

**ZAMKNIĘCIE I
REKULTYWACJA
NIEUPORZĄDKOWANEGO
SKŁADOWISKA
ODPADÓW KOMUNALNYCH
NA TERYTORIUM GMINY
ELENA, BUŁGARIA**

1. Wstęp

Niniejsze studium przypadku zostało opracowane na podstawie danych projektu BG16M1OP002-2.010-0035-C01 "Zamknięcie i rekultywacja nieuporządkowanego składowiska odpadów komunalnych na terenie gminy Elena", finansowanego w ramach procedury BG16M1OP002-2.010 "Rekultywacja nieuporządkowanych składowisk przeznaczonych do zamknięcia, objętych postępowaniem w sprawie naruszenia prawa UE w sprawie C-145/14", Oś priorytetowa 2 "Odpady" Programu Operacyjnego "Środowisko" 2014-2020, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego oraz Funduszu Spójności Unii Europejskiej. Całkowity koszt projektu wynosi 807 131,30 EUR (686 061,60 EUR dofinansowania z EFRR).

Opisuje on działania związane z zamknięciem i rekultywacją realizowane w okresie 06.05.2020 - 27.10.2021, mające na celu przekształcenie niesanitarnego, nieuporządkowanego składowiska odpadów, które szkodzi środowisku, klimatowi i zdrowiu mieszkańców gminy Elena w wartościowe aktywo społeczne.

Studium przypadku interpretuje dane z wyżej wymienionego projektu w świetle projektu SMARTEnvi i przyczynia się do realizacji jego celów poprzez ujawnienie dobrych praktyk na poziomie krajowym w zakresie zmniejszania zagrożeń dla środowiska i zdrowia ludzkiego. Jest dobrym przykładem podejmowanych środków i działań w zakresie zmian klimatu i ochrony środowiska w kontekście krajowej polityki naprawczej dotyczącej pandemii COVID 19.

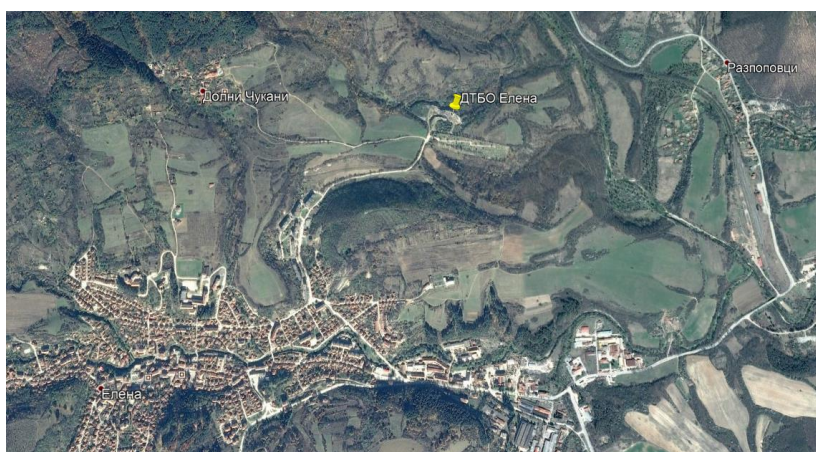
2. Informacje ogólne, geologia i hydrogeologia

2.1. Lokalizacja

Istniejące miejskie nieuporządkowane składowisko odpadów innych niż niebezpieczne w gminie Elena w Bułgarii znajduje się 450 metrów na północny zachód od granic budowlanych miasta (rys. 1). Nieuporządkowane składowisko zajmuje powierzchnię 23 488 m² na terenie działki № 27190.108.98. Do jego lokalizacji można dojechać istniejącą drogą gminną. Nieuporządkowane składowisko odpadów przestało funkcjonować od 30 września 2016 r. na podstawie zarządzenia nr 551 / 30.09.2016 dyrektora Regionalnego Inspektoratu Środowiska i Wody (RIEW) - Veliko Tarnovo, ze względu na niezgodność z wymogami prawnymi. Całe nieuporządkowane składowisko jest pełne odpadów. Nie znajduje się ono ani w granicach sieci Natura 2000 jako obszar chroniony, ani w granicach żadnego terytorium chronionego w rozumieniu Bułgarskiej Ustawy o Obszarach Chronionych

(http://eea.government.bg/bg/legislation/biodiversity/zztan_15.pdf).

