

Dr. IVAN DADIĆ  
NIKOLA ĐAKOVIĆ, dipl.inž.  
NEDELJKO VUKOVIĆ, dipl.inž.  
Fakultet prometnih znanosti  
Zagreb, Vukelićeva 4

Tehnologija prometa  
Stručni rad  
UDK: 656.1+658.567.1+574  
Primljeno: 24.09.90.  
Prihvaćeno: 28.09.90.

## PRILOG PROUČAVANJU TRANSPORTA I ZBRINJAVANJA OTPADAKA U GRADU ZAGREBU

"Čovjek - to je cijela zemlja.  
On je svugdje prisutan, svugdje  
djeluje, odgovoran je za sve i  
sudbina mu se odigrava svugdje."  
(Jean Paul Sartre)

### SAŽETAK

Učestala zagađenja okoliša i vode u zadnjim su godinama potencirala pronalaženje ekološki prihvatljivog rješenja zbrinjavanja otpadnih tvari, tj. njihovo energetsko iskorištenje. U radu je prikazana problematika zbrinjavanja otpadaka u gradu Zagrebu. Dani su prijedlozi rješenja opskrbe TE-TO otpadom, kao i rješenja infrastrukture (cestovne i željezničke).

### 1. UVOD

Zaštita i oblikovanje okoliša nalazi se u sferi interesiranja politike, znanosti i privređivanja. Narasla svijest o svim aspektima čovjekove djelatnosti nepobitna je i u nas, no, ta je svijest nedovoljno prisutna u pučanstvu, tako da nije još dostatna za odlučnije korake za sveobuhvatnije promjene privredne strukture na ekološkim načelima.

Problematika zbrinjavanja otpadnih tvari u Zagrebu aktualna je u posljednjim godinama, jer je grad suočen s nedostatkom prostora. I današnji način odlaganja otpada već je odavno zastario. Brojnim pokušajima sanacije odlagališta Jakuševac nije se uspjelo pronaći adekvatno rješenje problema, a niti je nađen drugi deponij, pa se prišlo pripremama za gradnju spalionice otpadnih tvari.

Suvremeno koncipirana spalionica otpadaka po uzoru na takve u nekim zapadnim zemljama, u kojima se isti procesi iskorištavanja otpadnih tvari provode već desetljećima, bila bi funkcionalno vezana na termoelektranu - toplanu (TE-TO).

Iskustva drugih zemalja pokazuju koliku opasnost za okoliš predstavljaju nekontrolirani deponiji otpadaka, posebno tehnoloških, kao i to da su takvi deponiji aktivni i 50 do 100 godina.

Spaljivanje ili incineracija gradskih otpadaka, danas najrašireniji način uništavanja otpadaka, isključivši odlaganje na slobodne površine, započelo se u velikim pećima provoditi u Engleskoj pri kraju prošlog stoljeća. U kontinentalnom dijelu Evrope spaljivati se počelo u Hamburgu,

i to 1895. godine, a neposredni povod bila je epidemija kolere. Nakon toga spaljivanje u velikim pećima počelo se primjenjivati u brojnim drugim evropskim gradovima (1906.god. - Frankfurt, Kiel i Wiesbaden, 1910.god. - Bremen, 1911/1912. - Hamburg, te 1920. god. - Berlin).

Devastacija velikih površina gradskog zemljišta i učestala onečišćenja zagrebačkih vodocrpilišta u posljednjim su godinama potencirala nužnost pronalaženja ekološki prihvatljivog rješenja zbrinjavanja otpadnih tvari grada Zagreba, što je rezultiralo spalionicom za otpad.

Takav način zbrinjavanja gradskih otpadaka - u procesu spaljivanja - ima brojne prednosti od kojih su najvažnije:

- bespriječna higijeničnost postupka (spaliti se mogu praktički sve vrste gradskih otpadaka, uz neznatne troškove);
- proizvodi spaljivanja - dim, pepeo i zgura potpuno su sterilni i neškodljivi za okoliš (komunalni otpad);
- volumen otpadaka nakon spaljivanja smanjuje se deset i više puta;
- postrojenje za spaljivanje otpadaka može se smjestiti u bilo kojem dijelu grada s obzirom na higijeničnost postupka i male zahtjeve za površinom;
- ekonomičnost postupka prodajom nusproizvoda kao što su toplinska i električna energija, željezo, zgura i slično.

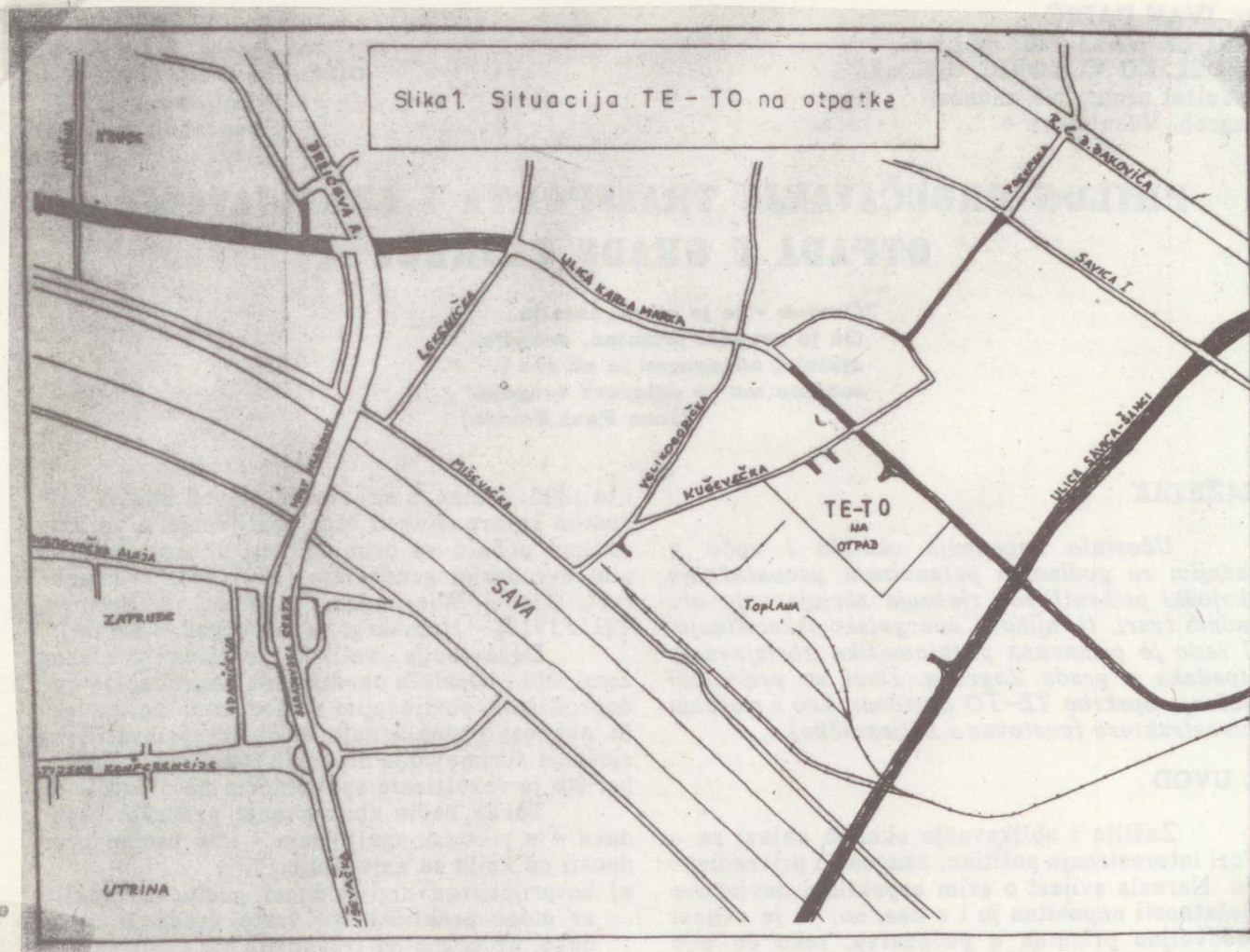
Predviđeni prostor za termotoplanu na otpatke nalazi se u istočnom dijelu grada Zagreba, oko 4 km od središta, na lijevoj obali rijeke Save uz već postojeću TE-TO termotoplanu u Kuševačkoj ulici. Preciznije rečeno, ovaj se prostor nalazi između Kuševačke ulice na zapadu i buduće Ulice Karla Marxa te postojeće ograde TE-TO i Savice na istoku, što je vidljivo na slici 1.

