

REKULTYWACJA NIEUPORZĄDKOWANEGO SKŁADOWISKA W SARAYKÖY DENİZLİ

1. Cel i zakres projektu

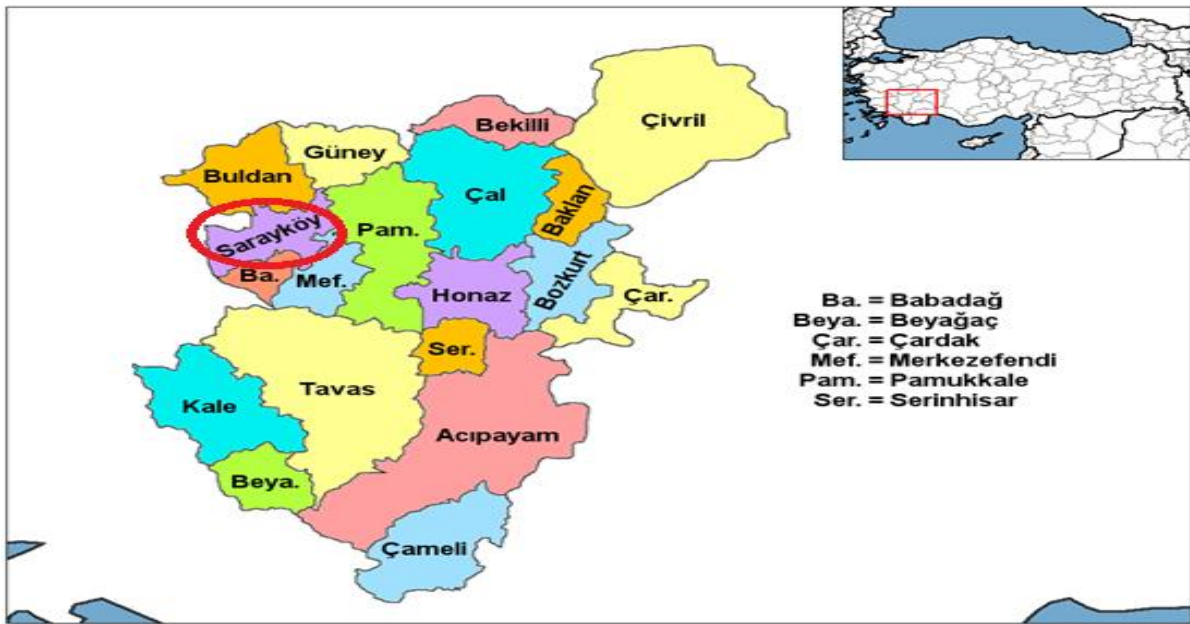
W mniej rozwiniętych i rozwijających się krajach odpady stałe są deponowane na otwartej przestrzeni, z dala od dzielnic mieszkaniowych. Ta metoda jest od wielu lat stosowana do usuwania odpadów stałych w Turcji. Podczas gdy ilość odpadów stałych w miastach wzrosła wraz ze wzrostem migracji z obszarów wiejskich do miejskich, składowiska odpadów pozostały na obszarach zamieszkałych, bo wcześniej nie planowano tam urbanizacji.

Ochrona środowiska, zapobieganie zanieczyszczeniom środowiska i zapewnienie gospodarki odpadami określa ustawa Prawo ochrony środowiska nr 2872 opublikowana w Dzienniku Ustaw z dnia 11.08.1983 i numer 18132, Rozporządzenie w sprawie gospodarki odpadami opublikowane w Dzienniku Ustaw z dnia 02.04.2015 i numer 29314 oraz inne właściwe przepisy prawne. W tym kontekście nieuporządkowane składowisko odpadów, które rozpoczęło swoje funkcjonowanie 2007 r. w dystrykcie Sarayköy w prowincji Denizli, powinno zostać zamknięte. Działania podjęte na terenie składowiska ma na celu rekultywację nieuporządkowanego składowiska zgodnie z odpowiednimi przepisami i warunkami technicznymi.

