

Dr. HUSEIN PAŠAGIĆ
Viša grafička škola
Zagreb, Borongajska cesta bb
Mr. ZDRAVKO RADIŠIĆ
VVTŠ KoV JNA
Zagreb, Ilica 256 B
Mr. ANTE MANDIĆ
VVTŠ KoV JNA
Zagreb, Ilica 256 B

Tehnologija i organizacija prometa
Prethodno priopćenje
UDK: 656.211.5.011
Primljeno: 17.05.1990.
Prihvaćeno: 09.07.1990.

OPTIMALIZACIJA KAPACITETA U TOČKAMA USLUŽIVANJA SUSTAVA UNUTARNJEG TRANSPORTA TOPLANE U ZAGREBU

SAŽETAK

U radu je opisana metodologija određivanja kvantitativnih pokazatelja za projektiranje kapaciteta unutarnjeg transporta u točkama usluživanja konkretnoga složenog sustava tj. spalionice otpada u Zagrebu. Za rješenje problema korištena je teorija redova čekanja i modeli simulacije na elektroničkom računalu.

1. UVOD

Termoelektrana i toplana (TE-TO) u Zagrebu pred velikim je projektom gradnje spalionice otpada. Radeći na ovom projektu u dijelu "Optimalizacija unutarnjeg transporta", bili smo zaduženi za optimalizaciju kapaciteta u točkama usluživanja sustava.

Dopremanje otpada u TE-TO stohastički je proces, tako da nije moguće točno planirati rad po opsegu i vremenu. Da bi takav sustav mogao raditi bez zastoja, mora imati odgovarajuće prijemne kapacitete. Odstupanja od optimalnih kapaciteta dovode do neefikasnog iskorištenja opreme ili do stvaranja velikih redova čekanja u pojedinim fazama tehnološkog procesa prijema i prerade otpada.

Planiranju sustava unutarnjeg transporta u TE-TO treba prethoditi analiza utjecaja značajki projektirane tehnologije prijema i prerade otpada na kvalitetu usluživanja vozila s otpadom na pojedinim kritičnim mjestima. Kvaliteta usluživanja vozila ocijenjena je s pomoću nekoliko pokazatelja duljine reda i vremena čekanja. Pritom su uzete u obzir sljedeće značajke procesa usluživanja:

- Doprema otpadnog materijala u TE-TO je slučajna događaj, sa slučajnim intervalima dolaska između vozila.
- Proces usluživanja na pojedinim mjestima u TE-TO dešava se u vremenskim intervalima koji slijede neku statističku raspodjelu.
- Tehnologija usluživanja vozila s otpadom na pojedinim mjestima definirana je projektiranom tehnologijom prijema i prerade otpada.
- Sustav je promatran u jednom od dvaju stanja: nastaju redovi čekanja, sa svim vremenskim i prostornim značajkama ili je broj pro-

jektiranih prijemnih mjesta takav da su nedovoljno iskorišteni.

Koristeći se odgovarajućim modelom projektirane tehnologije prijema i prerade otpada, treba odrediti potrebne kapacitete u točkama usluživanja prispjelih vozila. S obzirom na to da potrebni kapaciteti zavise od značajki prijevoznih zahtjeva i uvjeta prijevoza otpada, a istodobno su oni i elementi prijevoznog procesa, u radu su istaknute i osnovne pretpostavke racionalizacije postojeće organizacije prijevoza otpada.

2. SUSTAVNO-KIBERNETSKI PRISTUP RACIONALIZACIJI ORGANIZACIJE PRIJEVOZA OTPADA

Racionalizacija funkcioniranja složenih organizacijskih sustava, u koje pripada i organizacija prijevoza otpada, mora se temeljiti na metodološkim aspektima i načelima kibernetike, teorije sustava i iz njih izvedenoga sustavnog pristupa. Takvim pristupom moguće je na temelju strukturnih modela, a posebno općega kibernetičkog modela tipa "ULAZ → PROCES → IZLAZ → POVRATNA SPREGA → ULAZ" (sl. 1), utvrditi pravce, segmente i elemente racionalizacije (poboljšanja) funkcioniranja složenih organizacijskih sustava.



Slika 1. Prikaz općega kibernetičkog modela

Dva su temeljna svojstva sustavno-kibernetičkog pristupa koja treba imati na umu pri racionalizaciji funkcioniranja bilo kojeg organizacijskog sustava. Prvo, analizirani sustav mora se promatrati kao element pripadajućeg sustava višeg reda (razine), sa svim ulaznim i izlaznim vezama. Drugo, sustavno-kibernetički način projektiranja u prvi plan postavlja orijentiranost k svrsi i cilju koje sustav treba postići, integraciju i optimum cjeline. Sve ostalo u sustavu, a posebno organizacijska struktura, projektira se

sa stajališta efikasne realizacije konkretno postavljanih ciljeva i zadataka, isključivo utemeljenih na zahtjevima (potrebama) viših sustava. Na taj način zahtjevi sa svojim značajkama postaju ključni inicijalni činitelji i pretpostavke projektiranja procesa i efikasnih sustava.

To podrazumijeva da se organizacija prijevoza otpada, posebno u funkcionalnom smislu, treba razmatrati kao element integralnog sustava prijevoza, tehnološke obrade i spaljivanja otpada na području grada Zagreba (sl. 2). S tog aspekta treba analizirati i postojeću organizaciju prijevoza otpada, čiji je osnovni nosilac KRO Čistoća, s osnovnim zadatkom u integralnom susatavu - da potpuno i kvalitetno zadovolji zahtjeve za prijevoz otpada iz zona ukraja, disperziranih na području grada, do TE-TO Zagreb.