### 2. TEHNOLOGIJA RADA TE-TO NA OTPAD

Sustav spaljivanja otpadaka u TE-TO na otpad sastojao bi se od tri podsustava:

- spalionica komunalnog otpada,
- spalionica industrijskog (tehnološkog) otpada, i





Slika 1. Termoelektrana - toplana na otpad zauzima 67000 m<sup>2</sup> površine trapeznog oblika, te ima osigurane priključke na svu potrebnu infrastrukturu u okviru rješenja za naselje SAVICA-ŠANCI.

- turbogeneratorsko postrojenje za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije.

### 2.1. Spalionica komunalnog otpada

Komunalni otpaci dopremaju se iz deset gradskih općina i četiri prigradske općine grada Zagreba vozilima RO "Čistoća", nosivosti od 1,5 do 10 tona (5-25 m<sup>3</sup>). Vozila prelaze preko kolne vage za registriranje težine otpadaka, te pristupnom cestom odlaze na platformu na kojoj se nalaze osmora vrata, i to sedam za komunalni otpad i jedna za glomazni otpad.

Vrata su regulirana semaforiskim signalima. Iskrcaj otpada obavlja se u bunker kapaciteta 12 000 m<sup>3</sup>, tj. 4500 do 5400 tona, koji je u podtlaku zbog sprečavanja širenja neugodnih mirisa iz bunkerskog prostora. Za glomazni komunalni otpad predviđene su škare za usitnjavanje postavljene na razini poda hale za iskrcaj.

Za spaljivanje komunalnog otpada prihvaćen je sustav roštilja s ložištem, prema tehnologiji W+E, koji može proizvesti karlovačka "Jugoturbina", a moguća je i primjena ponuđenog

sustava INGRE (tehnologija BABCOCK).

Vrijeme zadržavanja otpadaka odnosno goriva na roštilju (zona sušenja, glavna zona izgaranja i zona dogaranja) ovisno je o kapacitetu spaljivanja, sastavu goriva, načinu pogonjenja itd. i traje 30 - 90 minuta.

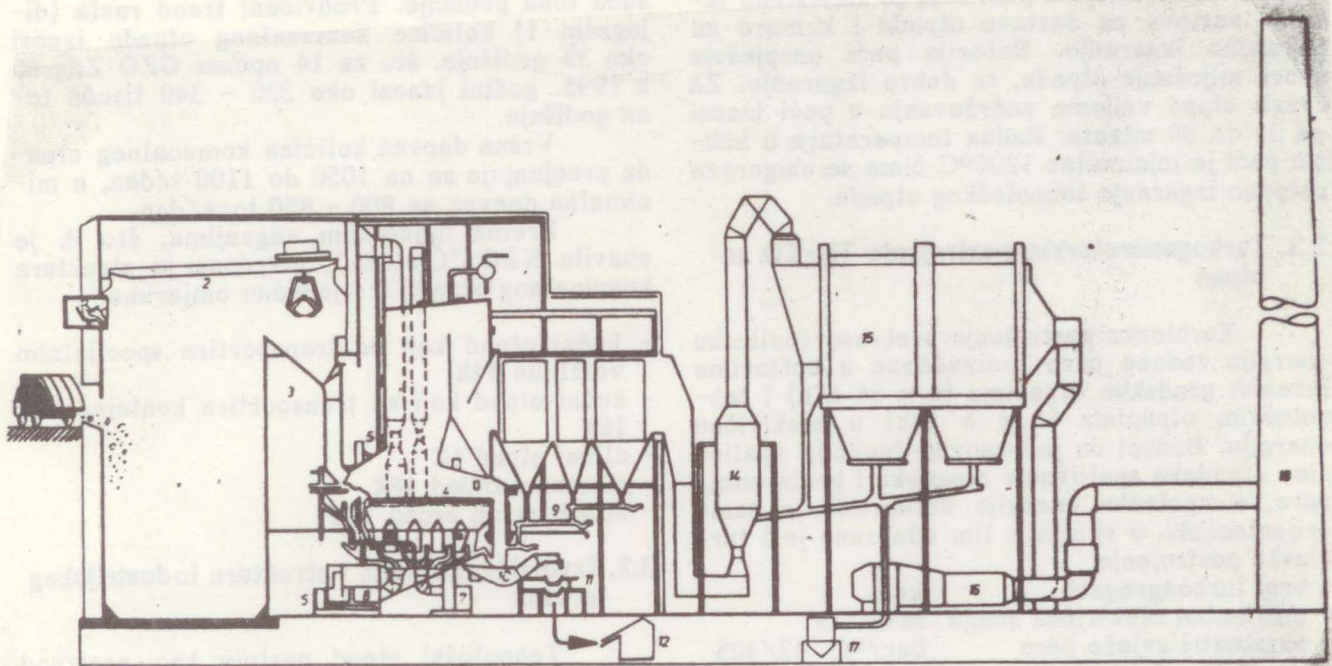
### 2.2. Spalionica industrijskog (tehnološkog) otpada

Tehnološki otpad grada Zagreba potječe iz industrije grada, uglavnom iz naftne, petrokemijske, kemijske, kožarske, farmaceutske i elektroprerađivačke industrije. Tehnološki otpad u TE-TO na otpatke dovozi se u kontejnerima (kao kruti i muljeviti otpad), limenim bačvama od oko 200 litara ili auto-cisternama (tekući otpad) i pumpabilni otpad u limenim bačvama koje se nakon usitnjavanja spaljuju.

Pri prijemu tehnološki se otpad obvezno vozi na uzorkovanje i ispitivanje u laboratoriju te se na temelju rezultata analize obavlja njegovo preuzimanje.