Odpady są składowane na powierzchni 24.221 m². Powierzchnia przeznaczona do rekultywacji wynosi 23 488 m² - jest wystarczająca do stopniowej alokacji odpadów zgodnie z rozporządzeniem № 6 i instrukcją prowadzenia rekultywacji technicznej i biologicznej (MEW, 2013).



Rysunek 1. Lokalizacja nieuporządkowanego składowiska odpadów w gminie Elena. Źródło:

<http://zop.elena.bg/wp-content-location>

2.2. Stan nieuporządkowanego składowiska przed rekultywacją

Nieuporządkowane składowisko odpadów w gminie Elena zostało uruchomione w ubiegłym wieku. Zdeponowane na nim odpady stanowiły odpady z gospodarstw domowych, produkcji innej niż niebezpieczna oraz odpady budowlane. Był to jednak teren niejednorodny, niesegregowany i samozagęszczający się. Teren nieuporządkowanego składowiska oznaczony był tablicą informacyjną. Nie było ogrodzenia ani bramy wjazdowej, wejście było niedostępne. Nie było zasilania w energię elektryczną i wodę. Nie prowadzono kontroli wejść i ważenia przyjmowanych odpadów (wg rodzaju i ilości). Nie było dolnego filtra izolacyjnego i urządzeń do ugniatania zdeponowanych odpadów. Na nieuporządkowanym składowisku nie prowadzono gospodarki biogazem. Nie istniał system zbierania i usuwania wód powierzchniowych i infiltracyjnych.

Na zdeponowane odpady składały się odpady zebrane w wyniku zorganizowanej zbiórki odpadów na terenie miasta Elena oraz przypadkowo dostarczone przez osoby fizyczne i/lub zakłady produkcyjne, dla których nie przeprowadzono kontroli pod kątem ich niebezpiecznego charakteru.

Nieuporządkowane składowisko sąsiaduje od północnego zachodu (ok. 150 m) z wąwozem o zmiennym spływie po deszczu. Ponadto, nie odprowadzano z niego wód powierzchniowych i infiltracyjnych oraz nie było urządzeń do zbierania i oczyszczania wód opadowych. Nie było też systemu zbierania/ kontroli biogazu (rys. 2).



Rysunek 2. Ogólny widok nieuporządkowanego składowiska odpadów w gminie Elena. Źródło:

<http://zop.elena.bg/wp-content-location>

Zagrożenia środowiskowe i emisyjne stwarzane przez nieuporządkowane składowisko można podsumować następująco:

1. Emisja dymu i substancji toksycznych w przypadku samozapłonu odpadów;
2. Skażenie gleby w wyniku długotrwałej eksploatacji nieuporządkowanego składowiska bez odpowiednich środków ochrony podłoża gruntowego;
3. Zanieczyszczenie wód powierzchniowych i gruntowych w wyniku deponowania odpadów i tworzenia się infiltracji;
4. Rozmieszczenie odpadów i rozprzestrzenianie się zakażeń przez wiatr i zwierzęta;
5. Pogorszenie stanu flory i fauny na tym terenie.

2.3. Charakterystyka geologiczna obszaru

Stratygrafia

Obszar nieuporządkowanego składowiska zbudowany jest ze skał datowanych na okres dolnej jury.

Procesy i zjawiska fizyczno-geologiczne

Dla obszaru charakterystyczne są procesy i zjawiska erozyjno-akumulacyjne, grawitacyjne i krasowe.

