

Gospodarenje ostacima od čišćenja ulica

mr. sc. Alen Hadžić, dipl. ing., Petra Žvorc, dipl. ing., Ana Dundović, dipl. ing.

Zagrebački holding d.o.o, Podružnica Čistoća, Radnička cesta 82, Zagreb

Sažetak

Čišćenje i pranje javnih površina je jedna od komunalnih djelatnosti koju u gradu Zagrebu obavlja Zagrebački holding d.o.o., Podružnica Čistoća. Čišćenje javno-prometnih površina obavlja se iz higijenskih, estetskih i sigurnosnih razloga. Na taj se način sprečava da razni otpadni materijali kao što su zemlja i kamenje, sol od posipanja javnih prometnih površina, komadići stakla, metala, plastike, papira, lišća i sl. dospiju u sustava javne kanalizacije i površinske vode. Ovi otpadni materijali su sukladno posebnom propisu definiran kao ostaci od čišćenja ulica (KB 20 03 03), a preporučeni postupak zbrinjavanja je odlaganje. S obzirom da se ovaj otpad najvećim dijelom sastoji od otpadne zemlje i kamenja, planskim gospodarenjem moguće je znatno smanjiti njegove količine, a obrađeni otpad iskoristiti za druge namjene. U radu su prikazani podaci o gospodarenju ostacima od čišćenja ulica u gradu Zagrebu. Na osnovu dosadašnjih podataka i provedene probne mehaničke separacije, dan je prijedlog novog sustava koji uključuje mehaničku separaciju ostataka od čišćenja ulica te moguće iskorištenje produkata obrade.

Ključne riječi: otpad, ostaci od čišćenja ulica.

Street cleaning residue management

mr. sc. Alen Hadžić, dipl. ing., Petra Žvorc, dipl. ing., Ana Dundović, dipl. ing.

Zagrebački holding d.o.o, Podružnica Čistoća, Radnička cesta 82, Zagreb

Summary

Street cleaning and washing of public areas in the city of Zagreb is one of the municipal services carried out by Zagreb holding d.o.o., Čistoća Branch. Street cleaning is carried out for sanitary, aesthetic and safety reasons. In this way, it is prevented that different waste materials such as soil, stone debris, salt used on public traffic areas in winter period, pieces of glass, metal, plastic, paper, leaves, etc. get into the public sewer system and surface water. In accordance to special regulations, these waste materials are defined as street cleaning residues (KB 20 03 03) and land filling is recommended for their disposal. Given that this waste is largely composed of waste soil and stone debris, with appropriate management it would be possible to significantly reduce its quantity and processed waste could be used for beneficial applications. This paper presents data on the management of street cleaning residues in the city of Zagreb. Based on the data collected so far and mechanical separation trial, a proposal of a new system including a mechanical separation of street cleaning residues and possible utilization of products of processing is given.

Key words: waste, street cleaning residues.

1. Uvod

Pojava otpada na javnim površinama posljedica je raznih društvenih, ali i prirodnih čimbenika. Promet ljudi i vozila, gospodarske aktivnosti, kao i blizina vrtova i parkova, za posljedicu imaju stvaranje raznih vrsta otpada koji se akumuliraju na javnim površinama. Kako bi se spriječilo da ovaj otpad dospije u sustava javne kanalizacije i površinske vode, javne površine je potrebno kontinuirano čistiti. Također, čišćenjem se poboljšava izgled javnih površina, kao i sigurnost prometnica.

Pored krutih čestica (PM) koje nastaju izgaranjem goriva u motorima vozila (primarna emisija PM), veliki dio emisije PM₁₀ može se pripisati tzv. emisiji prašine s ceste (između 50 i 80 %) ^{1,2}. Ove emisije čine sitne čestice kočionog sustava vozila, sitne čestice nastale trošenjem guma, mineralne čestice nastale trošenjem prometne površine i dr. Tako nastale čestice prašine na sebe vežu metale koji su produkt primarne emisije vozila (Cu, Sb, Fe, Mn, Mo, Zn, Sn itd.). Metali, zbog velikog redukcijskog potencijala povećavaju toksičnost krutih čestica ³. Novija istraživanja pokazuju da je učinkovitom primjenom čišćenja i pranja javnoprometnih površina moguće smanjiti emisije PM₁₀ za 7-10% ⁴. Upotrebom odgovarajućih kemijskih sredstava (površinski aktivne tvari, soli, polimeri, smole i bitumeni) moguće je dodatno smanjiti emisije PM₁₀ i do 50 % ^{5,6,7,8,9,10}. Također, sustavnim pristupom u pogledu optimiranja i planiranja procesa čišćenja i to prije svega izborom odgovarajuće vrste četke i njene duljine, izborom odgovarajućeg položaja četke u odnosu na podlogu i broja okretaja u ovisnosti o vrsti materijala koji se čisti (sitniji ili krupniji materijal) na određenom području te vremenskim prilikama (suha ili vlažna podloga) ¹¹, moguće je dodatno povećati efikasnost čitavog procesa.

1.1. Postupci čišćenja

Tri su osnovna postupka čišćenja javnih površina:

- ručno čišćenje,
- strojno čišćenje i

- pranje.