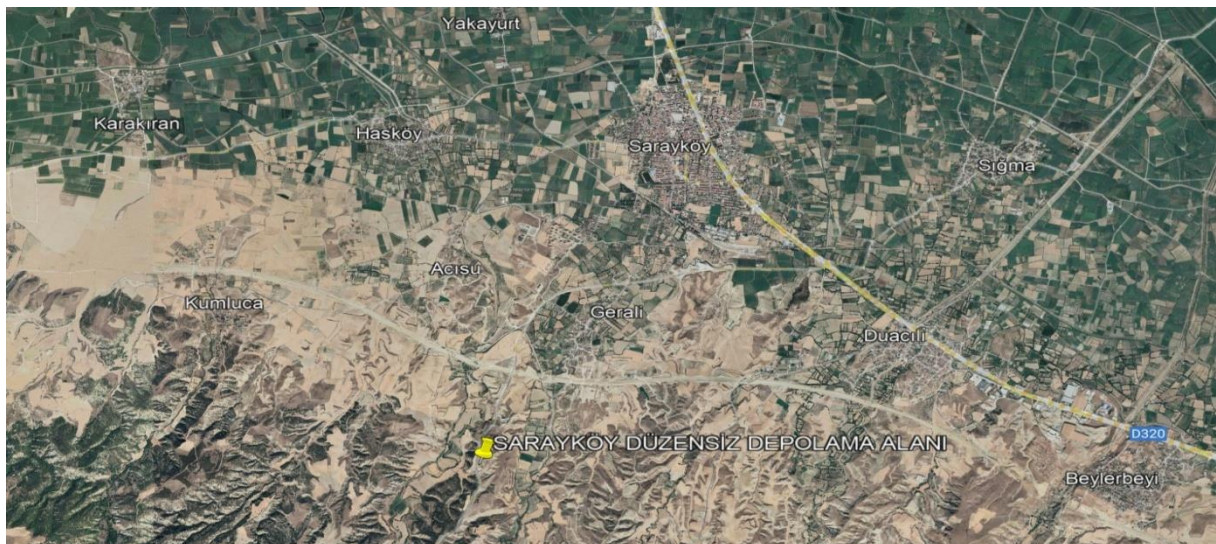
2. Ogólne informacje o składowisku

Dystrykt Sarayköy, który jest oddalony o 20 km od centrum Denizli, jest otoczony przez Buldan na północy, Denizli na wschodzie, Babadağ na południu, Buharkent i Kuyucak na zachodzie. Jego powierzchnia wynosi 470 km². Położenie geograficzne dystryktu Sarayköy pokazano na rysunku 1.

Rozpoczęte w 2007 r. eksploatawanie nieuporządkowanego składowiska zakończono w 2014 r. Widok z góry nieuporządkowanego składowiska Sarayköy znajduje się na rys. 2. Od 2014 r. odpady zbierane w dzielnicy trafiają na składowisko Kumkışık zamiast na nieuporządkowanego składowisko. Średnio 33,5 ton/dobę odpadów deponowano na nieuporządkowanego składowisko do 2014 roku. Użytkowanie składowiska zostało zakończone przez pożar w 2014 roku.



Rysunek 1. Położenie geograficzne dystryktów Denizli, Sarayköy



Rysunek 2. Zdjęcie satelitarne obszaru nieuporządkowanego składowiska Sarayköy

3. Obserwacje przed rekultywacją

Przed rekultywacją na nieuporządkowanym składowisku znajdowała się masa odpadów o powierzchni 2,5 ha. Dym ze spalania samoczynnego odpadów na składowisku oddziałuje na tereny mieszkalne i autostradę. Obrazy składowiska przed rekultywacją przedstawiono na rysunku 3.