Osnovni zadatak Radne organizacije TE-TO Zagreb jeste prijem, tehnološka obrada i spaljivanje otpada, te organizacija odvoza pepela i zgure.

Sa slike 2 je jasno da racionalizacija organizacije prijevoza u prvom redu zavisi od značajki funkcionalno-tehnoloških veza što ih

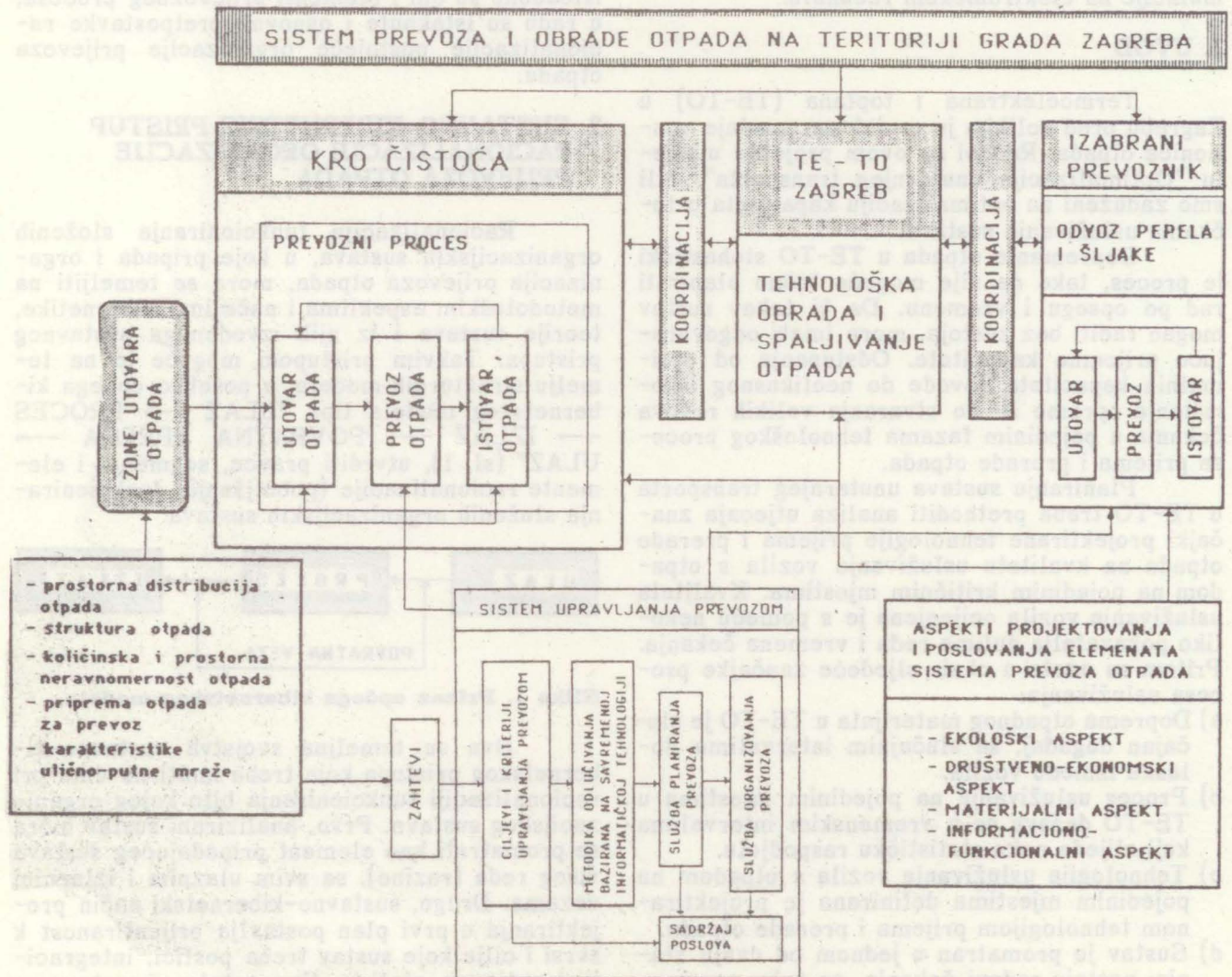
nosilac prijevoza ostvaruje s ostalim elementima integralnog sustava. Karakter veza nosioca prijevoza otpada s ostalim elementima integralnog sustava vidljiv je iz funkcionalno-tehnološkog modela prijevoza, obrade i spaljivanja otpada (sl. 3).

Iz modela je uočljivo da uspostavljanju efikasne organizacije prijevoza mora prethoditi temeljno izučavanje prijevoznih zahtjeva i uvjeta u kojima prijevoz treba obavljati. Zahtjevi i uvjeti prijevoza predstavljaju osnovne pretpostavke racionalizacije postojeće organizacije prijevoza.

