

Analiza rizika u ekonomskoj ocjeni projekta na primjeru vodoopskrbnog sustava Zagreb

Robert Kartelo

Ključne riječi

analiza rizika, kritične varijable, investicijski projekti, metoda latin hypercube, neto sadašnja vrijednost, interna stopa rentabilnost

Key words

risk analysis, critical variables, investment projects, Latin hypercube method, net present value, internal rate of return

Mots clés

analyse de risque, variables critiques, projets d'investissement, méthode de Hypercube Latine, valeur actuelle nette, taux de retour interne

Ключевые слова

анализ риска, критические переменные величины, инвестиционные проекты, метод latin hypercube, сегодняшняя нетто стоимость, рентабельность

Schlüsselworte

Risikoanalyse, kritische Variablen, Investierungsprojekte, Methode latin hypercube, netto gegenwärtiger Wert, interne Rentabilitätsstufe

R. Kartelo

Pregledni rad

Analiza rizika u ekonomskoj ocjeni projekta na primjeru vodoopskrbnog sustava Zagreb

Na primjeru regionalnog vodoopskrbnog sustava Zagreb, opisuje se operativni postupak analize osjetljivosti i rizika u određivanju kritičnih varijabli u ekonomskoj ocjeni investicijskog projekta. Primijenjena je metoda latin hypercube pri određivanju rizičnosti projekta s obzirom na dva osnovna pokazatelja interne stope rentabilnosti (ISR) i neto sadašnje vrijednosti (NSV). Posebno je istaknut značaj točnosti ulaznih podataka u cilju donošenja racionalnih investicijskih odluka.

R. Kartelo

Subject review

Risk analysis in the economic evaluation of projects: example of Zagreb water supply system

The operative procedure for the risk and sensitivity analysis, aimed at determining critical variables in the economic analysis of capital projects, is presented using the Zagreb water supply system as an example. The Latin hypercube method is applied so as to determine the level of risk on individual projects based on two basic indicators: internal rate of return and the net present value. It is stressed that the accuracy of input data is of crucial significance for making well-informed investment decisions.

R. Kartelo

Ouvrage de synthèse

Analyse de risque dans l'évaluation économique de projets: exemple de système d'alimentation en eau de la ville de Zagreb

La procédure pratique pour l'analyse du risque et de la sensibilité, visée à déterminer les variables critiques dans l'analyse économique des projets capitaux, est présentée sur l'exemple du système d'alimentation en eau de la ville de Zagreb. La méthode de la Hypercube Latine est appliquée afin de déterminer le niveau de risque sur projets individuels et cela en se basant sur deux indicateurs de base: taux de retour interne et valeur actuelle nette. Il est souligné que la précision des données d'entrée est d'une importance critique pour la prise des décisions d'investissement bien informées.

P. Kartelo

Обзорная работа

Анализ риска в экономической оценке проекта на примере системы водоснабжения Загреб

На примере региональной системы водоснабжения Загреб описывается оперативный способ анализа чувствительности и риска в определении критических переменных величин в экономической оценке инвестиционного проекта. Применён метод latin hypercube при определении риска проекта с учётом двух основных показателей внутреннего процента рентабельности и нетто сегодняшней стоимости. Особо подчёркнуто значение точности входных данных с целью выяснения рациональных инвестиционных решений.

R. Kartelo

Übersichtsarbeit

Risikoanalyse in der wirtschaftlichen Bewertung eines Projekts am Beispiel des Wasserversorgungssystems Zagreb

Am Beispiel des regionalen Wasserversorgungssystems Zagreb beschreibt man das operative Verfahren der Analyse der Empfindlichkeit und des Risikos bei der Bestimmung der kritischen Variablen in der wirtschaftlichen Bewertung eines Investierungsprojekts. Angewendet wurde die Methode latin hypercube bei der Bestimmung des Riskanten im Projekt mit Rücksicht auf zwei Grundindizes, die interne Rentabilitätsstufe und den netto gegenwärtigen Wert. Besonders ist die Bedeutung der Wichtigkeit der Eingangsdaten hervorgehoben mit dem Ziel rationale Investierungsentschlüsse zu fassen.

Autor: **Robert Kartelo**, dipl. ing. grad., Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb

1 Uvod

S približavanjem Hrvatske EU-u sve se više aktualizira pitanje usklađivanja zakonske regulative s *aquis communautaire*. U području vodnog gospodarstva temeljni je dokument EU Okvirna direktiva o vodama - ODV (WFD 2000/60/EC) koja definira generalnu politiku upravljanja vodama. ODV daje posebno značenje ekonomskim analizama, proširujući, kod nas uobičajeni, inženjerski pristup valoriziranju pojedinih rješenja i zahvata u prostoru.

Projekti iz područja vodnog gospodarstva, koji se protežu u duljem razdoblju (sukladno smjernicama EZ vijek trajanja je između 25 i 30 godina), osnivaju se na neizvjesnim budućim događajima. Ekonomska analiza takvih projekata isto tako kao temelj za proračune uzima *inpute* koje nije moguće deterministički odrediti za cijeli vijek projekta.

Osnovni *inputi* kojima se ulazi u proračune kao što su npr. specifična potrošnja vode, potreba za vodom, investicijski i troškovi pogona i održavanja, cijene, količine, vrlo se rijetko mogu odrediti s vrijednostima koje će se stvarno i ostvariti. Zapravo ulazni parametri ekonomskih analiza predstavljaju očekivanu vrijednost, odnosno tzv. „najbolju procjenu“, za koju se pretpostavlja da najbolje odgovara i reprezentira željeni parametar dobiven putem proračuna, ekspertne procjene, podataka iz literature, provedenih istraživanja i sl. Uzimajući u obzir osnovne principe vjerojatnosti, dolazi se do zaključka da je vjerojatnost ostvarivanja upravo tih vrijednosti približno jednaka 0. Njihova će se stvarna vrijednost, međutim, kretati unutar određenog intervala oko očekivane vrijednosti.