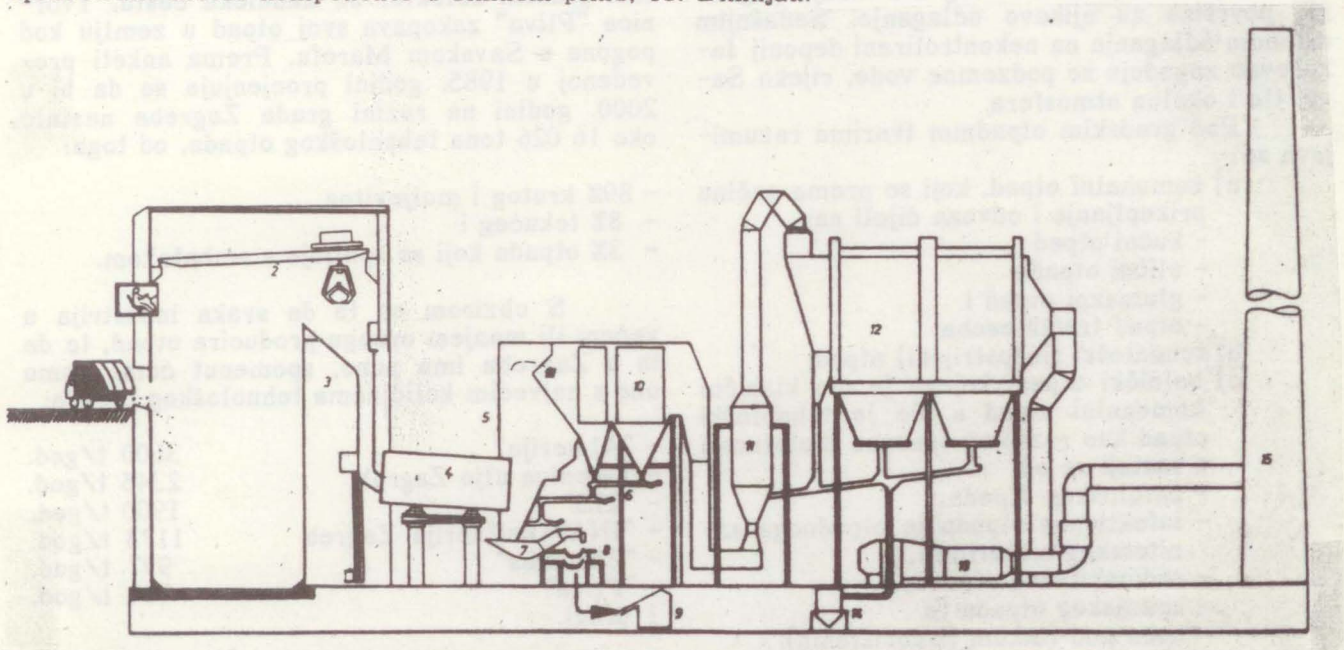
Kruti tehnološki otpad upućuje se u bunker za otpatke, zapremine 500 m<sup>3</sup> što je do-





Slika 2. Postrojenja za spaljivanje komunalnog otpada

Legenda: 1. Bunker; 2. Kran; 3. Ulazni dio peći; 4. Roštilj; 5. Plinski/uljni plamenik; 6. Puhala za zrak; 7. Puhala za zrak; 8. Predgrijač zraka; 9. Odvajanje zgre; 10. Odvajanje zgre; 11. Hladenje vodom; 12. Bunker za zgru (1500 m<sup>3</sup>); 13. Kotao za proizvodnju vodene pare; 14. Reaktor-dodavanje CaOH<sub>4</sub>; 15. Elektrostatski precipitator; 16. Puhalo za dimne plinove; 17. Silos za pepeo i apsorbirane kisele komponente u dimnom plinu; 18. Dimnjak.



Slika 3. Postrojenje za spaljivanje tehnološkog (industrijskog) otpada

Legenda: 1. Bunker; 2. Kran; 3. Ulazni dio peći; 4. Rotacijska peć; 5. Plinski/uljni plamenik; 6. Odvajanje pepela; 7. Odvajanje zgre; 8. Hladenje vodom; 9. Bunker za zgru; 10. Kotao za proizvodnju; 11. Reaktor-dodavanje CaOH; 12. Elektrostatski precipitator; 13. Puhalo za dimne plinove; 14. Silos za pepeo i apsorbirane kisele komponente u dimnim plinovima; 15. Dimnjak.

statno za tri dana.

Pumpabilni (muljeviti) otpad spaljuje se tako da se sadržaj bačve istoči u bunker muljevito otpada a bačva nakon usitnjavanja odlaze u bunker čvrstih otpadaka.

Stara ulja preuzimaju se u sustav cjevovoda i pumpanjem dodaju u komore za naknadno izgaranje. Sličan postupak provodi se i s tekućim otpadom.

Osnovu sustava za spaljivanje tehnološkog



otpada čini rotacijska peć, koja je smještena između sustava za dostavu otpada i komore za naknadno izgaranje. Rotacija peći pospješuje dobro miješanje otpada, te dobro izgaranje. Za čvrsti otpad vrijeme zadržavanja u peći iznosi od 30 do 90 minuta. Radna temperatura u bubnju peći je minimalno 1200°C čime se osigurava potpuno izgaranje tehnološkog otpada.

### 2.3. Turbogeneratorsko postrojenje TE-TO na otpad

Turbinsko postrojenje pretvara toplinsku energiju vodene pare proizvedene u kotlovima loženim gradskim otpacima (4 x 36 t/h) i tehnološkim otpacima (1 x 6 t/h) u električnu energiju. Budući da je osnovna funkcija spalionice otpadaka spaljivanje otpadaka i proizvodnja pare, a upotreba energije definirana je samo orijentacijski, u skladu s tim odabrano je i turbinsko postrojenje.

- broj turboagregata kom. 1
- nominalna električna snaga MW 25
- parametri svježe pare bar/°C 42/405

### 3. ANALIZA OTPADNIH TVARI GRADA ZAGREBA

Uz rast grada, problem zbrinjavanja otpadnih tvari postaje izraženiji, zbog njihova stalnog povećanja kao i zbog sve manje pogodnih površina za njihovo odlaganje. Sadašnjim načinom odlaganja na nekontrolirani deponij Jakuševac zagađuju se podzemne vode, rijeka Sava, tlo i okolna atmosfera.

Pod gradskim otpadnim tvarima razumijeva se:

- a) komunalni otpad, koji se prema načinu prikupljanja i odvoza dijeli na:
  - kućni otpad,
  - ulični otpad,
  - glomazni otpad i
  - otpad trećih osoba;
- b) tehnološki (industrijski) otpad;
- c) bolnički otpad, kojega je dio klasični komunalni otpad a dio je tehnološki otpad kao rezultat osnovne djelatnosti a sastoji se od:
  - patološkog otpada,
  - infektivnog otpada te otpadnoga sanitetskog materijala,
  - radioaktivnog otpada,
  - kemijskog otpada te
  - boca pod tlakom (iskorištenih).

#### 3.1. Izvorišta, količina i struktura komunalnog otpada

Na temelju istraživanja procjenjuju se količine komunalnog otpada za četiri vanjske općine Zagreba (Velika Gorica, Samobor, Sesvete, Zaprešić) na 25 - 30 tisuća tona godišnje u 1985. godini. Za ostalih deset općina procijenjena je količina 200 - 220 tisuća tona/godišnje, što je za ukupan GZO Zagreb 225 - 250 ti-

suća tona godišnje. Predviđeni trend rasta (dijagram 1) količine komunalnog otpada iznosi oko 3% godišnje, što za 14 općina GZO Zagreb u 1995. godini iznosi oko 320 - 340 tisuća tona godišnje.

Vršna dnevna količina komunalnog otpada procjenjuje se na 1050 do 1100 t/dan, a minimalna dnevna na 800 - 850 tona/dan.

Prema najnovijim vaganjima, što ih je obavila KRO "Čistoća", utvrđena je struktura komunalnog otpada u sljedećim omjerima:

- kućni otpad koji se transportira specijalnim vozilima 44%
- kućni otpad koji se transportira kontejnerima 16%
- ulični otpad 6%
- glomazni otpad 18%
- otpad trećih osoba 16%

#### 3.2. Izvorišta, količina i struktura industrijskog otpada

Tehnološki otpad nastaje kao proizvod industrijske proizvodnje i raširen je kao i industrija. Pojedine vrste ovog otpada zahtijevaju poseban tretman pri zbrinjavanju. Tehnološki su se otpaci pretežno odlagali u mrtvim rukavcima rijeke Save kod Petruševca, a dio tekućeg ispušta se u gradsku kanalizaciju, posebno u napušteni gradski kolektor uz Radničku cestu. Tvornica "Pliva" zakopava svoj otpad u zemlju kod pogona u Savskom Marofu. Prema anketi provedenoj u 1985. godini procjenjuje se da bi u 2000. godini na razini grada Zagreba nastalo oko 16 026 tona tehnološkog otpada, od toga:

- 89% krutog i muljevitog,
- 8% tekućeg i
- 3% otpada koji se spaljuje s ambalažom.