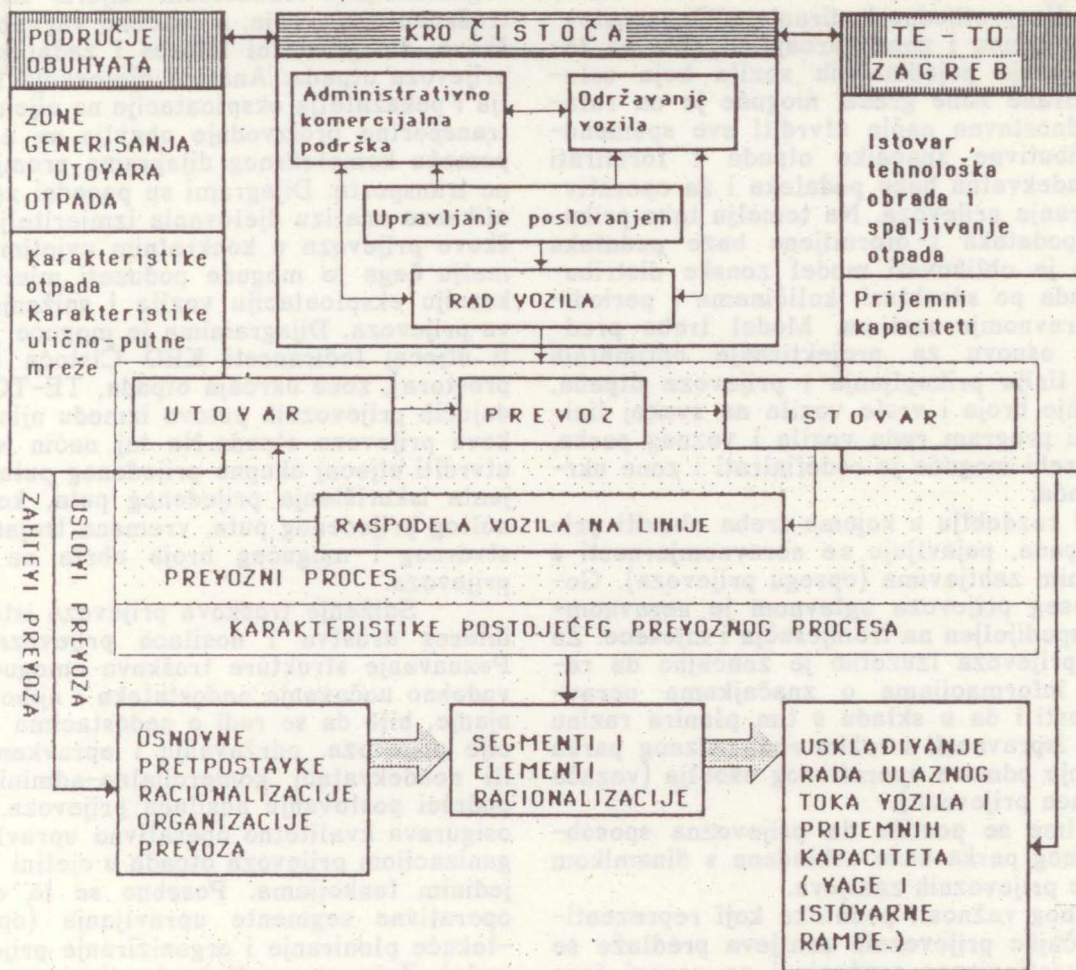
Za racionalizaciju sustava prijevoza, tehnološke obrade i spaljivanja otpada neophodni su sljedeći podaci koji karakteriziraju prijevozne zahtjeve i uvjete prijevoza:

- a) prostorna distribucija otpada,
- b) struktura distribucija otpada,
- c) količinska distribucija otpada,
- d) sezonska količinska neravnomjernost otpada,
- e) postupci pripreme otpada za prijevoz i
- f) značajke ulično-cestovne mreže i prometni uvjeti.

Sa slike 3 je vidljivo da struktura i teh-



Slika 2. Prikaz integralnog sustava prijevoza, tehnološke obrade i spaljivanja otpada



Slika 3. Funkcionalno-tehnološki model prijevoza, obrade i spaljivanja otpada

nologija budućega prijevoznog procesa treba biti dimenzionirana i projektirana u odnosu na značajke prijevoznih zahtjeva i uvjeta i značajke postojećega prijevoznog procesa. Segmente i elemente racionalizacije organizacije prijevoza treba tražiti prije svega unutar značajki postojeće organizacije prijevoza.

Sa slike 3 je također vidljivo da iskrcaj otpada u TE-TO Zagreb treba promatrati kao tehnološki element prijevoznog procesa. S tog aspekta je neophodno analizirati kapacitete projektiranih elemenata u TE-TO Zagreb, na kojima se obavlja prijem vozila i iskrcaj otpada, i s pomoću adekvatnih pokazatelja dati ocjenu o kvaliteti usluživanja vozila u sustavu.

Za potrebe studije korišteni su postojeći podaci, te je obavljeno snimanje određenih podataka na malom uzorku. Prikupljeni podaci pokazuju da su pristup rješavanju problema, pravci, segmenti i elementi racionalizacije organizacije prijevoza pravilno odabrani i da u daljnjim istraživanjima treba prikupiti i analizirati podatke koji se posebno odnose na praćenje funkcioniranja modela distribucije transportnih tokova otpada i vrednovanje ostvarenih rezultata rada nosioca prijevoza u prethodnom razdoblju. O načinu praćenja tih podataka bit će

više riječi u nastavku.

Što se tiče ocjene kapaciteta projektiranih elemenata TE-TO Zagreb, na kojima se obavlja prijem vozila i iskrcaj otpada, odlučili smo se za metodu simulacije, kao jedan od najznačajnijih alata operacijskih istraživanja. Na temelju modela projektirane tehnologije boravka vozila s otpadom u sustavu (dolazak vozila, vaganje vozila, vožnja do iskrcajnih rampi, manevriranje vozilom, iskrcaj otpada i odlazak vozila iz kruga TE-TO) i eksperimenata s modelom, utvrđeni su svi potrebni pokazatelji za ocjenu kvalitete usluživanja vozila i organizaciju unutarnjeg transporta.

