

## **Ocjenjivanje učinkovitosti poslovanja odjela Opće bolnice Zadar metodom DEA**

ZDENKO JUKIĆ

Sveučilište u Rijeci

Ekonomski fakultet

Doktorand

Ul. Ivana Filipovića 4, Rijeka

Hrvatska

[zjukic1@uniri.hr](mailto:zjukic1@uniri.hr)

ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0000-2991-4592>

Prethodno priopćenje / *Preliminary communication*

UDK / UDC: 658:[061:61(497.5Zadar)]=163.42

Primljeno / Received: 27. siječnja 2025. / January 27<sup>th</sup>, 2025.

Prihvaćeno za objavu / Accepted for publishing: 02. travnja 2025. / April 02<sup>nd</sup>, 2025.

DOI: 10.15291/oec.4687

**Sažetak:** Rad analizira učinkovitost bolničkih odjela Opće bolnice Zadar metodom analize omeđenih podataka (DEA). Fokus je na optimizaciji ulaznih i izlaznih aktivnosti tih odjela kako bi se unaprijedila njihova operativna učinkovitost. Metodologija obuhvaća konstrukciju linearne granične funkcije na temelju prikupljenih podataka o ulazima i izlazima odjela. Ulazni parametri analize su broj bolničkih kreveta (P) i broj zaposlenih liječnika (L), a izlazni broj otpuštenih bolesnika (BOB) i broj obavljenih pregleda (BOP). Analiza učinkovitosti bolnica provedena je CCR modelom koji pokazuje koliko bi odjeli mogli smanjiti svoje ulaze uz istu razinu izlaza, odnosno povećati svoje izlaze uz istu razinu ulaza. Analizom omeđenih podataka izmjerena je relativna učinkovitosti odjela u odnosu na njihovu konkurenciju te su identificirani specifični čimbenici koji objašnjavaju njihovu učinkovitost. Rezultati pokazuju značajnu varijabilnost u učinkovitosti različitih odjela, što upućuje na mogućnosti za poboljšanje. Ključni nalazi govore o potrebi za kontinuiranom evaluacijom i unaprjeđenjem operativne učinkovitosti odjela, uz implementaciju ciljanih programa obuke i tehnoloških investicija. Za postizanje optimalne učinkovitosti predlažu se i specifične strategije poput konsolidacije, specijalizacije i boljeg upravljanja resursima. Ovaj rad pruža empirijski utemeljene smjernice za donošenje odluka i optimizaciju resursa, pridonoseći poboljšanju operativne učinkovitosti bolnica. Analiza provedena u ovom radu može poslužiti kao model za slične studije u drugim zdravstvenim ustanovama radi unaprjeđenja njihove učinkovitosti i kvalitete pruženih usluga.

**Ključne riječi:** učinkovitost, analiza, bolnica, DEA, analiza omeđenih podataka, DMU, donositelji odluka

**JEL klasifikacija:** C31, C51, C61, C67, I11, O15, O47

### **1. Uvod**

Mjerenje učinkovitosti u zdravstvenom sektoru, kao i u mnogim drugim sektorima, u središtu je pozornosti zbog velikog pritiska privatnih pružatelja usluga i vlada da se postigne dobra kvaliteta skrbi

uz najmanje moguće troškove. Posljednjih nekoliko godina naglašava se važnost mjerenja učinkovitosti zdravstvenih sustava zbog visokih izdavanja iz državnog proračuna s jedne strane, a s druge za postizanje financijskih ciljeva koje privatni pružatelji usluga moraju postići kako bi održali financijsku održivost (Clement et al., 2008; Drei i Angulo-Meza, 2023; Eze et al., 2024).

Učinkovitost u zdravstvu određuje se kao i u drugim gospodarskim sektorima. Cilj je „proizvesti najveći mogući raspon outputa s danim inputima“ (Blatnik et al., 2017, 214). To znači da je cilj s ograničenim brojem bolničke opreme, kliničkog osoblja i proračuna liječiti što više pacijenata uz minimalne troškove (Eltahir i Abdallah, 2021; Seddighi et al., 2020; Top et al., 2020). S ekonomskog gledišta, to je optimalna radna točka – smanjiti ulaze kako bi se maksimizirali izlazi. Važno je istaknuti da zdravstveni sektor ne proizvodi dobra nego pokušava postići maksimalnu dobrobit za svakog pacijenta (Cheng i Gao, 2015; Moran et al., 2023). Pri tome je ključna kvaliteta pružene usluge jer je svaka situacija jedinstvena i zahtijeva individualnu i detaljnu pozornost kako bi se postigao najbolji ishod (Ferreira i Marques, 2018; Sun et al., 2023).

Kao i u drugim zemljama s javnim zdravstvom, u Hrvatskoj je zdravstvena zaštita univerzalna za sve stanovništvo (Beiter et al., 2023). Pokrivenost sustava trebala bi zadovoljiti potrebe stanovništva, minimizirajući dislokaciju potrebnu za primanje medicinske pomoći. To znači da se onome tko traži medicinsku skrb ne smije uskratiti pristup zdravstvenim ustanovama i dobivanje potrebnog liječenja zbog njegove financijske situacije ili nekog drugog čimbenika. Iako vlada osigurava pristup zdravstvenoj skrbi, bolnice imaju ograničene resurse, tako da u nekim razdobljima dostupnost usluge jednom građaninu može odgoditi pristup drugome, što pridonosi povećanju lista čekanja.

Problem rada je identifikacija najučinkovitijeg DMU-a u sklopu bolničkih odjela Opće bolnice Zadar koji služi kao primjer za poboljšanje učinkovitosti ostalih odjela i razrada smjernica za ostale DMU-ove, kako bi se poboljšala njihova učinkovitost u skladu sa strategijama i praksama najučinkovitijeg DMU-a (Ersoy i Aktaş, 2023). Na osnovi podataka iz Izvješća o radu Opće bolnice Zadar za 2023. godinu, u radu se primjenjuje DEA metoda za mjerenje učinkovitosti odjela s bolničkim krevetima za 2023. godinu Opće bolnice Zadar, na osnovi dvaju inputa i dvaju outputa. Cilj istraživanja je pružiti empirijski utemeljene smjernice za donositelje odluka (DMU) kako bi se poboljšala učinkovitost bolničkih odjela u hrvatskom zdravstvenom sustavu. Jedan od troškovno glavnih inputa je broj liječnika. U Izvješću stoji podatak da je ukupno je 1112 zdravstvenih radnika, od čega je 185 liječnika specijalista i subspecijalista, što je samo 16,63 %. Stoga je poseban fokus odjela ljudskih potencijala upravo na tom resursu koji je i najskuplji. Ovaj je input jedan je od najvažnijih te njegov odabir odražava interes analitičara u sustavu praćenja učinkovitosti.

## **2. Pregled literature**

Učinak bolnica u zdravstvenom sustavu ocjenjuje se primjenom nekoliko metoda, a najčešći su parametarski i neparametarski pristup (Blatnik et al., 2017; Mitropoulos et al., 2012; Nicola et al., 2014). Za izračunavanje efikasnosti bolnica parametarski pristup oslanja se na *Stochastic Frontier Analysis* (SFA). SFA je ekonometrijska tehnika koja temelji vrijednosti efikasnosti na regresiji stohastičke granične funkcije, imajući na umu odnos inputa i outputa modela. No ta se tehnika ne može nositi s višestrukim ulazno-izlaznim sustavima poput bolnica (Widyastuti i Nurwahyuni, 2021), pa model odstupa od stvarnosti u kojoj jedna bolnica djeluje kao jedini sustav (Gautam et al., 2013).

Većina autora njezin nedostatak vidi u odabiru neparametarskog pristupa (uglavnom DEA) za mjerenje efikasnosti bolnica i drugih zdravstvenih ustanova (Blatnik et al., 2017; Kao et al., 2020; Mitropoulos

et al., 2012; Nicola et al., 2014), iako DEA ne može razlikovati takozvani „white noise“ (reziduali modela su slučajni i ne sadrže autokorelaciju) od neučinkovitosti bolnice. Prema radu Blatnika et al., koji primjenjuje SFA-u i DEA-u za procjenu učinkovitosti slovenskih općih bolnica, vrijednosti učinkovitosti bolnica nisu dosljedne, što dovodi do različitih zaključaka o njihovoj učinkovitosti (Blatnik et al., 2017). Iako autori navode da SFA daje niže vrijednosti zbog potrebe da se a priori definira stohastička funkcija, tvrde da bi rezultati SFA metode trebali prevladati pri korištenju podataka velike kvalitete.

Potpunu usporedbu SFA-e i DEA-e, ističući prednosti i nedostatke u svakom slučaju, proveli su Jacobs i Coelli sa suradnicima (Coelli et al., 2012; Jacobs et al., 2006). DEA i njezine proširene metode primjenjuje neparametarske tehnike za procjenu učinkovitosti sustava, slijedeći stav Mitropoulosa et al. da je „DEA prikladnija za analizu aktivnosti javnog sektora“ (Mitropoulos et al., 2012). Unatoč tome, nekoliko je autora primijenilo taj pristup za procjenu učinka javnih i privatnih pružatelja usluga. Na primjer, Gautam et al. mjerili su učinak trideset tri bolnice u Missouriju u SAD-u, gdje se zdravstveni sustav temelji na privatnim pružateljima usluga, s profitnim ciljevima, primjenom DEA-e (Gautam et al., 2013), dok su Kao et al. primijenili standardni DEA model za proučavanje oko 7 000 bolnica u Kini (Kao et al., 2020).

Pokazalo se da je jednostavan DEA model statistički ograničen kada broj DMU-ova (u ovom slučaju bolnica) nije dovoljno velik, što može dovesti do netočne procjene učinkovitosti (Kao et al., 2020; Mitropoulos et al., 2012). Kako bi prevladali taj problem, većina radova se koristila proširenjima iz jednostavnog DEA modela, kao što je DEA „Bootstrapping“ tehnika ili „window DEA“ metoda. Model DEA „bootstrapping“ korišten je, na primjer, u radu De Nicola et al., u kojem su autori procjenjivali različite modele talijanskog zdravstvenog sustava svake regije (Nicola et al., 2014). Njihov je rad uspio identificirati najučinkovitiju regiju što se tiče zdravstvene skrbi i pružiti uvid drugim regijama da se poboljšaju. Slijedeći isti koncept, Alonso et al. također su primijenili „bootstrapping“ DEA-u za proučavanje utjecaja reforme zdravstvenog sustava u dvadeset pet bolnica u Madridu (Alonso et al., 2015). Usporedili su učinkovitost bolnica prema novom modelu upravljanja s bolnicama koje su ostale u tradicionalnom, predreformskom modelu upravljanja i zaključili da učinkovitost bolnica po novom modelu ne predstavlja značajnu razliku. Slično, Štefko et al. su primijenili „window DEA“ model za mjerenje uspješnosti bolnica i zdravstvenih ustanova u osam regija Slovačke Republike (Štefko et al., 2018). Prednost ove metode u odnosu na standardnu DEA-u bila je opravdana zbog ograničenog broja DMU-ova, u ovom slučaju regija u studiji.