S obzirom na to da svaka industrija u većem ili manjem opsegu producira otpad, te da ih u Zagrebu ima puno, spomenut ćemo samo one s najvećim količinama tehnološkog otpada:

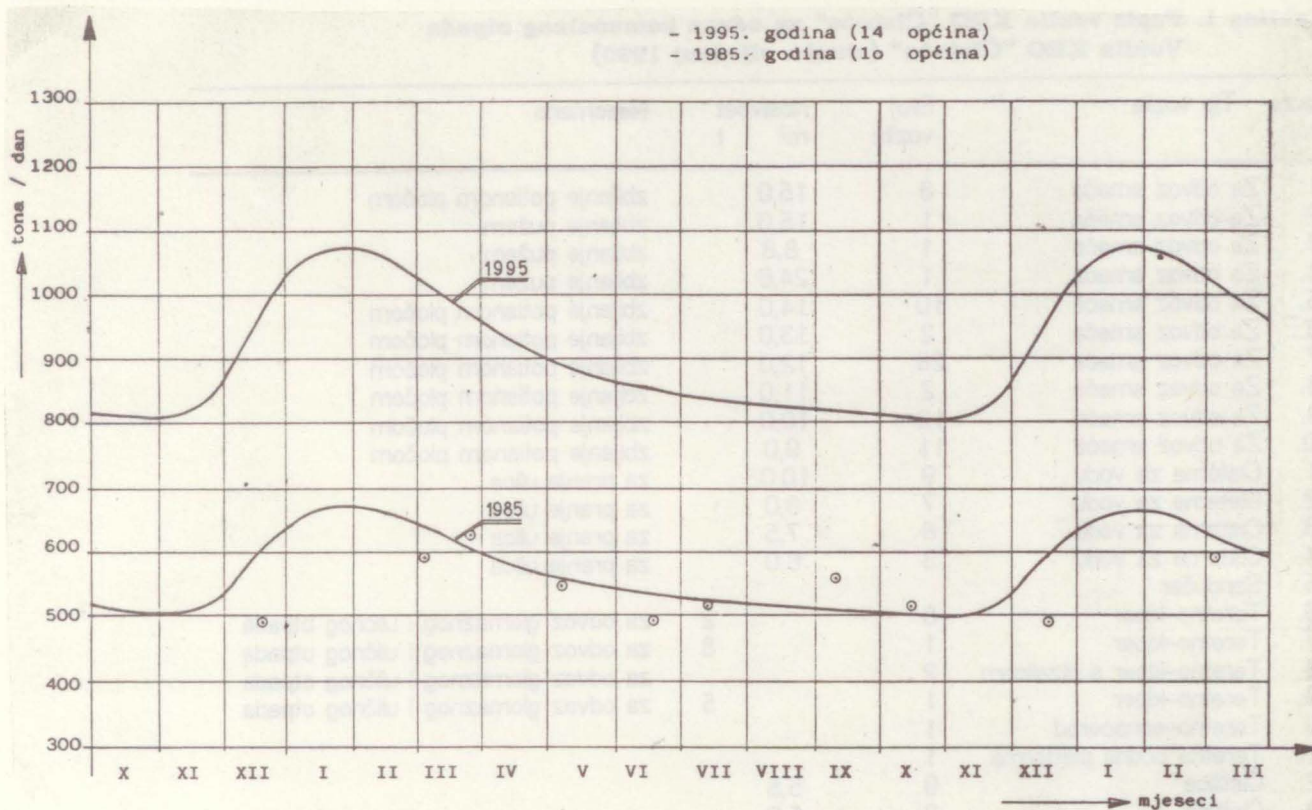
- "Almerija"	3600 t/god.
- Tvornica ulja Zagreb	2345 t/god.
- "RIS"	1900 t/god.
- "INA"-Rafinerija Zagreb	1173 t/god.
- "Chromos"	997 t/god.
- "Pliva"	714 t/god.
i drugi.	

#### 3.3. Količine i mjesta nastanka bolničkog otpada

Producenti bolničkog otpada su sve zdravstvene institucije na području GZO Zagreb. Iz ove skupine za spaljivanje je pogodan samo infektivni bolnički otpad, dok se druge vrste zbrinjavaju drugim adekvatnim metodama.

Količine bolničkog otpada koje dolaze u obzir za spaljivanje u TE-TO na otpad iznose:





Dijagram 1.

- 1986. god. 15,2 t/dan
- 1995. god. 19,3 t/dan
- 2000. god. 20,0 t/dan

Od toga na infektivni bolnički otpad otpada:

- 1986. god. 2,8 t/dan,
- 1995. god. 3,3 t/dan
- 2000. god. 3 t/dan.

#### 4. OBILJEŽJA POSTOJEĆE TRANSPORTNE PONUDE ZA PRIJEVOZ OTPADA U GZO ZAGREB

Prijevoz otpadaka na razini GZO Zagreb obavlja se sredstvima koja su najvećim dijelom vlasništvo komunalnih radnih organizacija specijaliziranih za ovu djelatnost, transportnim sredstvima interprodukcije, te unajmljenim transportnim sredstvima. Komunalne radne organizacije (KRO "Čistoća" i izvangradske "Prigorac" - Sesvete; "Velkom"-Velika Gorica; "Komunalac"-Samobor; KGRO-Zaprešić) posjeduju specijalizirani vozni park namijenjen prvenstveno prikupljanju, prijevozu i deponiranju otpada, izuzev cisterni za vodu.

Osnovni tipovi vozila kojima raspolažu komunalna poduzeća za prikupljanje i transport otpada jesu:

- a) Specijalna vozila kojima se odvozi komunalni otpad. Ova su vozila i najbrojnija. Osim transportiranja ona obavljaju i zbijanje otpada, a po načinu zbijanja mogu se podijeliti

u dva tipa:

- ona koja zbijanje obavljaju pločom za zbijanje i
- ona koja zbijanje obavljaju pužem.

Sva vozila mogu imati uređaj za ukrcaj otpada u kantama i kontejnerima.

- b) Autopodizači su vozila za prijevoz većih kontejnera, zapremine 6 m<sup>3</sup>. Ova vozila imaju uređaj za podizanje i smještaj kontejnera, te za iskrcaj, slično kao kiper-vozilo. Nakon prijevoza i iskrcaja otpada uglavnom i vraćaju kontejner na mjesto dovoza. Da bi se smanjili prazni hodovi, uza svaki autopodizač u radu postoji jedan prazan kontejner.
- c) Radna vozila (čistilice različitih vrsta) kojima se i prikuplja i transportira ulični otpad.
- d) Teretna vozila s uređajima za samoiskrcaj (kiperi) različitih vrsta, kojima se prevoze razne vrste otpada.
- e) Teretna vozila s dizalicama za ukrcaj i transport komunalnog otpada većih dimenzija.

#### 4.1. Transportni kapaciteti KRO "Čistoća"

Prelaskom s uvoznih programa transportnih sredstava na domaće programe TAM-a i FAP-a a u suradnji s industrijom RIKO iz Ribnice KRO "Čistoća"-Zagreb uspijeva zadovoljiti potrebe za transportnim kapacitetima. U tablici 1. dan je prikaz stanja voznog parka u KRO "Čistoća".



