

Akılsız Çöp Toplamadan Akıllı (Smart) Çöp Toplamaya Geçiş





İçindekiler

| | |
|---|-----------|
| 1. Giriş | 3 |
| 2. Klasik Çöp Toplama..... | 5 |
| 3. Akıllı (Smart) Çöp Toplamaya Geçiş | 6 |
| 4. Akıllı Atık Toplama Sistemi..... | 9 |
| 5. Akıllı Atık Toplama Sistemleri..... | 10 |
| 6. Sonuç | 14 |
| Şekil 1 Akılsız Çöp Toplama Sistemi ve Taşan Çöp Konteynırları | 3 |
| Şekil 2. İstanbul’da Klasik Sisteme Göre Sefer Başına Toplanan Atık Miktarı ve Ton Başına Toplama Maliyeti | 4 |
| Şekil 3 Mutfak Lavabo Sisteminde Organik Atıkların Susuzlaştırılması..... | 4 |
| Şekil 4 Akıllı Atık Toplama Sistemi Bileşenleri..... | 11 |
| Şekil 5 Akıllı Çöp Konteynır..... | 12 |
| Şekil 6 Dördüncü Yöntemle Elde Edilecek Optimizasyon Örneği | 14 |
| Tablo 1 SMART (Akıllı) Teriminin Açılımı..... | 6 |

1. Giriş

TÜİK 2018 yılında Belediye Atık İstatistikleri Anketi sonuçlarına göre 1399 belediyenin 1 395'inde atık hizmeti verildiği tespit edilmiştir. Atık hizmeti veren belediyelerin 32 milyon 209 bin ton atık topladığı belirlenmiştir.

Anket sonuçlarına göre 2018 yılında belediyelerde toplanan kişi başı günlük ortalama atık miktarı 1,16 kg olarak hesaplanmıştır. Üç büyük şehirde ise toplanan kişi başı günlük ortalama atık miktarının İstanbul için 1,28 kg, Ankara için 1,18 kg ve İzmir için 1,36 kg olduğu tespit edilmiştir.

Klasik (geleneksel) çöp toplama, akılsız, pahalı, zamanı israf eden, statik, verimsiz ve çevre kirliliği oluşturan bir sistemdir. Şehirlerin çoğunda taşan çöp konteynırları hijyenik olmayan bir ortamlar oluşturuyor. Bu, ayrıca farklı hastalık türlerinin ortaya çıkmasına neden oluyor. Bu tür olumsuzluklar insanların yaşam standartlarını bozmaktadır.

Türkiye'de belediyeler tarafından yürütülen mevcut atık toplama faaliyetleri statik rotalama (güzergâh) ve planlama yöntemleri kullanılarak, atık üretim miktarları ve konteyner doluluk oranları göz önünde bulundurulmadan yapılmaktadır. Bu sebeple, mevcut klasik (statik) atık toplama yönetim sistemleri yüksek maliyetlerle işletilmekte, sahip olunan kaynaklar verimsiz kullanılmakta ve toplama araçlarının egzozlarından tehlikeli gazlar ve sera gazı CO₂ (karbon dioksit) salınımına bağlı hava kirliliği her geçen gün artmaktadır.

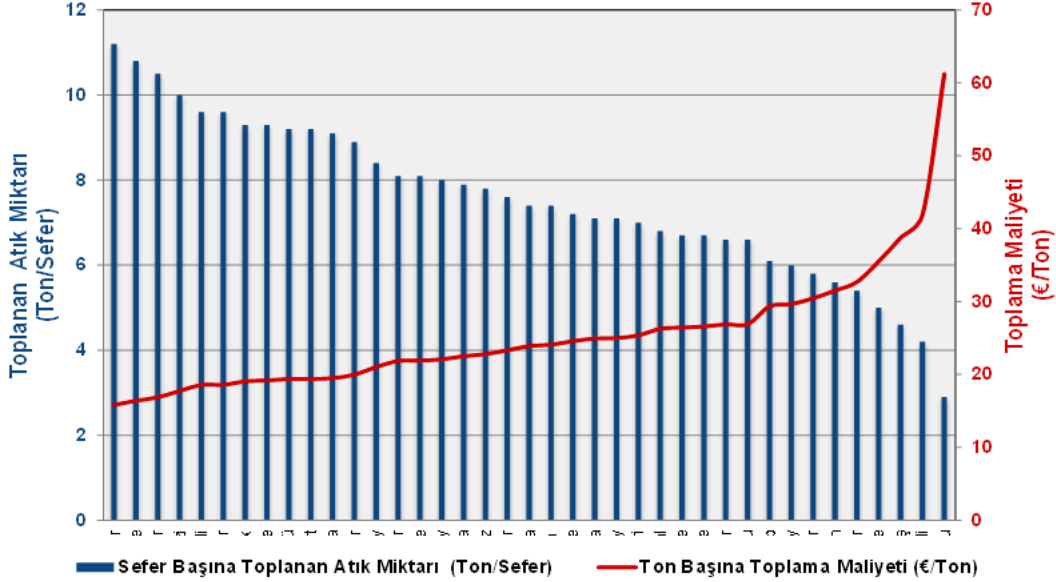


Şekil 1 Akılsız Çöp Toplama Sistemi ve Taşan Çöp Konteynırları

Şekil 1 de statik, verimsiz, pahalı ve akılsız atık toplamanın yapıldığı bir şehirde çöp konteynırları sık aralıklarla taşmakta ve çevre kirlenmektedir.