Ručno čišćenje

Razvojem mehanizacije, ovaj postupak je postao prateća usluga ostalim vrstama čišćenja. Ovaj način čišćenja ograničen je na područja na kojima zbog određenih praktičnih i/ili ekonomskih razloga nije moguće obaviti strojno čišćenje, kao npr. pločnici, pješački otoci, parkirališta, fontane i sl. Ručno čišćenje uključuje fizički rad djelatnika, koji pomoću metle i lopate čiste određeno područje, prazne košarice za otpatke te odlažu otpad u spremnik na vozilu-trokolici ili malom traktorskom vozilu. U svrhu povećanja produktivnosti postupka ručnog čišćenja, sustav se obično temelji na postojanju komunalnih baza, koje moraju biti raspoređene na način da se dnevni put koji svaki čistač treba prijeći kako bi obavio planirani posao na određenom području, a koji predstavlja neproduktivni dio rada, svede na najmanju moguću mjeru. Drugi način povećanja produktivnosti je ekipni rad, gdje se kombinira rad čistača i vozila za prijevoz opreme (i otpada). Na komunalnim bazama vrši se pretovar otpada skupljenog ručnim čišćenjem u veće spremnike te njegov prijevoz na daljnje zbrinjavanje. Komunalna baza obično se sastoji od garaže za vozila, skladišta opreme i alata, garderobe, sanitarnog čvora te prostorije za odmor djelatnika.

Strojno čišćenje

Većina strojnih čistilica su mobilne jedinice koje koriste vakuum sustav za skupljanje otpada. Također, ovi su sustavi opremljeni i rotirajućim četkama koje omogućuju uklanjanje i onih materijala zalijepljenih za površinu koja se čisti. Iz tog razloga, za razliku od ručnog čišćenja, strojno čišćenje omogućuje istovremeno uklanjanje vidljivog krupnog otpada, ali i prašine. No s druge strane, tehnička ograničenja opreme za strojno čišćenje kao i druga ograničenja na koja se nailazi u praksi (parkirana vozila i sl.) omogućuju ostvarenje pune efikasnosti ovog postupka jedino u kombinaciji s ručnim čišćenjem. Tehnološki razvoj omogućio je proizvodnju strojeva za čišćenje koji su ekonomičniji, manje bučni te zadovoljavaju sve norme u pogledu emisija u okoliš.

Danas je u ponudi moguće pronaći cijeli niz uređaja za strojno čišćenje koji se razlikuju po načinu rada i veličini. Prema načinu rada razlikujemo mehaničke, vakuum te kombinirane strojeve za čišćenje koji su relativno rijetki. Mehanički strojevi za čišćenje sastoje se od sustava lopatica povezanih s pomičnom trakom koje skupljaju otpad i pohranjuju ga u spremnik na vozilu. Ovakav način strojnog čišćenja naročito je pogodan za čišćenje krupnijeg otpada (npr. na tržnicama za čišćenje otpada od voća i povrća). Vakuum čistilice imaju ugrađen motor koji stvara vakuum te usisava otpad u spremnik. Ovakva vozila su dodatno opremljena s dvije ili tri rotirajuće četke koje metu podnu površinu te usmjeravaju otpad prema usisniku. U usporedbi s mehaničkim strojevima za čišćenje, ovaj sustav je prikladniji za čišćenje cesta i pločnika jer može skupljati sitnije čestice kao npr. pijesak i prašinu. Također, prema veličini vozila razlikujemo male (do 2m³ spremničkog prostora), srednje (veće od 2m³ koji se mogu voziti s B kategorijom) i velike strojeve za čišćenje za koje je potrebna C kategorija. Strojno čišćenje se može koristiti u svi urbanim dijelovima gdje prometna regulacija to dozvoljava te kao podrška ručnom čišćenju. Teoretski, čistilica može pokriti prostor od 100.000 m²/dan, no zbog raznih prometnih i drugih ograničenja ta brojka je znatno manja i kreće se oko 40.000 m²/dan za male čistilice te 70.000 do 80.000 m²/dan za velike čistilice.

Pranje

Pranje ulica, trgova, pločnika i stepeništa i drugih urbanih lokacija može se vršiti na dva načina:

- Mehanički sustav: sastoji se od sustava mlaznica koje su postavljene na prednji kraj vozila sa spremnikom od 1.000 do 8.000 litara;
- Ručni sustav: sastoji se od crijeva s mlaznicama spojenih na cisternu, kojima upravljaju radnici krećući se usporedno s vozilom.

1.2. Vrste otpada koje nastaju na javnim površinama

Općenita klasifikacija vrsta otpada koji nastaje na javnim površinama moguća je prema njegovim izvorima i može se podijeliti na:

- Otpad s ceste (prašina, zemlja, mulj itd.), a nastaje kao posljedica vremenskih prilika i samog prometa;
- Sezonski otpad (lišće, grančice itd.) koji nastaje zbog vremenskih prilika ili ljudskog djelovanja, a povezan je sa određenim sezonskim varijacijama;
- Slučajni otpad (prazne kutije od cigareta, opušci, šibice, tramvajske karte, papirići od bombona, ostaci ulja iz vozila, odbačeni letci i dr.), nastao kao posljedica prometa pješaka i vozila;
- Neuobičajeni otpad - obično glomazni otpad koji se povremeno neodgovorno odbacuje na ulice.