**Tablica 1. Popis vozila KRO "Čistoća" za odvoz komunalnog otpada**  
**Vozila KRO "Čistoća" (stanje: siječanj 1990)**

Redni broj	Tip vozila	Broj vozila	Nosivost m <sup>3</sup> t	Napomena
1.	Za odvoz smeća	8	15,0	zbijanje potisnom pločom
2.	Za odvoz smeća	1	15,0	zbijanje pužem
3.	Za odvoz smeća	1	8,8	zbijanje pužem
4.	Za odvoz smeća	1	24,6	zbijanje pužem
5.	Za odvoz smeća	10	14,0	zbijanje potisnom pločom
6.	Za odvoz smeća	2	13,0	zbijanje potisnom pločom
7.	Za odvoz smeća	28	12,0	zbijanje potisnom pločom
8.	Za odvoz smeća	2	11,0	zbijanje potisnom pločom
9.	Za odvoz smeća	12	10,0	zbijanje potisnom pločom
10.	Za odvoz smeća	11	9,0	zbijanje potisnom pločom
11.	Cisterna za vodu	9	10,0	za pranje ulica
12.	Cisterna za vodu	7	8,0	za pranje ulica
13.	Cisterna za vodu	6	7,5	za pranje ulica
14.	Cisterna za vodu	3	6,0	za pranje ulica
15.	Sandučar			
16.	Teretno-kiper	8		2 za odvoz glomaznog i uličnog otpada
17.	Teretno-kiper	1		8 za odvoz glomaznog i uličnog otpada
18.	Teretno-kiper s dizalicom	2		za odvoz glomaznog i uličnog otpada
19.	Teretno-kiper	1		5 za odvoz glomaznog i uličnog otpada
20.	Teretno-sanscerod	1		
21.	Teretna podna platforma	1		
22.	Čistilica	9	5,5	
23.	Čistilica	2	5,0	
24.	Čistilica	9	1,2	
25.	Cisterna za fekalije	8	5-8	
26.	Osobno	16		razni tipovi vozila (organizacija rada, nadzora i sl.)
27.	Buldozer	4		razgrtanje smeća
28.	Autodizač	2		razgrtanje smeća

#### 4.2. Transportni kapaciteti komunalnih radnih organizacija u vanjskim općinama GZO Zagreb

Iz tablice 2. vidi se da četiri izvangradske općine raspolažu s:  
 - 13 specijalnih vozila za odvoz otpada i  
 - 7 autopodizača za kontejnere za otpad.

Broj vozila a pogotovu transportni rad ostalih prevoznika vrlo teško je preciznije odrediti. Može se ustvrditi da se otpad drugih prevoznika prevozi različitim tipovima vozila. Uglavnom su to teretna vozila (kiperi) različitih nosivosti. Vrlo rijetko su ta vozila zatvorena.

Otpad iz jedinica i ustanova JNA prevoze vojna vozila tipa autopodizača za kontejnere od 6 m<sup>3</sup>.

Zdravstvene organizacije često ne prevoze adekvatnim vozilima onaj dio otpada koji ne prevozi KRO "Čistoća" (patološki i drugi otpad).

#### 5. ANALIZA TRANSPORTNOG RADA PRI PRIJEVOZU OTPADA

Najbolji način da se sagleda transportni rad jeste evidentiranje netotonskih i brutotonskih kilometara radi utvrđivanja korisnog rada

**Tablica 2. Komunalna poduzeća vanjskih općina GZO Zagreba raspolažu sljedećim kapacitetima:**

"Prigorac" - Sesvete: specijalna vozila za odvoz otpada	kom. 3
- autopodizači (za kontejnere do 6 m <sup>3</sup> )	2
Ukupno vozila	5
"Velkom" - Velika Gorica	
- specijalna vozila za odvoz otpada	4
"Komunalac" - Samobor	
- specijalna vozila za prijevoz otpada	3
- autopodizači (za kontejnere do 6 m <sup>3</sup> )	3
Ukupno vozila	6
KGRO - Zaprešić	
- specijalna vozila za odvoz otpada	3
- autopodizači (za kontejnere do 6 m <sup>3</sup> )	2
Ukupno vozila	5

prema ukupnom transportnom radu. Utvrđivanje stvarnoga transportnog rada na organizaciji



prikupljanja i odvoza otpada na području GZO Zagreba bio bi složen i skup posao. Zato će se na temelju raspoloživih podataka o stvarnim količinama prevezenog otpada, te o prijeđenim kilometrima vozila koja ga prevoze dati slika transportnog rada. Transportni rad se mijenja ovisno o količinama otpada, te o udaljenosti na koje se prevozi otpad.

Dosta precizno, a time i pouzdano, moguće je utvrditi transportni rad koji obave komunalna poduzeća jer se na temelju udaljenosti i količina može utvrditi transportni rad u tkm. Pritom, pri prikupljanju kućnog smeća i komunalnog otpada koji se prikuplja u vrećicama, kantama i 110-litarskim kontejnerima, postoji problem popunjenosti vozila. U radu autopodizača (kontejneri od 6 m<sup>3</sup>) taj problem nije izražen jer od ukrcaja smeća pa do iskrcaja nema promjene mase tereta na vozilu. Za prijevoze otpada koji obave drugi prijevoznici moguće je nakon vaganja i utvrđivanja mjesta s kojih se prevozi otpad utvrditi i transportni rad u tkm.

### 5.1. Transportni rad u prijevozu otpada KRO "Čistoća"

Vaganje otpada daje stvarne količine prikupljenog i prevezenog otpada. Sva dosadšnja snimanja količine otpada međutim nisu

utvrđivala duljine puta što su ga vozila ostvarila.

Pri snimanju količina kućnog otpada utvrđeni su sljedeći podaci:

- dan odvoza,
- garažni broj vozila,
- raspored rada (program rada) kojim se utvrđuje odakle se uzima smeće,
- broj odvoza na dan,
- netomasa smeća u kg,
- nosivost vozila (kg),
- premašena brzina.