Rjeđa kombinacija dostupna u literaturi primjerice je rad Yaya et al. (2020) u kojem je kombinirana DEA s teorijom igara. Cilj je bio proučiti učinkovitost zdravstvene skrbi u trideset jednoj provinciji Kine, imajući na umu odnose koji bi mogli postojati između različitih bolnica unutar svake provincije. Standardni DEA ne uzima u obzir moguće interakcije između DMU-ova (bolnica), što se često događa u zdravstvenim sustavima. Umjesto koncentriranja svih usluga u samo jednoj bolnici, različite specijalnosti mogle bi se proširiti u nekoliko bolnica u tom području. To znači da bi pacijent kojemu je potrebna posebna njega jedne specijalnosti bio preusmjeren u bolnicu koja mu najviše odgovara. Taj postupak povećava učinkovitost bolnica eliminirajući potrebu da svaka od njih ulaže u sve medicinske specijalnosti, što posljedično smanjuje izdatke (Gómez-Gallego et al., 2021). Studija potvrđuje da ova kombinacija uspješno upravlja tim odnosima te učinkovito prevladava značajne razlike koje u nekim slučajevima postoje između pokrajina. Nadalje, neki autori radije provode analizu u dvije faze, u prvoj se primjenjuje standardna DEA ili druga DEA metoda, a za proučavanje utjecaja varijabli kvalitete ili varijabli okoliša slijedi regresijska analiza. To je slučaj Gaoa i Wanga, koji su, nakon što su primijenili

„Bootstrapped“ DEA, primijenili običnu regresiju najmanjeg kvadrata za analizu odnosa učinkovitosti bolnice i jednakosti pristupa (Gao i Wang, 2020). Autori su analizirali varijablu geografski položaj bolnice (urbano naspram ruralnog) i nekoliko drugih varijabli povezanih s prosječnom dobi pacijenata, ponovnim prijemima i bolničkom dimenzijom. Model je primijenjen na sto četrdeset devet kineskih bolnica, a rezultati su pokazali pozitivan odnos učinkovitosti i pravednosti, što znači da je veća učinkovitost jednaka većoj pravednosti.

### **3. Metodološki okvir**

Rano mjerenje učinka uglavnom se primjenjivalo za fokusiranje na financijske rezultate, zanemarujući druga područja kao što su proizvodnja ili korisnička služba, čime se potpuno zanemarivao koncept učinkovitosti. Posljedice toga propusta potaknule su ekonometričare u preispitivanju načina kojim je konvencionalna ekonometrijska analiza gledala na proizvodne funkcije i promatrala varijacije u učinkovitosti (Kumbhakar i Lovell, 2000). Proizvodne funkcije, koje modeliraju strukturu proizvodnje, razvijane su i usavršavane dulje od osamdeset godina (Cobb i Douglas, 1928). Međutim, Kumbhakar i Lovell (2000) ističu da dok konvencionalna ekonometrija teži korištenju funkcija proizvodnje, troškova i profita, proizvodne funkcije pretpostavljaju da proizvođači učinkovito raspoređuju inpute i outpute te da proizvođači rade na tim funkcijama osim nasumično distribuiranog statističkog šuma. Kumbhakar i Lovell navode anegdotske dokaze koji sugeriraju da proizvođači nisu uvijek uspješni u učinkovitom rješavanju svojih problema optimizacije (Kumbhakar i Lovell, 2000). To se ilustrira neučinkovitim korištenjem ulaznih resursa u proizvodnom procesu, što Cooper i ostali nazivaju tehničkom neučinkovitošću ili lošom raspodjelom resursa i proizvodnih ciljeva, odnosno neučinkovitošću kombinacije (Cooper et al., 2007). Proizvođači koji nisu ispravno riješili svoj problem optimizacije, nisu radili na proizvodnim funkcijama koje su se do tada primjenjivale za mjerenje učinka (Kleine et al., 2022).

U svjetlu jasnih ograničenja tradicionalnih proizvodnih funkcija, fokus analize produktivnosti pomaknuo se prema granicama proizvodnje. Literatura koja je izravno utjecala na razvoj metoda granične analize započela je s radom 1950-ih (Koopmans, 1951) koji tvrdi da bi proizvođač bio učinkovit „ako, i samo ako, nije moguće proizvesti više bilo kojeg outputa bez proizvodnje manje nekog drugog izlaza ili koristeći više nekog ulaza“. Koopmansov izvorni rad potaknuo je Debreu (1951) i Shephard (1953) u razvoju modela koji povezuju funkciju udaljenosti s tehničkom učinkovitošću. Taj je rad bio ključan za razvoj literature o učinkovitosti. Farrell (1957) je prvi put primijenio taj razvoj za mjerenje tehničke učinkovitosti u poljoprivrednom kontekstu. Taj inovativni rad utjecao je na stvaranje dviju glavnih tehnika granične analize: stohastičke granične analize i analize omeđenih podataka.

Ovaj rad postavlja istraživačko pitanje o variranosti relativne operativne učinkovitosti odjela Opće bolnice Zadar, mjerene metodom DEA, i postoji li povezanost između razine ulaznih resursa (broj bolničkih kreveta i broj zaposlenih liječnika) i postignute učinkovitosti? Slijedom postavljenog pitanja, pretpostavke su:

- H1: DEA metoda je primjeren neparametarski pristup za procjenu relativne operativne učinkovitosti bolničkih odjela s višestrukim ulaznim (broj bolničkih kreveta i broj zaposlenih liječnika) i izlaznim (broj otpuštenih bolesnika i broj obavljenih pregleda) varijablama.
- H2: Postoji značajna varijabilnost u relativnoj operativnoj učinkovitosti odjela Opće bolnice Zadar, mjerena skorovima dobivenim primjenom primjerenog DEA modela.

- H3: Odjeli s relativno nižim prosječnim brojem bolničkih kreveta i zaposlenih liječnika mogu postići višu relativnu operativnu učinkovitost, mjerenu DEA modelom, u usporedbi s odjelima koji raspolažu većim brojem tih ulaznih resursa.

Izbor BCC-O (*Banker-Charnes-Cooper, izlazni model*) motiviran je potrebom za poboljšanjem učinkovitosti bolničkih odjela u uvjetima ograničenih resursa, što je karakteristika hrvatskog zdravstvenog sustava. Analiza je usmjerena na maksimizaciju outputa (broj otpuštenih bolesnika i broj obavljenih pregleda) uz istu razinu inputa (broj bolničkih kreveta i broj liječnika), što je ključno za poboljšanje učinkovitosti u uvjetima ograničenih resursa.

#### **4. Objašnjenje DEA-e kao alata za mjerenje učinka**

Analiza omeđenih podataka je neparametarska metoda koja se primjenjuje za procjenu učinkovitosti jedinica odlučivanja u pretvaranju ulaznih podataka u izlazne. Razvili su ga Charnes, Cooper i Rhodes 1978. godine, kao odgovor na Farrellov rad iz 1957., koji se nije ispravno bavio neučinkovitošću kombinacije, pri čemu analiza omeđenih podataka primjenjuje tehnike linearnog programiranja za procjenu relativne učinkovitosti jedinica odlučivanja, koji rade pod sličnim uvjetima, s tim da se mogu koristiti i različite kombinacije resursa (Charnes et al., 1978). Temeljna premisa je stvoriti „granicu učinkovitosti“ sastavljenu od najučinkovitijih jedinica odlučivanja, s kojima se uspoređuju sve druge jedinice. To omogućuje identifikaciju učinkovitih i neučinkovitih jedinica u određenom skupu podataka (Cooper et al., 2007). Od vremena rada Charnes, Cooper i Rhodes iz 1978., uvedeno je mnogo različitih modela analize omeđenih podataka, npr. BCC, SBM (*Slacks-Based Measure model*), GRS (*Generalized Returns-to-Scale model*), FDH (*Free Disposal Hull model*) ili Malmquist model (Cooper et al., 2007), čak se neki drastično razlikuju od ovoga izvornog modela, dok je analiza omeđenih podataka postala dobro uspostavljena tehnika mjerenja performansi.

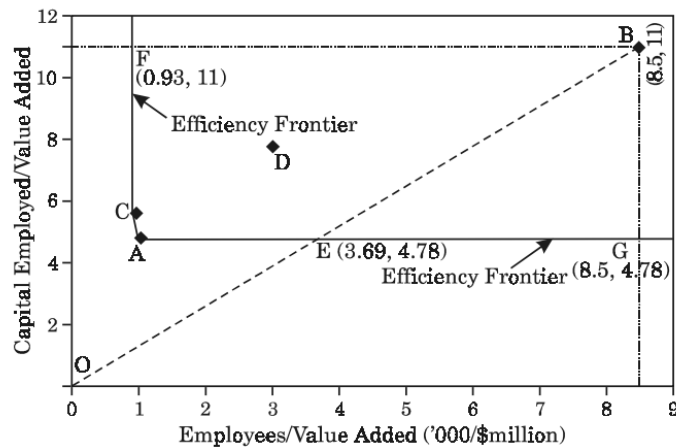
Analiza omeđenih podataka radi na načelu relativne učinkovitosti, što znači da procjenjuje koliko dobro jedinica odlučivanja radi u odnosu na svoje konkurente, a ne u odnosu na apsolutni standard. Ocjena učinkovitosti koju generira jedinica odlučivanja obično se kreće od 0 do 1, pri čemu ocjena 1 označava da jedinica odlučivanja radi na granici učinkovitosti, dok ocjene manje od 1 označavaju neučinkovitost (Hamzeh i Xu, 2019). Ta karakteristika jedinicu odlučivanja čini posebno korisnom u okruženjima u kojima su uključeni višestruki ulazi i izlazi, što omogućuje sveobuhvatnu analizu performansi u različitim dimenzijama (Dyson et al., 2001).