Mjere ekonomske uspješnosti projekta stoga evidentno moraju uključiti i procjenu vjerojatnosti njihova ostvarivanja.

Uspješnost projekta (kao ekonomske kategorije) uobičajeno se mjeri dvama osnovnim parametrima, i to: neto sadašnjom vrijednosti (NSV) i internom stopom rentabilnosti (ISR)

NSV - neto sadašnja vrijednost projekta definira se kao zbroj vrijednosti godišnjih neto primitaka u ekonomskom toku svedenih na njihovu vrijednost u početnog godini vijeka projekta, odnosno 0-toj godini.

$$NSV = \sum_{n=0}^t \frac{NP_n^e}{100 \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n}$$

gdje je

NSV - neto sadašnja vrijednost projekta

NP^e - neto primici u ekonomskom toku projekta

p - diskontna stopa

n - godina u vijeku projekta

ISR - interna stopa rentabilnosti definira se kao ona diskontna stopa koja neto sadašnju vrijednost projekta svodi na nulu

Na primjeru Regionalnoga vodoopskrbnog sustava Zagreba prikazano je određivanje vjerojatnosti ostvarivanja uspješnosti projekta parametrima NSV i ISR, i to analizom osjetljivosti i analizom rizika.

Neizvjesnost predstavlja nepoznatu vjerojatnost nastupa nekog događaja u budućnosti. Rizik jest unaprijed poznata vjerojatnost nastupa nekog događaja u budućnosti, rizik je dakle mjerljiva neizvjesnost.

Sve ulazne veličine i podaci potrebni za proračun preuzeti su iz Predinvesticijske studije Regionalnoga vodoopskrbnog sustava Zagreb. Rezultat početnog proračuna osnovanog na očekivanim vrijednostima svih parametara jest cijena m³ isporučene vode u sustav od 1,82 kn/m³ uz NSV u iznosu od 43.120.300 kn i ISR od 8,30%.

2 Proračunski model

Proračunski model napravljen je u Excel tabličnom kalkulatoru. Baziran je na UNIDO-voj metodologiji izrade ekonomskih analiza investicijskih projekata. Radi se o dinamičkom modelu koji omogućava detaljno definiranje ulaznih parametara i njihovo brzo variranje te trenutno dobivanje izlaznih rezultata proračuna. Takav proračunski model omogućava brzo i jednostavno modeliranje svih zahtjeva analiza osjetljivosti i analiza rizika. Model je osnovan na stalnim cijenama bez uzimanja u obzir inflacije. Ukupni vijek projekta je 30 godina. Svi su podaci u modelu na godišnjoj razini i prikazani su trima temeljnim izvještajima, i to novčanim tokom, računom dobiti i gubitka te bilancom. Konačni rezultat modela prikazan je dvama naprijed definiranim pokazateljima uspješnosti projekta, i to NSV i ISR. Iako je model ključan zbog jednostavnosti i lakoće provedbe simulacija njegova daljnja elaboracija prelazi okvire ovog rada.

3 Analiza osjetljivosti

Cilj analize osjetljivosti jest određivanje kritičnih varijabli i parametara modela, odnosno onih čija promjena, pozitivna ili negativna, u usporedbi s vrijednostima iz najbolje procjene ima najveći utjecaj na rezultate proračuna. Rezultati uspješnosti projekta u ekonomskom smislu najčešće se iskazuju dvama osnovnim pokazateljima uspješnosti: ISR i NSV, te se analiza osjetljivosti provodi testiranjem utjecaja ulaznih varijabli na ove pokazatelje tako da se za svaku promjenu ulaznog parametra ili varijable napravljeni ekonomski model ponovno prora-

čuna. Kada se model proračuna za sve tražene parametre i varijable, moguće je dobiti vezu između svakog od njih i konačnog rezultata. Ako je veza između promjene pojedinoga ulaznog parametra i konačnog rezultata signifikantna, parametar ili varijabla postaju „kritični“. Iako ne postoji definirano pravilo o odnosima promjena ulaznih parametara i konačnog rezultata proračuna modela kroz ISR i NSV, kao primjer mogu se navesti projekti financirani putem ISPA pretprijetnog fonda EU, za koje vrijedi pravilo da su kritične varijable i parametri oni koji za 1% pozitivne ili negativne promjene uzrokuju promjenu ISR-a za 1%, a NSV-a za 5%.

Proračun analize osjetljivosti provodi se u sljedećim koracima:

3.1 Identifikacija varijabli

1. identifikacija svih varijabli koje se rabe za proračun *inputa* i *outputa* financijsko – ekonomske analize
2. grupiranje varijabli u slične grupe
3. identifikacija kritičnih varijabli po ekonomsko – financijskim kriterijima (NSV i ISR)
4. određivanje međusobno zavisnih varijabli i parametara
5. određivanje indikatora osjetljivosti

Uz 1. Pri identifikaciji varijabli potrebno je analizirati one za koje se iz iskustva na prošlim projektima, kao i iz vrste projekta, može procijeniti da će imati utjecaja na rezultate proračuna. Pritom se treba voditi sljedećim kriterijima za odabir utjecajnih varijabli:

- a) varijable koje su numerički velike: npr. investicijski troškovi ili potreba za vodom
- b) varijable koje su značajne za projekt, a relativno su male: npr. porast broja stanovnika, postotak priključenosti, specifična potrošnja vode, cijena vode
- c) varijable koje se pojavljuju prije u projektu (zbog utjecaja vrijednosti novca)

Uz 2. Kada se u modelu pojavljuje veći broj varijabli moguće je provesti proračune na sumarnim varijablama kojima se testira veličina njihova utjecaja. Na taj je način moguće brzo doći do informacije koje su varijable od najvećeg utjecaja, bez potrebe za detaljnim testiranjem svake od varijabli posebno.