Sav ovaj otpad, sukladno Uredbi o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada (NN 50/05 i 39/09)¹¹ svrstan je pod ključni broj 20 03 03 - ostaci od čišćenja ulica, a kao preporučeni način zbrinjavanja navedeno je odlaganje na uređeno odlagalište. Nadalje, sukladno čl. 9., st. 1., t. 3. Pravilnika o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpad (NN 117/07)¹³, komunalnom otpadu koji se svrstava u ključne brojeve 20 02 02-zemlja i kamenje i 20 03 03- ostaci od čišćenja ulica, prije odlaganja na odlagalište otpada nije potrebno izraditi osnovnu karakterizaciju otpada.

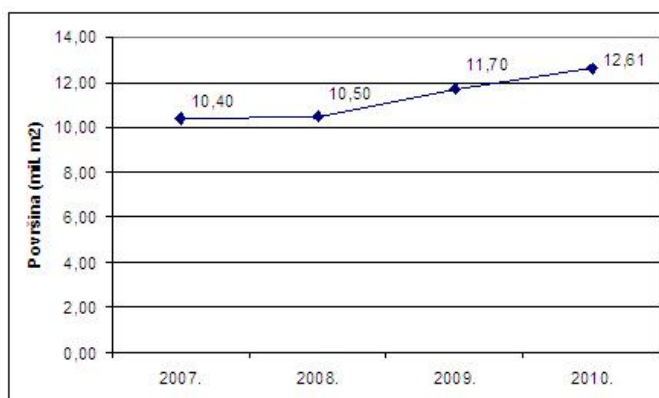
1.3. Čišćenje javnih prometnih površina u gradu Zagrebu

Čišćenje javnih površina je komunalna djelatnost sukladno čl. 3. Zakona o komunalnom gospodarstvu (NN 26/03,82/04,178/04, 38/09 i 79/09)¹⁴. Također, prema čl. 16. Zakona, jedinice lokalne samouprave u cilju boljeg uređenja odnosa u komunalnog gospodarstvu dužne su donijeti Odluke o komunalnom redu i mjere za njegovo provođenje kojima se, pored ostalog pobliže opisuje i održavanje čistoće i čuvanje javnih površina. U tom smislu je i Grad Zagreb donio Odluku o komunalnom redu (Službeni glasnik broj 4/08,5/08, 8/09 i 17/09)¹⁵, kojom se u glavi III, točki 2 pobliže propisuje održavanje čistoće te čuvanje i korištenje javnih prometnih površina. Sukladno Programu održavanja komunalne infrastrukture, na

području grada Zagreba ovu djelatnost obavlja Zagrebački holding d.o.o., Podružnica Čistoća, što posebno uključuje slijedeće radove:

- Čišćenje i pranje javnih prometnih površina;
- Postavljanje i održavanje košarica za otpatke;
- Održavanje urbane opreme u pješačkoj zoni i prolazima;
- Interventne radove čišćenja i pranja;
- Skupljanje i zbrinjavanje psećih fekalija;
- Čišćenje i odvoz snijega.

U zadnjih dvadesetak godina grad Zagreb se vrlo brzo razvijao i širio, što je rezultiralo izgradnjom čitavih kvartova (Borovje, Lanište, Malešnica, Sesvete-Jelkovec i dr.), što je za posljedicu imalo i znatno povećanje javnih prometnih površina koje je trebalo održavati. Na slici 1. prikazan je trend povećanja ugovorene površine koju održava Zagrebački holding d.o.o., Podružnica Čistoća u posljednje četiri godine.



Slika 1. Ugovorena površina koju održava Zagrebački holding d.o.o., Podružnica Čistoća

Figure 1. Surface area maintained by Zagreb holding d.o.o., Čistoća Branch

Čišćenje i pranje javnih prometnih površina u gradu Zagrebu obavlja se ručnim i strojnim čišćenjem te pranjem, prema unaprijed određenim tzv. programima rada. Program čišćenja i pranja uključuje:

- područje koje se čisti ili pere (popis ulica),
- broj djelatnika te strojeva i opreme koju je potrebno angažirati na tom području i
- pregled dana u tjednu kada se obavlja čišćenje i pranje.

U tablici 1. dan je pregled broja programa čišćenja i pranja javnih prometnih površina, odgovarajuća površina koja je obuhvaćena održavanjem te odgovarajući broj djelatnika prema tehnikama rada. U tablici 2. dan je prikaz odgovarajuće komunalne opreme koju Podružnica Čistoća koristi za obavljanje djelatnosti čišćenja i pranje javnih prometnih površina.