(a)



(b)



(c)



(d)

Rysunek 3. Warunki panujące na nieuporządkowanym składowisku przed rekultywacją

4. Obliczenia populacji i masy odpadów

4.1. Populacja

Wyniki poprzedniego spisu ludności dla okręgu Sarayköy przedstawiono w tabeli 1. Wartości za poprzednie lata uzyskano z Tureckiego Instytutu Statystycznego (TUIK). Powierzchnia składowania, która zaczęła być eksploatowana w 2007 roku, obsługiwała aż do zamknięcia 32 wioski okręgu Sarayköy. Średnia liczba ludności w populacji w latach 2007-2014 wyniosła 29 888 i została przedstawiona w Tabeli 1.

Tabela 1. TUIK dane ludnościowe Sarayköy

Rok	Populacja
2007	30.028
2008	30.310
2009	30.031
2010	29.854
2011	29.842
2012	29.650
2013	29.650
2014	29.739
Suma	239.158

4.2. Aktualna ilość odpadów

Do oszacowania ilości odpadów znajdujących się na składowiskach stosuje się dwie różne metody. Pierwsza metoda polega na określeniu ilości odpadów z ostatnich lat za pomocą retrospektywnych prognoz populacji i jednostkowych ilości odpadów. Drugim jest określenie szacunkowej aktualnej ilości odpadów na składowisku poprzez wykonanie modelu 3D bazując na aktualnej mapie i przyjętych założeniach. Jednak ze względu na skutki czynników powodujących zmniejszenie ilości odpadów, takich jak degradacja, spalanie i osadzanie się składowiska (zmniejszenie wysokości poszczególnych warstw), ilości odpadów za okres eksploatacji składowiska obliczono w oparciu o populację.

Poniższy wzór służy do określenia ilości odpadów na składowisku.

$$W = N \times f \times w$$

Gdzie:

W: Ilość odpadów (ton/year)

N: Populacja (osoba)

w: Ilość odpadów wytworzonych na osobę w czasie t (kg/osoba/dzień)

f: Współczynnik konwersji jednostek (365 dni/rok x 10⁻³ ton/kg)

Populacja i dobowe wytwarzanie odpadów odgrywają ważną rolę w określeniu przewidywanej ilości odpadów na składowisku. Średnią ilość odpadów na 1 mieszkańca (kg/osobodzień) uzyskano z danych ogłaszanych przez TUIK co dwa lata, a jej średnią przedstawiono w tabeli 2.

Table 2. TUIK średnia ilość odpadów na mieszkańca

Rok	Średnia ilość odpadów na osobę (kg/osoba/dzień)
2008	1,15
2010	1,14
2012	1,12
2014	1,08
Średnio	1,12

Zgodnie ze średnimi wartościami zaczerpniętymi z Tab. 1 i Tab. 2;

N: 239.158 osób

w(t): 1,12 (kg/osoba/dzień)

W= 239.158 osoba x 1.12 kg/osoba/dzień x 365 dni/rok x 10⁻³ ton/kg

f: (365 dni/rok x 10⁻³ ton/kg)

W= **97.767,79 ton/rok** (łącznie odpadów)

Gęstość odpadów wynosi 0,6 ton/m³. W sumie na składowisku Sarayköy zrehabilitowano 162.946 m³ odpadów.

5. Rekultywacja nieuporządkowanego składowiska

Około 162.946 m³ odpadów należących do Sarayköy składowano na nieuporządkowanym składowisku, które miało przewidywaną głębokość (wysokość składowanych odpadów) - 6,5 m i powierzchnię 2,5 ha. Na tym terenie przeprowadzono wiele działań, t.j.: usypywanie skarp i formowanie nasypów, pokrycie powierzchniowe składowiska, odprowadzenie wód powierzchniowych i wykonano system odprowadzenia gazu składowiskowego.