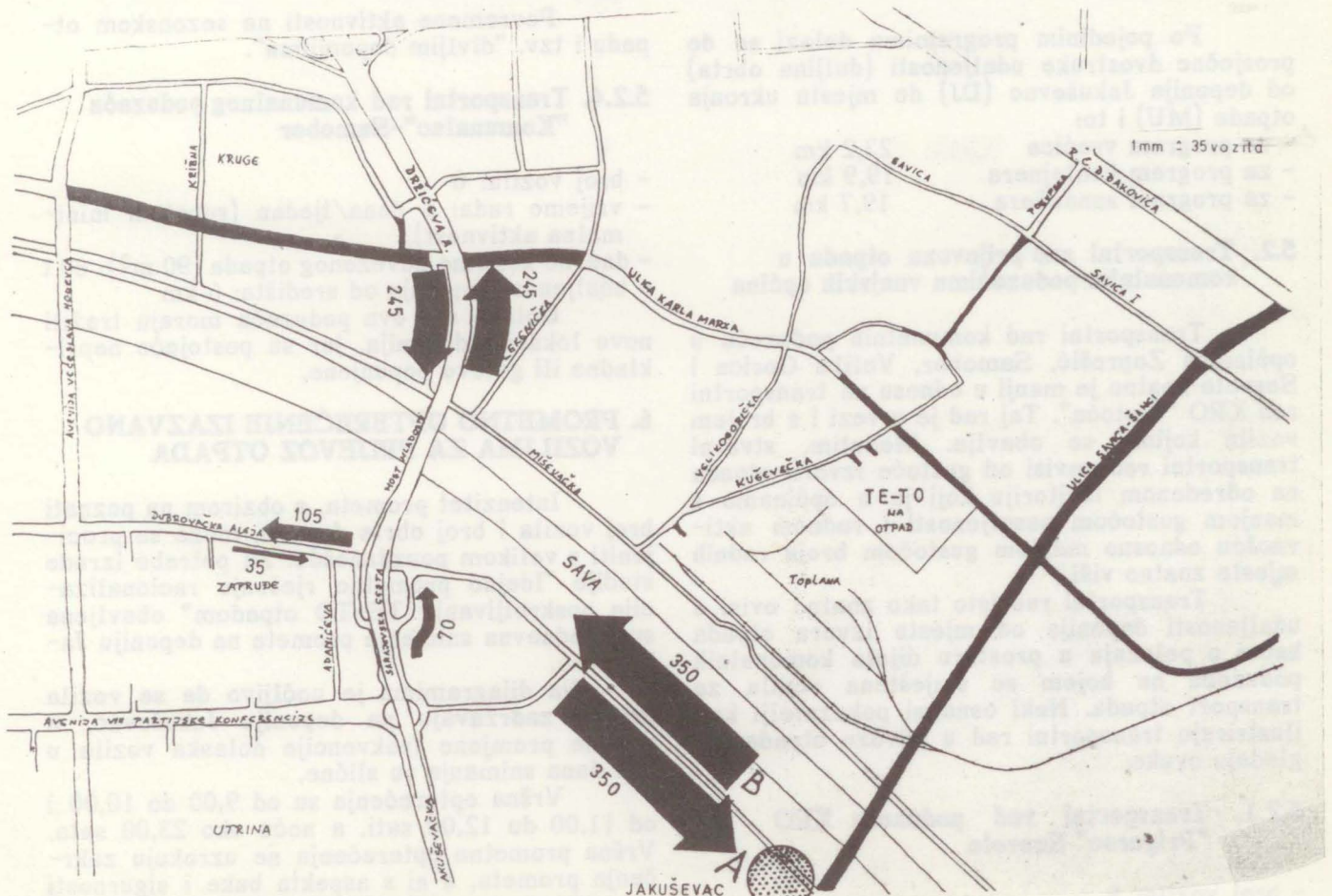
Program rada KRO "Čistoća" obuhvaća:

- a) plastične vrećice,
- b) 80-litarske kante i 1100-litarske kontejnere
- c) autopodizače (6 m<sup>3</sup>) (sandučare).

Neki osnovni pokazatelji transportnog rada vozila KRO Čistoća:

- Prosječan broj obrtaja vozila dnevno:
  - program plastičnih vrećica 1,65 o/dan
  - program kontejnera 1,77 o/dan
  - program sandučara (autopodizača) 6,21 o/dan
- Prosječan broj prijeđenog puta dnevno:
  - program plastičnih vrećica 31,93 km/dan
  - program kontejnera 29,22 km/dan
  - program autopodizača (sandučara) 20,76 km/dan
- Broj angažiranih vozila dnevno:
 

- program plastičnih vrećica	37 vozila
- program kontejnera	32 vozila
- program sandučara	4 vozila



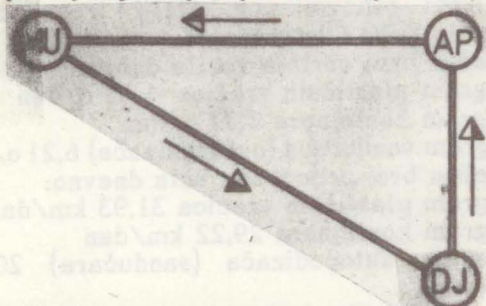
Slika 4. Intenzitet prometa izazvan dovozom otpada na deponij "Jakuševac"



Prosječno procijenjeno proračunsko vrijeme (t) koje protekne od izlaska vozila iz prostora za parkiranje i garažiranje vozila (lokacija KRO "Čistoća"):

- program plastičnih vrećica 20 minuta
- program kontejnera 25 minuta
- program sandučara 25 minuta

Za uočavanje transportnog rada važni su podaci o mjestu ukrcaja otpada, mjestu deponiranja otpada, o položaju mjesta parkiranja i garažiranja, podaci o međusobnim udaljenostima između lokacije KRO "Čistoća" (autopark AP), deponija "Jakuševac" (Dj) te procijenjene udaljenosti od mjesta ukrcaja (MU) do autoparka (AP) (sl. 5) u postojećoj cestovnoj mreži.



Slika 5. Schematski prikaz odnosa položaja u prostoru mjesta ukrcaja otpada (MU), deponija "Jakuševac" (DJ) i autoparka odnosno KRO "Čistoća" (AP)

Po pojedinim programima dolazi se do prosječne dvostruke udaljenosti (duljina obrta) od deponija Jakuševac (DJ) do mjesta ukrcaja otpada (MU) i to:

- za program vrećica 23,2 km
- za program kontejnera 19,9 km
- za program sandučara 19,7 km

## 5.2. Transportni rad prijevoza otpada u komunalnim poduzećima vanjskih općina

Transportni rad komunalnih poduzeća u općinama Zaprešić, Samobor, Velika Gorica i Sesvete znatno je manji u odnosu na transportni rad KRO "Čistoća". Taj rad je u vezi i s brojem vozila kojima se obavlja. Međutim, stvarni transportni rad zavisi od gustoće izvora otpada na određenom teritoriju koji je u općinama s manjom gustoćom naseljenosti i radnom aktivnošću odnosno manjom gustoćom broja radnih mjesta znatno viši.

Transportni rad isto tako znatno ovisi o udaljenosti deponija od mjesta izvora otpada kao i o položaju u prostoru dijela komunalnih poduzeća na kojem su smještene vozila za transport otpada. Neki osnovni pokazatelji koji ilustriraju transportni rad u odvozu otpada izgledaju ovako:

### 5.2.1. Transportni rad poduzeća KRO "Prigorac" Sesvete

- broj vozila: 5
- vrijeme rada: 5 dana/tjedan (šesti dan - su-

bota - minimalna aktivnost):

- udaljenost deponija od lokacije poduzeća: 15 km,
  - dnevna količina odvezenog otpada (80 m<sup>3</sup>): 50 t
  - prosječna udaljenost prijevoza otpada: 25 km
- Povremeno se javljaju aktivnosti na sezonskom otpadu i uklanjanju tzv. "divljih deponija".

### 5.2.2. Transportni rad KGRO-Zaprešić

- broj vozila: 6
- udaljenost deponija od poduzeća: 2,5 km
- dnevna količina prevezenog otpada (120 m<sup>3</sup>): 70 t
- vrijeme rada: 5 dana/tjedan (subota: minimalna aktivnost).

Povremeno se obavljaju odvozi sezonskog otpada i uklanjaju tzv. "divlji deponiji".

### 5.2.3. Transportni rad komunalnog poduzeća "Velkom"-Velika Gorica

- broj vozila: 4
- vrijeme rada: 5 dana/tjedan (subotom minimalna aktivnost)
- udaljenost deponija od središta grada odnosno poduzeća: 10 km
- dnevna količina prevezenog otpada (50 m<sup>3</sup>): 30 t

Povremene aktivnosti na sezonskom otpadu i tzv. "divljim deponijima".

### 5.2.4. Transportni rad komunalnog poduzeća "Komunalac"-Samobor

- broj vozila: 6
- vrijeme rada: 5 dana/tjedan (subotom minimalna aktivnost),
- dnevne količine odvezenog otpada (90 m<sup>3</sup>): 60 t
- udaljenost deponija od središta: 6 km

Gotovo sva ova poduzeća moraju tražiti nove lokacije deponija, jer su postojeće neprikladne ili gotovo popunjene.