Grupiranje varijabli za projekte vodoopskrbe i zaštite voda može se napraviti po strukturi iz tablice 1.

Tablica 1. Grupiranje varijabli proračuna

Grupa varijabli	Varijabla
Potreba za vodom / potrošnja vode	<ul style="list-style-type: none"> • porast broja stanovnika • postotak priključenosti • specifična potrošnja vode • porast industrijske potrošnje vode • gubici vode • uslužno područje
Investicijski troškovi	<ul style="list-style-type: none"> • kapacitet sustava • dinamika izgradnje • cijena izgradnje
Troškovi pogona i održavanja	<ul style="list-style-type: none"> • troškovi rada • troškovi energenata • troškovi održavanja • učinkovitost rada
Financijski prihodi	<ul style="list-style-type: none"> • cijena vode • uslužno područje
Izvori financiranja	<ul style="list-style-type: none"> • vlastita sredstva • zajmovi • subvencije
Parametar modela	<ul style="list-style-type: none"> • diskontna stopa

Uz 3. Za svaku od odabranih varijabli potrebno je proračunati model. Uobičajeno se varijable postotno variraju za $\pm 10-20\%$, što olakšava i ubrzava proračun, ali uopće ne mora odgovarati mogućim rasponima promjene te varijable. Iznosi promjene trebaju biti u granicama u kojima se očekuje moguća promjena svake varijable. Obično se model proračunava tako da se mijenja samo jedna varijabla na iznose veće i manje od vrijednosti varijable iz najbolje procjene i prati njezin utjecaj na rezultat, međutim napravljeni model omogućava analizu i više varijabli istodobno uzimajući u obzir potrebu za eliminacijom međusobno zavisnih varijabli iz istog proračuna.

Uz 4. Ključ uspješne analize osjetljivosti jest isključivanje međusobno zavisnih varijabli iz istog proračuna koje dovode do redundancije i pogrešne interpretacije dobivenih rezultata.

Kao primjer međusobno zavisnih varijabli mogu se navesti ukupna potreba za vodom i porast broja stanovnika ili postotak priključenosti. Model koji je upotrijebljen u proračunu napravljen je tako da omogućava analize svakoga pojedinog parametra nezavisno od drugih te tako isključiti sve međusobno zavisne varijable.

Uz 5. Indikator osjetljivosti predstavlja mjeru promjene rezultata proračuna modela (u ovom slučaju NSV i ISR) u odnosu na promjenu ulaznih varijabli.

Nakon proračuna modela za svaku od odabranih varijabli određuje se indikator osjetljivosti te varijable. Dobiiveni rezultati pokazuju nam koje varijable znatno utječu na ostvarivanje projekta na zadovoljavajući način.

Analiza osjetljivosti ima 3 glavna ograničavajuća faktora:

1. ne uzima u obzir vjerojatnost pojavljivanja analiziranog događaja
2. ne uzima u obzir korelacije između ulaznih parametara
3. uobičajena promjena ulaznih veličina od $\pm 10\text{-}20\%$ koja se u praksi najčešće rabi uopće ne mora odgovarati stvarnim rasponima u kojima je moguća promjena pojedinih ulaznih parametara

3.2 Postupak proračuna

Grupiranje varijabli za proračun analize osjetljivosti provedena je po strukturi iz tablice 1. uz određene korekcije odnosno po sljedećim grupama:

- Potreba za vodom – isporučena količina vode
- Investicijski troškovi
- Troškovi pogona i održavanja
- Financijski prihodi
- Parametri modela

Kod grupe Financijski prihodi, koji su zapravo cijena vode, potrebno je istaknuti posebnost infrastrukturnih projekta iz područja vodnoga gospodarstva. Radi se o tome da ovi projekti moraju omogućiti potpuno pokrivanje troškova, odnosno na projektima ove vrste ne smije se ostvarivati profit.

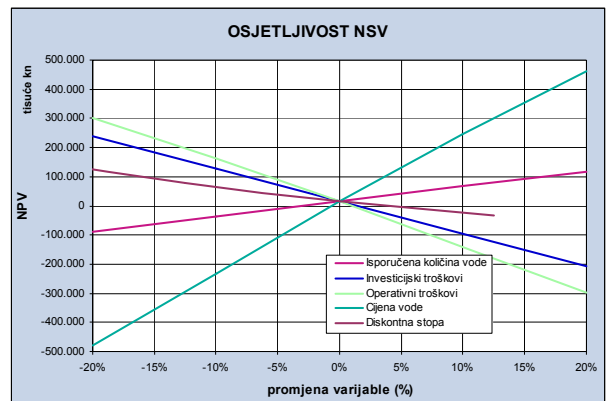
S obzirom na ove posebnosti, definiranje cijene vode nije moguće postignuti uobičajenim tržišnim mehanizmima, odnosno ponudom i potražnjom jer se radi o prirodnom monopolu. Određivanje cijene provodi se tako da je ona konačni rezultat simulacija, a ne kao što je to slučaj kod ostalih vrsta robe *input* proračuna. Stoga je dobivena cijena upravo ona koja omogućava podmirivanje svih obveza, bez ostvarivanja profita. Jedini kriterij u limitiranju cijene jest sposobnost stanovništva da plća takve cijene, odnosno kriterij da cijena bude u granicama prihvatljivosti (2% - 4% kućnog prihoda). Analiza osjetljivosti cijene vode napravljena je isključivo radi procjene u odnosu prema drugim varijablama.