Imajući na umu kvalitetu raspoloživih podataka koji reprezentiraju prijevozne zahtjeve, posebno one koji se odnose na prostornu, količinsku i strukturnu distribuciju otpada, te sezonsku količinsku neravnomjernost otpada, predloženo je da se u odnosu na novu lokaciju iskrcaja otpada (TE-TO Zagreb) zadrži postojeća organizacija prijevoza određeno vrijeme (6-8 mjeseci), a da se u međuvremenu osiguraju svi relevantni podaci. Podaci bi se prikupljali pri dolasku i vaganju vozila u TE-TO, po projektiranoj metodologiji. Samo prikupljanje podataka ne bi remetilo postojeću organi-

zaciju prijevoza, proces i ritam rada vozača i vozila. Uz prethodno kodiranje ulično-cestovne mreže grada i zona ukrcaja otpada, na temelju vaganja pojedinačnih vozila koja uslužuju kodirane zone grada, moguće je na relativno jednostavan način utvrditi sve spomenute distributivne značajke otpada i formirati o tome adekvatnu bazu podataka i za operativno planiranje prijevoza. Na temelju tako prikupljenih podataka i oformljene baze podataka potrebno je oblikovati model zonske distribucije otpada po strukturi, količinama i periodičnim neravnomjernostima. Model treba predstavljati osnovu za projektiranje optimalnih sabirnih linija prikupljanja i prijevoza otpada, utvrđivanje broja i vrste vozila na svakoj liniji, dnevni program rada vozila i voznog parka, a po potrebi moguće je redefinirati i zone ukrcaja otpada.

U razdoblju u kojemu treba obaviti prijevoz otpada, pojavljuju se neravnomjernosti u prijevoznim zahtjevima (opsegu prijevoza). Godišnji opseg prijevoza uglavnom je neravnomjerno raspodijeljen na tromjesečja i mjesece. Za nosioca prijevoza izuzetno je značajno da raspolaže informacijama o značajkama neravnomjernosti i da u skladu s tim planira razinu tehničke ispravnosti i režim rada voznog parka te godišnje odmore operativnog osoblja (vozača i izvršilaca prijevoza).

Time se postiže da prijevozna sposobnost voznog parka bude usklađena s dinamikom promjene prijevoznih zahtjeva.

Zbog važnosti podataka koji reprezentiraju značajke prijevoznih zahtjeva predlaže se njihovo kontinuirano praćenje i na osnovi toga stalna dogradnja modela distribucije otpada. Efikasan način praćenja tih podataka podržuje računalnu i programsku podršku, projektiranu i lociranu na mjestu dolaska i vaganja vozila.

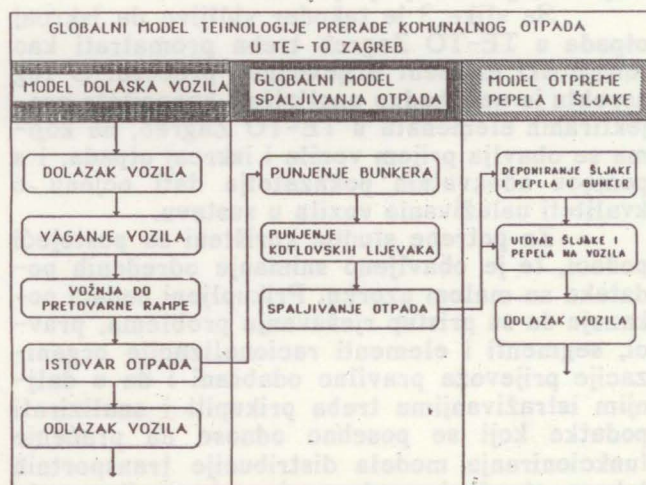
Kako je već istaknuto, osim podataka koji karakteriziraju prijevozne zahtjeve, za racionalizaciju organizacije prijevoza neophodna je i analiza ostvarenih rezultata nosilaca prijevoza u prethodnom razdoblju. Vrednovanje ostvarenih rezultata rada i ocjena organiziranosti korištenja raspoloživih prijevoznih kapaciteta i vremena obavlja se sljedećim tehničko-eksploatacijskim pokazateljima i izmjeriteljima rada vozila i voznog parka:

- izmjeritelja i koeficijenata vremenskog bilanciranja rada vozila,
- izmjeritelja i koeficijenata iskorištenja prijednog puta,
- izmjeritelja iskorištenja kapaciteta vozila i voznog parka,
- izmjeritelja uvjeta prijevoza i
- rezultativnih izmjeritelja rada vozila i voznog parka.

