

1

REKULTYWACJA NIEUPORZĄDKOWANEGO SKŁADOWISKA ODPADÓW W BULDAN DENİZLİ

1. Cel i zakres projektu

W mniej rozwiniętych i rozwijających się krajach, odpady stałe są zazwyczaj usuwane z zabudowy mieszkaniowej poprzez składowanie ich na otwartych przestrzeniach, z dala od dzielnic mieszkaniowych. Ta metoda jest stosowana w Turcji do zagospodarowania odpadów stałych od wielu lat. Z jednej strony zwiększona migracja z obszarów wiejskich do miast zwiększyła ilość stałych odpadów w miastach; z drugiej strony, z powodu nieplanowanej urbanizacji, składowiska odpadów pozostały w strefach zamieszkania.

Ochrona środowiska, zapobieganie zanieczyszczeniom środowiska i utrzymanie gospodarki odpadami są określone w ustawie Prawo ochrony środowiska nr 2872 opublikowanej w Dzienniku Ustaw z dnia 11.08.1983 i numerze 18132, Rozporządzeniu o gospodarce odpadami opublikowanym w Dzienniku Ustaw z dnia 02.04.2015 i numerze 29314 i inne właściwych przepisach prawa. W tym kontekście nieuporządkowane składowisko, które zaczęto wykorzystywać w 2007 r. w dystrykcie Buldan w prowincji Denizli, musi zostać zamknięte.

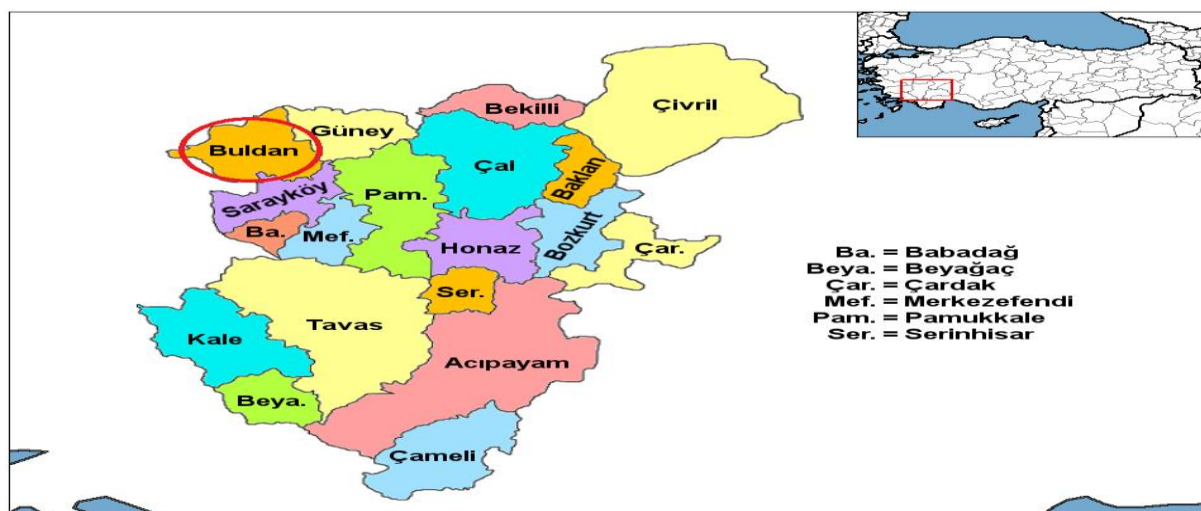
Celem działań w mieście jest rekultywacja nieuporządkowanego składowiska zgodnie z obowiązującymi przepisami i wymaganiami technicznymi.