## 6. PROMETNO OPTEREĆENJE IZAZVANO VOZILIMA ZA PRIJEVOZ OTPADA

Intenzitet prometa, s obzirom na poznati broj vozila i broj obrta dnevno, može se procijeniti s velikom pouzdanošću. Za potrebe izrade studije "Idejno prometno rješenje racionalizacije opskrbljivanja TE-TO otpadom" obavljena su višednevna snimanja prometa na deponiju Jakuševac.

Na dijagramima je uočljivo da se vozila kratko zadržavaju na deponiju Jakuševac, a dnevne promjene frekvencije dolaska vozila u oba dana snimanja su slične.

Vršna opterećenja su od 9,00 do 10,00 i od 11,00 do 12,00 sati, a noću oko 23,00 sata. Vršna prometna opterećenja ne uzrokuju zakrčenja prometa, a ni s aspekta buke i sigurnosti prometa ne predstavljaju značajniju opasnost. Ni zagađenje okoliša u normalnim uvjetima re-



dovitog skupljanja i transporta otpada nije izraženo.

### 6.1. Stanje transportne infrastrukture

Za potrebe prikupljanja i prijevoza otpada važna je ukupna cestovna infrastruktura na teritoriju GZO Zagreb. Cestovna i ulična mreža magistralnih i regionalnih cesta (uključujući i auto-cestu) važna je više s aspekta distribucije prometnih tokova, odnosno vođenja tranzitnog prometa vozila kada prevoze otpad od izvora do deponija, odnosno do TE-TO na otpad, a manje s aspekta neposrednog prikupljanja otpada.

Ulice u naseljima, parkirališta te kolni pristupi objektima najvažniji su za proces prikupljanja odnosno ukrcaja otpada. Brzina putovanja vozila koja prevoze otpad zavisi prvenstveno od ukupnih uvjeta i mogućnosti brzine prometnih tokova u cestovnoj prometnoj mreži grada Zagreba.

Prosječne su brzine putovanja dosta male zbog više razloga, od kojih su najvažniji:

- a) Sustav regulacije i organizacije prometnih tokova u središtu grada ne zadovoljava, zbog osobito izraženih nepotrebnih sukoba prometnih tokova na nekim križanjima u središtu grada Zagreba, a za ilustraciju može poslužiti križanje Miramarska - Mihanovićeve,
- b) Višefazni (trofazni i četverofazni) sustav semaforne regulacije na najvažnijim križanjima u Zagrebu također umanjuje prosječnu brzinu kretanja vozila, odnosno prometnog toka, a izraziti su primjeri gotovo sva križanja na ulicama Proleterskih brigada, Savskoj, te avenijama: Ljubljanskoj, Beogradskoj, Bratstva i jedinstva,
- c) Nekompletnost ulične i cestovne prometne mreže na području GZO Zagreb: najkritičnija su mjesta na području grada neizgrađeni denivelirani prijelazi cesta ispod željezničke pruge.

Prema sadašnjoj organiziranosti željezničkog prometa i stanju željezničke infrastrukture ne može se uključiti željeznica u prijevoz otpada na razini grada Zagreba kao što je to učinjeno u većini gradova Zapadne Evrope. Međutim, moguće je, na temelju stanja i obujma izgrađenosti željezničke infrastrukture, uključivanje željeznice u prijevoz otpada iz vanjskih općina.

Gradnjom podstanica za prikupljanje i prekrcaj otpada uz željezničku prugu može se, vjerojatno, mnogo racionalnije i jeftinije prevoziti otpad od vanjskih općina do TE-TO na otpad. Da bi to bilo ekonomski opravdano, nužna je gradnja odgovarajuće željezničke infrastrukture u okviru željezničkog čvorišta u Zagrebu, te gradnja željezničke pruge do Samobora.

Ograničujući činitelji optimizacije usklađenosti postojeće transportne ponude i potražnje prijevoza otpada očituju se u sezonskim promjenama nastanka otpada, te u različitostima njegova nastanka po pojedinim danima, tjednima...

Neravnomjernost u kvaliteti i količini otpada naročito je uočljiva u proljetnom i jesenskom razdoblju, osobito u stambenim zonama individualnih objekata, vanjskim općinama i prigradskim naseljima.

U okviru postojeće organizacije prikupljanja, prijevoza i odlaganja otpada ne postoje značajnija "uska grla" u prometu, izuzimajući prikupljanje otpada u središtu grada čime se ometa cestovni i tramvajski promet.

Porast intenziteta prometa u gradskoj uličnoj mreži sve će više potencirati taj problem te utjecati na nužnost odvoza otpada u noćnim satima. Realizacijom riječnog pristaništa na Savi uvelike bi se smanjili troškovi prijevoza ugljena i mazuta za TE-TO, a dio kojeg bi se koristio kao pomoćno gorivo u spalionici otpada.

Odvoz nusproizvoda (zgure i pepela) iz TE-TO može se pokazati racionalnim ako se obavlja i cestovnim prijevozom, iako valja nastojati da se obavlja željeznicom.

### 7. ZAKLJUČAK

Položaj kompleksa TE-TO na otpad u odnosu na transportnu infrastrukturu (cestovnu i željezničku) zadovoljava.

Eksterne cestovne veze kompleksa TE-TO ne zadovoljavaju jer je on vezan na planiranu cestovnu mrežu samo s dva ulaza-izlaza na Kuševačku ulicu. Jedan je cestovni ulaz predviđen za TE-TO Zagreb, a drugi za TE-TO na otpad.

Za cijeli kompleks nužno je dodati, odnosno planirati još dva ulaza, ulaz u kompleks TE-TO sa sjeverne strane s Ulice Karla Marxa, te sa zapadne strane s ulice Savica-Šanci. Prvotna dva ulaza u sadašnjoj izgrađenosti ulične mreže bila bi zadovoljavajuća.

Da se izbjegne nepotrebno sukobljavanje prometnih tokova, nužna je izvedba novoplaniranih cesta (Lekeničke, dio Kuševačke ulice, te rekonstrukcija Miševačke ulice).

Uz željezničke veze predviđene GUP-om nužna je izvedba matičnoga kolosijeka do TE-TO na otpad, koji treba uskladiti sa sustavom unutarnjeg transporta i sustavom za prekrcaj zgure i pepela, kako bi se mogao racionalno prevoziti otpad željeznicom iz vanjskih općina GZO Zagreb, odnosno odvoziti zgura i pepeo.

Valja istaknuti da se transport otpada u cjelini ne može promatrati odvojeno od njegove organizacije i tehnologije prikupljanja: racionalizaciju prijevoza otpada moguće je činiti samo racionalizacijom cjelokupnog procesa, što je ostvarljivo davanjem koncesija od javnog poduzeća, zaduženog za ovu djelatnost na razini grada, pojedincima i skupinama zainteresiranih poduzetnika.