U tablici 2. prikazane su varijable i raspon njihovih promjena u odnosu na početne vrijednosti koje su analizirane.

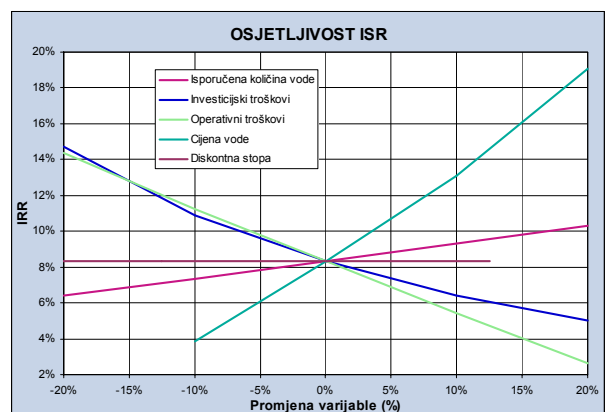
Tablica 2. Rasponi promjena varijable u odnosu na početne vrijednosti

Grupa	Varijable	promjena
Potreba za vodom	• isporučena količina vode	$\pm 20\%$
Investicijski troškovi	• cijena izgradnje	$\pm 20\%$
Troškovi pogona i održavanja	• ukupni troškovi pogona i održavanja	$\pm 20\%$
Financijski prihodi	• cijena vode	$\pm 20\%$
Parametri modela	• diskontna stopa	$\pm 20\%$

Za svaku se grupu pojedinačno i za svaku od promjena vrijednosti varijable od najmanje do najveće promjene model posebno proračunavao. Proračun je napravljen posebno za svaku od prikazanih grupa. Rezultat analize prikazani su na slikama 1. i 2. koje prikazuju osjetljivost NSV-a i ISR-a.



Slika 1. Osjetljivost NSV-a na promjenu vrijednosti varijabli



Slika 2. Osjetljivost ISR-a na promjenu vrijednosti varijabli

Rezultati proračuna pokazuju znatan utjecaj svih grupa na konačni rezultat. Dominantni utjecaj ima cijena vode te isporučena količina vode. Diskontna stopa ima najmanji utjecaj, odnosno za proračun ISR-a nikakav zbog samog

Tablica 3. Rasponi promjena varijable u odnosu na početne vrijednosti

Parametar	Promjena	NSV		IO	iznos	ISR	
		iznos (kn)	promjena			promjena	IO
Isporučena količina vode	-20%	-87.229.736	-302,3%	15,11	6,4%	-23,1%	1,15
	-10%	-35.310.204	-181,9%	18,19	7,3%	-11,6%	1,16
	0%	16.456.789	-	-	8,3%	0,0%	-
	10%	67.351.816	56,2%	5,62	9,3%	12,1%	1,21
	20%	116.623.216	170,5%	8,52	10,3%	24,1%	1,21
Investicijski troškovi	-20%	237.763.088	451,4%	-22,57	14,7%	77,3%	-3,86
	-10%	127.885.568	196,6%	-19,66	10,9%	31,4%	-3,14
	0%	16.456.789	-	-	8,3%	0,0%	-
	10%	-95.770.920	-322,1%	-32,21	6,4%	-22,5%	-2,25
	20%	208.264.896	-583,0%	-29,15	5,0%	-39,7%	-1,98
Operativni troškovi	-20%	302.028.512	600,4%	-30,02	14,3%	72,8%	-3,64
	-10%	163.251.920	278,6%	-27,86	11,2%	35,5%	-3,55
	0%	16.456.789	-	-	8,3%	0,0%	-
	10%	139.932.480	-424,5%	-42,45	5,4%	-34,7%	-3,47
	20%	298.371.904	-792,0%	-39,60	2,6%	-68,2%	-3,41
Cijena vode	-10%	230.359.280	-634,2%	63,42	3,9%	-53,3%	5,33
	0%	16.456.789	-	-	8,3%	0,0%	-
	10%	244.339.872	466,6%	46,66	13,1%	57,9%	5,79
	20%	462.100.352	971,7%	48,58	19,1%	130,0%	6,50
Diskontna stopa	-25%	157.803.616	266,0%	-10,64	8,3%	0,0%	0,00
	-12,5%	78.414.424	81,9%	-6,55	8,3%	0,0%	0,00
	0%	16.456.789	-	-	8,3%	0,0%	0,00
	12,5%	-31.913.382	-174,0%	-13,92	8,3%	0,0%	0,00

načina proračuna ISR-a. U tablici 3. prikazan je proračun indeksa osjetljivosti za svaku od analiziranih grupa i za promatrane parametre NSP-a i ISR-a.

4 Analiza rizika

Za one varijable za koje je analiza osjetljivosti pokazala da su rezultati projekta posebno osjetljivi, potrebno je provjeriti u kojoj je mjeri vjerojatno da će se te promjene stvarno i dogoditi.

Cilj analize rizika jest provjeriti vjerojatnost da će NSV biti negativan, odnosno da će ISR pasti ispod granice prihvatljivosti.

Prednosti analize rizika jesu:

- omogućava uspješnu financijsko – ekonomsku analizu čak i u slučaju kada je teško definirati pojedinu ulaznu veličinu u determinističkome modelu
- omogućava kvalitetnije i detaljnije informacije za donošenje odluka

- omogućava fokusiranje mjera za minimiziranja rizika na najrizičnije varijable.