2. Ogólne informacje o składowisku

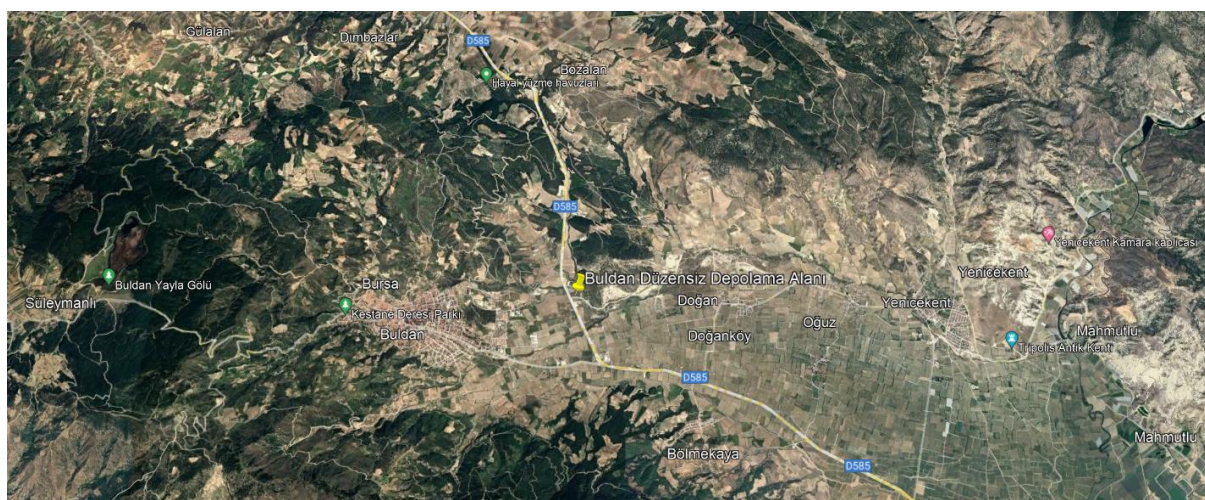
Buldan, 42 km od centrum Denizli, znajduje się w głębi regionu Morza Egejskiego i sąsiaduje z dystryktem Güney na wschodzie, Kuyucak na zachodzie, Sarigöl na północy oraz Sarayköy i Buharkent na południu. Cały teren znajduje się nad poziomem morza. Płaskowyż Buldan schodzi w dół i dociera do Sarayköy. Pozostałe obszary terenu pokryte są górami i płaskowyżami. Na zachód od centrum dystryktu znajduje się jezioro Süleymanlı na wysokości 1500 m, na równinie wewnątrz góry. Wiadomo, że jezioro to już dawno stanowi źródło nawodnienia zielonych ogrodów Buldan. Na wschód od Buldan wysokość terenu stopniowo opada. Region, w którym znajduje się około jedna trzecia terenu, stopniowo zwiększa swoją produktywność dzięki wodom zapory Adıgüzel. Region odgrywa ważną rolę w tkactwie (tekstylnym) w kraju, a sukno Buldan, które

jest unikatowe dla regionu, jest znanym na całym świecie rodzajem tkaniny. Położenie geograficzne dzielnicy Buldan pokazano na rysunku 1.

Eksploatacja nieuporządkowanego składowiska, które rozpoczęto w 2007 roku w dzielnicy Buldan, została przekazana Gminie Metropolitalnej w 2014 roku na podstawie Ustawy o Gminie Metropolitalnej nr 5216. Na rysunku 2 przedstawiono zdjęcie satelitarne obszaru składowiska Buldan. Do pewnego czasu prowadzono otwarte składowanie w terenie, ale od 2020 roku odpady zbierane przez Buldan są przywożone do Stacji Przeladunkowej Odpadów Stałych utworzonej w miejscowości Bozalan i transportowane na składowisko Kumkısık. Do 2020 roku na składowisko wyrzucano średnio 31,2 ton na dobę odpadów. Korzystanie z nieuporządkowanego składowiska zostało zakończone, jednocześnie planując utworzenie Stacji Przeladunkowej Odpadów Stałych w 2020 roku.



