče

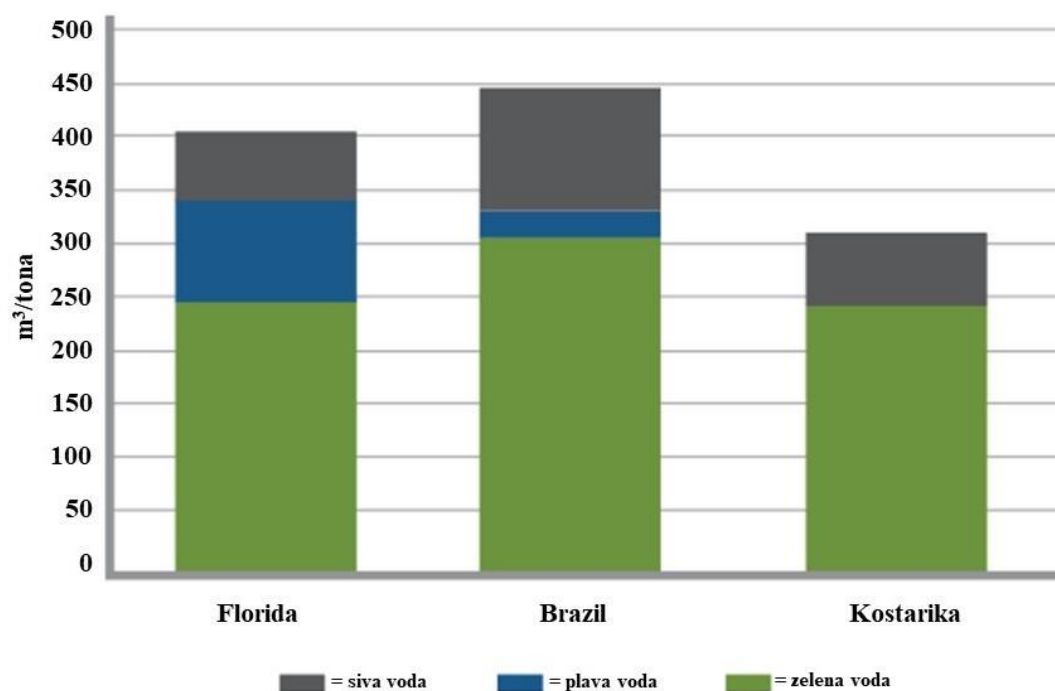
The Coca-Cola Company i The Nature Conservancy (2010) proveli su istraživanje dva različita soka od naranče proizvedena za tržište Sjeverne Amerike. Podaci za vodeni otisak ambalažnih materijala nisu bili dostupni pa je u obzir uzet samo operativni vodeni otisak proizvoda te vodeni otisak opskrbnog lanca sastojaka. To nije mnogo utjecalo na rezultate jer vodeni otisak povezan uz uzgoj naranči čini približno 99 % ukupnog vodenog otiska oba istraživana proizvoda.



**Slika 6.** Vodeni otisak soka od naranče po litri proizvoda (The Coca-Cola Company i The Nature Conservancy, 2010)

Većina naranči u oba soka dolaze sa Floride zbog čega su relativni udjeli zelenog, plavog i sivog vodenog otiska približno jednaki u sva tri slučaja prikazana na slici 6. Međutim, vodeni otisak naranči dosta varira među zemljama uzgoja kao što se vidi na slici 7. Iako brazilske naranče imaju najveći ukupni vodeni otisak, uzimajući u obzir samo potrošenu vodu bez sivog vodenog otiska, naranče sa Floride imaju najveći zbroj zelenog i plavog vodenog otiska. Još bitnija je činjenica da naranče sa Floride imaju znatno veći plavi vodeni otisak od Brazila i Kostarike zbog toga što je Florida sunčanija i vjetrovitija pa ima veće stope