Tablica 1. Pregled programa i površina prema vrstama čišćenja u 2010. godini

Table 1. Overview of programs and surface areas according to types of cleaning in the year 2010

| Vrsta radova | Broj programa | Radna površina (m²) | Broj djelatnika |
|-------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|------------------------|
| Ručno čišćenje | 484 | 12.610.000 | 250 |
| Pranje cisternom | 199 | 12.610.000 | 20 |
| Strojno čišćenje (male čistilice) | 14 | 643.000 | 5 |
| Strojno čišćenje (velike čistilice) | 112 | 9.800.000 | 12 |

Tablica 2. Pregled komunalne opreme Podružnice Čistoća namijenjene čišćenju i pranju javnih površina

Table 2. Overview of the municipal equipment used by Čistoća Branch for street cleaning and washing of public areas

| Vrsta vozila | Broj vozila |
|---------------------------|--------------------|
| Komunalno vozilo-cestar | 19 |
| Motorna trokolica-traktor | 7 |
| Cisterna | 18 |
| Mala peračica | 1 |
| Velika čistilica | 17 |
| Mala čistilica | 10 |

Ručno čišćenje

Kao što je navedeno u tablici 1., na poslovima ručnog čišćenja javnih prometnih površina u gradu Zagrebu angažirano je 250 djelatnika koji su raspoređeni na 484 programa. Svaki djelatnik je opremljen metlom, lopatom i trokolicom koja ima posebno prilagođene nosače koji omogućuju montažu standardne posude od 120 litara za smještaj skupljenog otpada. U svrhu optimalnog obavljanja ovih poslova, djelatnici koji rade na ručnom čišćenju raspoređeni su u 15 komunalnih baza na području grada Zagreba. Komunalna baza služi za smještaj osnovne opreme za obavljanje poslova čišćenja (komunalnih vozila-cestara, metli, lopata, trokolica i spremnika za otpad). Svaka komunalna baza opremljena je sanitarnim čvorom te prostorom za odmor djelatnika. Pored ručnog čišćenja primarno pješačkih površina, ovi djelatnici obavljaju i pražnjenje malih košarica za otpad, kojih je ukupno 3.519 raspoređeno po pješačkim zonama te tramvajskim i autobusnim stajalištima. Po povratku djelatnika u komunalnu bazu otpad skupljen ručnim čišćenjem odlaže se u odgovarajući veći spremnik od 1.100 litara (34 komada) ili 5m³ (2 komada), ovisno o potrebama i raspoloživom prostoru na pojedinoj komunalnoj bazi te se naknadno, prema potrebi odvozi specijalnom vozilom na odlagalište otpada Jakuševac-Prudinec. U cilju optimalnog obavljanja poslova i u onim dijelovima grada gdje bi sam put djelatnika do mjesta čišćenja trajao predugo ili uopće ne bi bio moguć (npr. GČ Podsljeme), primjenjuje se tzv. ekipno čišćenje. Ovaj način čišćenja podrazumijeva

upotrebu posebnog vozila-cestara koje prevozi djelatnike zajedno s trokolicama i ostalom opremom do mjesta čišćenja te ih nakon obavljenog posla vraća natrag na komunalnu bazu.

Strojno čišćenje

Strojno čišćenje obavlja se upotrebom velikih i malih čistilica. Velike čistilice se uglavnom koriste za čišćenje većih prometnica namijenjenih prometu cestovnih motornih vozila, dok se male čistilice koriste za čišćenje manje frekventnih prometnica te pješačkih zona. Na strojnom čišćenju ukupno je angažirano 17 velikih čistilica koje pokrivaju površinu od oko 9,8 mil. m² te 11 malih čistilica angažiranih na čišćenju oko 0,64 mil. m² javnih prometnih površina u gradu Zagrebu.

Pranje javnih prometnih površina

Ukupna javna prometna površina u gradu Zagrebu koja je obuhvaćena pranjem, podijeljena je na 199 programa. Na programima pranja angažirano je 20 djelatnika-perača, 18 cisterni te jedna mala peračica. Za pranje javnih površina koristi se isključivo tehnološka voda. U tu svrhu na području grada Zagreba postoji 5 bunara tehnološke vode koji omogućuju punjenje cisterni na terenu. Najveći bunar tehnološke vode namijenjen punjenju cisterni za pranje instaliran je u sjedištu podružnice u Radničkoj cesti, gdje su za potrebe brzog punjenja cisterni izvedena tri nadzemna spremnika tehnološke vode svaki kapaciteta 25.000 litara.

Pored ovih redovnih aktivnosti, usluga čišćenja i pranja javnih površina u gradu Zagrebu uključuje i dvije izvanredne aktivnosti:

- Jesensko skupljanje lišća, koje započinje 1. listopada i ovisno o vremenskim prilikama traje do sredine prosinca;
- Proljetno čišćenje grada, koje započinje 15. ožujka i traje do 1. svibnja. U sklopu proljetnog čišćenja, pojačano se čiste prometnice od sipine zaostale nakon posipanja prometnica u zimskim

uvjetima te se u koordinaciji s komunalnim redarstvom, ali i građanima obavlja čišćenje divljih odlagališta otpada.