U praksi se analiza omeđenih podataka može primijeniti na različita područja kao što su zdravstvo, obrazovanje i upravljanje opskrbnim lancem, pružajući uvid u operativnu učinkovitost i područja za poboljšanje (Zubir et al., 2024). Na primjer, u zdravstvenim ustanovama analiza omeđenih podataka primjenjuje se za procjenu učinka bolnica analizom ulaznih podataka poput broja osoblja i opreme u usporedbi s rezultatima kao što su ishodi liječenja pacijenata i kvaliteta usluge (Peykani i Pishvae, 2024). Prepoznavanjem neučinkovitosti, organizacije mogu implementirati ciljane intervencije za povećanje produktivnosti i raspodjelu resursa.

Fleksibilnost analize omeđenih podataka dopušta različita usmjerenja orijentirana na unos ili na izlaz, ovisno o tome je li fokus na minimiziranju ulaza ili maksimiziranju izlaza. Ta prilagodljivost čini ga prikladnim za različite organizacijske kontekste i strateške ciljeve (Cook i Seiford, 2009). Nadalje, analiza omeđenih podataka može prihvatiti višestruke metrike učinka istovremeno, što ga čini vrijednim

alatom za organizacije koje žele uravnotežiti konkurentne prioritete u svojim operacijama (Jung et al., 2023a).

Metodologija uključuje konstrukciju linearne granice na temelju promatranih podatkovnih točaka koje predstavljaju učinkovite jedinice odlučivanja. Neučinkovite jedinice zatim se procjenjuju na temelju njihove udaljenosti od te granice, dajući jasnu vizualizaciju nedostataka u izvedbi (Ramanathan, 2003). Grafički prikaz u nastavku pomaže donositeljima odluka u razumijevanju u čemu se mogu poboljšati. Slika 1 prikazuje analizu granice u primjeni DEA metode.



**Slika 1.** Analiza granice u DEA

Izvor: Ramanathan, 2003, 31

Analiza omeđenih podataka ima posebnu prednost u situacijama kada tradicionalni alati za mjerenje performansi zaostaju. Na primjer, konvencionalna metrika često se oslanja na pojedinačne pokazatelje kao što su profitne marže ili omjeri produktivnosti koji možda ne obuhvaćaju složenost tvrtkine organizacije. Nasuprot tome, analiza omeđenih podataka pruža višedimenzionalnu perspektivu koja obuhvaća različite odnose input-output (Ray, 2004).

Analiza omeđenih podataka ima i ograničenja. Metoda pretpostavlja da sve jedinice odlučivanja rade u sličnim uvjetima okoline i suočavaju se s usporedivim izazovima. Odstupanja od te pretpostavke mogu dovesti do pristranih procjena učinkovitosti (Shewell i Migirom, 2016). Stoga su rezultati analize omeđenih podataka osjetljivi na odabir inputa i outputa, neprikladni izbori mogu iskriviti procjene učinkovitosti. Bez obzira na to, pri razboritoj primjeni i uz pažljivo promatranje kontekstualnih čimbenika, analiza omeđenih podataka je robusan alat za mjerenje učinka u svim sektorima (Trakakis et al., 2022). Njegova sposobnost pružanja praktičnih uvida operativne učinkovitosti, čini ga neprocjenjivim za tvrtke koje teže stalnom poboljšanju.

Glavni cilj ovog rada (naveden u poglavlju 2.) odnosi se na primjenu metode analize omeđenih podataka (DEA) u mjerenju efikasnosti bolničkih odjela i službi s bolničkim krevetima za 2023. godinu Opće bolnice u Zadru na osnovi dvaju inputa i dvaju outputa.

Autor rada ocjenjivao je CCR model za provedbu analize, jer je u radu (Jung et al., 2023b, 5) prezentirana blaga prednost CCR modela u analizi učinkovitosti bolničkih objekata. Drugi razlog je što CCR model nudi prednosti u kontekstu mjerenja učinka zaposlenika, posebno kada se uspoređuje s BCC modelom (Charles i Kumar, 2012). Prva prednost je jednostavnost i intuitivnost. CCR model, zahvaljujući svojoj pretpostavci o konstantnim povratcima na skalu, pruža jednostavniju interpretaciju

rezultata. Ta pretpostavka implicira da povećanje svih ulaza za isti postotak rezultira proporcionalnim povećanjem izlaza, što je koncept koji je lakše razumjeti i operacionalizirati u kontekstu ljudskih resursa. Druga je fokus na tehničkoj učinkovitosti, jer se CCR model primarno fokusira na tehničku učinkovitost, odnosno na to koliko učinkovito se pretvaraju ulazi (u ovom slučaju broj soba i liječnika) u željene izlaze (broj slučajeva i dana liječenja). To je posebno korisno kada se želi procijeniti osnovna sposobnost zaposlenika da obavlja svoj posao. Treća prednost je robusnost prema varijacijama u veličini DMU-a, gdje je CCR model manje osjetljiv na varijacije u veličini jedinica odlučivanja, u ovom slučaju zaposlenika. To znači da se rezultati CCR modela mogu lakše generalizirati na različite tipove zaposlenika, bez obzira na njihovu ulogu ili odgovornost. Četvrta prednost je jednostavnost specifikacija modela. CCR model zahtijeva manje složenu specifikaciju modela u odnosu na BCC model što je posebno važno kada se radi o složenim modelima s velikim brojem varijabli, kao što je to u analizama ljudskih resursa. Peta je usporedivost s drugim studijama, jer većina ranijih studija koje su primjenjivale DEA-u za mjerenje učinka zaposlenika temeljile su se na CCR modelu (Jung et al., 2023b). Iako BCC model nudi veću fleksibilnost zahvaljujući svojoj pretpostavci o varijabilnosti, CCR model je preferiran zbog svoje jednostavnosti, intuitivnosti i robusnosti u kontekstu mjerenja učinka zaposlenika. Slika 2 prikazuje CCR DEA model.

Input-oriented	
Envelopment model	Multiplier model
$\min \theta - \varepsilon (\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+)$	$\max z = \sum_{r=1}^s \mu_r y_{r0}$
subject to $\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = \theta x_{i0} \quad i = 1, 2, \dots, m;$	subject to $\sum_{j=1}^n \mu_j y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0$
$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = y_{r0} \quad r = 1, 2, \dots, s;$	$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$
$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n.$	$\mu_r, v_i \geq \varepsilon > 0$
Output-oriented	
Envelopment model	Multiplier model
$\max \phi + \varepsilon (\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+)$	$\min q = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0}$
subject to $\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = x_{i0} \quad i = 1, 2, \dots, m;$	subject to $\sum_{j=1}^n v_j x_{ij} - \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} \geq 0$
$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = \phi y_{r0} \quad r = 1, 2, \dots, s;$	$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{r0} = 1$
$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n.$	$\mu_r, v_i \geq \varepsilon > 0$

Slika 2. CCR DEA model

Izvor: Cooper et al., 2011, 13

Problem postavljamo tako da imamo n međusobno uspoređenih jedinica odlučivanja koje proizvode izlaze  $y_r$  ( $r = 1, 2, \dots, s$ ), koristeći ulaze  $X_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ). Ako se koristimo izlazno orijentiranim modelom, DEA s konstantnim prinosima na razmjer za procjenu jedinice odlučivanja  $DMU_0$ , tada rješavamo sljedeći zadatak linearnog programiranja:

Ciljana funkcija je: 
$$\varphi_0 = \max \varphi_0 \tag{1}$$

ovisna o: 
$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \leq x_{i0} \quad i = 1, 2, \dots, m \tag{2}$$

$$-\varphi y_{r0} + \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq 0 \quad r = 1, 2, \dots, s \tag{3}$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \tag{4}$$

gdje:

$x_{ij}$  je i ulaza od j zaposlenika

$y_{rj}$  je r izlaza od j zaposlenika

$x_{i0}$  je i ulaza od procijenjenog zaposlenika

$y_{r0}$  je r izlaza od procijenjenog zaposlenika

$\lambda_j$  je varijabla intenziteta j zaposlenika

$\varphi_0$  je koeficijent outputa, tj. procjena učinkovitosti ocjenjivanog zaposlenika

Rezultat ovako formuliranog zadatka linearnog programiranja je rezultat tehničke učinkovitosti ( $\varphi_0$ ) ocjenjivane jedinice odlučivanja, u ovom slučaju zaposlenika, koji se definira kao sposobnost postizanja maksimalnih outputa na zadanoj razini inputa. Ovo mjerenje ukazuje na faktor za koji se razina outputa mora proporcionalno povećati, održavajući nepromijenjenu razinu inputa, kako bi zaposlenik bio tehnički učinkovit. Ako je rezultat tehničke učinkovitosti jednak 1, a varijabla intenziteta zaposlenika jednaka 1 za ocijenjenog zaposlenika i nula za sve ostale zaposlenike, zaposlenik je tehnički učinkovit. Nasuprot tome, ako je mjerenje tehničke učinkovitosti veće od 1, zaposlenik nije tehnički učinkovit u usporedbi s drugima i mora povećati outpute dok razina inputa ostaje konstantna. Ako je zaposlenik ocijenjen neučinkovitim, varijable intenziteta zaposlenika različite od nule označavaju elemente referentnog skupa. Model pretpostavlja konstantne povrate na razmjer, što znači proporcionalnu promjenu outputa zbog promjene inputa. Stoga, ako se inputi povećaju za 1%, outputi također porastu za 1%.