Statik atık toplama sistemi ile güzergâhların ve konteynırların dolulukları hesaplanması, planlanması ve optimizasyonu yapılmadığından, aşırı zaman ve yakıt israfı olmakta, birim

zamanda verimli toplama yapılmamakta, aşırı işçilik ve konteynır kullanılmakta, operasyon sırasında kat edilen mesafe artmakta ve trafik tıkanıklığının artmasına neden olmaktadır. İstanbul'da klasik sisteme göre sefer başına toplanan çöp miktarı ve atık toplama maliyeti Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. İstanbul'da Klasik Sisteme Göre Sefer Başına Toplanan Atık Miktarı ve Ton Başına Toplama Maliyeti

Şekil 2 incelendiği zaman sefer başına toplanan atık miktarı arttıkça toplama maliyeti %30-40 oranında düşmektedir.

Evlerde, lokantalarda ve hazır yemek yapan yerlerde mutfaktan kaynaklanan evsel atıkları azaltmaya yönelik işlemler yapılarak atık miktarında yaklaşık %30 oranında azalma sağlanabilir. Böylece atık içerisindeki nem oranı da azalabilir, sulu atık toplama ve taşıma önlenir, düzenli çöp depolama alanlarında oluşan serbest sızıntı suyu minimize edilecektir.



Şekil 3 Mutfak Lavabo Sisteminde Organik Atıkların Susuzlaştırılması

Çöp toplayıcılar, konteynırları çöp toplama kamyonuna taşımak, araca yüklemek, boşaltılmasını sağlamak ve boşalan bidonu yerine götürmek işlemlerinden sorumludur. Bunun



Akılsız Çöp Toplamadan Akıllı (Smart) Çöp Toplamaya Geçiş

yanı sıra, sokaklarda bidonların yanına veya evlerin önüne bırakılan poşetleri araca taşıma işlemini de gerçekleştirmektedirler.

Akıllı çöp toplama ile zamanı, mesafeyi ve maliyeti %30-40 azaltmaktadır.

2. Klasik (Statik Çöp Toplama Sistemi)

Statik çöp toplama; gürültü ve koku kirliliği gibi çevresel problemlere neden olmaktadır.

Statik çöp toplama sisteminde her gün çöp toplanmaktadır.

Statik çöp toplama sistemi, sıfır atık projesi uygulamasında bariyer oluşturmaktadır.

Statik sistemle atıkların toplanması ve taşınması yüksek maliyetle yapılmaktadır. Dünyadaki duruma baktığımızda ise atık yönetimi için toplamda 1 trilyon dolar harcandığını görüyoruz; bunun %50'si ise lojistik kalemlere (çöp toplamaya ve taşımaya) ayrılıyor.

Statik çöp toplama sistemi, akıllı atık toplama sistemine göre %30-40 daha pahalıdır.

Belediyelerin Temizlik İşleri Müdürlüğü tarafından doğrudan veya taşere edilerek gerçekleştirilen atık toplama ve taşıma maliyetlerinin yıllık 950 Milyon dolar (\$) civarında olduğu tahmin edilmektedir. Kısaca Türkiye'de 1 ton çöp taşıma maliyeti, ortalama 30 dolar (\$) civarındadır.

Akılsız (klasik) belediye çöp toplama ve taşıma süreçleri kabaca şu aşamalardan oluşmaktadır:

1. Atıkların toplama noktalarına çıkarılması,
2. Sokaklarda bulunan çöp konteynirlerinin belirlenmesi,
3. Çöp toplama aracının başlangıç noktasından toplama noktalarına hareket etmesi,
4. Çeşitli toplama noktalarındaki konteynirlardaki atıkların araçlara aktarılması,
5. Toplama araçlarının çöp konteynirleri arası yol kat etmesi,
6. Toplama aracının yerleşim yerindeki güzergâhı süresince seyri,
7. Kapasitesi dolan toplama aracının boşaltım noktasına (transfer istasyonu ve depolama alanı) gitmesi,
8. Toplama aracının bitiş noktasına hareket etmesi,

Toplama işlemi; ilçelerin yerleşim durumlarına ve oluşan atık miktarlarına göre farklı kapasitede araç ve sistemlerle gerçekleştirilmektedir.

Atık toplama noktaları olarak belirlenen sabit noktalar, yeraltı ve yerüstü konteynerler olarak listelenebilir. Toplama araçlarının toplama noktalarına hareket etmesi günümüzde belirli sıklıklarla yinelenen statik turlarla gerçekleştirilmektedir. Atıkların araçlara aktarılması, güzergah tekrarlanma sıklığına bağlı ve atık toplama personelinin inisiyatifindedir. Kapasitesi dolan toplama aracı bertaraf tesislerine veya aktarma merkezlerine boşaltım işlemini gerçekleştirdikten sonra mesai süresi ve ziyaret edilmeyen toplama noktalarının durumuna



Akılsız Çöp Toplamadan Akıllı (Smart) Çöp Toplamaya Geçiş

göre toplama işlemine devam edebilir. Atık toplama ve toplama aracının boşaltma işlemleri sona erdiğinde araç bitiş noktasına hareket ederek turunu tamamlar.