evaporacije i zahtijeva više vode za uzgoj. Drugi razlog su razlike u prinosima između zemalja uzgoja. Prema (The Coca-Cola Company i The Nature Conservancy, 2010) prosječni prinosi usjeva naranči na Floridi su 18 % veći nego u Kostariki i 86 % veći nego u Brazilu. Manji prinosi mogu biti uzrokovani raznim bolestima, nedostatkom navodnjavanja što bi potvrdila slika 7 ili nedostatkom gnojiva, vrstom naranči i duljinom vegetacijske sezone. Unatoč strogoj kontroli prilikom uzgoja, najveći rizici vezani uz potrošnju vode povezani su s narančama koje dolaze sa Floride. Razlog tomu je nedostatak vode, natjecanje za vodene resurse i klimatske promjene. Sivi vodeni otisak u uzgoju naranči povezan je s upotrebom gnojiva i viškom tvari iz gnojiva koja se ne ugrađuju u biljku, nego zaostaju u tlu ili dopiru do površinskih ili podzemnih voda. Povećani sivi vodeni otisak naranči iz Brazila potvrđuje niže prinose jer gnojivo nije dovoljno djelotvorno. To može biti uzrokovano prekomjernim oborinama jer naranče iz Brazila na slici 7 pokazuju najveći zeleni vodeni otisak, a oborine povećavaju otjecanje vode prilikom čega se odnose i dijelovi površinskog sloja pognojene zemlje. Nasuprot tome, procjena sivog vodenog otiska i dalje nije idealno opisana, a rezultati se mijenjaju uz napredak metodologije. Procjena nesigurnosti pomaže u razumijevanju podataka, odnosno njihove točnosti kako bi se olakšalo njihovo prikupljanje i upravljanje čimbenicima koji imaju najveći utjecaj na vodeni otisak. U slučaju proizvodnje soka od naranče, utvrđeno je kako na vodeni otisak najviše utječu prinosi usjeva i parametri koji opisuju sivi vodeni otisak u uzgoju naranči.



**Slika 7.** Vodeni otisak naranči prema zemlji podrijetla (The Coca-Cola Company i The Nature Conservancy, 2010)

### 2.3. KOLEKTIVNO UPRAVLJANJE RESURSIMA VODE

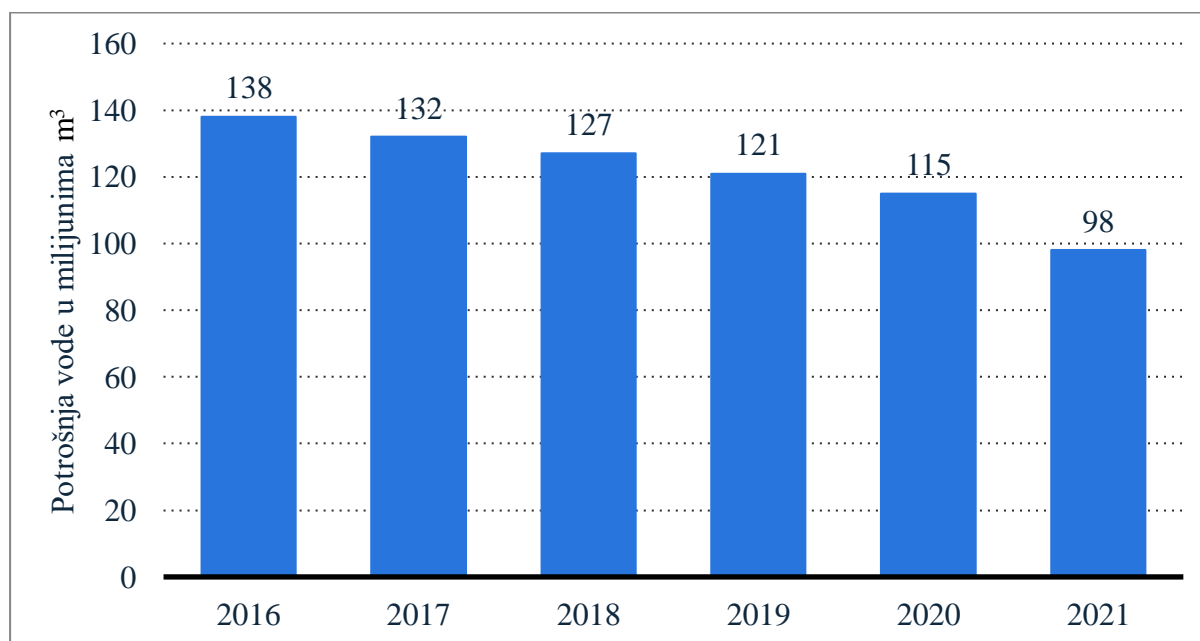
Korporativna održivost definirana je kao disciplina kojom tvrtke usklađuju donošenje odluka o razvoju proizvoda, raspodjeli kapitala, brendu, opskrbi u skladu s načelima održivog razvoja zbog ograničenosti resursima (Jones i sur., 2015). To proizlazi iz strateškog položaja što se tiče društvene odgovornosti tvrtki koja je definirana kao postizanje financijskog uspjeha uz poštivanje ljudi i prirode (Weber i Saunders-Hogberg, 2020). Identificirano je kako je nestašica vode jedna od najvažnijih globalnih problema održivosti, a vjeruje se kako će utjecati na svaku industriju tijekom sljedeća dva desetljeća. Pretpostavlja se kako će industrije biti osjetljive na nestašicu vode, padove u kvaliteti vode, promjenjivosti cijene vode i reputacijskim izazovima, dok bi sukobi oko opskrbe vodom mogle stvoriti sigurnosti rizik za poslovanje. Nestašica vode se tako sve više smatra potencijalnim ograničenjem za gospodarski rast zbog čega se upravljanje resursima vode može smatrati dijelom društvene odgovornosti o njenom održivom korištenju (Jones i sur., 2015). Iz tog razloga je održivost vode glavni pokretač