4.1 Postupak proračuna

1. Definiranje funkcija distribucije vjerojatnosti za svaki od kritičnih parametara i varijabli modela
2. Proračun modela za svaku od promjena ulaznih veličina do konvergencije traženih veličina NSV-a i ISR-a
3. Statistička obrada dobivenih rezultata i određivanje funkcije distribucije vjerojatnosti i kumulativne funkcije vjerojatnosti za NSV i ISR.

Uz 1. Prvi korak u provođenju analize rizika jest određivanje funkcije distribucije za svaku od utjecajnih varijabli. Redovito se odabir funkcija vjerojatnosti temelji na statističkim obradama stvarnih podataka, međutim kako se ne raspolaže s potrebnim podacima, odnosno kako nije bilo relevant-

nih istraživanja provedenih u Hrvatskoj na temelju kojih bi se mogle utvrditi funkcije distribucije vjerojatnosti, primijenit će se iskustveni podaci dobiveni iz literature i istraživanja obavljenih u SAD-u i Europskoj uniji.

Kada se ne raspolaze s relevantnim podacima, te se stvarna distribucija ne može sa sigurnošću odrediti, najčešće se rabe 3 vrste funkcije distribucije vjerojatnosti:

- normalna distribucija
- uniformna distribucija
- trokutasta distribucija

Za potrebe proračuna usvojena je trokutasta distribucija, što u potpunosti zadovoljava traženu točnost proračuna i simulacija. Određivanje točnih funkcija distribucije vjerojatnost izlazi izvan okvira ovog rada, ali isto tako otvara mogućnost za daljnja dodatna istraživanja u tom smjeru.

Za svaku od kritičnih varijabli, po kriterijima iz tablice 1. određeni su parametri trokutne funkcija distribucije vjerojatnosti koji su prikazani u tablici 4.

U grupi parametra Isporučena količina vode varijable imaju sljedeće značenje:

Porast stanovništva - Zagreb:

predstavlja porast broja stanovništva na području grada Zagreba u razdoblju trajanja projekta, dakle 30 godina.

Porast stanovništva - ostali:

predstavlja porast broja stanovništva na području zagrebačke županije u razdoblju trajanja projekta, dakle 30 godina.

Postotak priključenosti:

predstavlja postotak priključenosti stanovništva na sustav javne vodoopskrbe na području županije. Priključenost na području Zagreba nije se analizirala jer iznosi više od 95%.

Normativ potrošnje – Zagreb:

predstavlja specifičnu potrošnju vode na području grada Zagreba.

Normativ potrošnje – gradovi:

predstavlja specifičnu potrošnju vode na području ostalih gradova uključenih u projekt.

Normativ potrošnja – ostali:

predstavlja specifičnu potrošnju vode na području ostalih naselja uključenih u projekt.

Gubici vode:

razlika između isporučene i fakturirane količine vode.

Vrijednosti parametara za Investicijske i operativne troškove neće se posebno objašnjavati jer su uobičajeni za sve investicijske projekte.

Tablica 4. Vrijednosti parametra funkcije distribucije

Parametar		Jedinica mjere	Vrijednost parametra		
Grupa	Ime		min.	sred.	max.
Isporučena količina vode	Porast stanovništva - Zagreb	%	0,20%	0,29%	0,40%
	Porast stanovništva - ostali	st	0,50%	0,75%	0,90%
	Postotak priključenosti	%	80%	90%	95%
	Normativ potrošnje - Zagreb	l/st/d	120	180	250
	Normativ potrošnje - gradovi	l/st/d	10	150	200
	Normativ potrošnja - ostali	l/st/d	90	130	180
	Gubici vode	%	20,0%	30,0%	40,0%
Investicijski troškovi	Investicijski troškovi	-	0,8	1,0	1,2
Operativni troškovi	Koncesija	kn/m ³	0,08	0,10	0,12
	El.energija	kn/m ³	0,50	0,50	0,70
	Materijal	kn/m ³	0,25	0,35	0,40
	Režije	kn/m ³	0,025	0,050	0,075
	Transport	kn/m ³	0,025	0,030	0,035
	Konzultantske usluge	kn/m ³	0,004	0,005	0,006
	Ostali materijalni troškovi	kn/m ³	0,03	0,04	0,05
	Nematerijalni troškovi	kn/m ³	0,025	0,030	0,040
	Investicijsko održavanje	%	1,50%	3,00%	3,50%
Tekuće održavanje	%	1,00%	1,50%	2,50%	

Uz 2. Primijenjeni postupak proračuna bazira se na metodi MONTE CARLO, koja se temelji na generatoru slučajnih brojeva koji generira slučajne vrijednosti utjecajnih varijabli po zadanoj funkciji distribucije vjerojatnosti i za svaku promjenu proračunava model. Postupak se provodi sve dok se ne postigne konvergencija željenih izlaznih rezultata. S obzirom na to da simulacija Monte Carlo zahtijeva ponavljanje proračuna modela i više stotina puta, pojavili su se novi unaprijeđeni algoritmi kojima je cilj postignuti konvergenciju rezultata uz manji broj iteracija. U ovome je proračunu primijenjena metoda LATIN HYPERCUBE, koja je mnogo efikasnija. Razlika među njima je u tome što Monte Carlo metoda proračunava slučajne varijable po funkciji distribucije, ne vodeći računa o učestalosti njihova pojavljivanja unutar definirane funkcije distribucije za razliku od metode Latin Hypercube koja prvo dijeli funkciju distribucije na segmente i tek nakon toga generira slučajne brojeve i to jednaki broj iz svakog od segmenta. Na taj se način proračun znatno ubrzava zbog smanjenja potrebnog broja iteriranja.