Günümüzde klasik atık toplayan araçlar, verimsiz ve el yordamıyla hazırlanmış, statik rotalar kullanarak atık topladığı için toplama sıklığını artırmaktadır. Bu da atık toplama süreçlerini karmaşık ve maliyetli hale getiriyor. Bu sorunun kaynağı aslında konteynerlerin doluluk oranlarının farklı olmasıdır. Çöp toplama araçları konteynerlerin yanına geldiklerinde bazı konteynerleri taşımış bir halde, bazılarını ise yarı dolu veya boş bir haldedir.

Atık toplama süreci incelendiğinde başlangıç, bitiş, boşaltım ve toplama noktaları arası seyahatler ile atıkların araçlara aktarılması işlemleri modern çözümlerle geliştirilmeye en müsait noktalardır.

Sokaktaki çöp konteynirlerinin kapakları açık olduğu için kışın atıklar yağmur suyu ile ıslanmakta, yağmur suyu kirlenmekte ve atık toplama ve taşımada maliyeti, %15 oranında artmaktadır. Çöp depolama alanında oluşan serbest sızıntı suyu miktarı %15 artmaktadır. Yazın ise çöp konteynirlerinin kapakları açık olduğu için her türlü haşere konteynir içine girmektedir. Ayrıca ciddi koku kirliliği oluşmaktadır.

Evsel atık sulara göre en az 50 kat daha kirli olan çöp sızıntı sularını arıtmak için ciddi harcama yapılmaktadır. Arıtılmayan sızıntı suları başta yer altı suları olmak üzere yüzeysel suları ve toprağı kirletme potansiyeline sahiptir.

3. Akıllı (Smart) Çöp Toplamaya Geçiş

SMART terimini meydana getiren beş özellik Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1 SMART (Akıllı) Teriminin Açılımı

| Harf | İngilizce | Türkçe | Tanım |
|----------|------------|------------------|--|
| S | Specific | Spesifik | Spesifik, hedef kesin ve net tanımlanmalı. |
| M | Measurable | Ölçülebilir | Hedef ölçülebilir ve takip edilebilir olmalı. |
| A | Acceptable | Kabul edilebilir | Hedef alıcılar tarafından gerçekçi, ulaşılabilir, erişilebilir olmalı. |
| R | Realistic | Makul/Gerçekçi | Hedef mümkün olmalı. |
| T | Timely | Zamana Bağlı | Hedef net bir zaman takviminde eşilir olmalı. |

Akıllı çöp toplama sistemi kapsamı, günden güne geliştiği için etkili yöntemler kolayca bulunabilir. Çeşitli tasarımlar önerilmiş ve dezavantajların yanı sıra avantajları da vardır.

Şehirlerdeki çöp toplama yönetimi etkin ve verimli bir şekilde uygulanmalıdır. Çeşitli öneriler öne sürülmekte ve bazıları zaten uygulanmaktadır. Ama etkili ve verimli kabul edilemez.

Çöp toplamada, akıllı atık denetimleri, donanım, optimizasyon ve yazılım çözümleri esastır. Atıkların optimum verimlilikte toplanması esastır.



Akılsız Çöp Toplamadan Akıllı (Smart) Çöp Toplamaya Geçiş

Atık hacimlerini analiz etmek, atıkları otomatik olarak ayırmak, geri dönüşüm veya yeniden kullanıma rağmen atık azaltmak ve saptırma fırsatlarını değerlendirmek esastır.

Mevcut atık toplama araçlarının turları incelenerek, en düşük maliyet ile en yüksek dolulukta veya miktarda atığı en kısa süre ve km içinde toplama-taşıma güzergâhı optimizasyonu yapılmalıdır. Buna uygun sezgisel bir algoritma geliştirilerek uygulamaya konmalıdır.

Atık toplama ve taşıma turları belirlenirken her bir yol güzergâhındaki engeller ve çözüm yolları tek tek tespit edilmelidir. **Atık toplama ve taşıma yol güzergâhı belirlenirken;**

- Güncel, doğru veriler ve bilgiler kullanılmalı,
- İhtiyaçlar, doğru olarak belirlenmeli,
- Kaynaklar, verimli bir şekilde kullanılmalı,
- Her bir yol güzergâhı için tur optimizasyon çalışması yapılmalı,
- Her bir atık toplama aracı ile minimum süre ve km içinde maksimum doluluk sağlanacak şekilde turlar belirlenmeli,
- Araçların atık toplama güzergâh sıklığı yeniden belirlenmeli,
- Araçlar arasında dengeli iş yükü dağılımı oluşturulmalı,
- Hizmetin güvenilirliği arttırılmalı.