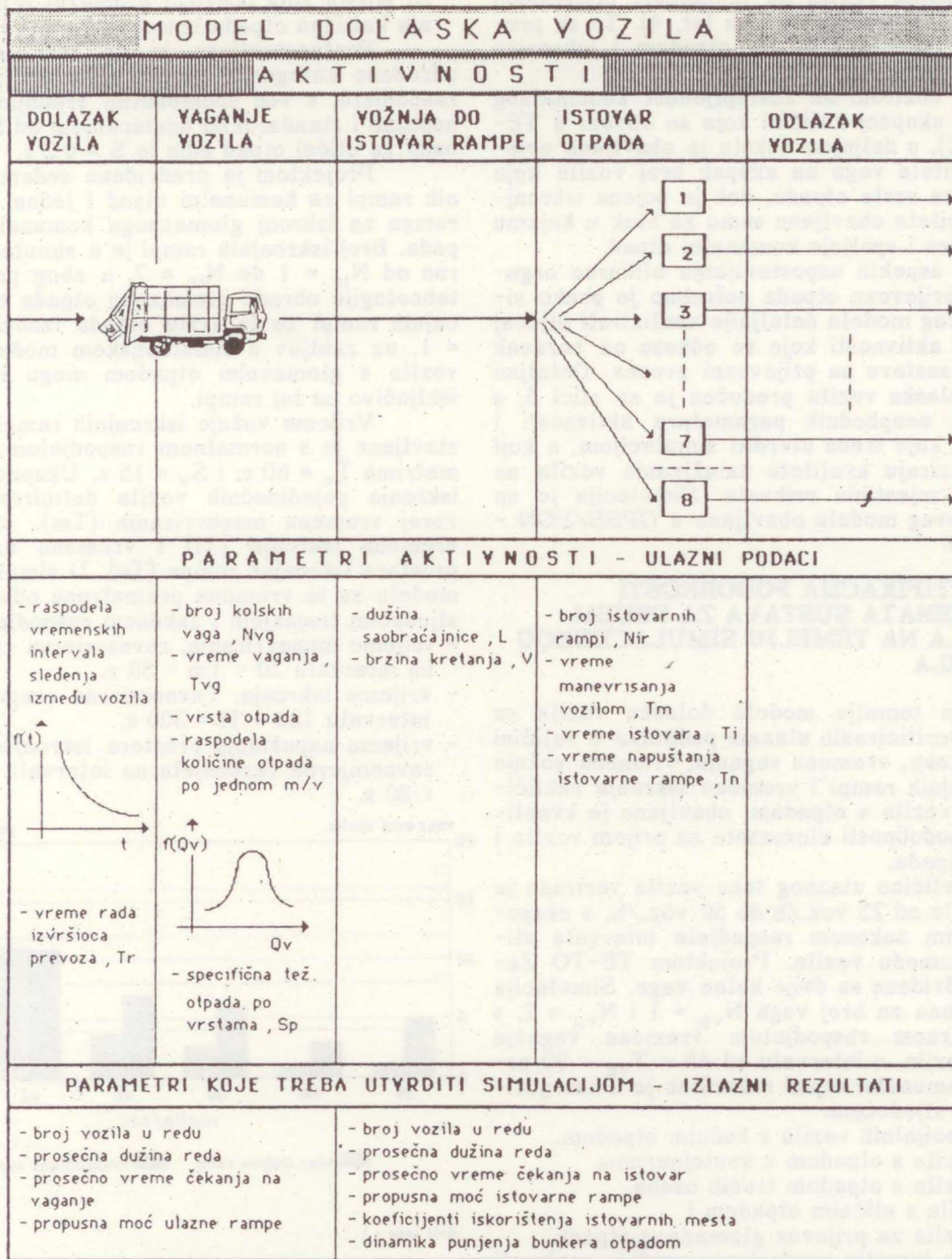
Ne opisujući detaljnije pojedine izmjeritelje i pokazatelje, bitno je istaknuti da razrađena metodologija njihovog praćenja i izučavanja njihovog djelovanja na elemente prijevoznog procesa omogućuje pronalaženje odgovarajućih

organizacijsko-tehnoloških mjera za sniženje troškova poslovanja, a posebno varijabilnih troškova, što je stalni interes i zadatak nosilaca prijevoza otpada. Analiza djelovanja izmjeritelja i pokazatelja eksploatacije na cijenu jedinice transportne proizvodnje obavlja se najčešće s pomoću kompleksnog dijagrama promjene cijene transporta. Dijagrami su pogodni za brzu ali efikasnu analizu djelovanja izmjeritelja na troškove prijevoza u konkretnim uvjetima, na temelju čega je moguće poduzeti mjere za efikasniju eksploataciju vozila i sniženje troškova prijevoza. Dijagramima je moguće razmotriti utjecaj lociranosti KRO Čistoća (garažnog prostora), zona ukrcaja otpada, TE-TO i pripadajućih prijevoznih putova između njih na troškove prijevoza otpada. Na taj način je moguće utvrditi utjecaj ukupno prijednog puta, koeficijenta iskorištenja prijednog puta, koeficijenta nultog prijednog puta, vremena trajanja obrta, stvarnog i mogućeg broja obrta na troškove prijevoza.

Sniženje troškova prijevoza istodoban je interes društva i nosilaca prijevoza otpada. Poznavanje strukture troškova omogućuje pravodobno uočavanje nedostataka i njihovo otklanjanje, bilo da se radi o nedostacima organizacije prijevoza, održavanju i opravkama vozila ili neadekvatnoj komercijalno-administrativnoj podršci poslovanju nosilaca prijevoza. Time se osigurava kvalitetno operativno upravljanje organizacijom prijevoza otpada u cjelini ili po pojedinim funkcijama. Posebno se to odnosi na operativne segmente upravljanja (operativno-tekuće planiranje i organiziranje prijevoza otpada). Zato se predlaže kontinuirano praćenje podataka koji karakteriziraju različite kategorije troškova poslovanja prema precizno utvrđenoj metodologiji, utemeljenoj na suvremenoj računalnoj tehnologiji, a svakako varijabilnih troškova i svakako u razdoblju kako je to predloženo za praćenje podataka o prijevoznim zahtjevima (6-8 mjeseci nakon prelaska na novu lokaciju iskrcaja otpada).