1.4. Ostaci od čišćenja ulica

Obavljanjem djelatnosti čišćenja javnih prometnih površina generiraju se određene vrste otpada vrlo heterogenog sastava. Ovaj otpad najčešće se sastoji od zemlja i kamenje, soli od posipanja javno-prometnih površina, komadića stakla, metala, plastike, papira, opušaka, grana, lišća i sl. Svi ovi otpadni materijali sukladno posebnom propisu definiran su kao ostaci od čišćenja ulica te su u Katalogu otpada svrstani pod ključni broj 20 03 03, a kao preporučeni postupak zbrinjavanja navedeno je odlaganje. Ovisno o primijenjenoj vrsti čišćenja (ručno ili strojno čišćenje), ovaj otpad se bitno razlikuje po svom sastavu. S obzirom da se ručno čišćenje vrši uglavnom na površinama namijenjenim prometu pješaka, otpad skupljen ručnim čišćenjem sadrži više organskih tvari kao npr. lišća, trave, grana, papira i plastike, ali i sitni pijesak sa primjesama drugih nečistoća. Otpad skupljen strojnim čišćenjem najvećim dijelom se sastoji od anorganskih materijala kao što su pijesak (90-95 %), mulj (3-6 %) i glina (2-4 %) ^{16,17} te ovisno o mjestu čišćenja (prometnice i pješačke zone ili parkovi) može sadržavati više ili manje primjesa otpada organskog porijekla kao što su lišće, trava, papirići, plastika i slično. Prema tome, jednostavnom mehaničkom obradom otpada skupljenog strojnim čišćenjem ulica moguće je izdvojiti zemlju i kamenje (KB 20 02 02) od ostalih otpadnih materijala te ovaj otpad iskoristiti za neke druge namjene. Na taj način doprinijelo bi se ostvarenju zakonom propisanih ciljeva gospodarenja otpadom, uz istovremeno smanjenje troškova gospodarenja otpadom i to smanjenjem troškova njegovog odlaganja na odlagalište otpada.

U tablici 3. prikazane su godišnje količine otpada koje nastaju čišćenjem ulica.

Tablica 3. Godišnje količine ostataka od čišćenja ulica (KB 20 03 03)

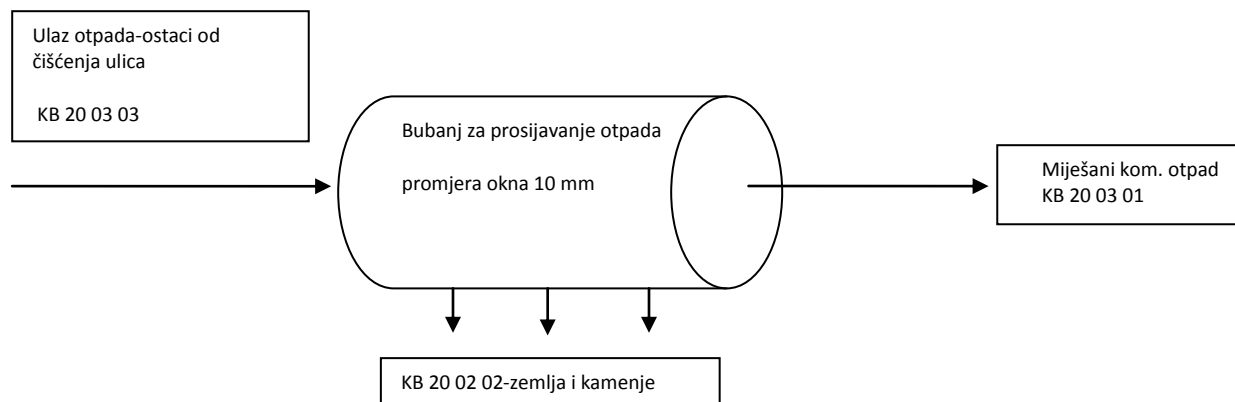
Table 3. The annual amount of the street cleaning residues (KB 20 03 03)

| Vrsta otpada | Godišnja količina (tona) | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------|-------|-------|-------|------------|
| | 2005. | 2006. | 2007. | 2008. | 2009. | I-VI 2010. |
| Ostaci od čišćenja ulica | 11.227 | 10.834 | 8.874 | 9.097 | 5.719 | 2.384 |

S obzirom na specifične radne uvjete te određena tehnička ograničenja, nije moguće dobiti eksplicitne podatke o količinama otpada od ručnog i strojnog čišćenja. No, posredno je procijenjeno da se strojnim čišćenjem godišnje skupi negdje oko 5.000 tona ostataka od čišćenja ulica.

2. Materijali i metode

S ciljem ispitivanja mogućnosti jednostavne obrade ostataka od čišćenja ulica KB 20 03 03, provedena je njegova probna mehanička obrada. U postupku obrade korišten je uređaj za prosijavanje otpada SM-518 SA s oknom sita promjera 10 mm. Teretnim vozilom sa čeljusnim hvatačem (grajfer) na lokaciji Servisno-operativnog centra uzet je uzorak otpada od čišćenja ulica (KB 20 03 03), koji se nekoliko dana sušio na zraku. Ukupna masa uzorka iznosila je 3.060 kg (5 zahvata čeljusnim hvatačem). Otpadni materijal je po površini bio suh, no vidljivo je da sadrži određeni udio vlage te je i na dodir bio vlažan. Nakon obavljenog ulaznog vaganja na odlagalištu otpada Jakuševac-Prudinec, otpad je odvezen na plato kompostane gdje je smješten uređaj za prosijavanje otpada. Pomoću čeljusnog hvatača sav je otpad iz teretnog vozila prebačen na pokretnu traku ulazne komore uređaja za prosijavanje. Nakon istovara, teretno vozilo je postavljeno ispod pokretne trake uređaja za prosijavanje gdje se očekivao izlaz najvećeg dijela prosijane frakcija otpada te se počelo s obradom. Krupnija frakcija koja sadrži krupni pijesak i ostale nečistoće prošla je kroz bubanj te se skupljala odvojeno na kraju pokretne trake. Shema cijelog postupka obrade ostataka od čišćenja ulica prikazana je na slici 2.