U okviru daljnjeg rada na tehničkoj dokumentaciji nužno je:

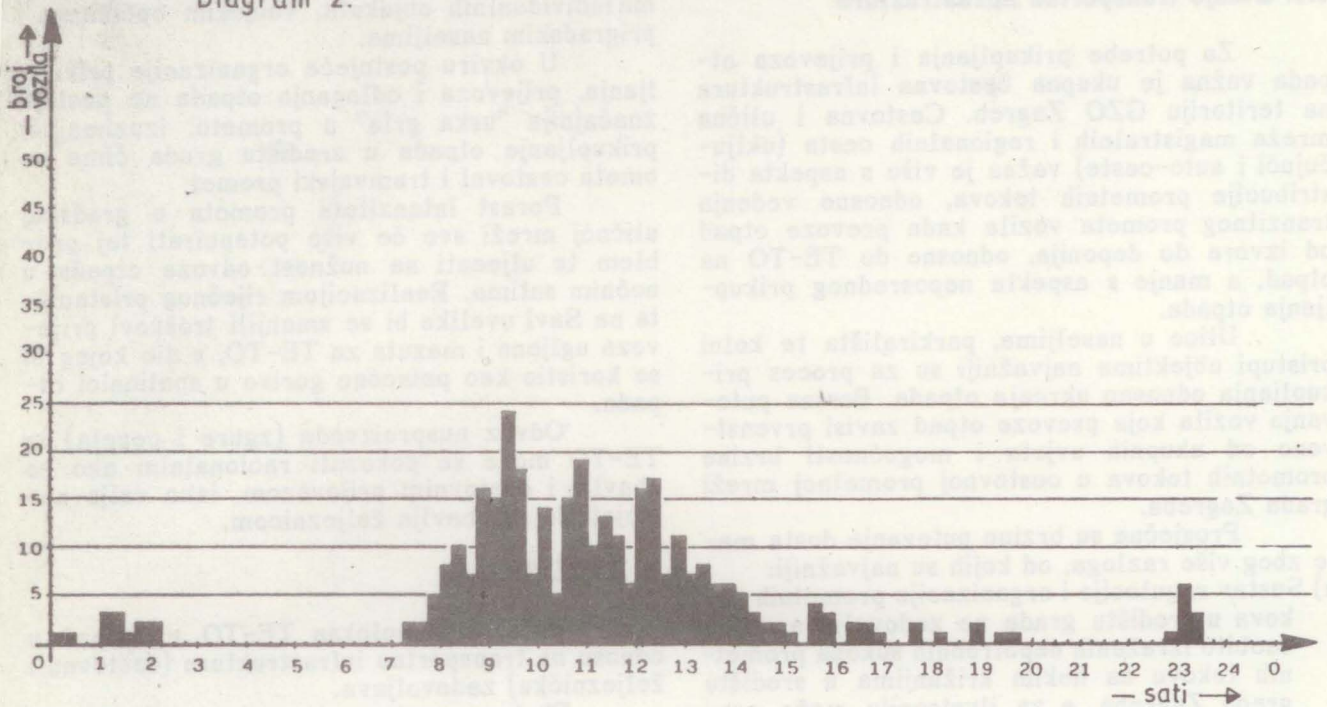
- izmjenom provedbenog plana TE-TO Zagreb, te TE-TO na otpad predvidjeti interne ce-



Dnevna frekvencija dolaska vozila ka deponiju Jakuševac

(na dan 21. II 1990.)

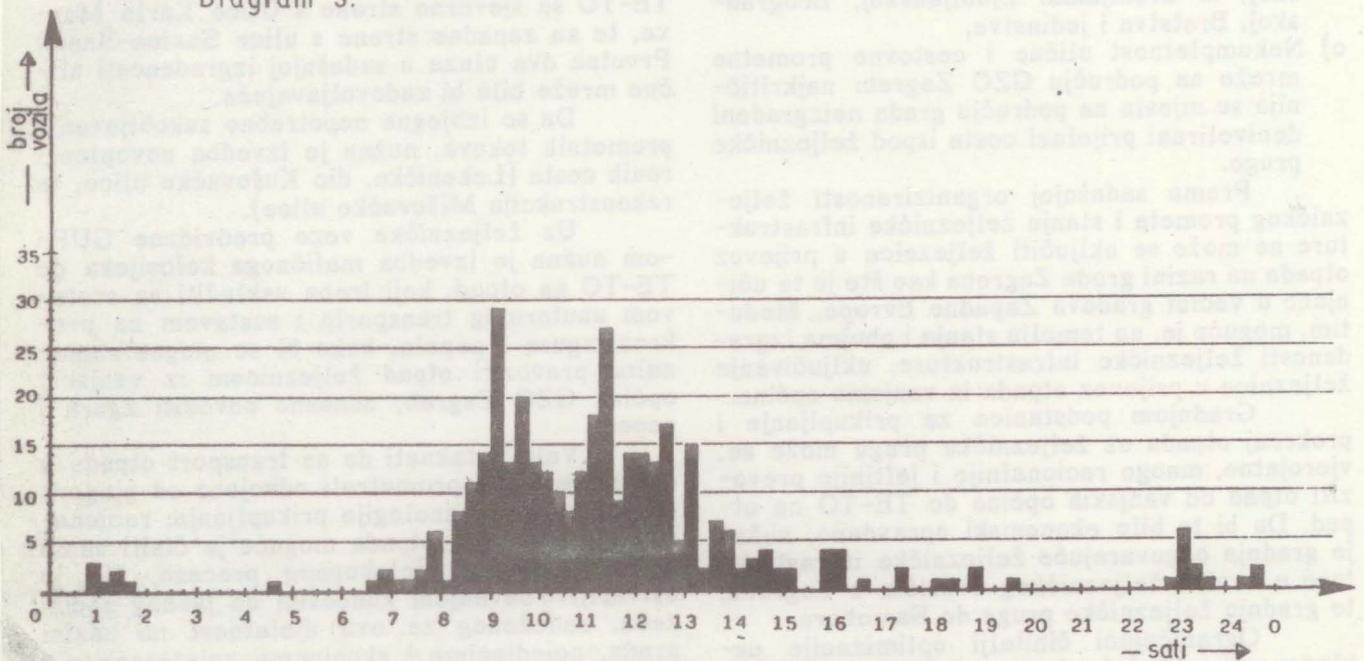
Diagram 2.



Dnevna frekvencija dolaska vozila ka deponiju Jakuševac

(na dan 26. II 1990.)

Diagram 3.



Dijagrami 2 i 3: Dnevna frekvencija dolaska vozila na deponij Jakuševac

stovne veze radi povezivanja cestovne mreže u cjelini;  
- pri izmjeni provedbenog plana osigurati nove

prilaze (ulaze i izlaze) ukupnom kompleksu s Ulice K. Marxa i s ulice Savica-Šanci;  
- izraditi etapnu realizaciju cestovne infra-



strukture TE-TO, kao i osigurati veze za novi most na Savi.

### SUMMARY

#### **A CONTRIBUTION TO THE STUDY OF WASTE TRANSPORT AND DISPOSAL IN THE CITY OF ZAGREB**

*Recurrent soil and water pollution has in recent period emphasized the search for an environmentally acceptable solution of waste disposal i.e. its subsequent utilization as power source. This paper deals with the issues of waste disposal in the city of Zagreb. Proposals are given of practical propositions, TE-TO waste supply and respective solutions of the infrastructure (road and rail system).*

### LITERATURA

- [1] Preliminarni investicijski program za TE-TO na otpatke Zagreb. Institut za elektroprivredu Zagreb, Zagreb, 1988.
- [2] Elaborat istražnih radova o otpacima grada Zagreba. Industrijski projektni zavod, OOUR "Uniprojekt", Zagreb, 1985.
- [3] Lj. SMOLJIĆ: Problematika zbrinjavanja otpadaka u gradu Zagrebu (s posebnim osvrtom na spalionicu). Sigurnost, 1990, 3.
- [4] I. DADIĆ, N. ĐAKOVIĆ, N. VUKOVIĆ i drugi: Idejno rješenje racionalizacije snabdijevanja TE-TO otpadom. Fakultet prometnih znanosti Zagreb, Zagreb, 1990.
- [5] I. ŽUPANOVIĆ: Tehnologija cestovnog prometa. Fakultet prometnih znanosti Zagreb, Zagreb, 1986.
- [6] I. ŽUPANOVIĆ: Model održavanja prometnica u gradovima. Fakultet prometnih znanosti Zagreb, Zagreb, 1985.
- [7] Uvjeti uređenja prostora za TE-TO na pogon otpadom na lokaciji Savica - Šanci. Urbanistički zavod grada Zagreba, Zagreb, 1988.