izgradnje korporativne strategije o upravljanju njenim resursima. Tvrtka mora definirati svoje ciljeve u održivosti resursa vode i djelovati na svaku točku u svojem lancu proizvodnje. Bitna je procjena područja u kojima tvrtka ima veliki utjecaj na društveno i prirodno okruženje prilikom investicijskih odluka koje bi morale biti vođene društvenom odgovornošću, a posljedično i prema održivosti resursa vode (Sengupta, 2017b).

Voda je glavna sirovina u industriji hrane i pića, iako se koristi za proizvodnju sasvim različitih proizvoda. Osim što se primarno koristi kao često i glavni sastojak proizvoda, još se koristi i u čišćenju, kuhanju, hlađenju, pasterizaciji i sl. Kvaliteta vode također postaje sve bitniji aspekt u prehrambenoj industriji jer se mora rješavati širok raspon problema vezanih uz otpadne vode (Jones i sur., 2015). Upravljanje vodom je među tri glavna problema za više od 50 % prehrambene industrije. Konačni proizvodi često imaju složeni opskrbeni lanac koji rezultira velikom potrošnjom vode. Upravljanje opskrbnim lancem postaje sve važnije zbog prepoznavanja rizičnih dobavljača sa lošim upravljanjem resursima vode. Poljoprivreda primjerice troši do 90 % globalnih resursa vode za dobivanje sirovina koje se velikim dijelom koriste u prehrambenoj industriji. Osim toga, loše poljoprivredne prakse u mnogim slučajevima doprinose degradaciji ekosustava i uzrokuju nepotrebne rizike za ljude i okoliš kao što je na primjer kontaminacija resursa vode zbog prevelike upotrebe pesticida i gnojiva u poljoprivredi. Budući da jedan od glavnih utjecaja prehrambene industrije utjecaj na vodu, strateški je bitno da se tvrtke bave korporativnom održivošću. Uz to, upravljanje vodom jedan je od ključnih pokazatelja uspješnosti prehrambene industrije jer su često izložene rizicima vezanim za vodu prilikom čega im je bitno izbjeći financijski gubitke. Adekvatno rješavanje rizika je upravo korporativno upravljanje vodom čiji je cilj napredovanje u upravljanju vodom u opskrbnom lancu (Weber i Saunders-Hogberg, 2020). Premda bi cijela prehrambena industrija trebala paziti na sve korake prilikom upravljanja vodom, Money (2014) je otkrio kako tvrtke postavljaju niže ciljeve vezane uz upravljanje vodom od onih koje su postigle u prošlosti, a često i potpuno isključuju utjecaj opskrbenog lanca.

Sve veći broj firmi prehrambene industrije počinje javno pokazati svoje angažiranje za korporativnu održivost u pokušaju da si poboljšaju reputaciju i ostvare prednost nad konkurentima. Prilikom toga tvrtke koriste velik izbor platformi za izvještavanje o ekološkim obvezama i programima. Izvještavanja o održivosti su se kroz posljednja dva desetljeća razvila iz neuobičajene prakse u standardne alate za upravljanje i komunikaciju. Europska agencija za okoliš kroz Glavnu upravu za poduzetništvo i industriju navodi niz metoda koje su tvrtke