Slika 4. Model projektirane tehnologije prerade komunalnog otpada u TE-TO Zagreb



Slika 5. Prikaz modela dolaska vozila s otpadom s aktivnostima boravka vozila u sustavu

3. MODEL PROJEKTNE TEHNOLOGIJE PRERADE KOMUNALNOG OPTADA U TE-TO ZAGREB

Sljedeći značajan segment racionalizacije organizacije prijevoza otpada odnosi se na ocjenu kapaciteta projektiranih elemenata TE-TO Zagreb na kojima se obavlja prihvata vozila KRO Čistoća i iskrcaj otpada. Neadekvatni kapaciteti elemenata na kojima se obavlja prihvata

vozila mogu značajno poremetiti izvršenje svih potrebnih operacija i produžiti vrijeme usluživanja i boravka vozila u TE-TO Zagreb. Kapaciteti elemenata na kojima se obavlja prihvata vozila moraju biti takvi da osiguravaju neprekidno usluživanje vozila na radu, bez povećanja tehnološki potrebnog vremena boravka vozila u sustavu. Prema projektiranoj tehnologiji prerađe komunalnog otpada u TE-TO uočavaju se dva elementa na kojima bi moglo doći do za-

stoja, čekanja vozila na tehnološki predviđene operacije i stvaranje redova (sl. 4). To su prostori za vaganje vozila s otpadom i iskrcajne rampe.

S obzirom na zastupljenost komunalnog otpada u ukupnoj količini koja se dovozi u TE-TO (96%), u daljnjem tekstu je obavljena ocjena kapaciteta vaga na ukupan broj vozila koja dovoze sve vrste otpada, dok je ocjena iskrcajnih kapaciteta obavljena samo za blok u kojemu se deponira i spaljuje komunalni otpad.

S aspekta uspostavljanja efikasne organizacije prijevoza otpada potrebno je preko simulacijskog modela detaljnije analizirati utjecaj pojedinih aktivnosti koje se odnose na boravak vozila u sustavu na prijevozni proces. Detaljan model dolaska vozila predočen je na slici 5, s prikazom neophodnih parametara aktivnosti i rezultata koje treba utvrditi simulacijom, a koji karakteriziraju kvalitetu usluživanja vozila na kritičnim mjestima prihvata. Simulacija je na temelju ovog modela obavljena u GPSS/FON - Ver. 1.50.

4. KVANTIFIKACIJA PODOBNOSTI ELEMENATA SUSTAVA ZA PRIJEM VOZILA NA TEMELJU SIMULACIJSKOG MODELA

Na temelju modela dolaska vozila sa slike 5, verificiranih ulaznih podataka o veličini ulaznog toka, vremenu vaganja, vremenu vožnje do iskrcajnih rampi i vremenu iskrcaja različitih vrsti vozila s otpadom, obavljena je kvantifikacija podobnosti elemenata za prijem vozila i iskrcaj otpada.

Veličina ulaznog toka vozila varirana je u intervalu od 25 voz./h do 50 voz./h, s eksponencijalnim zakonom raspodjele intervala sljedeđenja između vozila. Projektom TE-TO Zagreb predviđene su dvije kolne vage. Simulacija je obavljena za broj vaga $N_{vg} = 1$ i $N_{vg} = 2$, s ravnomjernom raspodjelom vremena vaganja jednog vozila, u intervalu od $45 < T_{vg} < 90$ sekundi. Komunalni otpad razvrstan je u kategorije prema sljedećem:

- 44% specijalnih vozila s kućnim otpadom,
- 16% vozila s otpadom u kontejnerima,
- 16% vozila s otpadom trećih osoba,
- 6% vozila s uličnim otpadom i
- 18% vozila za prijevoz glomaznog otpada.

Na temelju ponderirane srednje nosivosti vozila koja prevoze pojedinu vrstu otpada i srednje specifične težine otpada od $S_p = 450 - 500 \text{ kg/m}^3$, određena je srednja količina otpada na vozilu koje prevozi određenu vrstu otpada prema sljedećem:

- za vozila koja prevoze kućni otpad srednja količina otpada iznosi $Q_{spc} = 7,5 \text{ t}$,
- za vozila koja prevoze otpad u kontejnerima srednja količina otpada iznosi $Q_{kon} = 3 \text{ t}$,
- za vozila koja prevoze otpad trećih osoba srednja količina otpada iznosi $Q_{tl} = 7,5 \text{ t}$,
- za vozila koja prevoze ulični otpad srednja količina otpada iznosi $Q_{ul} = 1,5 \text{ t}$

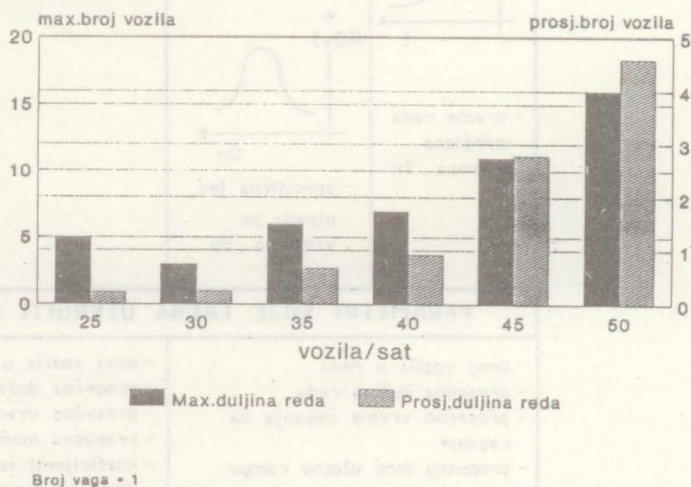
- za vozila koja prevoze glomazni otpad srednja količina otpada iznosi $Q_{g1} = 2,5 \text{ t}$.

Pretpostavljeno je da količina otpada određene kategorije na vozilima ima normalnu raspodjelu, s već spomenutim srednjim vrijednostima i standardnim odstupanjem od $S = 0,5 \text{ t}$, osim za ulični otpad gdje je $S = 0,2 \text{ t}$.