Rysunek 1. Położenie geograficzne dzielnic Denizli i Buldan



Rysunek 2. Zdjęcie satelitarne obszaru nieuporządkowanego składowiska w Buldan

3. Obserwacje na nieuporządkowanym składowisku przed rekultywacją

Przed rekultywacją na obszarze 2,6 ha znajdowała się znaczna masa odpadów. Na składowisku przed rekultywacją nie prowadzono działań związanych z zagospodarowaniem gazu składowiskowego. Gaz składowiskowy powstały na składowisku nie może być ani całkowicie usunięty z masy odpadów, ani całkowicie oddzielony od odpadów. Położenie składowiska powoduje zniekształcenie przyjaznego krajobrazu przyrody oraz dodatkowo nieprzyjemny zapach na drodze Denizli-Salihli. Gęsty dym ze spalania czynnego i biernego na nieuporządkowanym składowisku wpływa negatywnie na tereny mieszkalne i autostradę. Stan graficzny przed rekultywacją obszaru nieuporządkowanego składowiska Buldan przedstawiono na rysunkach 3 i 4.



(a)



(b)

Rysunek 3. Zdjęcia obszaru nieuporządkowanego składowiska Buldan przed rekultywacją.



(a)



(b)

Rysunek 4. Obrazy pożaru na nieuporządkowanym składowisku przed rekultywacją.

4. Populacja i aktualna ilości odpadów

4.1. Populacja

Wyniki ostatniego spisu z obszaru Buldan podano w Tabeli 1. Wartości dla lat wcześniejszych uzyskano z Tureckiego Instytutu Statystycznego (TUIK). Składowisko było wykorzystywane od 2007 roku. Do czasu zamknięcia składowiska służyło 45 wsiom dystryktu Buldan. Stwierdzono, że średnia wartość populacji w latach 2007–2020 wyniosła 27 380, jak przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Dane TUIK dotyczące populacji Buldan

Rok	Populacja
2007	27.380
2008	27.194
2009	27.430
2010	27.092
2011	27.135
2012	27.484
2013	27.558
2014	27.455
2015	27.359
2016	27.335
2017	27.248
2018	27.241
2019	27.179
2020	27.223
Total	382.313

4.2. Aktualna ilość odpadów

Do oszacowania ilości odpadów obecnych na składowiskach stosuje się dwie różne metody. Pierwsza metoda polega na określeniu ilości odpadów z ostatnich lat za pomocą danych statystycznych populacji i jednostkowych ilości odpadów. Drugim jest określenie szacunkowej aktualnej ilości odpadów w terenie poprzez wykonanie modelu 3D z wykorzystaniem map uzyskanych na podstawie aktualnego układu terenu. Jednak ze względu na skutki czynników powodujących zmniejszenie ilości odpadów, takich jak degradacja, spalanie i osadzanie się na składowiskach, retrospektywne ilości odpadów za okres funkcjonowania składowiska obliczono na podstawie liczebności.

Poniższy wzór służy do określenia retrospektywnej ilości odpadów:

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

Gdzie:

W: Ilość odpadów (ton/rok)

N: Populacja (liczba osób)

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

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

Populacja i wskaźnik nagromadzenia odpadów odgrywają ważną rolę w określaniu ilości odpadów. Średnią ilość odpadów na 1 mieszkańca (kg/osobodzień) uzyskano z danych ogłaszanych przez TUIK co dwa lata, a jej średnią przedstawia tabela 2.

Tabela 2. Średnia ilość odpadów TUIK na mieszkańca

Rok	Średnia ilość odpadów na osobę (kg/osobodzień)
2008	1,15
2010	1,14
2012	1,12
2014	1,08
2016	1,17
2018	1,16
2020	1,13
Średnia	1,14

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

N: 382.313 osób

w(t): 1,14 (kg/osobodzień)

W= 382.313-person x 1.14 kg/osobodzień x 365 dni/rok x 10⁻³ ton/kg

f: (365 dni/rok x 10⁻³ ton/kg)

W= **159.080 ton/rok** (Suma odpadów)

Gęstość odpadów przyjęto na podsrawie średniej 0.7 ton/m³. Zatem wynik objętości odpadów zrehabilitowanego nieuporządkowanego składowiska w Buldan wynosi **227.257 m³**.