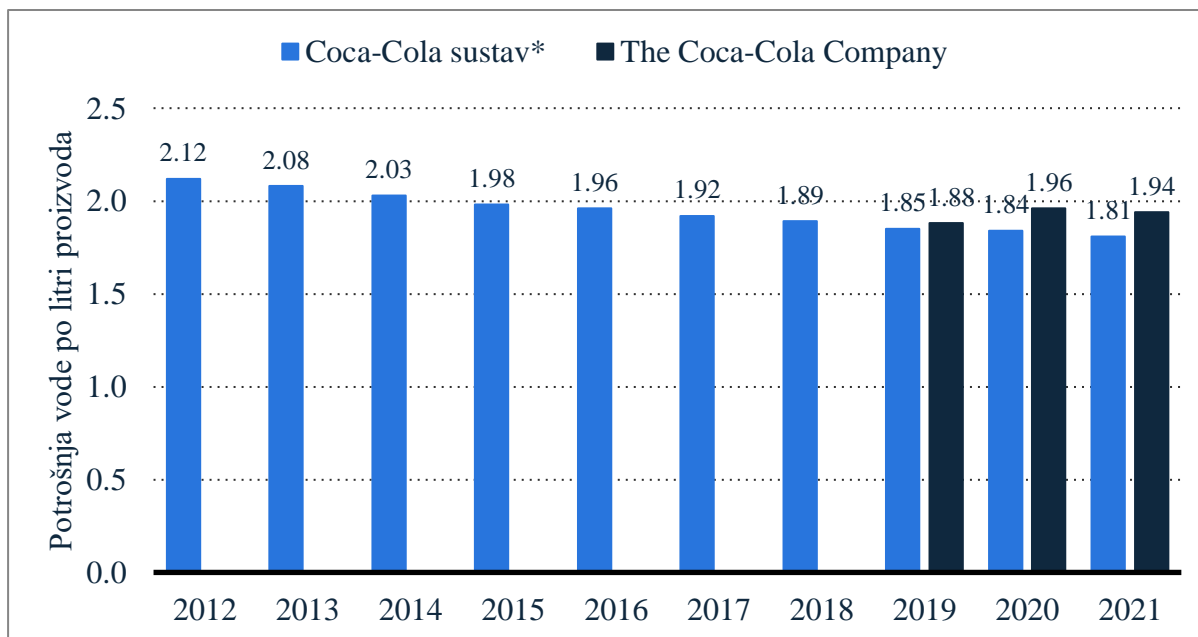
trenutno koriste kao što su oznake proizvoda, pakiranja, odnosi sa medijima, obavještavanje događaja povezanih s problemima, izvješća, web stranice, oglasi i sl. Mnoge tvrtke koriste takvu praksu te naglašavaju stratešku važnost vode za njihovo poslovanje. Primjerice, Nestle ima dugu povijest liderstva u upravljanju vodom. Njihova obveza o upravljanju vodom obuhvaća pet ključnih obveza, a to su postizanje učinkovitosti pri upravljanju vodom, zalagati se za politiku odgovornog upravljanja vodom, učinkovito pročišćavati otpadnu vodu, suradnja s dobavljačima, posebno u poljoprivredi i podizati svijest u očuvanju vode. Tvrde kako najveći izazov u smanjenju potrošnje vode leži u rješavanju utjecaja složenih opskrbnih lanaca proizvoda. U Nestleovom slučaju je to velika prepreka jer izravno rade s oko 690 000 poljoprivrednika diljem svijeta, a neposredno sa još i više. U tu svrhu su osmislili inicijativu za poljoprivredu kako bi pružili potporu poljoprivrednicima i riješili neke od glavnih izazova u gospodarenju vodom i navodnjavanjem. Uspjesi inicijative su prikazani na slici 8 gdje je vidljivo kako im je potrošnja vode pala sa 138 milijuna m<sup>3</sup> u 2016. godini na 98 milijuna m<sup>3</sup> u 2021. godini. To je pad u potrošnji od skoro 29 % (Jones i sur., 2015).