BCC model (Banker, Charnes i Cooper) je model analize omeđivanja podataka koji se primjenjuje za procjenu relativne efikasnosti usporedivih entiteta na temelju empiričkih podataka o njihovim inputima i outputima. Ovaj se model primjenjuje kada se pretpostavlja varijabilni prinos, što znači da proporcionalno povećanje inputa rezultira više ili manje nego proporcionalnim povećanjem outputa. BCC model se razlikuje od CCR modela, koji se zasniva na pretpostavci konstantnog prinosa, po dodatnom ograničenju koje se primjenjuje u linearnom programu. To ograničenje osigurava konveksnost skupa proizvodnih mogućnosti (Rabar, 2013):

BCC model usmjeren na inpute uključuje dodatno ograničenje

$$\sum \lambda_j = 1 \quad (5)$$

dok model usmjeren na outpute ima ograničenje

$$\sum \mu_j = 1 \quad (6)$$

BCC model se primjenjuje u slučajevima kada se pretpostavlja varijabilni prinos na opseg djelovanja, za razliku od CCR modela koji pretpostavlja konstantni prinos. Granica efikasnosti BCC modela razlikuje se od one CCR modela zbog dodatnog ograničenja. Efikasnost BCC lakše je ostvariva od CCR efikasnosti jer je svaki neefikasan entitet bliži svojoj BCC projekciji nego svojoj CCR projekciji. Iznosi efikasnosti uz BCC model nikad nisu niži od onih uz CCR model, bez obzira na odabrano usmjerenje. U radu, BCC model se primjenjuje za procjenu efikasnosti poslovanja hrvatskih bolnica. Nakon što je usporedbom rezultata CCR i BCC modela utvrđeno da je broj efikasnih bolnica prema BCC modelu znatno veći, zaključeno je da je u ovom slučaju primjerenije koristiti BCC model, jer je važan alat za analizu efikasnosti u slučajevima varijabilnog prinosa. Ovaj model pruža vrijedne informacije o tome kako entiteti mogu poboljšati svoju efikasnost.

## 5. Performanse varijabli

Jedan od najvažnijih koraka u primjeni DEA metode je pravi odabir varijabli koje treba uzeti u obzir u modelima (Štefko et al., 2018). Ovaj bi izbor trebao identificirati primarne varijable koje utječu na proces, a to je pružanje zdravstvene skrbi i, nakon toga, povezati ih na najrealističniji mogući način (Yaya et al., 2020). Da bi to učinili, većina se autora oslanja na prethodne preglede literature kako bi došli do jednog skupa varijabli koji se čini najprikladnijim za svaki pojedini slučaj. Učinkovitost i financijska izvedba pružatelja zdravstvenih usluga proučavana je nekoliko godina, što je rezultiralo golemom zbirkom varijabli prisutnih u literaturi. Ipak, tri kategorije predstavljaju najčešće korištene ulaze za ocjenu učinkovitosti, kao i za izlaze. Što se tiče inputa, većina autora odabrala je barem jednu varijablu koja predstavlja kapitalna ulaganja, radnu snagu i operativne troškove (Kao et al., 2020; Rabar, 2013). Što se tiče rezultata, glavne varijable odnose se na bolničku uslugu, ambulantnu službu i druge kritične usluge kao što su hitna pomoć ili kirurška služba (Rabar, 2013; Yaya et al., 2020).

Fokusirajući se na ulazne varijable, najčešća kombinacija ulaznih varijabli je ona koju su, kao primjer, upotrebljavali Almeida et al., koji su uzimali broj kreveta kao varijablu kapitalnih ulaganja, broj liječnika i medicinskih sestara kao varijablu rada i vrijednost operativnih troškova kao mjeru operativnih troškova (Almeida et al., 2015). Slika 2 prikazuje Izlaze i ulaze za robusni bolnički DEA model.



**Slika 3.** Izlazi i ulazi za robusni bolnički DEA model

Izvor: prilagodio autor (Yasar i Ozcan, 2007, 109)

Što se tiče varijabli kapitalnih ulaganja, broj kreveta je daleko najviše korišten, višestruko jedini koji predstavlja ovu kategoriju u mnogim radovima (Rabar, 2013; Štefko et al., 2018). Naprotiv, za predstavljanje radne snage unutar bolnice, u literaturi je prisutan širi skup varijabli. Osim broja liječnika i broja medicinskih sestara, često se razmatra i broj drugog osoblja (Andrews, 2020), dok neke studije uzimaju u obzir samo jednu varijablu, kliničko osoblje, koja u nekim slučajevima zbraja liječnike i medicinske sestre (Kao et al., 2020; Yaya et al., 2020), a u drugima sve osoblje koje radi u bolnici (Gholami et al., 2014). U kontekstu evaluacije performansi zdravstvenih ustanova koristeći analizu efikasnosti podataka (DEA), prihvatljive varijable mogu uključivati (Ozcan, 2007):

1. Ulazne varijable:

- Broj zaposlenih (npr. medicinsko osoblje, administracija)
  - Operativni troškovi (npr. troškovi medicinskih potrepština, komunalnih obavljenih pregleda)
  - Vrijeme koje osoblje provodi na radu (npr. sati rada neurokirurga)
  - Kapacitet objekta (npr. broj kreveta u bolnici ili staračkom domu)
2. Izlazne varijable:
- Broj pacijenata koji su primljeni ili otpušteni (npr. broj hospitalizacija)
  - Kvaliteta usluge (npr. prevalencija čireva kao pokazatelj kvalitete)
  - Efikasnost tretmana (npr. broj uspješnih procedura u odnosu na ukupne procedure)
  - Različiti tipovi obavljenih pregleda (npr. bolničke vs ambulantne usluge)
3. Dodatne varijable:
- Izvor financiranja
  - Veličina i tip ustanove (npr. profitne vs. neprofitne ustanove)
  - Demografski podaci pacijenata (npr. težina slučaja, starost)
4. Kvalitativne varijable:
- Menadžerska efikasnost (npr. analiza troškova i kvaliteta)
  - Strategije upravljanja i operativne odluke
5. Varijable okoline:
- Konkurencija na lokalnom tržištu
  - Regulatorni okviri i standardi kvaliteta

**Tablica 1.** Naziv odjela Opće bolnice Zadar i pripadajući DMU

Odjeli OB Zadar koji imaju krevete	DMU	P	L	BOP	BOB
Odjel za anesteziologiju, reanimatologiju i int. medicinu	DMU1	12	26	567	30
Odjel za ginekologiju i opstetriciju	DMU2	60	22	3.482	3.444
Odjel za infektologiju	DMU3	10	5	491	397
Služba za interne bolesti	DMU4	128	50	5.520	4.757
Služba za kirurgiju	DMU5	79	32	4.492	4.310
Odjel za neurologiju	DMU6	24	10	835	672
Odjel za oftalmologiju i optometriju	DMU7	9	7	689	683
Odjel za otorinolaringologiju	DMU8	16	10	570	562
Odjel za pedijatriju	DMU9	23	17	2.071	2.024
Odjel za psihijatriju	DMU10	24	11	346	327
Odjel za urologiju	DMU11	16	7	855	834

Izvor: izrada autora 2024.

Tablica 1 prikazuje nazive odjela Opće bolnice Zadar i pripadajući DMU.

Za ovu analizu, autor je uzeo dvije ulazne i dvije izlazne varijable. Ulazi su bili broj akutnih kreveta (P) i broj stalno zaposlenih liječnika (L) na odjelu. Za izlaz su odabrane dvije varijable koje pozitivno utječu na učinak, a to su broj otpuštenih bolesnika (BOB) i broj obavljenih pregleda (BOP).

## 6. Analiza

Kada imamo ulazne i izlazne parametre za DEA analizu, u ovom radu broj kreveta i broj liječnika kao ulazni parametar te broj otpuštenih bolesnika i broj obavljenih pregleda kao izlazni parametar, preporuka je da se prethodno provede deskriptivnu analiza podataka kako bi dobili osnovni uvid u strukturu podataka i pripremili ih za dalju analizu. Deskriptivna analiza može pomoći u razumijevanju raspodjele varijabli, identifikaciji eventualnih problema u podacima, kao i u određivanju potrebnih statističkih testova ili modela.

Prvi korak u deskriptivnoj analizi je izračunavanje osnovnih statističkih parametara za svaki ulazni i izlazni parametar. Ti parametri mogu uključivati srednju vrijednost (Mean), prosječnu vrijednost svakog od parametara, što omogućuje bolje razumijevanje onoga što je uobičajeno u podacima. Medijan je srednja vrijednost koja dijeli podatke na dva jednaka dijela, a korisna je za identifikaciju potencijalnih outliera (nepodobni članovi grupe). Standardna devijacija pokazuje koliko su podaci raspršeni oko srednje vrijednosti. Minimalna i maksimalna vrijednost identificira opseg vrijednosti za svaki parametar. Kurtosis i Skewness grafikoni pokazuju jesu li podaci normalno distribuirani (simetrični) ili imaju nagib većim ili manjim vrijednostima. Izračunavanje ovih osnovnih statističkih podataka, omogućuje uvid u varijacije ulaznih i izlaznih parametara, kao i prepoznavanje potencijalnih problema kao što su ekstremne vrijednosti (outlieri) ili neskladnosti unutar podataka.

**Tablica 2.** Parametri deskriptivne analize

Varijable	P	L	BOP	BOB
Count	11	11	11	11
Mean	36,4545	17,9090	1810,7272	1640
Median	23	11	835	683
SD	37,5828	13,7437	1841,3560	1725,4614
Min	9	5	346	30
25 %	14	8,5	568,5	479,5
50 %	23	11	835	683
75 %	42	24	2776,5	2734
Max	128	50	5520	4757
Kurtosis	0,4477	-0,0170	-0,9082	-1,2421
Skewness	1,3358	1,0637	0,9101	0,7667

Izvor: izrada autora (2024)

Broj liječnika (L):

- Srednja vrijednost (17,91) veća je od medijana (11), što ukazuje na desnu iskrivljenu distribuciju
- Zakrivljenost: 1,064 (pozitivno) potvrđuje zakrivljenost udesno
- Kurtoza: -0,017 (vrlo blizu normale)

- Distribucija se kreće od 5 do 50 liječnika
- Standardna devijacija (13,74) pokazuje visoku varijabilnost u odnosu na srednju vrijednost

Broj kreveta (P):