5. Rekultywacja nieuporządkowanego składowiska

Około 227,257 m³ odpadów należących do dystryktu Buldan składowano na nieuporządkowanym składowisku o głębokości 9 m i powierzchni 2,6 ha. Na tym terenie usypano skarpy i uformowano nasypy, zgodnie z założeniem systemu pokrycia górnego, odprowadzenie wód powierzchniowych i gospodarkę gazową.

5.1. Układ skarpy i budowa nasypów

Układ skarpy i ułożenie nasypu zapewniają, że teren składowiska jest statycznie zabezpieczony przed osunięciem. Dzięki ułożeniu skarpy 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 5.

5.2. System górnej pokrywy

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

- Zapobieganie kontaktu 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)

Rys. 5. Zdjęcia terenu nieuporządkowanego składowiska podczas rekultywacji

5.2.1. 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.

5.2.2. Warstwa nieprzepuszczalności mineralnej

Warstwa nieprzepuszczalności mineralnej wykonana jest z naturalnej gliny. Grubość tej warstwy wynosi 50 cm, a współczynnik nieprzepuszczalności $k \leq 1 \times 10^{-9}$ m/s. Naturalną glinę uzyskano z kamieniołomów wykorzystywanych na składowisku Kumkısık. W kamieniołomach dostępna jest

wystarczająca ilość gliny. Zdjęcia formacji górnej pokrywy rekultywowanego terenu przedstawiono na rysunku 6.



Rysunek 6. Widok nieuporządkowanego składowiska podczas formowania górnej pokrywy

5.2.3. 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.

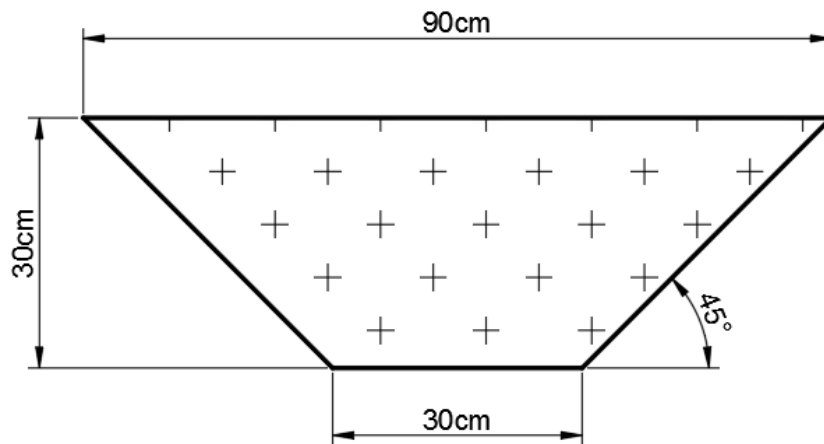
5.2.4. Warstwa gleby

Warstwa gleby jest umieszczana na górze w celu ochrony wszystkich warstw w ostatniej okrywie, a także w celu przeprowadzenia nasadzenia w ostatniej okrywie. Minimalna warstwa gleby musi wynosić 0,50 m. Warstwa ta pomaga uniknąć erozji i poprawić jakość krajobrazu. Aby na miejscu urosła roślinność, spośród gatunków lokalnych należy wybrać gatunki o krótkich korzeniach i samonamnażających się, które mogą dobrze się rozwijać w słabo kondycjonowanej i skażonej glebie.

5.3. Plan odprowadzania wód powierzchniowych

Suche koryto ciek, biegnące równoległe terenu składowiska, pełni funkcję naturalnego odwadniania opadowego. Spadek powierzchni na poziomie 3% zapewnia spływ opadów na powierzchnię do suchego koryta ciek. Trapezowe kanały odprowadzające wodę deszczową utworzono poza brzegiem otaczającym teren, aby zebrać opady wpadające do tych basenów. Tym sposobem woda opadowa, która dostaje się do ścieków z koryta rzeki jest wprowadzona w obieg

wody. Kanały otwarte o przekrojach trapezowych mają na celu przede wszystkim odprowadzenie wody kierowanej na masę odpadów z zewnątrz. Przekrój kanału wód powierzchniowych przedstawiono na rysunku 7. Dodatkowo kanał odwadniający został pokryty 10 cm betonem.