Slika 2. Shema procesa mehaničke obrade ostataka od čišćenja ulica

Figure 2. Scheme of mechanical treatment process of the street cleaning residue

Cijelim procesom mehaničke obrade otpada moguće je upravljati na način da se podešava brzina kretanja ulazne trake. Nakon završetka postupka obrade, otpadna zemlja i kamenje (KB 20 02 02) prebačena je na Serviso-operativni centar Jakuševac i odložena u posebni kontejner radi uzimanja uzorka za izradu Izvješća o fizikalnim i kemijskim svojstvima otpada. Ostali miješani otpadni materijal KB 20 03 01 odložen je na odlagalište otpada Jakuševac-Prudinec.

3. Rezultati i rasprava

Probni postupak mehaničke obrade ostataka od čišćenja ulica prošao je bez ikakvih problema. Premda je sadržavao određeni udio vlage, otpad se nije lijepio na stjenke bubnja za prosijavanje otpada. Nakon pripremnih radova postavljanja uređaja za prosijavanje otpada i teretnog vozila u pravi položaj, sam proces mehaničke obrade trajao je između 5 i 10 minuta. Cijeli postupak bi mogao i kraće trajati, odnosno, s obzirom na uvjete rada i otpad koji se obrađuje, moguće je dodatno povećati brzinu kretanja ulazne trake. Ukupna masa ostataka od čišćenja ulica (KB 20 03 30) koja je ušla u proces mehaničke obrade otpada iznosila je 3.060 kg. Masa zemlje i kamenja (KB 20 02 02) dobivena nakon procesa mehaničke obrade iznosila je 2.420 kg, dok je masa krupnije frakcije raznovrsnog miješanog otpadnog materijala (KB 20 03 01) koja je prošla kroz bubanj bez prosijavanja iznosila 640 kg. Uzimajući u obzir ukupnu

procijenjenu količinu otpada od strojnog čišćenja ulica od 5.000 t/god, njegovom obradom dobilo bi se oko 4.000 tona/god zemlje i kamenja (KB 20 02 02) i oko 1.000 tona/god miješanog komunalnog otpada (KB 20 03 01). U postupku obrade potrebno je angažirati jedno teretno vozilo s čeljusnim hvatačem (18 m³), uređaj za prosijavanje otpada i tri djelatnika (jedan na uređaju za prosijavanje otpada te vozač i pomoćni radnik na teretnom vozilu) do maksimalno 280 sati/god. Prema tome, ukupni godišnji trošak obrade ostataka od čišćenja ulica bez troška najma uređaja za prosijavanja otpada, iznosio bi oko 420.000,00 kn/god. Budući da se maksimalni iznos troška zbrinjavanja ove vrste otada ostvaruje odlaganjem na odlagalište Jakuševac-Prudinec i iznosi 1.3 mil. kuna (sadašnji trošak odlaganja 4.000 t/god otpada KB 20 03 03), planskim gospodarenjem ovom vrstom otpada Podružnica Čistoća može ostvariti direktnu uštedu od 0,88 do 1,3 mil. kn/god. Tome treba dodati i eventualne indirektne uštede na skupom deponijskom prostoru, ukoliko bi se obrađeni otpad iskoristio na neki drugi način.

Premda Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada¹³ to ne zahtijeva, s obzirom da se radilo o probnom postupku obrade otpada, ovlašteni laboratorij je nakon provedene obrade uzeo uzorak otpadnog materijala te je izrađena Osnovna karakterizacija zemlje i kamenja KB 20 02 02. U tablici 4. prikazani su rezultati ispitivanja eluata otpada KB 20 02 02.

Tablica 4. Rezultati ispitivanja fizikalnih i kemijskih svojstava otpada KB 20 02 02 za trajno odlaganja
 Table 4. The result of analysis of physical and chemical characteristics of waste KB 20 02 02 for permanent disposal

| Naziv analize | Metoda | Mjerna jedinica | Rezultat | MDK* |
|---------------|-----------------------|--------------------------|----------|------|
| Krom ukupni | HRN EN ISO 11885:1998 | mg kg ⁻¹ s.t. | <0,5 | 10 |
| Bakar | HRN ISO 8288:1986 | mg kg ⁻¹ s.t. | 0,73 | 50 |
| Cink | HRN ISO 8288:1986 | mg kg ⁻¹ s.t. | 2,04 | 50 |
| Nikal | HRN ISO 8288:1986 | mg kg ⁻¹ s.t. | <1 | 10 |