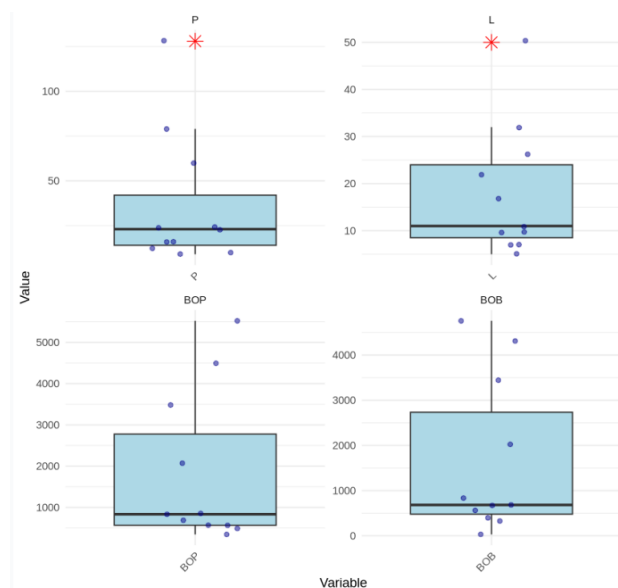
- Srednja vrijednost (36,45) značajno je viša od medijana (23)
- Asimetrija: 1,336 (snažna pozitivna asimetrija)
- Kurtoza: 0,448 (pomalo leptokurtik – viša od normalne)
- Širok raspon od 9 do 128 kreveta
- Visoka standardna devijacija (37,58) ukazuje na veliki raspon

Broj otpuštenih bolesnika (BOB):

- Srednja vrijednost (1640) puno veća od medijana (683)
- Asimetrija: 0,767 (umjerena pozitivna asimetrija)
- Kurtoza: -1,242 (platikurtik – ravniji od normalnog)
- Vrlo širok raspon: 30 do 4757
- Visoka standardna devijacija (1725,46) pokazuje ekstremnu varijabilnost

Broj obavljenih pregleda (BOP):

- Srednja vrijednost (1810,73) znatno viša od medijana (835)
- Asimetrija: 0,910 (umjerena pozitivna asimetrija)
- Kurtoza: -0,908 (platikurtik)
- Raspon: 346 do 5520
- Standardna devijacija (1841,36) upućuje na visoku varijabilnost



**Slika 4.** Kutijasti dijagram varijabli

Izvor: izrada autora 2024.

Kutijasti dijagram (engl. *box plot* ili *box-and-whisker plot*) na slici 4 prikazuje odnos minimuma, maksimuma, donjega i gornjega kvartila te medijana podataka. Na dijagramima se vidi postojanje

ekstremnih vrijednosti kod varijabli. Distribucija iz koje dolazi uzorak je asimetrična (u odnosu na medijan). Potencijalni ekstremi su:

P: vrijednost 128

L: vrijednost 50

BOB: vrijednost 5,520

BOB: vrijednost 4,757

Za daljnju deskriptivnu analizu napravljen je dijagram raspršenosti na kojem se promatra funkcija jedne varijable u odnosu na drugu. Jedna varijabla zove se neovisna varijabla i to je obično prikazano na horizontalnoj osi, dok se druga varijabla zove ovisna varijabla i prikazana je na vertikalnoj osi. Dijagram raspršenosti objašnjava procjenu uzročno-posljedične veze, jer pretpostavka je da neovisna varijabla uzrokuje promjenu ovisne varijable.

**Tablica 3.** Matrica s korelacijama

	L	P	BOB	BOP
L	1	0,90187	0,81043	0,87209
P	0,90187	1	0,92790	0,95506
BOB	0,81043	0,92790	1	0,99230
BOP	0,87209	0,95506	0,99230	1

Izvor: izrada autora (2024)

Korelacijska matrica, prikazana u tablici 3, prikazuje odnose između varijabli P (bolnički kreveti), L (liječnici), BOB (broj otpuštenih bolesnika) i BOP (broj obavljenih pregleda). Visoka pozitivna korelacija ukazuje na to da s rastom jedne varijable, druga također ima tendenciju povećanja. Dijagrami distribucije daju uvid u širenje i središnju tendenciju svake varijable, ističući sve potencijalne ekstreme ili asimetriju u podacima.

Detaljnija analiza korelacijske matrice i distribucije podataka pokazuje najjaču pozitivnu korelaciju (0,99) između broja otpuštenih bolesnika i broja obavljenih pregleda. Vrlo jaka pozitivna korelacija (0,95) između broja obavljenih pregleda i broja kreveta te (0,92) između broja obavljenih pregleda i broja kreveta. Srednje jake pozitivne korelacije (0,81 i 0,87) su između broja liječnika i broja otpuštenih bolesnika i obavljenih pregleda.

Kontinuirani nedostatak financijskih sredstava za održavanje i optimalno funkcioniranje zdravstvenog sustava zahtijeva uvođenje mjera štednje, s glavnim ciljem smanjenja potrošnje resursa i skraćivanja prosječnog trajanja hospitalizacije. Ova situacija posebno je izazovna jer zahtijeva balansiranje između potrebe za kvalitetnom zdravstvenom skrbi i financijske održivosti sustava. Bolnice su prisiljene tražiti inovativne načine optimizacije svojih procesa, poput uvođenja dnevnih bolnica i ambulantnog liječenja gdje god je to moguće. Također, sve veći naglasak stavlja se na preventivnu medicinu i ranu

dijagnostiku, što dugoročno može dovesti do značajnih ušteda u zdravstvenom sustavu. Kako je cilj smanjivati troškove, odabrani model će se orijentirati na inpute.

S obzirom na to da se nije moglo točno odrediti radi li se o konstantnom prinosu (za koji se koristi CCR model) ili varijabilnom prinosu (za koji se koristi BCC model), analiza je provedena primjenom obje pretpostavke. Model koji da više učinkovitih DMU-ova, bit će odabran za analizu.

Tablica 4 prikazuje usporedbu DEA modela, a tablica 5 usporedbu BCC modela.

**Tablica 4.** Usporedba DEA modela

DMU	BCC IO		BCC OO		CCR IO / CCR OO	
	Vrijednost	Učinkovitost	Vrijednost	Učinkovitost	Vrijednost	Učinkovitost
DMU1	0,75		0,745912422		0,617198839	
DMU2	0,227272727		0,004129496		0,001313931	
DMU3	1	Da	1	Da	0,851194056	
DMU4	0,1		0,00645614		0,00090386	
DMU5	0,15625		0,005253801		0,001149269	
DMU6	0,689010989		0,976608187		0,683625731	
DMU7	1	Da	1	Da	1	Da
DMU8	0,610537895		0,673860911		0,538566847	
DMU9	0,396825397		0,002426859		0,001217957	
DMU10	0,454545455		0,404678363		0,26282419	
DMU11	1	Da	1	Da	1	Da

Izvor: izrada autora (2024)

Za model CCR ulazno i izlazno orijentiran dobili smo iste rezultate, dva DMU-a su postigli najvišu ocjenu učinkovitosti (1,0) dok su kod BCC modela i izlazno i ulazno orijentirani prikazali tri DMU-ova učinkovitim (DMU3, DMU7 i DMU11).

Usporedba BCC modela prikazana je u tablici 5.

**Tablica 5.** Usporedba BCC modela

BCC_I		BCC_O	
Mean	0,580404	Mean	0,52903
Standard Error	0,102451	Standard Error	0,136498
Median	0,610538	Median	0,673861
Mode	#N/A	Mode	1
Standard Deviation	0,339792	Standard Deviation	0,452714
Sample Variance	0,115459	Sample Variance	0,20495
Kurtosis	-1,4639	Kurtosis	-2,01371
Skewness	-0,03609	Skewness	-0,21428
Range	0,9	Range	0,997573
Minimum	0,1	Minimum	0,002427
Maximum	1	Maximum	1
Sum	6,384442	Sum	5,819326
Count	11	Count	11
Largest(1)	1	Largest(1)	1
Smallest(1)	0,1	Smallest(1)	0,002427

Izvor: izrada autora (2024)

Ključne analize oba modela:

- Prosječna efikasnost:

BCC-I model: 0,58 (58 %)

BCC-O model: 0,53 (53 %)

- Raspon efikasnosti:

BCC-I model: od 0,10 do 1,00

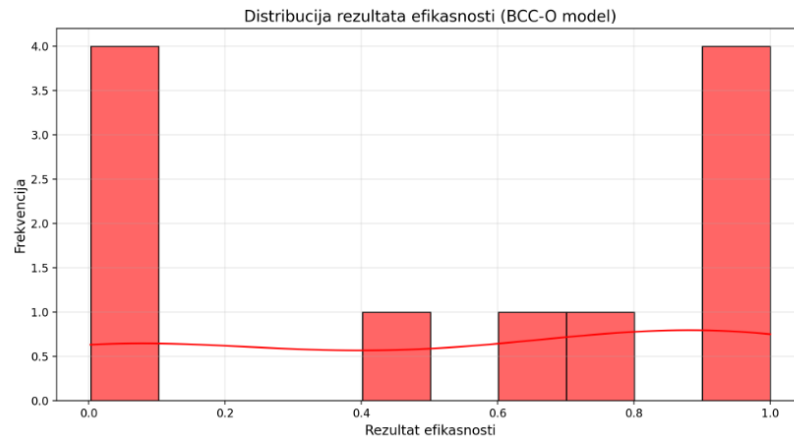
BCC-O model: od 0,002 do 1,00

- Distribucija:

BCC-I pokazuje nešto ravnomjerniju distribuciju efikasnosti

BCC-O ima veću standardnu devijaciju (0,45 vs 0,34), što upućuje na veće varijacije u skorovima

Slijedom navedenog i stava da se ulazno orijentirani model (BCC-I) fokusira na minimizaciju inputa uz zadržavanje iste razine outputa, a izlazno orijentirani model (BCC-O) fokusira se na maksimizaciju outputa uz zadržavanje iste razine inputa, zaključak autora je da neefikasne jedinice imaju više prostora za poboljšanje u izlazno orijentiranom modelu, tako da je daljnja analiza posvećena BCC izlaznom modelu.

**Slika 5.** Distribucija rezultata efikasnosti

Izvor: Izrada autora (2024)

**Tablica 6.** Statistička analiza modela BCC\_O

Mean	0,529029
Std	0,452713
Min	0,002427
25 %	0,005855
50 %	0,673860
75 %	0,988304

Izvor: Izrada autora (2024)

Slika 5. pokazuje da je prosječna efikasnost 0,529 ili 52,9 %, medijan efikasnosti 0,674 ili 67,4 %, dok je minimalna efikasnost na 0,0024 ili 0,24 %. Standardna devijacija 0,453, što ukazuje na veliku varijabilnost u efikasnosti. Kvartili pokazuju da 25 % jedinica ima efikasnost manju od 0,59 %, 50 % jedinica ima efikasnost manju od 67,4 %, a 75 % jedinica ima efikasnost manju od 98,8 %.