6. Układ skarp i formowanie nasypów

Układ skarp i ułożenie nasypu zapewniają, że teren składowiska jest statycznie zabezpieczony przed osunięciem. Dzięki ułożeniu skarp można bezpiecznie nasypywać kolejne warstwy przykrywające. Spadek stromy zbocza, zwłaszcza w północnej części składowiska, gdzie odbywa się składowanie odpadów, został złagodzony do współczynnika 1/3 poprzez wykonanie wypełnienie dodatkowym materiałem w objętości około 10.000 m³. Zaprojektowano 3% spadki w górnej części terenu, aby zapewnić odwodnienie powierzchni. Nasyp ma na celu zabezpieczenie odpadów wokół składowiska. Wysokość zewnętrznej warstwy nasypu wynosi 4m. Nasyp uformowano z materiału marglowego pozyskanego z terenu w okolicy i zagęszczono warstwami o grubości 30 cm. Na zewnątrz nasypu wybudowano kanał odwadniający, który zapewni odprowadzenie odcieków i wód powierzchniowych. Zdjęcia nieuporządkowanego składowiska podczas rekultywacji przedstawiono na rysunku 4.

6.1. System pokrycia powierzchni składowiska

Po zakończeniu rekultywacji nieuporządkowanego składowiska Sarayköy zrehabilitowany teren został przykryty i zabezpieczony. Główne cele tych działań to:

- Zapobieganie kontaktowi odpadów z otoczeniem,
- Zapobieganie przedostawaniu się wody deszczowej pod powierzchnię składowiska i zmniejszanie ilości odcieków,
- Zapobieganie erozji,
- Minimalizacja emisji gazów cieplarnianych do atmosfery,
- Minimalizacja emisji, które mają negatywny wpływ na środowisko.

System pokrycia powierzchni składowiska, który ma zostać utworzony podczas rekultywacji nieuporządkowanego składowiska Sarayköy, składa się z następujących warstw od dołu do góry:

- Warstwa wyrównująca 50 cm,
- Warstwa gliny, 50 cm,
- Warstwa Drenażowa 30 cm,
- Warstwa gleby, 50 cm.



(a)



(b)

Rysunek 4. Zdjęcia terenu nieuporządkowanego składowiska podczas rekultywacji

6.2. Warstwa wyrównująca

Warstwy wyrównujące i zapobiegające kapilarności stykają się z górną powierzchnią masy odpadów. Warstwa ta składa się z bardzo przepuszczalnego materiału gruntowego o grubości 30 cm ściskanego wałem wibracyjnym.

6.3. Mineralna warstwa nieprzepuszczalna

Warstwa nieprzepuszczalności mineralnej wykonana jest z naturalnego materiału glinianego. Grubość tej warstwy wynosi 50 cm, a współczynnik nieprzepuszczalności $k \leq 1 \times 10^{-9}$ m/s. Naturalny materiał gliniasty uzyskano z kamieniołomów wykorzystywanych na składowisku Kumkısık. W tych kamieniołomach dostępna jest wystarczająca ilość gliny.

6.4. Warstwa drenażu

Do wykonania warstwy drenażowej o grubości 30 cm użyto żwiru o średnicy 16-32 mm. Żwir musi być wolny od wapna lub zawierać mniej niż 20%. W warstwie drenażowej stosuje się twarde, okrągłe materiały o przepuszczalności $k = 1 \times 10^{-4}$ m/s.