**Slika 8.** Nestleova potrošnja vode u milijunima m<sup>3</sup> u periodu od 2016. do 2021. (Statista, 2022a)



Coca-Cola je druga velika tvrtka koja naglašava svoju predanost korporativnom upravljanju vodom. Prema svojim izvještajima, svih 860 punionica u oko 200 zemalja svijeta zahtijevaju provođenje procjene ranjivosti lokalnih izvora vode. Nadalje, izvješćuju kako su svi njihovi proizvodni pogoni diljem svijeta usklađeni sa zakonskim zahtjevima i standardima za pročišćavanje otpadnih voda. Osim toga, zahtijevaju procjenu održivosti vode kao sastavni dio procesa analize prilikom stjecanja zemljišta za nove pogone ili već postojećih proizvodnih pogona. U to ulaze društveni, ekološki i politički rizici za resurse vode koji će opskrbljivati proizvodne pogone i lokalne zajednice, a uključuju opis dostupnih resursa za vodoopskrbu i obradu otpadnih voda, pregled kvalitete vode, lokalne agencije za upravljanje vodom i njihovim političkim propisima i prioritetima te procjena načina na koji korištenje vode može ograničiti dostupnost i kvalitetu vode lokalne zajednice. Mnoge tvrtke prehrambene industrije izvještavaju o svojoj usklađenosti s propisima, no unatoč tome premašuje lokalno postavljene standarde. Smanjenje korištenja vode često se povezuje s pročišćavanjem otpadnih voda i recikliranjem. Coca-Cola tvrdi kako osim poboljšanja učinkovitosti potrošnje vode u proizvodnji, ujedno i smanjuju utjecaj na okoliš odgovarajućim tretiranjem otpadnih voda prije otpuštanja. Na slici 9 prikazan je pad potrošnje vode po litri proizvoda od 2,12 L u 2012. do 1,81 L u 2021. godini za Coca-Cola sustav koji uključuje sve brendove i proizvode koje tvrtka posjeduje. To je sniženje potrošnje vode od čak 15%. The Coca-Cola Company uključuje samo proizvode koje tvrtka direktno kontrolira i proizvodi. Iako te brojke ne bilježe pad, dovoljno su slične iznosima Coca-Cola sustava da se potvrdi ujednačenost u cjelokupnoj proizvodnji (Jones i sur., 2015; The Coca-Cola Company i The Nature Conservancy, 2010).



**Slika 9.** Potrošnja vode po litri proizvoda za Coca-Cola sustav i The Coca-Cola Company od 2012. do 2021. (Statista, 2022b)

Brojne tvrtke pokazuju sve veći interes za rizike vezane uz rješavanje problema sa resursima vode. Procjena vodenog otiska pomaže razumjeti dio rizika jer prikazuje neodržive komponente u vodenom otisku tvrtke koje uključuju fizički, reputacijski i regulatorni rizik koji mogu utjecati na dozvolu za rad. Međutim, iako procjena vodenog otiska nije isto što i potpuna procjena rizika koja je još složenija, ona je osnova u upravljanju resursima vode (Hoekstra i sur. 2011).

### **3. ZAKLJUČCI**

1. Vodeni otisak je unaprijeđeni koncept praćenja potrošnje vode u industriji.
2. Resursi plave vode su oskudniji od resursa zelene vode pa je poželjno koristiti zelenu vodu kako bi se umanjila potrošnja plave.
3. Problem kontrole sivog vodenog otiska je konstantna promjena koncentracije i akumulacija onečišćujućih tvari u recipijentu što uključuje otpadnu vodu iz proizvodnje kao i poljoprivrednu otpadnu vodu koja je uzrok loše poljoprivredne prakse.
4. Virtualni protok vode važan je faktor u trgovanju sirovinama, a posljedično i resursima vode.
5. Pri procjeni vodenog otiska proizvoda prehrambene industrije, većina vodenog otiska potječe iz opskrbnog lanca prilikom čega je bitno odrediti kritične sirovine koje su odgovorne za najveći postotak njegovog ukupnog iznosa.
6. Upravljanje resursima vode u sklopu korporativne održivosti uzrokovane propisanom društvenom odgovornošću pokazalo je uspjeh u smanjenju potrošnje vode, poboljšanje reputacije tvrtke i ostvarivanje prednosti nad konkurentima što rezultira financijskim uspjehom.