Diğer taraftan oluşturulacak atık toplama ve taşıma yol güzergâhı faaliyetinde;

- Mevcut yol güzergâhı ağının analizi yapılmalı, sorgulanmalı ve gerekirse yol güzergâhı ağı yeniden oluşturulmalı,
- Coğrafi olarak kompakt çöp kamyonu bölgeleri oluşturmak için mevcut filodaki ve iş gücündeki asansörler, ağırlık, hacim veya zaman dengelenmeli,
- Atık toplama araçlarının tur yoğunluğu analizi yapılarak gerekli ise düzeltmeler yapılmalı,
- Yol güzergâhı tur yoğunluğu ve atık toplama ve taşıma saatleri sorgulanmalı ve gerekirse yeniden düzenlenmeli,
- Gerekirse yeni yol güzergâhı, konteynır sayısı ve kapasitesi tespit edilmeli,
- Yeni yol güzergâhları için en uygun rotalar belirlenmeli ve güzergâhlar güncellenmeli,
- Konteynır yerleri harita üzerinde gösterilmeli (konteynır kapasitesi, hizmet ettiği nüfus gibi),
- Atık toplama araçlarının garaj çıkış ve dönüş saatleri ayarlanmalı,
- Kaza yapan ve arızalanan araçlara yardım yapacak araçlar belirlenmeli,
- Her bir yol güzergâhında yaşanan olumsuzluklar raporlanmalı,
- Atık toplama ve taşıma sistemindeki tüm mevcut veriler güncelleştirilmeli.

Atık toplama ve taşımada;

- Konteynırlardaki atıkların araçlara yüklenmesi ve trafik yoğunluğundan dolayı durma süreleri,
- Her bir rota için atık toplama araçlarının kapasitelerinin doğru belirlenmemesi, (birim zamanda maksimum sayıda konteynırdaki atıkların araçlara yüklenme kapasitesi),
- Her bir aracın limitli süre içinde yeterli ölçüde tur yapamaması,
- Araçların maksimum dolulukta bertaraf tesisine taşıma yapamaması,
- Sürücülerin öğle yemeği faslı,
- Yol güzergâhlarının sık dönüşlü olması (mümkünse dörtten fazla dönüş olmamalı, her bir fazla dönüş taşıma süresini uzatır),

gibi olumsuzluklar önemli süreler ve km'ler almaktadır. Akıllı yol güzergâhı ve atık toplama, taşıma saatleri ve süreleri belirlerken yukarıdaki olumsuzluklar minimize edilmelidir.

Atıkların toplanması ve taşınması esnasında araç sayısı ve araçların toplam tur süresi en aza indirilerek maksimum doluluk sağlanarak taşıma maliyeti minimize edilebilir.

Belediyenin belirlediği günde atık toplama araçları gelmeden yarım saat önce bina sakinleri, atık konteynırlarını sokağa çıkartmalı. Bu konuda belediye, bina sakinlerine mesaj çekilebilmeli. Atık konteynırları mümkünse yolun sağ tarafına konmalı. Böylece atık toplama araçlarının konteynırları beklemesi önlenmiş olur.

Alışveriş yerlerine/merkezlerine ve işyerlerine ait atıkların toplanmasında ayrı bir toplama ve taşıma sistemi oluşturulmalıdır. Bu tür yerlerde günlük olarak oluşan atık miktarlarına dikkat edilerek toplama aracı kapasitesi ve toplama sıklığı belirlenmelidir. Amerika'da ticari yerlerde 60 ila 400 işyerine bir günde hizmet verecek şekilde atık toplama aracı ile işlem yapılmaktadır. Bu tür yerlerde günlük oluşacak atık miktarına ve araç kapasitesine bağlı olarak atık toplama daha sık aralıklarla yapılabilmektedir.

Amerika'da yerleşim bölgelerinde bir araç, bir günde 150 ila 1300 konuta hizmet verebilmektedir.

İkiye bölünmüş bir cadde üzerinde atık toplanıyorsa o cadde üzerinde gidiş geliştteki atıklar aynı gün içinde alınmalıdır. Atıklar, aynı caddelerde farklı günlerde toplanmamalıdır.

Atık toplama araçlarının ölü süreleri en aza indirilmelidir. Bunun için konteynırlar araçların durduğu yerlere yakın yerlere konmalı, güzergâh üzerinde trafik problemi en az olmalı, mümkünse araçlar düz yolda seyretmelidir.

Atık toplama turu esnasında karşılaşılan fiziki ve topografik bariyerler belirlenmeli ve çözüm yolları üretilmelidir. Atık toplama esnasında fiziki bariyerlerin bedel olduğu unutulmamalıdır.



Akılsız Çöp Toplamadan Akıllı (Smart) Çöp Toplamaya Geçiş

Atık toplama ve taşıma işlemi mümkünse trafiğin en az yoğun olduğu saatlerde yapılmalıdır.

Verimli ve seri atık toplama işlemi için şehirde kullanılan konteynırların boyutları standart olmalıdır. Çünkü her bir konteynırı boşaltma ve yerine koyma süresi aralığı oldukça önemlidir.

Küçük ilçeler ve beldeler birlikte veya ortak atık toplama ve taşıma işi yapsalar atık toplama ve taşıma bedeli yarı yarıya düşürülebilir. İngiltere’de yapılan bir çalışma bunu göstermiştir. Komşu belediyeler ortak olarak atık topladıkları zaman atık toplama ve taşıma maliyeti %47 oranında düşmüştür.