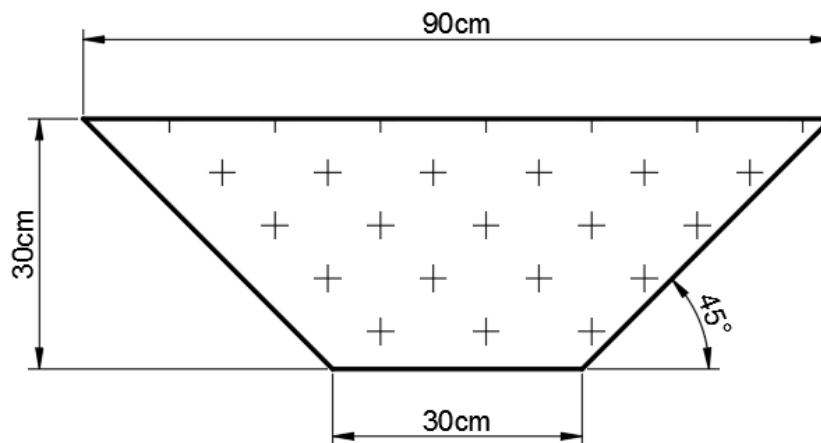
6.5. Warstwa gleby

Warstwa gleby jest umieszczana na górze w celu ochrony wszystkich warstw w ostatniej okrywie, a także w celu przeprowadzenia operacji nasadzenia roślinności w ostatniej warstwie. Minimalna warstwa gleby musi wynosić 0,50 m. Ta warstwa służy temu, aby uniknąć erozji i poprawić jakość krajobrazu. Aby zazielenić teren i nasadzić roślinność, spośród gatunków lokalnych należy wybrać gatunki o krótkich korzeniach i samonamnażających się, które mogą dobrze się rozwijać w słabo kondycjonowanej i skażonej glebie.

6.6. Plan odprowadzania wód powierzchniowych

Suche koryto cieku, biegnące równoległe do składowiska, pełni funkcję naturalnego odwadniania z wód opadowych. Podany w niwelacji powierzchni 3% spadek zapewnia spływ opadów opadających na powierzchnię do tego suchego koryta cieku. Na zewnątrz brzegu otaczającego teren utworzono trapezoidalne kanały odprowadzające wodę deszczową do zbierania wody opadowej wpadających do tych basenów. W ten sposób wody opadowe, które przedostały się do wody opadowej z koryta potoku, były odprowadzane obiegowo. Kanały otwarte o przekroju trapezowym mają na celu przede wszystkim odprowadzenie wody kierowanej na masę odpadów

z zewnątrz. Przekrój kanału wód powierzchniowych przedstawiono na rysunku 5. Dodatkowo kanał odwadniający został pokryty 10 cm betonem.



Rysunek 5. Odcinek kanału wody powierzchniowej

6.7. System zarządzania gazem składowiskowym

Na składowisku zostanie zastosowany pionowy system zbierania gazu składowiskowego. System odbioru gazu składa się ze studni zbiorczych gazu wypełnionych żwirem rozmieszczonych w odpowiednich odstępach i umieszczonych wewnątrz rur perforowanych. Efektywna odległość studni odbiorczych gazu na składowiskach wynosi około 50-60 metrów. Na nieuporządkowanym składowisku w Sarayköy utworzono w sumie 12 odwiertów pionowych. Studnie zbiorcze gazu mają przybliżoną średnicę 800 mm i wysokość 9m. W studniach zbiorczych gazu stosowana jest rura z polietylenu wysokiej gęstości (HDPE) o średnicy wewnętrznej 100 mm, odporna na korozyjne działanie odcieków. Jako materiał filtracyjny pomiędzy ścianą studni, a rurą zbiorczą zastosowano żwir bezwęglanowy o rozkładzie cząstek 16/32 mm lub 32/64 mm. Materiał ten posiada na zewnątrz stalową siatkę. Instalację komina gazowego pokazano na rysunku 6.



(a)



(b)

Rysunek 6. Instalacja komina gazowego

6.8. Aranżacja krajobrazu

Celem rekultywacji jest również wykonanie odpowiedniej aranżacji krajobrazu w warunkach technicznych, ekonomicznych i estetycznych w terenie. W ramach działań przewidziano, że rośliny na terenie objętym rekultywacją, po zakończonych działaniach, nie będą objęte opieką, więc dobrano roślinność pod kątem ich możliwości przetrwania w warunkach panujących na terenie składowiska.

Podczas planowania:

- Obszar jest traktowany jako jednolity teren.
- W obszarze projektu rekultywacji ustanowiono pewien system układania roślinności, aby ułatwić realizatorowi wykonywanie prac.
- Opracowano projekt, który pozwoli na zmiany i uzupełnienia, które mogą pojawić się z czasem.
- Użyte materiały są łatwe do znalezienia i zastosowania oraz zostały wybrane zgodnie z charakterystyką regionu.
- W doborze roślin uwzględniono również cechy klimatyczne i glebowe regionu.