W wyniku procesów i zjawisk erozyjno-akumulacyjnych powstała współczesna rzeźba górską tego obszaru. W wyniku procesów i zjawisk krasowych powstały głównie małe formy krasowe – żebra krasowe, szybko tworzące się spękania krasowe, pustki o różnym stopniu wypłukania. Do procesów i zjawisk grawitacyjnych należą przesłony, zapadliska i osuwiska, które nie są zlokalizowane w pobliżu nieuporządkowanego składowiska.

Sejsmiczność

Zagrożenie sejsmiczne w Bułgarii, w tym w Gminie Elena, uwarunkowane jest głównie źródłami sejsmicznymi zidentyfikowanymi na terytorium kraju. Stosunkowo słabszy jest wpływ źródeł sejsmicznych Morza Marmara (Turcja) i Xanthi (Grecja). Najsilniejsze trzęsienia ziemi w pobliżu gminy Elena zarejestrowano w okresie styczeń 1908 - marzec 1942 o magnitudzie 7,0. Zgodnie z bułgarskimi przepisami krajowymi, terytorium nieuporządkowanego składowiska jest zaklasyfikowane do obszaru sejsmicznego o VII stopniu sejsmicznym, a projektowanie budynków, komunikacji i innych konstrukcji odbywa się z zastosowaniem współczynników sejsmicznych K_v i $K_h = 0,10$ (Bonchev et al., 1982).

2.4. Warunki hydrogeologiczne

Warunki hydrogeologiczne gminy Elena są zdeterminowane przez krasowe wody gruntowe, znajdujące się w zbiorniku wód podziemnych (o normalnym ciśnieniu) "Karst-water in the Central Balkan", kod BG1G0000TJK045. Jest on zasilany przez wody opadowe i powierzchniowe z okolicznych stoków górskich i drenowany na stokach przez źródła o zmiennym przepływie. Warstwy wodonośne reprezentowane są przez piaszczyste, alunitowe i dolomitowe miąższe wapieni, dolomitów i węglanów. Zasoby naturalne jednolitej części wód podziemnych wynoszą 10 246 L/s, a dopuszczalne ilości wody 78 L/s. Stan chemiczny jednolitej części wód podziemnych i stref ochronnych jest słaby, natomiast parametry ilościowe są dobre.

Na terenie gminy Elena nie występują wody mineralne. Wody powierzchniowe z zapory w Jowkowcach oraz pobór wód podziemnych wykorzystywane są do zaspokojenia potrzeb wody pitnej i gospodarczej w Elenie i pozostałych miejscowościach gminy oraz wody do celów produkcyjnych, rolniczych i innych. W pobliżu nieuporządkowanego składowiska nie ma ujęć wody.

3. Odbudowa techniczna

3.1. Pionowe zagospodarowanie, uprzątnięcie odpadów komunalnych spoza granic składowiska i ponowne koszenie

Wykonane w 2017 roku badania geodezyjne wskazały, że odpady rozrzucone były na terenie o powierzchni około 23,3 Dka. Zebrano je na powierzchni 23 940 m² (3D) i skompresowano do 23 924 m². Łącznie poza granicami nieuporządkowanego składowiska zdeponowano 1460 m³ odpadów, a 57 716 m³ przeznaczono do ponownego ukształtowania skarp nieuporządkowanego składowiska (projekt inwestycyjny - rekultywacja techniczna).

Technologia układania i budowy zrehabilitowanego korpusu nieuporządkowanego składowiska obejmuje następujące etapy:

1. Dostarczenie odpadów do ponownego złożenia i rozsypania spychaczem do określonego poziomu komunalnych odpadów stałych (MSW);
2. Doprowadzenie do maksymalnego odchylenia od poziomu nawierzchni w obu kierunkach ± 5 cm w odległości 50 m;
3. Ukształtowanie skarpy o nachyleniu 1:2,5 bez odchylenia od kąta nachylenia;

4. Po ułożeniu wyrównanie terenu do projektowanej wysokości;
5. Ułożenie warstwy masy ziemnej o grubości 20 cm jako wyrównującej;
6. Sprawdzenie spójności powierzchni i korekta (w razie potrzeby) przed nałożeniem przesłony izolacyjnej; niedopuszczalne są odchylenia większe niż 5 cm na długości 50 m w obu kierunkach.