| Naziv analize | Metoda | Mjerna jedinica | Rezultat | MDK* |
|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------|--------|
| Olovo | HRN ISO 8288:1986 | mg kg ⁻¹ s.t. | <1 | 10 |
| Kadmij | HRN ISO 8288:1986 | mg kg ⁻¹ s.t. | 0,1 | 1 |
| Arsen | HRN EN ISO 11969:1998 | mg kg ⁻¹ s.t. | <0,05 | 2 |
| Živa | HRN EN 1438:2008 | mg kg ⁻¹ s.t. | <0,001 | 0,2 |
| Selen | HRN ISO 9965:2001 | mg kg ⁻¹ s.t. | <0,05 | 0,5 |
| Barij | SM 3111D,3113 | mg kg ⁻¹ s.t. | <2 | 100 |
| Molibden | ISO/FDIS 15586:2003 | mg kg ⁻¹ s.t. | <2 | 10 |
| Antimon | SM 3113/PE Apl. note | mg kg ⁻¹ s.t. | <0,05 | 0,7 |
| Suha tvar (105°C) | HRN ISO 11465:2004 | % | 99,72 | - |
| Fluoridi | HRN ISO 10359-1:1998 | mg kg ⁻¹ s.t. | 4,09 | 150 |
| Udio topivih tvari u vodi | HRN ISO 759:2001 | mg kg ⁻¹ s.t. | 8650 | - |
| Priprema eluata | HRN EN 12457-4:2005 | - | 80,2 g/880g | - |
| Kloridi, Cl ⁻ | HRN EN ISO 10304-1:2009 | mg kg ⁻¹ s.t. | 91,0 | 15.000 |
| Sulfati SO ₄ ⁻² | HRN EN ISO 10304-1:2009 | mg kg ⁻¹ s.t. | 225,5 | 20.000 |
| Otopljeni organski ugljik | HRN EN ISO 1484:2002 | mg kg ⁻¹ s.t. | 498,9 | 800 |

*MDK prema Pravilniku o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada¹³

Iz dobivenih rezultata vidljivo je da su vrijednosti svih parametra ispod maksimalno dozvoljenih koncentracija (MDK) određenih Pravilnikom o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada¹³. Čak je i parametar DOC (otopljeni organski ugljik) ispod MDK, što je direktna posljedica provedene mehaničke obrade pri čemu je uklonjen sav vidljivi organski materijal. Od metala koji su određivani, samo su koncentracije Zn, Cu i Cd veće od granica detekcije mjerne metode, pri čemu je koncentracije Zn najveća. To je u skladu s rezultatima drugih radova na ovom

području, koji su utvrdili da ostaci s ceste sadrže najviše Zn^{18,19,20}. Glavni izvor Zn su svakako vozila¹⁸, i to primarno kroz emisije ispušnih plinova, ali i trošenjem guma te curenjem raznih fluida prisutnih u vozilima. Prisutnosti raznim metalnim materijala koji su uzemljenjem povezani s asfaltnom površinom te trošenje asfaltnih i betonskih površina također su mogući izvori Zn²¹. Glavni izvor bakra mogu biti kočione obloge i gume vozila, razne legure na vozilima te asfalt i beton^{22,23}.

U američkoj Saveznoj državi Floridi provedena je opsežna studija kako bi se utvrdio točan kemijski sastav ostataka od čišćenja ulica te istražile mogućnosti njegove ponovne uporabe¹⁸. U sklopu studije skupljeno je oko 200 uzoraka ostataka od čišćenja ulica iz 11 gradova u periodu od 14 mjeseci. Nakon provedene evaluacije studije, upravno tijelo države Floride nadležno za zaštitu okoliša izradilo je poseban pravilnik o zbrinjavanju i ponovnoj uporabi ostataka od čišćenja ulica. Tim pravilnikom preporučuje se uporaba dvostruko prosijanog otpada od čišćenja ulica u izgradnji i održavanju cesta te kao zamjensko tlo u područjima koja nisu namijenjena stanovanju. Osnovi razlog zbog kojeg nisu dopustili uporabu ovog materijala bez ograničenja, jest činjenica da su tijekom provođenja studije korištene mjerne metode za određivanje nekih spojeva u uzorcima koje su imale granicu detekcije veću nego što je to potrebno da bi se odredili rizici direktne izloženosti utjecaju ovog otpada usporedbom s vrijednostima za čisto tlo. Iz tog razloga postoji određena vjerojatnost da mogući utjecaji nekih spojeva nisu u potpunosti istraženi, kao npr. benzo (a) pirena.

Na osnovi svih iznesenih podataka, imajući u vidu čitav sustav gospodarenja otpadom u gradu Zagrebu, nameće se nekoliko mogućnosti ponovne uporabe ostataka od čišćenja ulica. Ovaj otpad obrađen na opisani način, mijenja svoj ključni broj te se kao zemlja i kamenje-KB 20 02 02 može iskoristiti za dnevno prekrivanje na odlagalištu otpada Jakuševac-Prudinec. Također se može iskoristiti i kao zamjensko tlo na odgovarajućim lokacijama u industrijskim zonama ili u cestogradnji. Ostaci od čišćenja ulica koji se skupe tijekom proljetnog čišćenja prometnica nakon topljenja snijega, mogu se mehanički obraditi te predati zimskoj službi koja bi ga u slijedećoj sezoni koristila za posipavanje prometnica, bilo samostalno ili miješanjem sa soli.