**Tablica 7.** Usporedba prosječnih vrijednosti

Varijabla	Efikasne jedinice (prosjeak)	Neefikasne jedinice (prosjeak)
P	11,6666666	45,75
L	6,33333333	22,25
BOP	678,333333	291,695625
BOB	638	200,691875

Izvor: Izrada autora (2024)

Rezultati BCC-O modela pokazuju da postoje značajne varijacije u učinkovitosti različitih bolničkih odjela. Ove varijacije ukazuju na potencijal za poboljšanje, posebno u odjelima koji imaju nižu

učinkovitost. Strategije za poboljšanje trebale bi uključivati analizu prakse efikasnih jedinica, implementaciju ciljanih programa obuke i tehnoloških investicija te poboljšanje upravljanja resursima.

Komentar rezultata:

- ❖ **Struktura efikasnosti**
  - 27,3 % jedinica je potpuno efikasno (3 od 11 DMU)
  - Velika varijabilnost u efikasnosti (standardna devijacija 0,453)
  - Značajan broj jedinica ima vrlo nisku efikasnost (ispod 0.01)
- ❖ **Karakteristike efikasnih jedinica (DMU3, DMU7, DMU11)**
  - Koriste značajno manje inpute (P i L)
  - Postižu znatno veće outpute (BOP i BOB)
  - Pokazuju optimalnu transformaciju inputa u outpute
- ❖ **Usporedba efikasnih i neefikasnih jedinica**
  - Efikasne jedinice u prosjeku koriste:
    - 11,67 jedinica inputa P (nasuprot 45,75 kod neefikasnih)
    - 6,33 jedinica inputa L (nasuprot 22,25 kod neefikasnih)
  - Efikasne jedinice proizvode:
    - 678,33 jedinica outputa BOP (nasuprot 291,70 kod neefikasnih)
    - 638,00 jedinica outputa BOB (nasuprot 200,69 kod neefikasnih)

Potencijali za poboljšanje nalaze se u neefikasnim jedinicama gdje treba značajno povećati outpute uz zadržavanje iste razine inputa. Prosječno povećanje outputa trebalo bi biti oko 89 % za postizanje efikasnosti. Najveći potencijal za poboljšanje imaju jedinice s najnižim skorovima efikasnosti. Smjer poboljšanja treba biti kroz fokus povećanja outputa, uz analizu prakse efikasnih jedinica (benchmarking) te identificirati specifične faktore koji omogućuju efikasnim jedinicama postizanje boljih rezultata s manjim resursima.

U analizi lambde, referentni setovi pokazuju koje efikasne jedinice (DMU3, DMU7, DMU11) služe kao benchmark za neefikasne jedinice, tako da, DMU1 upotrebljava DMU7 (57,14 %) i DMU11 (42,86 %) kao referentne jedinice, a DMU4 i DMU5 potpuno se oslanjaju na DMU11 kao referentnu jedinicu. Potencijali za poboljšanje pokazuju koliko je svaka neefikasna jedinica udaljena od efikasnosti. Tako da DMU2 ima vrlo nisku efikasnost (0,41 %), što upućuje na značajan prostor za poboljšanje. DMU6 je blizu efikasnosti (97,66 %), što znači da su potrebne manje prilagodbe.

## **7. Zaključak**

Provedena analiza efikasnosti primjenom DEA metodologije sveobuhvatan je pristup evaluaciji performansi i identificiranju prilika za unaprjeđenje. Rezultati istraživanja nude nekoliko ključnih uvida koji imaju značajne implikacije za teoriju i praksu upravljanja operativnom izvrsnošću.

Neefikasne jedinice trebaju analizirati operativne prakse svojih referentnih jedinica (DMU3, DMU7, DMU11). Fokus mora biti na optimizaciji input-output omjera, uzimajući u obzir specifične karakteristike referentnih jedinica. Jedinice poput DMU4 i DMU5 trebaju značajno smanjiti korištenje inputa (P i L) kako bi postigle efikasnost. DMU2 i DMU9 trebaju povećati svoje outpute (BOP i BOB) kako bi se približile efikasnosti. Implementirati programe obuke i razvoja temeljenih na najboljim praksama efikasnih jedinica. Uvesti sustave za kontinuirano praćenje performansi i prilagodbu

strategija. Ulagati u tehnologije koje omogućuju veću produktivnost uz smanjenje resursa. Ti prijedlozi pružaju smjernice za sustavno unaprjeđenje efikasnosti neefikasnih jedinica, uzimajući u obzir specifične izazove i potencijale svake jedinice.

Metoda analize omeđenih podataka primjeren je neparametarski pristup za procjenu relativne operativne učinkovitosti bolničkih odjela s višestrukim ulaznim (broj bolničkih kreveta i broj zaposlenih liječnika) i izlaznim (broj otpuštenih bolesnika i broj obavljenih pregleda) varijablama. Zaključak je da se primjena DEA metode pokazala primjerenom za procjenu relativne operativne učinkovitosti bolničkih odjela Opće bolnice Zadar. Rad je uspješno konstruirao linearnu graničnu funkciju na temelju prikupljenih podataka o ulazima (broj bolničkih kreveta (P) i broj zaposlenih liječnika (L)) i izlazima (broj otpuštenih bolesnika (BOB) i broj obavljenih pregleda (BOP)). Primjenom DEA modela, specifično CCR i BCC modela, omogućeno je mjerenje relativne učinkovitosti odjela u odnosu na njihovu konkurenciju u istoj bolnici. Rad argumentira prednosti neparametarskog DEA pristupa u odnosu na parametarske metode poput SFA, posebno kada se radi o sustavima s višestrukim ulazima i izlazima, kao što su bolnički odjeli. Time se potvrđuje H1, tj. prikladnost DEA metode za ovakvu vrstu analize u zdravstvenom sektoru.

Zaključak za H2 je da postoji značajna varijabilnost u relativnoj operativnoj učinkovitosti odjela Opće bolnice Zadar, mjerena skorovima dobivenim primjenom izlazno orijentiranog BCC modela analize omeđenih podataka. Rezultati provedene DEA analize potvrđuju postojanje značajne varijabilnosti u operativnoj učinkovitosti različitih odjela Opće bolnice Zadar. Analiza BCC-O modela pokazala je raspon učinkovitosti od 0,002 do 1, uz standardnu devijaciju od 0,453. Taj širok raspon i visoka standardna devijacija jasno ukazuju na značajne razlike u razinama učinkovitosti među promatranim odjelima. Samo 27,3 % odjela (3 od 11) postiglo je maksimalnu učinkovitost (skor 1), dok su ostali odjeli pokazali različite stupnjeve neučinkovitosti. Ti nalazi empirijski potvrđuju hipotezu o značajnoj varijabilnosti u operativnoj učinkovitosti.

Odjeli s relativno nižim prosječnim brojem bolničkih kreveta i zaposlenih liječnika mogu postići višu relativnu operativnu učinkovitost, mjerenu izlazno orijentiranim BCC modelom, u usporedbi s odjelima koji raspolažu većim brojem tih ulaznih resursa, čime se potvrđuje H3. Analiza rezultata BCC-O modela podržava ovu hipotezu. Učinkovite jedinice (DMU3, DMU7, DMU11) u prosjeku su uzimale značajno manje ulaznih resursa (prosječno 11,67 kreveta i 6,33 liječnika) u usporedbi s neefikasnim jedinicama (prosječno 45,75 kreveta i 22,25 liječnika). Istovremeno, te učinkovite jedinice postigle su veće prosječne izlazne rezultate (678,33 BOP i 638 BOB u odnosu na 291,70 BOP i 200,69 BOB kod neefikasnih jedinica). Ovaj nalaz sugerira da veći inputi ne jamče nužno i veću učinkovitost te da manji odjeli, pod određenim uvjetima, mogu biti operativno učinkovitiji u pretvaranju svojih resursa u usluge pacijentima. Međutim, važno je napomenuti da analiza referentnih setova i lambda vrijednosti pruža detaljniji uvid u specifične prakse učinkovitih jedinica koje bi neefikasni odjeli trebali analizirati

Ovaj rad pruža empirijski utemeljene smjernice za poboljšanje učinkovitosti bolničkih odjela u hrvatskom zdravstvenom sustavu. Izbor BCC-O modela omogućio je identifikaciju prostora za poboljšanje i pruža osnovu za daljnja poboljšanja u smislu maksimizacije outputa uz postojeće ulaze. Na temelju provedene analize BCC-O modela i detaljne evaluacije potencijala za poboljšanje, identificirani su ključni pravci djelovanja za svaku neefikasnu jedinicu. Rezultati pokazuju da se mogu postići značajna poboljšanja implementacijom strukturiranog benchmarking sustava temeljenog na praksama DMU3, DMU7 i DMU11. Optimizaciju operativnih procesa treba provoditi prema referentnim setovima specifičnim za svaku jedinicu. Ciljane intervencije za jedinice s najnižom efikasnošću (posebice DMU2, DMU4, DMU5 i DMU9). Predložene mjere trebaju se implementirati

fazno, s prioritetom na jedinicama koje pokazuju najveći potencijal za poboljšanje, uzimajući u obzir njihove specifične referentne setove i lambda vrijednosti.

Uspješna implementacija predloženih mjera zahtijeva:

- a) Sustavni pristup upravljanju promjenama
- b) Predanost kontinuiranom unaprjeđenju na svim organizacijskim razinama
- c) Balansiranje kratkoročnih operativnih unaprjeđenja i dugoročnih strateških inicijativa
- d) Razvoj organizacijskih kapaciteta za učenje i prilagodbu
- e) Kontinuirano praćenje i evaluaciju rezultata

Buduća istraživanja trebala bi se usmjeriti na:

- a) Longitudinalne studije promjena efikasnosti
- b) Komparativne analize različitih sektora i industrija
- c) Istraživanje utjecaja tehnoloških inovacija na efikasnost
- d) Razvoj naprednih modela za predviđanje performansi
- e) Integraciju kvalitativnih i kvantitativnih pristupa evaluaciji

Ovaj rad postavlja temelje strukturiranog okvira za evaluaciju i unaprjeđenje performansi odjela bolnice u dinamičnom poslovnom okruženju. Implementacija predloženih mjera, uz kontinuiranu evaluaciju i prilagodbu, može značajno pridonijeti postizanju i održavanju visoke razine operativne efikasnosti. Iako je ova analiza pružila vrijedne informacije o učinkovitosti bolničkih odjela Opće bolnice Zadar, postoje ograničenja koja treba uzeti u obzir. Rezultati ovoga istraživanja doprinose razumijevanju operativne efikasnosti i pružaju empirijski utemeljene smjernice za unaprjeđenje performansi. Identificirani obrasci efikasnosti i definirane strategije poboljšanja vrijedan su alat za donositelje odluka u procesu optimizacije resursa i unaprjeđenja operativne izvrsnosti.