Ostateczny stan nieuporządkowanego składowiska Sarayköy po pracach rekultywacyjnych przedstawiono na rysunku 7.



Rysunek 7. Nieuporządkowane składowisko Sarayköy po rekultywacji

6.9. Czynności konserwacyjne i monitorujące po zamknięciu

Istniejące nieuporządkowane składowisko należy zrehabilitować i zamknąć w sposób, który ma jak najmniejszy wpływ na środowisko. Monitorowanie zrehabilitowanych nieuporządkowanych

składowisk będzie prowadzona zgodnie z zaleceniami wymienionymi w „Przewodniku po rekultywacji nieuporządkowanych składowisk” z dnia 12 grudnia 2009 r. i jak pokazano w Tabeli 3. Na zrehabilitowanym niehigienicznym składowisku przewiduje się prowadzenie prac konserwacyjnych i kontrolnych będzie trwał przez 30 lat po procesie rehabilitacji.

Tabela 3. Okresy konserwacji i kontroli zrehabilitowanego nieuporządkowanego składowiska.

Element	Częstotliwość	Potencjalne problemy
Powierzchnia składowiska	Raz w roku i po ulewnym deszczu	Erozja, ścieranie na powierzchni gleby
Drenaż powierzchniowy	Cztery razy w roku i po ulewnym deszczu	Gromadzenie się części stałych gleby w powierzchniowej warstwie drenażu wodnego, kontrola rur drenażowych
Gaz składowiskowy	Regularny	Zapach-odór, uszkodzone kominy gazowe, możliwość uszkodzenia instalacji i palnika spalania gazu
Flora	Cztery razy w roku	Poziom witalności
Woda gruntowa	Dwa razy w roku	Zanieczyszczenie wód gruntowych

7. Analiza ekonomiczna

Przeprowadzono różne badania inżynierskie w celu rekultywacji nieuporządkowanego składowiska Sarayköy. Analizę kosztów wyżej wymienionych badań inżynierskich przedstawiono w Tabeli 4. Jak widać z tabeli, na rekultywację obszaru nieuporządkowanego składowiska Sarayköy wydano łącznie 175,613,5 euro.

Tabela 4. Analiza kosztów procesu rehabilitacji

Przybliżona tabela kosztów				
Proces	Jednostka	Ilość	Cena jednostkowa (Euro)	Razem (Euro)
Kopanie maszyn, transport, układanie i zagęszczanie odpadów na nieuporządkowanym składowisku Sarayköy	m ³	25.000	0,95	23853,57
Na Placu Budowy: Roboty Wypełniające (Z Wykopu)	m ³	3.280	0,73	2413,14
Budowa dróg	m ²	2.867	4,46	12788,87
Ostateczny system pokrycia: dostarczanie i formowanie naturalnej gliny	m ³	12.500	5,29	66205,36
System pokrycia końcowego: dostarczanie i układanie żwiru	m ³	7.884,56	3,575	28187,3
Ostateczny system osłony: konstrukcja górnej osłony gleby	m ³	12.500	1,825	27375
0,3x0,3x0,9 Tworzenie kanału odwadniającego wodę powierzchniową	m	700	10,76	7537,5
H=9m Ø 1000 mm Formacja komina HDPE	piece	8	192,85	1542,85
Darń	da	25	219,18	5479,55
Nawadnianie terenów parkowych za pomocą instalacji nawadniania	ar	250	0,92	230,35
Całkowita kwota				175.613,5

W wyniku rekultywacji można zminimalizować negatywne skutki środowiskowe nieuporządkowanego składowiska w Sarayköy. Wyeliminowane zostało ryzyko nagromadzenia się gazu składowiskowego i jego wybuchu. Zapewniono zabezpieczenie powierzchni oraz zminimalizowano powstawanie odcieków, które mogą powstawać pod wpływem wód opadowych.