İngiltere’de geri dönüştürülebilir atıkları bir hafta toplanırken takip eden hafta belediye atıkları toplanmaktadır. Türkiye’de konutlarda belediye atığı toplama sıklığı aralığı kış aylarında hafta bir ve yaz aylarında 3 veya dört günde bir yapılması mümkündür. Bu şekilde araçların doluluk oranı daha yüksek olur.

Atık toplamada genel olarak biri şoför olmak üzere üç kişi çalışmaktadır. Gelişmiş ülkelerde atık toplamada çalışan sayısı ortalama iki kişidir. Atık toplama kamyonları ona göre dizayn edilmiştir.

Bazı şehirlerde atıklar bir defa toplandıktan sonra araçlar ve çalışanlar boşta kalmaktadır. Bu konuda çalışmalar yapılmalıdır; aksi durum ciddi maliyet demektir.

Büyükşehirlerde optimum taşıma için transfer istasyonu oluşturulabilir. Atık toplamada kullanılan taşıt sayısı en aza indirilebilir. Böylece atık toplama ve taşıma maliyeti azaltılabilir.

Akıllı çöp toplama;

- Ekonomik, pratik ve kolay uygulanabilir olmalı.
- Çevrede koku ve görüntü kirliliği oluşturulmamalı.
- Konteynırlarda fare, sinek ve benzeri haşereler olmamalı.
- Güzergâhlar (rotalar) doğru olarak belirlenmeli ve güncellenmeli.
- Hoş olmayacak görüntüler oluşmamalı.
- Çöp konteynırlarının yerleri ve kapasiteleri doğru belirlenmeli.
- Toplama sıklığı tekniğine uygun ve akıllı olarak belirlenmeli ve azaltılmalı.
- Çöp konteynırları optimum boyutta olmalı.
- Performans ölçümü yapılabilmesi ve performans kriterleri belirlenmeli.

4. Akıllı Atık Toplama Sistemi

Çöp toplama maliyetleri atık yönetimi harcamalarının önemli kısmını oluşturmaktadır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı müsteşarı Prof. Dr. Mustafa Öztürk tarafından hazırlanan “Atık Toplama Miktarı ve Maliyeti %40-50 oranında düşürülebilir” başlıklı kitapçıkta belirtildiği üzere atık yönetim sistemi işletme maliyetlerinin en büyük kalemini atık toplama ve taşıma



Akılsız Çöp Toplamadan Akıllı (Smart) Çöp Toplamaya Geçiş

faaliyetleri oluşturmaktadır. Bu maliyetlerin azaltılması için akıllı, ekonomik, bilimsel ve sistematik çözümlerin geliştirilmesi ve uygulamaya geçirilmesi şarttır.

Akıllı çöp toplama;

- Enerji verimli,
- Ekonomik,
- Teknoloji odaklı,
- Çöp konteynırları ve çöp toplama araçları kapasitesini optimize eden,
- Zaman israfına son veren

bir toplama sistemidir.

Akıllı atık toplama sistemi sayesinde uçtan uca sistem kontrolü ve vatandaş memnuniyeti sağlanırken atık toplama optimizasyonu ile trafik tıkanıklığı, çalışma saatleri, yakıt tüketimi ve karbon salınımı azaltılır. Atık toplama yönetim sistemlerini dijitalleştirerek verimli ve izlenebilir hale getirir.

Yazılım tarafında, akıllı atık denetimleri atık üretim verilerini, mevcut atık toplama uygulamalarını ve maliyetlerini ve mevcut yerinde geri dönüşüm düzeylerini gözden geçirmek için veri analizini kullanan çevrimiçi araçlar aracılığıyla gerçekleştirilir.

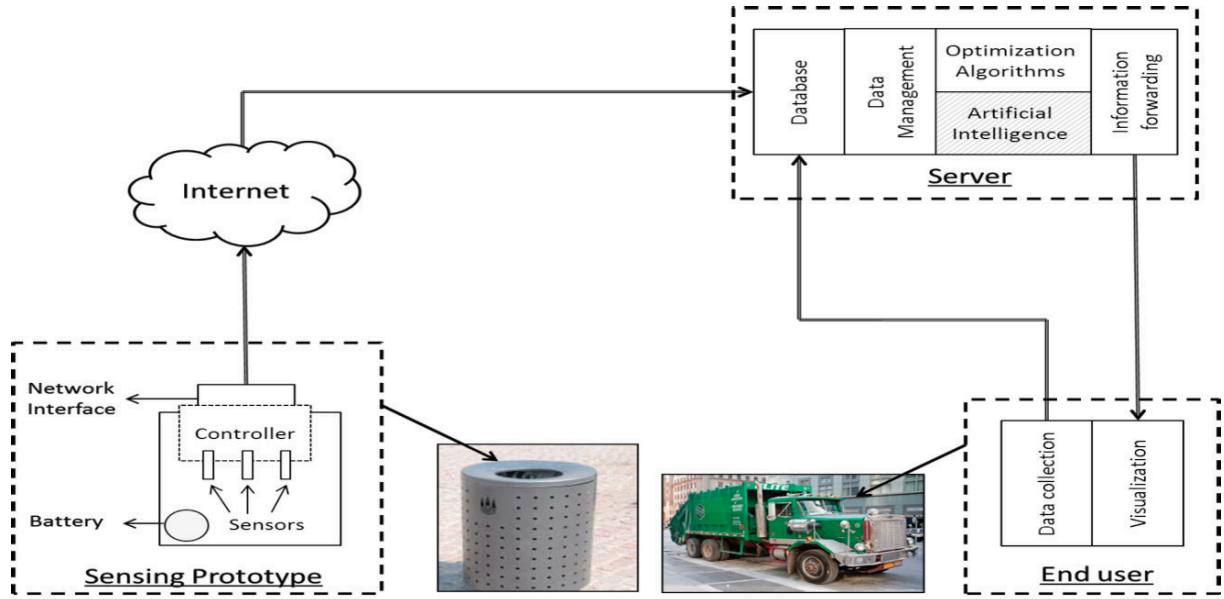
Akıllı çöp toplama sistemi ile süreç yönetimi ve optimizasyonu, atık toplama optimizasyonu, nesnelerin interneti bazlı çözümler, veri analizi ve karar destek sistemleri yer alır.