Analiza rizika provedena je dinamičkim simulacijama promjene svih gore navedenih ulaznih parametara po definiranim funkcijama distribucije vjerojatnosti generiranjem slučajnih brojeva. Za svaku promjenu ulaznih parametara model se ponovno proračunavao i spremao dobivene rezultate NSV-a i ISR-a do konvergencije rezultata.

Uz 3. Statistička obrada dobivenih rezultata

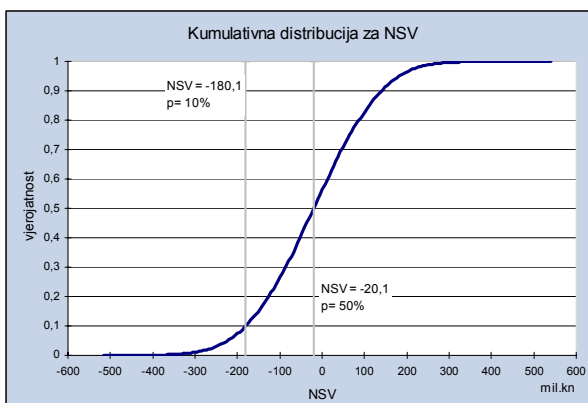
Rezultati proračuna statistički su obrađeni i prikazani u tablici 5. Nakon toga se statističkom obradom dobivaju osnovne statističke veličine i kumulativne funkcije distribucije za NSV i ISR, kao i koeficijenti regresije.

Tablica 5. Osnovni statistički podaci proračuna

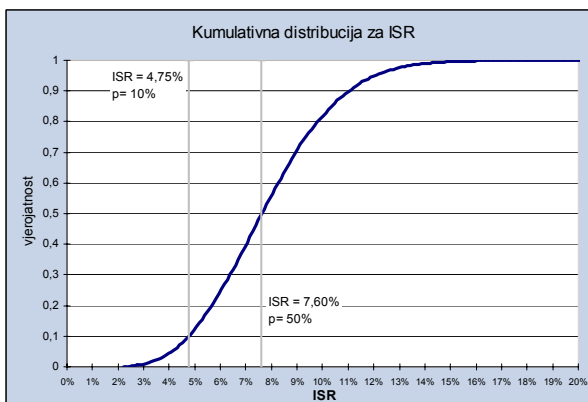
Parametar	NSV	ISR
minimum	-397.623.904	2,43%
maksimum	316.670.624	16,45%
srednja vrijednost	-19.238.087	7,78%
standardna devijacija	100.845.417	1,98%
x1	-188.034.640	4,72%
p1	5,0%	5,0%
x2	146.912.656	11,33%
p2	95,0%	95,0%

Iz tablice 5., kao i iz slika 3. i 4. vidljivo je da iako osnovni proračun po determinističkom modelu napravljen na temelju očekivanih vrijednosti ulaznih parametara i

veličina pokazuje da je projekt uspješan, vjerojatnost njegova pozitivnog ishoda manja je od 50%.

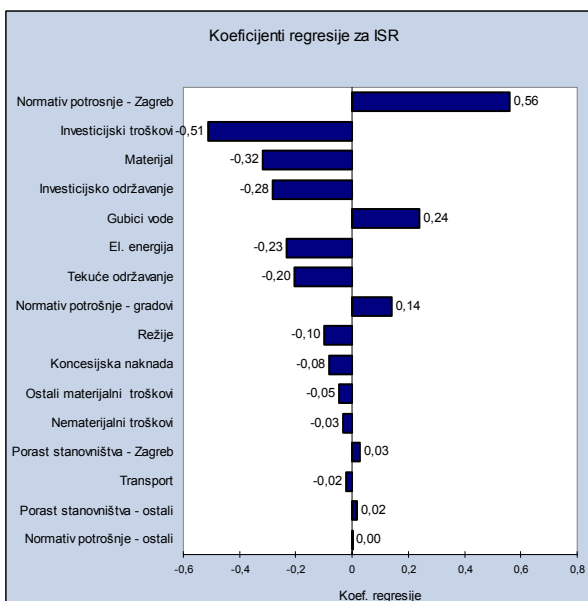


Slika 3. Kumulativna funkcija distribucije za NSV



Slika 4. Kumulativna funkcija distribucije za ISR

Točnije, uz jediničnu cijenu od 1,82 kn/m³ i očekivane vrijednosti svih ulaznih parametara s kojom je naprav



Slika 5. Koeficijenti regresije utjecajnih faktora

ljena preinvesticijska studija za koje NSV ima vrijednosti veće od 0, a ISR 8%, rezultati dobiveni analizom rizika pokazuju da je vjerojatnost ovog ishoda samo 43,5%.

Osim proračuna rizika i kumulativnih funkcija distribucije vjerojatnosti za NSV i ISR, napravljen je i proračun koeficijenta regresije za sve utjecajne faktore i prikazan je na slici 5.

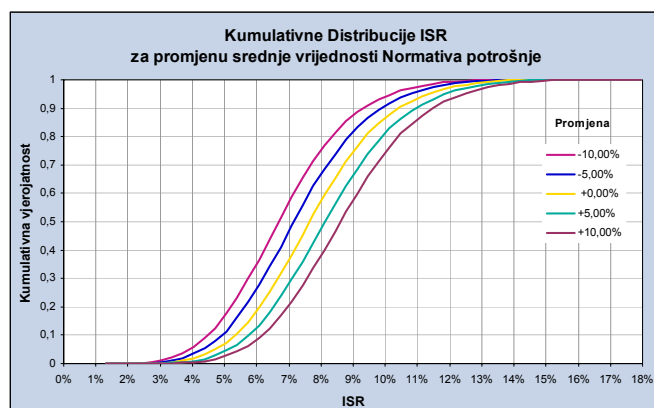
Proračun koeficijenta regresije pokazuje da najveći utjecaj na rezultat ima normativ potrošnje vode za Zagreb. Radi detaljnijeg analiziranja utjecaja ovog parametra na rezultate, provedena je dodatna analiza osjetljivosti na način da je očekivana vrijednost normativa potrošnje od 180 l/st/d varirana u rasponu od $\pm 10\%$ uz zadržavanje ostalih parametara (min i maks.) trokutaste funkcije distribucije. Rezultati proračuna prikazani su u tablicama 6. i 7. i na slikama 6. i 7.