Jedno od glavnih ograničenja je izostanak varijabli kvalitete u analizi. Kvaliteta pruženih usluga je ključni aspekt u zdravstvenom sektoru, jer nije samo pitanje koliko se pacijenata liječi, već i kako se to čini. Bez uključivanja varijabli kao što su stopa smrtnosti, stopa ponovnog prijema ili zadovoljstvo pacijenata, slika učinkovitosti nije potpuna. U budućim istraživanjima uključivanje tih varijabli omogućilo bi bolje razumijevanje kompleksnosti zdravstvenih usluga i pružilo bi donositeljima odluka detaljnije informacije za poboljšanje kvalitete i učinkovitosti bolničkih odjela. Također, kombinacija DEA metode s drugim metodama, kao što je regresijska analiza ili teorija igara, može pružiti još detaljniji uvid u međusobne odnose između različitih zdravstvenih ustanova i njihove učinkovitosti.

Znanstveni doprinos ovoga istraživanja može se sagledati kroz nekoliko ključnih aspekata, temeljenih na informacijama iz rada:

- Empirijska primjena DEA metode u hrvatskom zdravstvenom sustavu. Ovaj rad pruža konkretnu primjenu metode analize omeđenih podataka (DEA) za ocjenjivanje učinkovitosti bolničkih odjela u Hrvatskoj na primjeru Opće bolnice Zadar. Iako se DEA metoda primjenjuje u evaluaciji učinkovitosti zdravstvenih sustava i bolnica u različitim zemljama, ova studija dodaje empirijske dokaze specifično za hrvatski kontekst. To je važno jer se zdravstveni sustavi razlikuju po svojoj organizaciji, financiranju i izazovima.
- Identifikacija varijabilnosti u operativnoj učinkovitosti u istoj bolničkoj ustanovi. Istraživanje je kvantificiralo i pokazalo značajnu varijabilnost u učinkovitosti poslovanja između različitih odjela u Općoj bolnici Zadar. Rezultati BCC-O modela pokazuju širok raspon učinkovitosti (od 0,002 do 1) i visoku standardnu devijaciju (0,453), što jasno upućuje na razlike u tome kako se

različiti odjeli koriste svojim resursima (broj kreveta i liječnika) za postizanje svojih izlaza (broj otpuštenih bolesnika i broj obavljenih pregleda). To je važno za razumijevanje unutarnje dinamike i potencijala za poboljšanje unutar bolnice.

- Identifikacija referentnih jedinica i potencijala za poboljšanje. Rad je identificirao operativno učinkovite odjele (DMU3, DMU7, DMU11) koji mogu poslužiti kao benchmark ili referentni setovi za neefikasne odjele. Analiza lambde pokazuje kako neefikasne jedinice mogu učiti od učinkovitih kombinacija inputa i outputa. Nadalje, studija kvantificira potencijal za poboljšanje za svaki neefikasan odjel, ukazujući na to koliko bi trebali povećati svoje outpute uz zadržavanje iste razine inputa kako bi postigli učinkovitost. To pruža praktične smjernice za ciljane intervencije.
- Metodološka opravdanost izbora DEA modela i orijentacije. Istraživanje detaljno obrazlaže primjenu DEA metode, specifično uspoređujući CCR i BCC modele te opravdavajući odabir izlazno orijentiranog BCC modela (BCC-O) za detaljniju analizu. Ovaj metodološki pristup pridonosi razumijevanju prednosti i nedostataka različitih DEA modela u kontekstu evaluacije učinkovitosti bolničkih odjela. Fokus na izlaznu orijentaciju opravdan je željom za maksimizacijom usluga pacijentima unutar postojećih resursnih ograničenja.
- Pružanje empirijski utemeljenih smjernica za donositelje odluka. Zaključci rada nude konkretne preporuke i smjernice za donositelje odluka u cilju poboljšanja operativne učinkovitosti bolničkih odjela. Te smjernice uključuju benchmarking prema učinkovitim odjelima, optimizaciju input-output omjera, implementaciju programa obuke i tehnoloških investicija te bolje upravljanje resursima. Rad stoga pridonosi praksi upravljanja u zdravstvenim ustanovama pružajući alate za donošenje odluka utemeljenih na analizi podataka.
- Postavljanje temelja za buduća istraživanja. Studija identificira ograničenja (poput izostanka varijabli kvalitete) i sugerira smjerove za buduća istraživanja. To uključuje longitudinalne studije, komparativne analize, istraživanje utjecaja tehnologije i integraciju kvalitativnih i kvantitativnih pristupa, čime se otvara prostor za daljnji znanstveni rad u ovom području.

Na kraju, autor smatra da je glavno ograničenje istraživanja izostanak varijabli kvalitete u analizi. Utjecaj toga ograničenja na rezultate istraživanja je značajan jer slika učinkovitosti nije potpuna. DEA metoda u ovom radu fokusira se na kvantitativne inpute (broj bolničkih kreveta i broj zaposlenih liječnika) i outpute (broj otpuštenih bolesnika i broj obavljenih pregleda). Međutim, kvaliteta pruženih usluga je ključni aspekt u zdravstvenom sektoru. Efikasan odjel u smislu broja pregleda i otpuštenih pacijenata ne mora nužno biti i kvalitetan u smislu ishoda liječenja, zadovoljstva pacijenata ili stope ponovnog prijema. Neuključivanje varijabli kvalitete može dovesti do pogrešnih zaključaka o stvarnoj učinkovitosti odjela. Odjel s visokim brojem outputa, ali lošijom kvalitetom usluge, može biti ocijenjen učinkovitim prema DEA analizi u ovom radu, iako u stvarnosti možda nije optimalan u pružanju zdravstvene skrbi. Donositeljima odluka nedostaju detaljnije informacije za poboljšanje kvalitete i učinkovitosti. Bez uvida u kvalitetu usluga, preporuke za poboljšanje učinkovitosti temeljene isključivo na kvantitativnim pokazateljima mogu biti nepotpune ili čak kontraproduktivne ako dovedu do smanjenja kvalitete u nastojanju da se poveća kvantiteta outputa.

Isto tako, u budućim istraživanjima uključivanje varijabli kao što su stopa smrtnosti, stopa ponovnog prijema ili zadovoljstvo pacijenata omogućilo bi bolje razumijevanje kompleksnosti zdravstvenih usluga i pružilo bi donositeljima odluka detaljnije informacije za poboljšanje kvalitete i učinkovitosti bolničkih odjela. Dakle, izostanak varijabli kvalitete predstavlja značajno ograničenje ovoga istraživanja jer ne

daje cjelovitu sliku učinkovitosti bolničkih odjela. Rezultati se primarno odnose na kvantitativnu operativnu učinkovitost, dok je kvaliteta, kao bitan element zdravstvene skrbi, ostala izvan fokusa analize. To ograničenje sugerira da bi interpretaciju rezultata trebalo provesti s oprezom, uzimajući u obzir da učinkovitost mjerena u ovom radu ne obuhvaća sve relevantne aspekte performansi bolničkih odjela.

Znanstveni doprinos ovoga istraživanja leži u specifičnoj primjeni DEA metode u hrvatskom bolničkom kontekstu, kvantifikaciji i analizi varijabilnosti učinkovitosti unutar bolnice, identifikaciji konkretnih referentnih točaka i potencijala za poboljšanje, metodološkom obrazloženju primijenjenog pristupa te pružanju empirijski utemeljenih smjernica za unaprjeđenje upravljanja i otvaranju novih smjerova istraživanja. Stoga ova analiza predstavlja korak naprijed u procjeni učinkovitosti bolničkih odjela Opće bolnice Zadar, 2023. godine, ali daljnja istraživanja trebaju uzeti u obzir sve aspekte koji utječu na kvalitetu i učinkovitost zdravstvenih usluga za cjelovitiju sliku stanja.

### ***Literatura:***

Almeida, A., Frias, R., Figue, J. (2015) Evaluating Hospital Efficiency Adjusting for Quality Indicators: An Application to Portuguese NHS Hospitals, *Health Economics & Outcome Research: Open Access* 01. <https://doi.org/10.4172/2471-268X.1000103>

Alonso, J. M., Clifton, J., Díaz-Fuentes, D. (2015) The impact of New Public Management on efficiency: An analysis of Madrid's hospitals. *Health Policy*, 119, 333–340. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2014.12.001>

Andrews, A. (2020) Investigating Technical Efficiency and its Determinants: The Case of New Zealand District Health Boards. *Health Policy and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2020.04.006>

Beiter, D., Koy, S., Flessa, S. (2023) Improving the technical efficiency of public health centers in Cambodia: a two-stage data envelopment analysis. *BMC Health Serv Res*, 23, 912. <https://doi.org/10.1186/s12913-023-09570-w>

Blatnik, P., Bojnec, S., Tušak, M. (2017) Measuring Efficiency of Secondary Healthcare Providers in Slovenia. *Open Medicine*, 12. <https://doi.org/10.1515/med-2017-0031>

Charles, V., Kumar, M. (2012) *Data Envelopment Analysis and Its Applications to Management*.