Modern akıllı atık toplama sistemleri, atık toplama verimliliğini en üst düzeye çıkarmak için entegre edilmiş sensörler, konteynır kapasiteleri, akıllı atık konteynırları, kamyonların kapasiteleri, haritalar ve bir veri yönetim merkezinin entegre edilmiş bir ağını içerir. Bunlar, bağlantısız ve keyfi tarifelerde bir kamyon filosu tarafından hizmet verilen verimsiz rotalardan oluşan mevcut karmaşık ve maliyetli süreci çözmek için tasarlanmıştır.

Aşağıda 4 adet akıllı çöp toplama yönetimi detayı verilmiştir.

5. Akıllı Atık Toplama Sistemleri

1. **Birinci yöntem.** Noktalar arasındaki mesafeler, tesis seçenekleri ve işleme maliyetleri gibi çok sayıda faktörün parametrelendirilmesi, Belediye katı atık toplama sistemlerinde çoklukların ve mekansal heterojenliklerin karmaşıklığını doğru bir şekilde modellemek için gereklidir. Şekil 4, akıllı atık toplama sisteminin bileşenlerini göstermektedir.



Şekil 4 Akıllı Atık Toplama Sistemi Bileşenleri

Akıllı çöp konteynirinin temel bileşeni, her türlü atık kutusuna takılabilen ve ultrasonik kablosuz teknoloji kullanılarak doluluk seviyesini, sıcaklığı ve çöp konteyniri eğimini sürekli ölçebilen sensörlerdir. Sensörler ayrıca genel atık, cam, atık yağ ve yağlayıcılar gibi her türlü katı ve sıvı malzemeyi algılayabilir. Ayrıca, sahiplerin konteynerlerinin yerini her zaman bilmelerini sağlamak için coğrafi konum takibi de yapabilirler. Kablosuz ultrasonik sensörler aynı zamanda çöp konteyniri bilgilerini hücresel bir ağ üzerinden merkezi bir veri sunucusuna gönderen bir iletişim düğümü görevi görür. Gelecekteki sensör teknolojisi, farklı bölgelerdeki atıkların bileşimi hakkında daha iyi veri sağlamak için haznenin nemini, hareketini veya ağırlığını ölçebilecektir. Doluluk seviyesi izleme ve kablosuz veri aktarımının ötesinde hizmetler sunan diğer daha büyük ve daha karmaşık akıllı çöp konteynirleri bulunmaktadır. Bir örnek, Şekil 5'de gösterildiği gibi Bigbelly akıllı çöp konteyniridir.