Tablica 6. Utjecaj promjene srednje vrijednosti normativa potrošnje na NSV

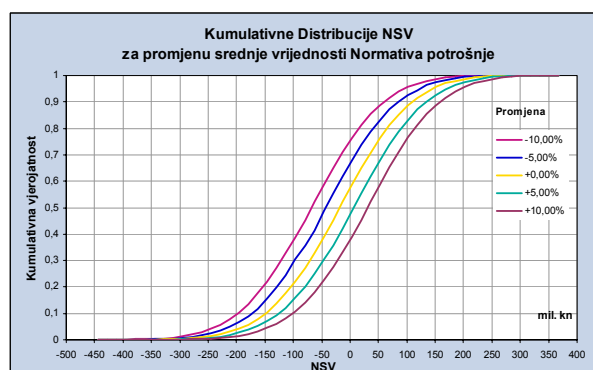
Normativ potrošnje		NSV					
Promjena	Vrijed.	Sred.	Min	Max.	5%	95%	St.dev
-10,00%	165	-69	-444	266	-236	98	100
-5,00%	174	-44	-421	291	-212	123	101
0,00%	180	-19	-398	317	-188	147	101
5,00%	193	5	-375	342	-164	171	101
10,00%	202	29	-352	367	-141	194	101

Tablica 7. Utjecaj promjene srednje vrijednosti normativa potrošnje na ISR

Normativ potrošnje		ISR					
Promjena	Vrijed.	Sred.	Min	Max	5%	95%	St.dev
-10,00%	165	6,81%	1,33%	15,02%	3,89%	10,19%	1,89%
-5,00%	174	7,29%	2,37%	15,73%	4,30%	10,77%	1,94%
0,00%	183	7,78%	2,43%	16,45%	4,72%	11,33%	1,98%
5,00%	193	8,26%	2,39%	17,18%	5,11%	11,87%	2,03%
10,00%	202	8,74%	2,30%	17,93%	5,52%	12,40%	2,08%



Slika 7. Funkcije kumulativne distribucije ISR u odnosu na promjenu srednje vrijednosti normativa potrošnje



Slika 6. Funkcije kumulativne distribucije NSV-a u odnosu na promjenu srednje vrijednosti normativa potrošnje

Tablice 6. i 7. prikazuju promjene normativa potrošnje vode u Zagrebu od raspona -10% te pripadajuće spec. potrošnje od 165 l/st/d do +10% i pripadajuće spec. potrošnje od 202 l/st/d i za ove ulazne vrijednosti odgovarajuće iznose NSV i ISR. NSV i ISR dobiveni su proračunavanjem modela na isti način kao i za osnovni slučaj.

U tablici 8. prikazana je vjerojatnost pozitivnog rezultata projekta za gore definirane promjene normativa potrošnje od $\pm 10\%$. Vjerojatnost negativnih rezultata projekta se s 75,4%, u slučaju kada je najčešća vrijednost normativa potrošnje 10% manja od početne, smanjuje na samo 37,7% kada je vrijednost normativa veća za 10% u odnosu na početnu.

Tablica 8. Vjerojatnost pozitivnog rezultata projekta ovisno o promjeni normativa potrošnje

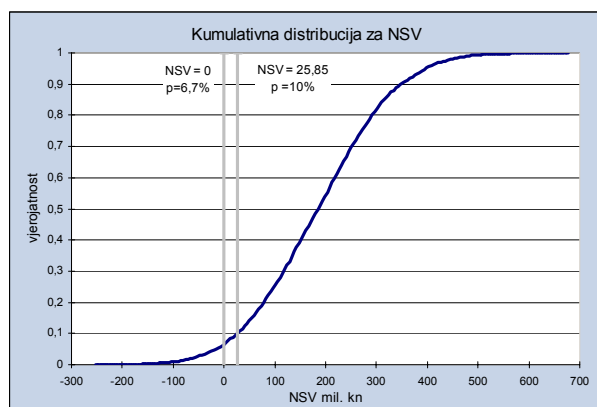
NSV > 0; ISR > 8%	Postotak	Vjerojatnost
Promjena normativa potrošnje	-10,00%	75,4%
	-5,00%	66,8%
	0,00%	57,4%
	5,00%	47,4%
	10,00%	37,7%

Rizičnost faktora povećanja ili smanjenja normativa potrošnje za trajanja projekta na konačni rezultat i uspješnost projekta jedino je moguće kompenzirati povećanjem jedinične cijene. U nastavku je napravljen proračun jedinične cijene koja bi dala prihvatljivu vjerojatnost uspjeha projekta od 90%. Ova cijena ne bi smjela biti veća od cijene koju su stanovnici spremni platiti za pruženu uslugu. Kao orijentir može se uzeti 2 – 4% ukupnog kuć-

nog proračuna za konačnu cijenu pružanja vodnih usluga. U slučaju da potrebna jedinična cijena prelazi ove okvire, potrebno je analizirati mogućnost udjela državnih i/ili drugih subvencija u financiranju projekta.