Projektom je predviđeno sedam iskrcajnih rampi za komunalni otpad i jedna iskrcajna rampa za iskrcaj glomaznoga komunalnoga otpada. Broj iskrcajnih rampi je u simulaciji variran od $N_{ir} = 1$ do $N_{ir} = 7$, a zbog predviđene tehnologije obrade glomaznog otpada broj iskrcajnih rampi za tu vrstu otpada iznosi $N_{irg1} = 1$, uz zahtjev u simulacijskom modelu da se vozila s glomaznim otpadom mogu iskrcajati isključivo na toj rampi.

Vrijeme vožnje iskrcajnih rampi pretpostavljeno je s normalnom raspodjelom, s parametrima $T_v = 60 \text{ s}$, i $S_v = 15 \text{ s}$. Ukupno vrijeme iskrcaja pojedinačnih vozila definirano je kao zbroj vremena manevriranja (T_m), efektivnog vremena iskrcaja (T_i) i vremena napuštanja prostora iskrcajne rampe (T_n). U simulacijskom modelu su ta vremena promatrana odvojeno, sa sljedećim trajanjem i zakonom raspodjele:

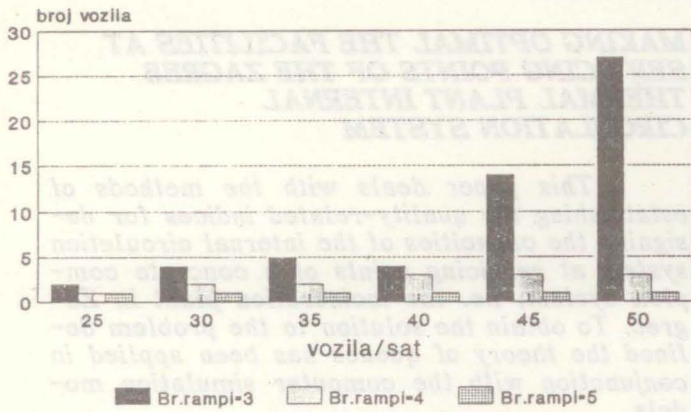
- vrijeme manevriranja, ravnomjerna raspodjela na intervalu $30 < T_m < 50 \text{ s}$,
- vrijeme iskrcaja, ravnomjerna raspodjela na intervalu $120 < T_i < 300 \text{ s}$,
- vrijeme napuštanja prostora iskrcajne rampe, ravnomjerna raspodjela na intervalu $20 < T_n < 30 \text{ s}$.



Slika 6. Duljina reda čekanja na vaganje

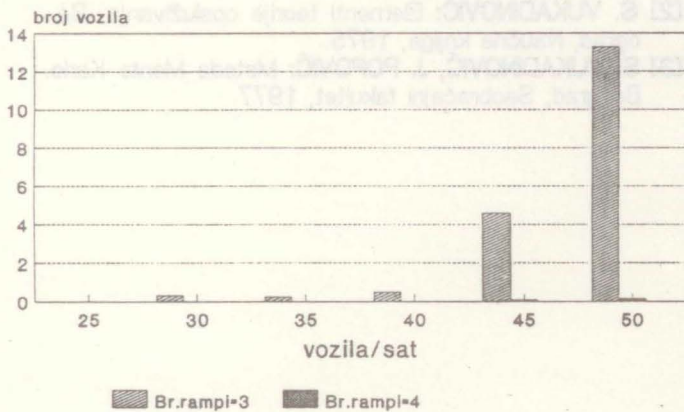
Kvaliteta usluživanja vozila na mjestima prijema ocijenjena je s pomoću sljedećih pokazatelja:

- duljine reda čekanja na vaganje, izražene maksimalnim i prosječnim brojem vozila u redu (sl. 6),
- duljine reda čekanja pri iskrcaju vozila, izražene maksimalnom duljinom reda (sl. 7), i prosječnom duljinom reda (sl. 8),
- prosječnog vremena čekanja na iskrcaj (sl. 9),
- promjene koeficijenata iskorištenja iskrcajnih rampi u ovisnosti o veličini ulaznog toka



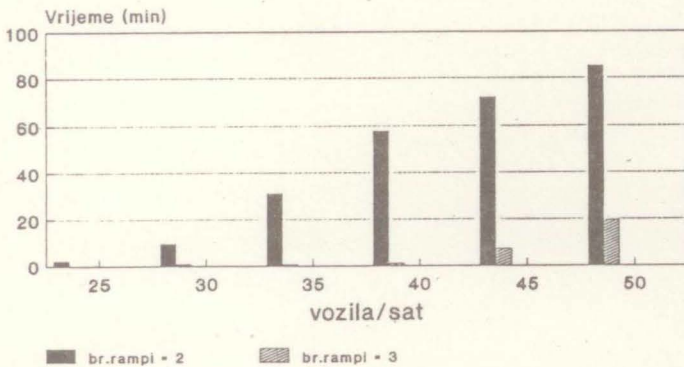
Broj vaga = 1

Slika 7. Maksimalna duljina reda čekanja pri iskroaju vozila



Broj vaga = 1

Slika 8. Prosječna duljina reda čekanja pri iskroaju vozila



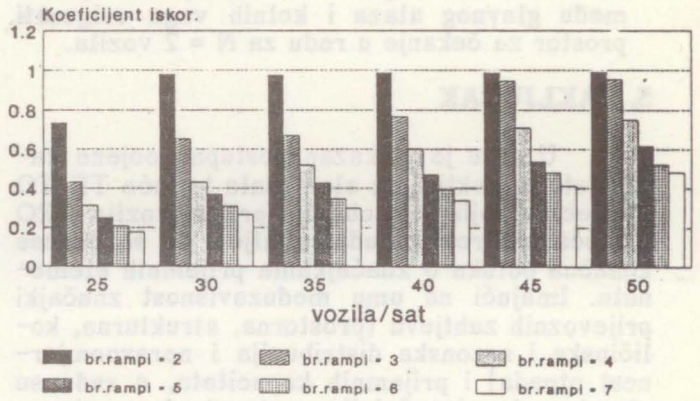
Slika 9. Prosječno vrijeme čekanja na iskroaj