Şekil 5 Akıllı Çöp Konteynir

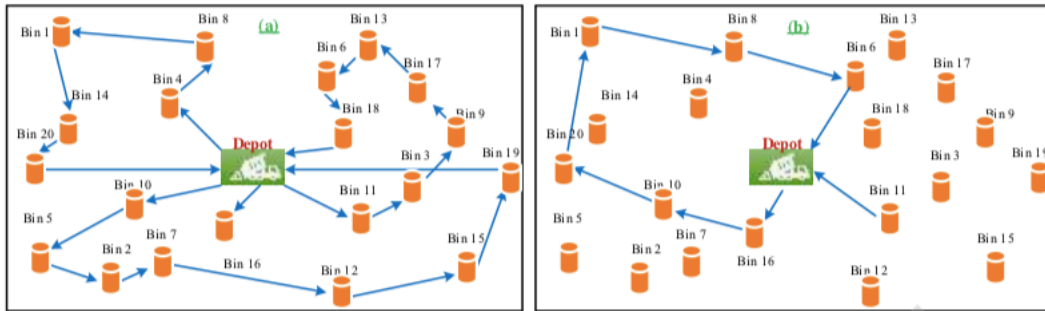
2. **İkinci yöntem.** Bu çalışmada önerilen atık toplama sistemi bir metropol alanında çöp konteynirlerinde atık seviyesi verilerine dayanmaktadır. Mevcut çöp konteynirlerine yerleştirilen sensörler (ultrasonik doluluk veya ağırlık veya her iki sensor birlikte) tarafından toplanan veriler İnternet üzerinden depolandığı ve işlendiği bir sunucuya gönderilir. Toplanan veriler, toplanacak çöp konteynirlerinin günlük seçimini izlemek ve optimize etmek, güzergahları (rotaları) buna göre hesaplamak için kullanılır. İşçiler her gün navigasyon cihazlarında yeni hesaplanan güzergahları (rotaları) alıyorlar. Bu sistemin temel özelliği, sadece günlük atık seviyesi durumu hakkında değil, aynı zamanda gelecekteki atık tahmini, trafik sıklığı, dengeli maliyet-verimlilik fonksiyonları ve bir yönetici insanların öngöremediği diğer etkileyen faktörler hakkında da deneyimden ders almak ve karar vermek üzere tasarlanmış olmasıdır. Çöp konteynirlerinin doldurulma hızı, geçmiş verilere ve oluşmadan önce öngörülen taşmaya göre analiz edilebilir. Toplanacak çöp konteynirlerinin optimize edilmiş seçiminin maliyetleri azaltması, önceden tanımlanmış ekonomik gereksinimlere bağlı olarak toplama verimliliğini veya her ikisini birden artırması beklenmektedir.
3. **Üçüncü Yöntem.** Bu yöntemde konteynir içinde çöp eşik seviyesine ulaştığında, ultrasonik sensörün GSM modemi tetikleyeceği ve bu modem, çöp konteynirindeki çöp sıkıştırılana kadar gerekli yetkiliyi sürekli olarak uyarır. Çöp konteyniri sıkıştırıldıktan sonra, insanlar çöp konteynirine atık atmaya devam eder. Düzenli aralıklarla çöp konteyniri sıkıştırılır. Bu sistem dayanıklılık, karşılanabilirlik, hasar ve bakım sorunlarına karşı önleme gibi çeşitli

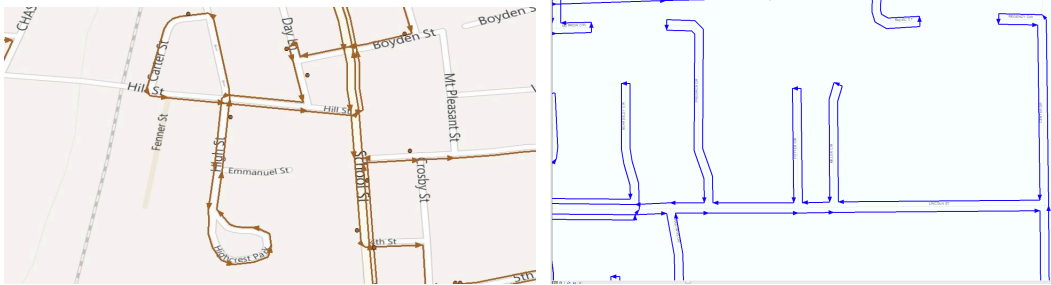
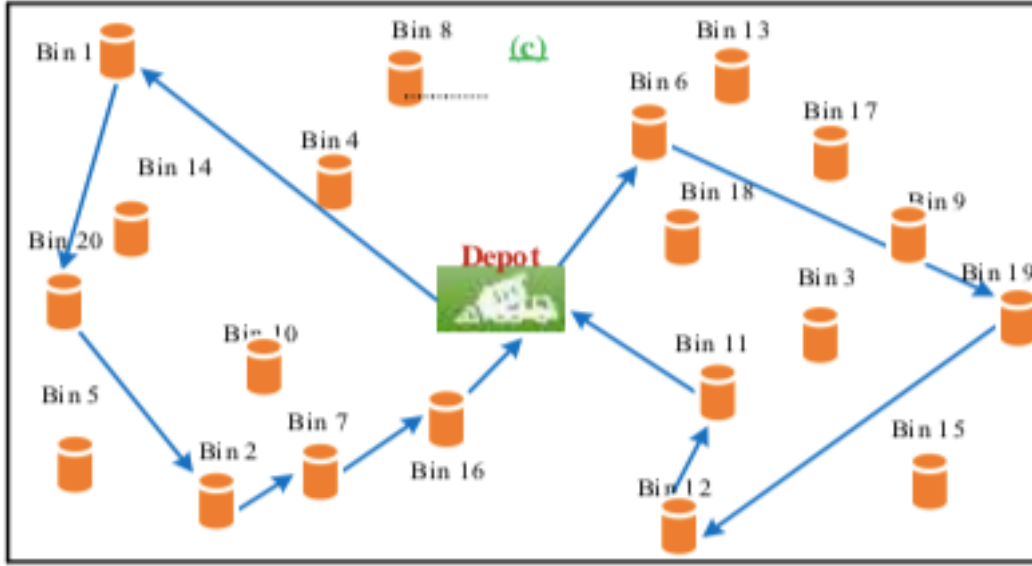
özelliklere sahiptir. Ama sıkıştırma özelliği olan çöp konteynırı gereksiniminden ötürü daha fazla makine ve işçilik gerektirir.