Rysunek 7. Przekrój kanału wód powierzchniowych.

5.4 System odprowadzania gazu składowiskowego

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 nieuporządkowanych składowisku Buldan powstało w sumie 12 studni 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. Tworzenie komina gazowego pokazano na rysunku 8.



(a)



(b)

Rysunek 8. Montaż komina gazowego

5.5. Aranżacja krajobrazu

Ma na celu wykonanie najbardziej odpowiedniej aranżacji w warunkach technicznych, ekonomicznych i estetycznych w terenie. Przewidywano, że rośliny na terenie objętym projektem

nie będą objęte inną opieką poza okresową konserwacją i odpowiednio dobrano prace krajobrazowe.

Podczas fazy planowania:

- Obszar jest traktowany, jako jednolity teren.
- W obszarze projektu stworzono założenia dotyczące system pracy, 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.

5.6. Czynności konserwacyjne i monitorujące po zamknięciu

Istniejące składowisko otwarte należy zrekułtywować i zamknąć w sposób, który ma najmniejszy wpływ na środowisko.

Konserwacja zrekułtywowanych otwartych składowisk po zamknięciu będzie prowadzona zgodnie z zaleceniami wymienionymi w „Przewodniku po rekułtywacji otwartych składowisk” z dnia 12 grudnia 2009 r. i jak pokazano w Tabeli 4. Na zrekułtywowanym niehigienicznym składowisku przewiduje się prace kontrolne będą kontynuowane przez 30 lat po procesie rehabilitacji.

Tabela 4. Okresy utrzymania i kontroli rekułtywowanych nieuporządkowanych składowisk

Komponenty	Częstotliwość sprawdzania	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 gleby w powierzchniowej warstwie drenażowej, kontrola rur drenażowych
Gaz składowiskowy	Regularny	Zapach, pęknięte kominy gazowe, kompresor i sprzęt do pochodni
Flora	5 razy do roku	Poziom witalności

Woda gruntowa	2 razy do roku	Zanieczyszczenia wód gruntowych
----------------------	----------------	---------------------------------

6. Analiza ekonomiczna

Przeprowadzono różne badania inżynierskie w celu rekultywacji nieuporządkowanego składowiska Buldan. Analizę kosztów wyżej wymienionych badań inżynierskich przedstawiono w Tabeli 5. Jak widać z tabeli, na rekultywację otwartego obszaru nieuporządkowanego składowiska Buldan wydano łącznie 162.175,65 euro.

Tabela 5. Analiza kosztów procesu rekultywacji

Tabela Przybliżonych Kosztów				
Proces	Jednostka	Ilość	Jednostka kosztu (Euro)	Suma (Euro)
Kopanie maszyn, transport, układanie i zagęszczanie odpadów na nieuporządkowanym składowisku Buldan	m ³	26.000	0,94	24480,00
Na placu budowy: roboty wypełniające (Z wykopu)	m ³	5.150	0,81	4151,69
Budowa dróg	m ²	2.642	2,86	7547,99
Ostateczny system pokrycia: dostarczanie i formowanie naturalnej gliny	m ³	13.000	6,58	85560,00
System pokrycia końcowego: dostarczanie i układanie żwiru	m ³	8.642,40	1,89	16300,90
Ostateczny system osłony: konstrukcja górnej osłony gleby	m ³	13.000	1,04	13460,00
0,3x0,3x0,9 Tworzenie kanału odwadniającego wodę powierzchniową	m	660	8,27	5457,69
H=9m Ø 1000 mm konstrukcja komina HDPE	piece	12	141,54	1698,46
Darń	da	26	126,44	3287,32
Nawadnianie terenów parkowych	ar	260	0,89	231,60
Całkowita kwota			0,00	162.175,65

W wyniku tych działań zminimalizowano negatywny wpływ na środowisko nieuporządkowanego składowiska Buldan. Wyeliminowane zostało ryzyko wybuchu gazu, zapewniono siłę pola oraz zminimalizowano powstawanie odcieków, które mogą powstawać na skutek wód opadowych.