4. Zaključak

Ostaci od čišćenja ulica KB 20 03 03 skupljeni postupkom strojnog čišćenja, najvećim se dijelom (80 %) sastoje od pijeska, mulja i gline, a sadrže i druge otpadne materijale kao što su staklo, plastika, papiri, lišće, granje i sl. Jednostavnom mehaničkom obradom moguće je odvojiti prisutne nečistoće, a preostali otpad, koji obradom mijenja ključni broj u 20 02 02-zemlja i kamenje, ponovno iskoristiti za druge namjene. Ovakvim načinom gospodarenja ostacima od čišćenja ulica pridonosi se ostvarenju osnovnih ciljeva gospodarenja otpadom, uz istovremeno smanjenje troškova.

5. Literatura:

1. Vicken Etyemezian, Russ Clayton, David Proffitt, A case study of the impact of Winter road sand/salt and street sweeping on road dust re-entrainment
Atmospheric Environment, Volume 40, Issue 31, October 2006, Pages 5976-5985
2. Ketzel. M., Omstedt G., Johansson C., During I., Pohjola M., Oettl D., Estimation and validation of PM_{2,5}/PM₁₀ exhaust and non-exhaust emission factors for practical street pollution modeling, *Atmos Environ* 2007; 41 (40): 9370-9385
3. Schlesinger RB, Kunzli N., Hidy GM, Gotschi T., Jerrett M., The health relevance of ambient particulate matter characteristics: coherence of toxicological and epidemiological inferences, *Inhal Toxicol.* 2006;18 (2), 95-125
4. Evaluating urban PM₁₀ pollution benefit induced by street cleaning activities
Atmospheric Environment, Volume 43, Issue 29, September 2009, Pages 4472-4480
Fulvio Amato, Xavier Querol, Andrés Alastuey, Marco Pandolfi, Teresa Moreno, José Gracia, Pau Rodriguez
5. Effectiveness of street sweeping and washing for controlling ambient TSP
Atmospheric Environment, Volume 39, Issue 10, March 2005, Pages 1891-1902
Yu-Min Chang, Chih-Mei Chou, Kuo-Tung Su, Chao-Heng Tseng
6. Chang Y.M., Chou C.M., Su K.T., Tseng C.H., Effectiveness of street sweeping and washing for controlling ambient TSP, *Atmos Environ* 2005, 39,1891-1902
7. Chou C., Y., Lin W., Tseng C., Evaluation of street sweeping and washing to reduce ambient PM₁₀, *Int J of Environmental pollution* 2007,31 (3/4),431-448
8. Norman M., Johansson C., Studies of some measures to reduce road dust emissions from paved roads in Acandinavia , *Atmos Environment* 2006; 40; 6154-6164
9. Vaerens E.; Measurements of particular matter in the Hell Tunnel late autumn 2002, Technical Report; project No.223181, Sintef, Trondheim, Norway ,2003

10. Berthelsen BO, The use of magnesium chloride as dust reducer at E6 through Trondheim, Report No TM2003/2, Trondheim Municipality, Environment Division, Trondheim, Norway, ISBN:82-7727-087-9,2003
11. Effectiveness of gutter brushes in removing street sweeping waste
Waste Management, Volume 30, Issue 2, February 2010, Pages 174-184
Libardo V. Vanegas Useche, Magd M. Abdel Wahab, Graham A. Parker
12. Uredba o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada (NN 50/05 i 39/09)
13. Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpad (NN 117/07)
14. Zakon o komunalnom gospodarstvu (NN 26/03,82/04,178/04, 38/09 i 79/09)
15. Odluka o komunalnom redu (Službeni glasnik broj 4/08,5/08, 8/09 i 17/09)
16. Liebens J., 2001, Heavy metal concentration of sediments in stormwater management systems: the effect of land use, particle size, and age, *Environ. Geol.* 41, 341-351
17. Chen M., Ma, L., Harris, W., 1999, Baseline concentrations of 15 trace elements in Florida surface soils, *J. Environ. Qual.* 28, (4), 1173-1181
18. Characterization of pollutants in Florida street sweepings for management and reuse
Journal of Environmental Management, Volume 91, Issue 2, November-December 2009, Pages 320-327
Yong-Chul Jang, Pradeep Jain, Thabet Tolaymat, Brajesh Dubey, Timothy Townsend
19. Sutherland R.; Tolosa C., 2000, Multi-elemental analysis of road-deposited sediments in an urban drainage basin, Honolulu, Hawaii, *Environ. Pollut.* 110,483-495
20. Pagotto C., Remy N., Legret M., Cloirec P., 2001, Heavy metal pollution of road dust and roadside soil near a major rural highway, *Environ. Technol.*, 22,307-319
21. Lindgren A., 1996, Asphalt wear and pollution transport, *Sci. Total Environ.* 189/190,281-286

22. Sadiq M., Alam I., El-Mubarek A., Al-Mohdhar H., 1989, Preliminary evaluation of metal pollution from wear auto tires; Bull. Environ: Contam. Toxicol. 42, 743-748
23. Wigington P., Ra C., Grizzard T., 1983, Accumulation of selected trace metals in soils of urban runoff detention basins; Water Resour Bull., 19 (5), 709-718