Górna przesłona izolacyjna ukształtowana jest zgodnie z Zarządzeniem nr 6 Ministra Środowiska i Gospodarki Wodnej (MEW) z 2013 roku (MEW, 2013) i składa się z następujących elementów:

1. Odpływ gazu;
2. Warstwa uszczelniająca;
3. System odprowadzania wód powierzchniowych;
4. Warstwa rekultywacyjna.

Projekt zagospodarowania pionowego został wykonany za pomocą programu AutoCAD Civil 3D. Stworzono cyfrowy model 3D zrehabilitowanej bryły nieuporządkowanego składowiska. Nakreślono na nim projektowane zrehabilitowane nieuporządkowane składowisko po usunięciu odpadów i przed nałożeniem warstw uszczelniających. W modelu nakreślono również warstwę gruntu wyrównawczego (0,20 m), warstwy uszczelniające oraz grunty ziemne 0,75 m i humusowe 0,25 m.

Całkowita geometryczna objętość planowanych odpadów bez warstw mas ziemnych do rekultywacji technicznej wynosiła około 106 200 m³. Masy ziemne potrzebne do wykonania jednowarstwowej warstwy rekultywacyjnej wynosiły 22 638 m³, z czego dla dolnej warstwy gleby rekultywacyjnej o grubości 0,75 m - 16 956 m³ oraz dla górnej warstwy gleby rekultywacyjnej o grubości 0,25 m i zwiększonej zawartości humusu - 5 682 m³ (projekt inwestycyjny - rekultywacja techniczna).

3.2. Prasowanie odpadów

Prasowanie odpadów w otwartym korpusie składowiska odbywało się po oczyszczeniu odpadów poza granicami nieuporządkowanego składowiska i wykonaniu planowania pionowego.

3.3. Odprowadzanie wód powierzchniowych

Ponieważ jedynymi wodami powierzchniowymi były wody opadowe, ich odprowadzenie zostało

uporządkowane poprzez następujące urządzenia (projekt inwestycyjny - rekultywacja techniczna):

1. Dla wód stokowych: wybudowano dwa kanały odwadniające (o łącznej długości 335 m), które zbierają wody stokowe i kierują je do bezpiecznego kanału transportowego. Kanały zostały zbudowane z prefabrykowanych (70/30/100 cm) elementów betonowych po hydraulicznym zwymiarowaniu pod kątem minimalnej przewodności odpowiadającej minimalnemu nachyleniu trasy wody. Kanał transportowy bezpieczeństwa (o łącznej długości 191 m) został wybudowany po wschodniej - północno-wschodniej stronie rekultywowanego składowiska nieuporządkowanego w celu doprowadzenia wód powierzchniowych ze skarpy w jej dolnej części, przy granicy korpusu. Kanał zbudowany został z prefabrykowanych (53/50/200 cm) elementów betonowych. Dodatkowo w wąwozie wybudowano trzeci kanał odwadniający (o łącznej długości 161 m), którego zadaniem jest ujęcie wód wąwozu (w miarę dostępności) oraz części wód rekultywowanego nieuporządkowanego składowiska od jego północno-zachodniej strony. Wzdłuż trzeciego kanału wybudowano ścianę gabionową (1/1 m; 161 m długości całkowitej), a wody zarówno kanału bezpiecznego, jak i trzeciego odprowadzane były do wąwozu. Wymiarowanie hydrauliczne, podobnie jak dla dwóch kanałów odwadniających, zostało wykonane z uwzględnieniem minimalnej przewodności odpowiadającej minimalnemu spadkowi trasy wodnej.