Tablica 9. Osnovni statistički podaci proračuna za deset postotno povećanje cijene vode

Parametar	NSV	ISR
Minimum	-252,02	3,34%
Maksimum	677,26	31,58%
Sred.	186,04	12,26%
St. devijacija	125,59	3,18%
p= 5%	-15,56	7,70%
p= 6,73%	0,00	8,00%
p= 10%	25,85	8,51%
p= 20%	77,78	9,55%
p= 30%	117,06	10,40%
p= 40%	151,22	11,16%
p= 50%	185,24	11,94%
p= 60%	218,29	12,75%
p= 70%	251,95	13,65%
p= 80%	291,19	14,77%
p= 90%	348,76	16,39%
p= 95%	396,82	18,05%



Slika 8. Kumulativna funkcija distribucije za NSV

LITERATURA

- [1] ASIAN DEVELOPMENT BANK: "Handbook for the Economic Analysis of Water Supply Projects", 1999.,
- [2] ASIAN DEVELOPMENT BANK: "Guidelines for the Financial Governance and Management of Investment Projects Financed by the Asian Development Bank", 2002.,
- [3] ASIAN DEVELOPMENT BANK: "Handbook for Integrating Risk Analysis in the Economic Analysis of Projects", 2002.,
- [4] DG REGIONAL POLICY EC: "Guide to cost-benefit analysis of investment projects", 2001.,
- [5] Arrow, K. and N. Lind: "Uncertainty and the Evaluation of Public Investment Decisions." American Economic Review. Volume 60 No. 3., 1970.,
- [6] Treasury Board of Canada Secretariat: "Benefit-cost analysis guide", Ottawa, 1998.,
- [7] Planning and Management Consultants, Ltd.: "Development of probabilistic water demand forecast for the San Diego county water authority", 2000.,

Rezultati proračuna prikazani u tablici 9 i na slici 8. pokazuju da se uz povećanje jedinične cijene za 10%

postigne prihvatljiva vjerojatnost uspjeha projekta veća od 90%. Odnosno točnije, da je vjerojatnost da NSV bude negativan i da ISR bude manji od diskontne stope 6,7%. Radi ilustracije, o značaju dobivenih vrijednosti valja istaknuti da 10% razlika u cijeni povećava, odnosno ako je razlika negativna smanjuje ukupni prihod projekta za 25 milijuna kn na godišnjoj razini.

5 Zaključak

Analiza osjetljivosti i analiza rizika u investicijskim projektima vodnog sektora nedovoljno je zastupljena u našoj svakodnevnoj praksi. Na primjeru projekta Regionalnoga vodoopskrbnog sustava grada Zagreba napravljena je analiza osjetljivosti i analiza rizika. Za tu je potrebu izrađen poseban ekonomski model u Excelu, koji omogućava dinamičko simuliranje svih faktora i njihov utjecaj na konačni rezultat.

Analiza je pokazala da procjena uspješnosti projekta dobivena determinističkim modelom, uzimajući u obzir očekivanu vrijednost ulaznih veličina, ne osigurava dovoljno informacija za donošenje pouzdanih i utemeljenih odluka. Uobičajeni način vrednovanja projekta dobiven ulaznim veličinama definiranim kao najbolja procjena nije dovoljan da se procijene mogući utjecaji (pozitivni i negativni) na ishod projekta.

Proračun je pokazao da je vjerojatnost ostvarenja NSV-a i ISR-a izračunanih u studiji svega 43,5%.

Analizom rizika dobiven je raspon mogućeg ostvarivanja rezultata NSV-a i ISR-a te njihove funkcije distribucije vjerojatnosti. Isto tako napravljen je proračun koeficijenta regresije za svaki od utjecajnih faktora koji je pokazao dominantan utjecaj normativa potrošnje vode na NSV i ISR. Rezultat dodatnih analiza osjetljivosti specifične potrošnje vode pokazao je da je potrebno cijenu usluge povećati 10% u odnosu na dobiveni rezultat u studiji, kako bi se dosegla tražena vjerojatnost rentabilnosti projekta.

-
- [8] Kocik, J. W., J. C. Kiefer, and B. Dziegielewski: "Uncertainty in the MWD-Main Water Use Forecast: The Development and Application of a Methodology for Forecasting Error Estimation". Carbondale, 1993.,
- [9] Planning and Management Consultants, Ltd.: "Development of Framework and Reference for Analyzing Risk in the Corps Civil Works Program", 2000.,
- [10] DKM Economic Consultants Ltd.: "Economic Evaluation of Water Supply & Waste Water Projects – Cost-Benefit Analysis Methodology Paper", 2004.,
- [11] William J. Vaughan, Arthur H. Darling, Diego J. Rodriguez: "Uncertainty in the Economic Appraisal of Water Quality Improvement Investments", 2000.,
- [12] Ansell, Jake and Frank Wharton: "Risk: Analysis, Assessment and Management", New York, John Wiley & Sons., 1992.,
- [13] Clarke, Roland and Allan Low: "Risk Analysis in Project Planning: A Simple Spreadsheet Application Using Monte-Carlo Techniques.", Project Appraisal. Vol. 8, No. 3. September. pp. 141-146., 1993.,
- [14] Evans, James R. and David L. Olson: "Introduction to Simulation and Risk Analysis". Upper Saddle River, Prentice Hall, Inc., 1998.,
- [15] Ho, Simon S. M. and Richard H. Pike: "The Use of Risk Analysis Techniques in Capital Investment Appraisal." Chapter 5 in Risk: Analysis, Assessment and Management, New York: John Wiley & Sons., 1992.
-