4. **Dördüncü Yöntem.** Hindistan'daki Asansol şehri için atık depolama, toplama ve bertaraf etme planlarını detaylandıran katı atık toplama için bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) taşıma modeli önerilmiştir. Doğu Finlandiya için sezgisel taramada yönlendirilmiş değişken mahalle eşiği kullanımını içeren gelişmiş bir yönlendirme ve programlama çöp toplama modeli önerilmiştir. Daha düşük maliyetli bu yöntem, çöp konteyneri değil çöp arabası ve çöplerin toplandığı bölge odaklı çalışmaktadır. Çöp arabalarının her çöp boşaltma ve yükleme arasındaki çöp yükleri, çöplerin toplandığı noktalar ve konteyner tipleri açısından analiz edilip çöp toplama sıklığı makine öğrenmesiyle düzenli olarak yenilenecektir. Her çöp toplama aracının topladığı çöp miktarı ve çöplerin toplandığı rotalar analiz edilip, konteynırlarda çöp birikme potansiyeli hesaplanacaktır. Bu sayede çöp araçlarının rotaları optimize edilip çöp toplama sıklığı değiştirilebilecektir. Kurulacak sistem ile düzenli sağlanan veriler (rota ve her bir rota için toplanan total çöp miktarı) sayesinde optimizasyon sürekli sağlanacaktır. Bu sayede direk ve düzenli iyileştirme sağlanacaktır.

Ayrıca opsiyonel olarak da yine maliyeti düşük tutarak çöp arabalarına takılacak kamera aracılığıyla görüntü işleme teknolojisi kullanılarak tekil konteynırlardaki çöp yoğunluğu ölçülebilecektir.

Dördüncü yöntemle elde edilecek optimizasyon örneği Şekil 6'da verilmiştir.





Şekil 6 Dördüncü Yöntemle Elde Edilecek Optimizasyon Örneği

Türkiye şartlarında en hızlı ve ucuz uygulanabilecek olan çalışma dördüncü yöntemdir.

Konteynıra konulacak sensörler bağlantı metotlar, mikrochip raspberry pi vs tartışılabilir ama 4. yöntem daha pratik ve ekonomik görülmektedir.

Üçüncü yöntemde her konteynıra otomatik sıkıştırma aleti eklemek çok pahalı olur ve elektrik sağlamak gerekir. İlk iki metodun en azından sadece sensor konulduğunda pille çalışması şansı vardır.

Türkiye şartlarında ilk üç yöntemi ekonomik ve verimli çalıştırmak gerçekçi değildir. İlk üç yöntem ile belediyeler, üretici firmalara bağımlı hale gelmektedir.

6. Sonuç

Akıllı atık toplama çözümleri entegrasyonunun en önemli faydaları ölçülemeyen katma değerler arasında listelenmektedir. Şehirler, standartlarını yükseltmek için peşinde koştuğu en büyük dijital dönüşümlerden biri olan "akıllı atık toplama sistemlerini" benimsenerek örnek teşkil edecek adımlar atılmaktadır.

Entegrasyon sayesinde uçtan uca sistem kontrolü sağlanarak yapılan yatırımların ve harcamaların etkin kontrolü ve yönetimi sağlanmış olmaktadır. Günümüzdeki yönetim problemlerinin temel sebebi olan ölçüleme problemine çözüm getirilerek anlaşılabilir



Akılsız Çöp Toplamadan Akıllı (Smart) Çöp Toplamaya Geçiş

metriklerle karar verme süreçleri desteklenir. Bu, sahip olunan kaynakların takibini ve yönetimini kolaylaştırır.

Modern teknoloji sayesinde geliştirilmiş analiz yetenekleri sistemin daha iyi yönetilmesini desteklemektedir. Bu yeteneklerin kullanılabilmesi için ön koşul olan “verilerin dijital ortama aktarılmasıdır”. Sürekli veri akışı ve yapılan analizler sayesinde vatandaş memnuniyetini düşüren etkenler daha hızlı tespit edilir, daha hızlı aksiyon alınır. Böylelikle sunulan servis seviyesi artırılır ve kamusal değer oluşturulur. Daha temiz ve yaşanabilir bir kent oluşturulmuş olur.

Ekonomik etkenlerin yanı sıra atıkların her gün toplanılması, atık üreticisinin davranışını olumsuz yönde etkilemektedir. Haftada bir atık toplanan bir hane de, atık üreticileri hacmi ve su muhtevası daha düşük atık çıkarmak eğiliminde olacaktır. Özellikle koku yapma ihtimali taşıyan organik atıkları daha az oluşturmaya çalışacaklardır. Mali optimizasyon çalışmaları yapıldıktan sonra çevresel ve sosyal etkenlerde göz önünde bulundurularak nihai akıllı atık toplama sistemine karar verilmelidir. Mevcut çalışma sonucunda atığın her gün toplanmasının aktarmalı ve aktarmasız taşıma durumları için maliyeti yükselttiği ve kamuyu zarara sokan bir uygulama olduğu söylenebilmektedir.

Akıllı çöp toplama ile konteynırların konumlarını doğru belirlemek, geliştirilmiş güzergah optimizasyon çözümleri ile zaman, mesafe ve maliyeti %30-40 azaltmak, iş verimliliğini artırmak ve milyonlarca haneye ve işletmeye daha iyi, daha verimli hizmet sağlamaktır.