Charnes, A., Cooper, W. W., Rhodes, E. (1978) Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429–444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)

Cheng, Y., Gao, H.-L. (2015) Matrix-Type Network DEA Model with Its Application Based on Input-Output Tables. *Mathematical Problems in Engineering 2015*. <https://doi.org/10.1155/2015/505941>

- Clement, J., Valdmanis, V., Bazzoli, G., Zhao, M., Chukmaitov, A. (2008) Is More Better? An Analysis of Hospital Outcomes and Efficiency with a DEA Model of Output Congestion. *Health care management science*, 11, 67–77. <https://doi.org/10.1007/s10729-007-9025-8>
- Cobb, C. W., Douglas, P. H. (1928) A Theory of Production. *The American Economic Review*, 18, 139–165.
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., Battese, G. E. (2012) *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Springer Science & Business Media.
- Cook, W., Seiford, L. (2009) Data envelopment analysis (DEA)-Thirty years on. *European Journal of Operational Research*, 192, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.01.032>
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., Tone, K. (2007) *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Springer Science & Business Media.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., Zhu, J. (2011) *Handbook on Data Envelopment Analysis*. Springer Science & Business Media.
- Debreu, G. (1951) The Coefficient of Resource Utilization. *Econometrica*, 19, 273–292. <https://doi.org/10.2307/1906814>
- Drei, S.M., Angulo-Meza, L. (2023) Data Envelopment Analysis (DEA) in health: a literary review of Latin America. *Multidisciplinary Reviews*, 6, 2023011–2023011. <https://doi.org/10.31893/multirev.2023011>
- Dyson, R. G., Allen, R., Camanho, A., Podinovski, V. V., Sarrico, C., Shale, E. A. (2001) Pitfalls and protocols in DEA. *European Journal of Operational Research*, 132, 245–259. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(00\)00149-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00149-1)
- Eltahir, O. A., Abdallah, N. B. (2021) MEASURING THE EFFICIENCY OF HEALTH SYSTEM IN SUDAN USING DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA). *International Journal of Economics, Business and Accounting Research (IJEBAR)*, 5. <https://doi.org/10.29040/ijebar.v5i2.2207>
- Ersoy, Y., Aktaş, A. (2023) Health System Efficiency of OECD Countries with Data Envelopment Analysis. *European Management Studies*, 20, 90–109. <https://doi.org/10.7172/1644-9584.98.4>
- Eze, P., Idemili, C. J., Lawani, L. O. (2024) Evaluating health systems' efficiency towards universal health coverage: A data envelopment analysis. *Inquiry*, 61, 469580241235759. <https://doi.org/10.1177/00469580241235759>
- Farrell, M. J. (1957) The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120, 253–290. <https://doi.org/10.2307/2343100>
- Ferreira, D., Marques, R. (2018) Do quality and access to hospital services impact on their technical efficiency?. *Omega*, 86. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2018.07.010>

- Gao, Q., Wang, D. (2020) Hospital efficiency and equity in health care delivery: A study based in China. *Socio-Economic Planning Sciences*, 76, 100964. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100964>
- Gautam, S., Hicks, L., Johnson, T., Mishra, B. (2013) Measuring the Performance of Critical Access Hospitals in Missouri Using Data Envelopment Analysis, *The Journal of rural health : official journal of the American Rural Health Association and the National Rural Health Care Association*, 29, 150–8. <https://doi.org/10.1111/j.1748-0361.2012.00439.x>
- Gholami, R., Higón, D., Emrouznejad, A. (2014) Hospital Performance: Efficiency or Quality? Can we have both with IT?. *Expert Systems with Applications*. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.12.019>
- Gómez-Gallego, J. C., Gómez-Gallego, M., García-García, J. F., Faura-Martinez, U. (2021) Evaluation of the Efficiency of European Health Systems Using Fuzzy Data Envelopment Analysis. *Healthcare*, 9, 1270. <https://doi.org/10.3390/healthcare9101270>
- Hamzeh, S. R., Xu, X. (2019) Technology Selection Methods and Applications in Manufacturing: A Review from 1990 to 2017. *Computers & Industrial Engineering*, 138, 106123. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106123>
- Jacobs, R., Smith, P. C., Street, A. (2006) *Measuring Efficiency in Health Care: Analytic Techniques and Health Policy*. Cambridge University Press.
- Jung, S., Son, J., Kim, C., Chung, K. (2023a) Efficiency Measurement Using Data Envelopment Analysis (DEA) in Public Healthcare: Research Trends from 2017 to 2022. *Processes*, 11, 811. <https://doi.org/10.3390/pr11030811>
- Kao, C., Pang, R.-Z., Liu, S.-T., Bai, X.-J. (2020) Most productive types of hospitals: An empirical analysis. *Omega*, 99, 102310. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2020.102310>
- Kleine, T., Robbenmenke, L., Reucher, E., Meiners, N. (2022) Effizienzbewertung von Arbeitsagenturen mittels Data Envelopment Analysis (DEA). *Sozialer Fortschritt*, 119–137. <https://doi.org/10.3790/sfo.71.2.119>
- Koopmans, T. C. (1951) *Activity Analysis of Production and Allocation: Proceedings of a Conference*.
- Kumbhakar, S. C., Lovell, C. A. K. (2000) *Stochastic Frontier Analysis*. Cambridge University Press, Cambridge. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139174411>
- Mitropoulos, P., Mitropoulos, I., Sissouras, A. (2012) Managing for efficiency in health care: The case of Greek public hospitals. *The European journal of health economics : HEPAC : health economics in prevention and care*, 14. <https://doi.org/10.1007/s10198-012-0437-0>
- Moran, V., Suhreke, M., Nolte, E. (2023) Exploring the association between primary care efficiency and health system characteristics across European countries: a two-stage data envelopment analysis. *BMC Health Serv Res*, 23, 1348. <https://doi.org/10.1186/s12913-023-10369-y>

- Nicola, A., Gitto, S., Mancuso, P., Valdmanis, V. (2014) Healthcare reform in Italy: An analysis of efficiency based on nonparametric methods. *The International journal of health planning and management*, 29. <https://doi.org/10.1002/hpm.2183>
- Ozcan, Y. A. (2007) *Health Care Benchmarking and Performance Evaluation: An Assessment using Data Envelopment Analysis (DEA)*. Springer Science & Business Media.
- Peykani, P., Pishvae, M. (2024) Performance Evaluation of Hospitals under Data Uncertainty: An Uncertain Common-Weights Data Envelopment Analysis. *Healthcare*, 12, 611. <https://doi.org/10.3390/healthcare12060611>
- Rabar, D. (2013) ASSESSMENT OF REGIONAL EFFICIENCY IN CROATIA USING DATA ENVELOPMENT ANALYSIS. *Croatian Operational Research Review*, 4, 76–88.
- Ramanathan, R. (2003) *An Introduction to Data Envelopment Analysis: A Tool for Performance Measurement*. First Edition. ed. SAGE Publications Pvt. Ltd, New Delhi Thousand Oaks, Calif.
- Ray, S.C. (2004) *Data Envelopment Analysis: Theory and Techniques for Economics and Operations Research*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Seddighi, H., Nosrati Nejad, F., Basakha, M. (2020) Health systems efficiency in Eastern Mediterranean Region: a data envelopment analysis. *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, 18, 22. <https://doi.org/10.1186/s12962-020-00217-9>
- Shephard, R. W. (1953) *Cost and Production Functions, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*. Springer, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-51578-1>
- Shewell, P., Migiro, S. (2016) Data envelopment analysis in performance measurement. *A critical analysis of the literature*, 14, 705–713. [https://doi.org/10.21511/ppm.14\(33\).2016.14](https://doi.org/10.21511/ppm.14(33).2016.14)
- Štefko, R., Gavurová, B., Kočišová, K. (2018) Healthcare efficiency assessment using DEA analysis in the Slovak Republic. *Health Economics Review*, 8. <https://doi.org/10.1186/s13561-018-0191-9>
- Sun, M., Ye, Y., Zhang, G., Xue, Y., Shang, X. (2023) Measuring the efficiency of public hospitals: A multistage data envelopment analysis in Fujian Province, China. *Front. Public Health*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1091811>
- Top, M., Konca, M., Sapaz, B. (2020) Technical efficiency of healthcare systems in African countries: An application based on data envelopment analysis. *Health Policy and Technology*, 9, 62–68. <https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2019.11.010>
- Trakakis, A., Nektarios, M., Tziaferi, S., Prezerakos, P. (2022) Evaluation of the Efficiency in Public Health Centers in Greece Regarding the Human Resources Occupied: A Bootstrap Data Envelopment Analysis Application. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 1597. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031597>

Widyastuti, P., Nurwahyuni, A. (2021) Systematic Review: Penilaian Efisiensi Rumah Sakit dengan Metode Data Envelopment Analysis (DEA). *JIKM*, 10, 258–268. <https://doi.org/10.33221/jikm.v10i04.939>

Yaya, S., Xi, C., Xiaoyang, Z., Meixia, Z. (2020) Evaluating the efficiency of China's healthcare service: A weighted DEA-game theory in a competitive environment. *Journal of Cleaner Production*, 270, 122431. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122431>

Zubir, M. Z., Noor, A. A., Rizal, A. M. M., Harith, A. A., Abas, M. I., Zakaria, Z., Bakar, A. F. A. (2024) Approach in inputs & outputs selection of Data Envelopment Analysis (DEA) efficiency measurement in hospitals: A systematic review. *PLOS ONE*, 19, e0293694. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0293694>

## **Evaluation of the operational efficiency of GH Zadar departments using the DEA method**

ZDENKO JUKIĆ  
University of Rijeka  
Faculty of Economics and Business  
PhD student  
Ul. Ivana Filipovića 4, Rijeka  
Croatia  
[zjukic1@uniri.hr](mailto:zjukic1@uniri.hr)  
<https://orcid.org/0009-0000-2991-4592>

**Abstract:** This paper analyzes the efficiency of hospital departments at Zadar General Hospital using Data Envelopment Analysis (DEA). The focus is on optimizing input and output activities of these departments to enhance their operational efficiency. The methodology involves constructing a linear frontier function based on collected input and output departmental data. The analysis employs the following parameters - inputs: number of hospital beds (P) and number of employed physicians (L), and outputs: number of discharged patients (BOB) and number of performed examinations (BOP). The CCR model is utilized to analyze hospital efficiency, demonstrating how departments could reduce their inputs while maintaining the same output levels, or alternatively, increase their outputs while maintaining current input levels. Data Envelopment Analysis is employed to measure the relative efficiency of departments compared to their peers and to identify specific factors that explain their efficiency. Results indicate significant variability in departmental efficiency, suggesting opportunities for improvement. Key findings emphasize the need for continuous evaluation and enhancement of departmental operational efficiency, coupled with the implementation of targeted training programs and technological investments. Specific strategies are proposed, including consolidation, specialization, and improved resource management to achieve optimal efficiency. In conclusion, this study provides empirically-grounded guidelines for decision-making and resource optimization, contributing to improved hospital operational efficiency. This analysis can serve as a model for similar studies in other healthcare institutions, aimed at enhancing their efficiency and quality of services provided.

**Keywords:** efficiency, analysis, hospital, DEA, data envelopment analysis, DMU, decision making units  
**JEL classification:** C31, C51, C61, C67, I11, O15, O47