#### 4. POPIS LITERATURE

- Allan JA (1998) Virtual water: A strategic resource global solutions to regional deficits. *Ground Water* **36**, 545–546. <https://doi.org/10.1111/J.1745-6584.1998.TB02825.X>
- CCKP (2021) Madagascar-Climatology. CCKP-Climate Change Knowledge Portal. <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/madagascar/climate-data-historical>. Pristupljeno 15 June 2023.
- Chapagain AK, Hoekstra AY, Savenije HHG (2006) Water saving through international trade of agricultural products. *Hydrol Earth Syst Sci* **10**, 455–468. <https://doi.org/10.5194/HESS-10-455-2006>
- Ercin AE, Aldaya MM, Hoekstra AY (2011) Corporate Water Footprint Accounting and Impact Assessment: The Case of the Water Footprint of a Sugar-Containing Carbonated Beverage. *Water Resources Management* **25**, 721–741. <https://doi.org/10.1007/S11269-010-9723-8>
- Gu Y, Li Y, Wang H, Li F (2014) Gray water footprint: Taking quality, quantity, and time effect into consideration. *Water Resources Management* **28**, 3871–3874. <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0695-y>
- Hoekstra AY (2015) The water footprint of industry. *Assessing and Measuring Environmental Impact and Sustainability* 221–254. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-799968-5.00007-5>
- Hoekstra AY (2014) Sustainable, efficient, and equitable water use: the three pillars under wise freshwater allocation. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water* **1**, 31–40. <https://doi.org/10.1002/WAT2.1000>
- Hoekstra AY, Chapagain AK, Aldaya MM, Mekonnen MM (2011) The Water Footprint assessment manual, 2011th edn. Earthscan Ltd, London, Washington DC.
- Hoekstra AY, Chapagain AK (2007) Globalization of Water. Wiley
- Hoekstra AY, Hung PQ (2005) Globalisation of water resources: International virtual water flows in relation to crop trade. *Global Environmental Change* **15**, 45–56. <https://doi.org/10.1016/J.GLOENVCHA.2004.06.004>
- Jones P, Hillier D, Comfort D (2015) Water stewardship and corporate sustainability: a case study of reputation management in the food and drinks industry. *J Public Aff* **15**, 116–126. <https://doi.org/10.1002/PA.1534>
- Lovarelli D, Bacenetti J, Fiala M (2016) Water Footprint of crop productions: A review. *Science*

- of the Total Environment 548–549, 236–251.  
<https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2016.01.022>
- Mekonnen MM, Hoekstra AY (2020) Sustainability of the blue water footprint of crops. *Adv Water Resour* **143**. <https://doi.org/10.1016/J.ADVWATRES.2020.103679>
- Money A (2014) Corporate Water Risk: A Critique of Prevailing Best Practice. *Journal of Management and Sustainability* **4**, p42. <https://doi.org/10.5539/JMS.V4N1P42>
- Niccolucci V, Botto S, Rugani B, Nicolardi V, Bastianoni S, Gaggi C (2011) The real water consumption behind drinking water: The case of Italy. *J Environ Manage* **92**, 2611–2618. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2011.05.033>
- Rost S, Gerten D, Bondeau A, Lucht W, Rohwer J, Schaphoff S (2008) Agricultural green and blue water consumption and its influence on the global water system. *Water Resour Res* **44**. <https://doi.org/10.1029/2007WR006331>
- Sengupta PK (2017a) *Industrial Water Resource Management*. Wiley
- Sengupta PK (2017b) Corporate Water Stewardship. *Industrial Water Resource Management* 109–157. <https://doi.org/10.1002/9781119272496.CH4>
- Statista (2022a) Nestle’s water withdrawals globally. <https://www.statista.com/statistics/808798/nestle-water-consumption-worldwide/?locale=en>. Pristupljeno 20 March 2023.
- Statista (2022b) Coca-Cola Company water use ratio. <https://www.statista.com/statistics/1234225/water-use-ratio-coca-cola-company-globally/?locale=en>. Pristupljeno 20 March 2023.
- The Coca-Cola Company, The Nature Conservancy (2010) Product water footprint assessments: Practical application in corporate water stewardship. <https://www.conservationgateway.org/Files/Pages/product-water-footprint-a.aspx>. Pristupljeno 24 May 2023.
- Weber O, Saunders-Hogberg G (2020) Corporate social responsibility, water management, and financial performance in the food and beverage industry. *Corp Soc Responsib Environ Manag* **27**, 1937–1946. <https://doi.org/10.1002/CSR.1937>
- WWF (2005) *Sugar and the Environment - Encouraging Better Management Practices in Sugar Production and Processing*. WWF-World Wildlife Fund. [https://wwf.panda.org/wwf\\_news/?22255/Sugar-and-the-Environment-Encouraging-Better-Management-Practices-in-Sugar-Production-and-Processing](https://wwf.panda.org/wwf_news/?22255/Sugar-and-the-Environment-Encouraging-Better-Management-Practices-in-Sugar-Production-and-Processing). Pristupljeno 17 June 2023.

Wyness AJ (2011) Water Footprinting: A Tool to Develop and Manage Water Stewardship for Business. *NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security* 69–82.  
[https://doi.org/10.1007/978-94-007-1805-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-94-007-1805-0_5)

## Izjava o izvornosti

Ja Mateo Marković izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio/la drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

Mateo Marković

Vlastoručni potpis