(sl. 10) i

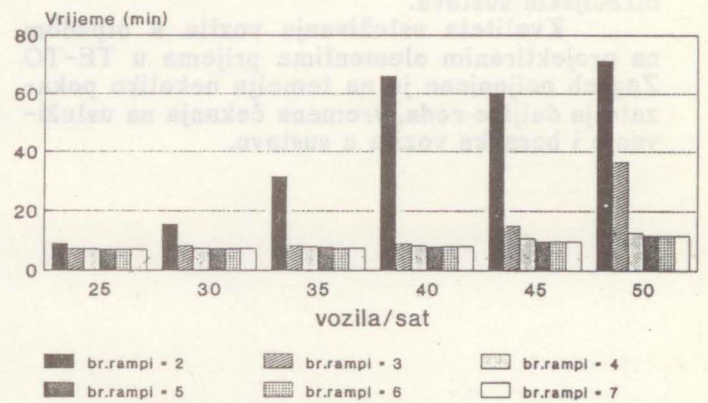
- prosječnog ukupnog vremena boravka vozila u sustavu (sl. 11).

Na temelju konkretnih ulaznih podataka i rezultata simulacije prikazanih na slikama 6 do 11 može se zaključiti sljedeće:

- Za broj vaga $N_{vg} = 2$ i broj iskrcajnih rampi



Slika 10. Promjena koeficijenta iskorištenja rampi u ovisnosti o broju vozila



Slika 11. Prosječno ukupno vrijeme boravka vozila u sustavu

$N_{ir} > 4$, za sve veličine ulaznog toka ($25 < q < 50$ voz./h) ne pojavljuju se problemi stvaranja redova i čekanje na vaganje ili iskrcaj vozila s otpadom.

- Za broj vaga $N_{vg} = 1$ do povećanja prosječnog broja vozila u redu dolazi samo pri maksimalnim opterećenjima, za veličinu ulaznog toka $q > 45$ voz./h. Pri maksimalnom opterećenju prosječna duljina reda iznosi 3 do 5 vozila. Prema tome dovoljna je samo jedna vaga.

- Opći je zaključak da je broj iskrcajnih rampi prekapacitiran u odnosu na potrebe za sve veličine ulaznog toka vozila. Predlaže se broj iskrcajnih rampi $N_{ir} = 4$. U tom slučaju koeficijent iskorištenja varira u intervalu od $K_{ir} = 0,31$ (za $q = 25$ voz./h) do $K_{ir} = 0,75$ (za $q = 50$ voz./h).

- Da bi se onemogućila pojava konfliktnih tokova punih i praznih vozila na prometnicama unutar TE-TO Zagreb i zadržali povoljni organizacijski uvjeti za vaganje i iskrcaj otpada, posebno u uvjetima intenzivnih opterećenja, predlaže se otvaranje posebnog izlaza za odlazak praznih vozila.

- Zbog neravnomjernosti dolaska vozila i moguće pojave reda pri vaganju, te radi onemogućavanja stvaranja reda punih vozila na pro-

metnici izvan kruga TE-TO, neophodno je između glavnog ulaza i kolnih vaga osigurati prostor za čekanje u redu za $N = 2$ vozila.

5. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan postupak ocjene kapaciteta projektiranih elemenata buduće TE-TO Zagreb na kojima se obavlja prijem vozila KRO Čistoća i iskrcaj otpada, s ciljem da se donese konačna odluka o značajkama prijemnih elemenata. Imajući na umu međuzavisnost značajki prijevoznih zahtjeva (prostorna, strukturna, količinska i sezonska distribucija i neravnomjernost otpada) i prijemnih kapaciteta, u radu su obrađene i najznačajnije pretpostavke racionalizacije postojeće organizacije prijevoza otpada. Postupak se temelji na sustavno-kibernetičkom pristupu analizi funkcioniranja složenih organizacijskih sustava.

Kvaliteta usluživanja vozila s otpadom na projektiranim elementima prijema u TE-TO Zagreb ocijenjena je na temelju nekoliko pokazatelja duljine reda, vremena čekanja na usluživanje i boravka vozila u sustavu.

SUMMARY

MAKING OPTIMAL THE FACILITIES AT SERVICING POINTS OF THE ZAGREB THERMAL PLANT INTERNAL CIRCULATION SYSTEM

This paper deals with the methods of establishing the quality-related indices for designing the capacities of the internal circulation system at servicing points of a concrete complex system, i.e. the incineration plant in Zagreb. To obtain the solution to the problem defined the theory of queues has been applied in conjunction with the computer simulation models.

LITERATURA

- [1] Đ. ZRNIC, D. SAVIC: Simulacija procesa unutrašnjeg transporta. Beograd, Mašinski fakultet, 1987.
- [2] S. VUKADINOVIC: Elementi teorije opsluživanja. Beograd, Naučna knjiga, 1975.
- [3] S. VUKADINOVIC, J. POPOVIC: Metoda Monte Karlo. Beograd, Saobraćajni fakultet, 1977.