2. Dla infiltrowanych wód opadowych: wody powierzchniowe infiltrujące przez warstwę gleby zrekultywowanego nieuporządkowanego składowiska zostały odprowadzone przez system drenażowy, który zapobiega ich przenikaniu do zrekultywowanej bryły nieuporządkowanego składowiska i pozwala uniknąć zniszczenia warstwy rekultywacyjnej. Do odwodnienia powierzchniowego zrekultywowanego nieuporządkowanego składowiska zastosowano drenażowy materiał geokompozytowy, obustronnie obłożony geowłókniną polipropylenową. Usuwanie wód powierzchniowych infiltrowanych przez warstwę gleby odbywało się za pomocą perforowanych rur dwuwarstwowych HDPE (polietylen wysokiej gęstości) (Ø 160 mm). Woda z rur była odprowadzana do najniższego punktu terenu.

3.4. System odprowadzania gazu

Emisja gazów z nieuporządkowanego składowiska odpadów

Rozkład składników organicznych odpadów jest procesem długotrwałym, trwającym od kilkudziesięciu lat w przypadku nieuporządkowanego składowiska odpadów w mieście Elena. Jednym z produktów końcowych biologicznego rozkładu materii organicznej zawartej w odpadach

stałych jest gaz składowiskowy. Jego ilość i skład zależą od wielu czynników, takich jak skład odpadów, struktura (stosunek masy organicznej do nieorganicznej), pochodzenie (rodzaj i skład) materii organicznej, rodzaj procesów mikrobiologicznych (beztlenowe lub tlenowe), procesy meteorologiczne - temperatura powietrza, ciśnienie atmosferyczne, opady atmosferyczne, warstwy powłokowe.

Wiadomo, że ilość i skład biogazu zmieniają się w czasie. W początkowym okresie tlenowego rozkładu substancji organicznej zawartej w odpadach, biogaz składa się z dwutlenku węgla, amoniaku i niewielkich ilości niektórych innych zanieczyszczeń; ilość metanu jest znikoma. Po zainicjowaniu procesów beztlenowych, ilość metanu wzrasta na nieuporządkowanym składowisku, a skład biogazu zmienia się na metan - 55 vol. %, dwutlenek węgla - 45 vol. % i inne składniki - około 1 vol. % (Dada i Mbohwa, 2017).

Przed rekultywacją gaz z nieuporządkowanego składowiska, powstający podczas tlenowego i beztlenowego rozkładu odpadów, nie był zagospodarowywany poprzez system odprowadzania gazu. Był on swobodnie emitowany do atmosfery. Skład i ilość gazu nie były mierzone. Jednak z opinii biegłych wynikało, że biogaz występował w znikomej ilości z następujących powodów:

1. Skład odpadów na nieuporządkowanym składowisku nie był poddawany długotrwałemu monitoringowi, dlatego udział procentowy poszczególnych składników odpadów innych niż niebezpieczne można określić jedynie w przybliżeniu. Jednak względny udział odpadów nieulegających degradacji (głównie tworzyw sztucznych) jest największy.
2. Emisja gazów jest najbardziej intensywna w ciągu pierwszych 10 lat eksploatacji nieuporządkowanego składowiska; potem stopniowo zanika. Przewiduje się, że nieuporządkowane składowisko w mieście Elena nie jest wyjątkiem.
3. Niezależnie od braku danych, roczna ilość odpadów przywożonych na nieuporządkowane składowisko nie była duża.
4. Nieuporządkowane składowisko nie spełniało wymaganych warunków, aby mogły zachodzić wyżej wymienione procesy wytwarzania gazu.
5. Struktura zdeponowanych odpadów nie jest stała, co skutkuje niejednorodnym składem biogazu.
6. Rodzaj i skład masy organicznej również zmieniał się w czasie i w zależności od pory roku (większy w miesiącach letnich, a mniejszy w zimowych).

7. Procesy mikrobiologiczne zachodzące na nieuporządkowanym składowisku są spontaniczne i nie podlegają zewnętrznej regulacji.
8. Opady deszczu i temperatura powietrza nie mogą być określone dość precyzyjnie.

Dlatego też, ilość gazu składowiskowego, emitowanego z rekultywowanego nieuporządkowanego składowiska odpadów w gminie Elena jest nieznaczna i nie przewiduje się jej wzrostu.

Konieczność zastosowania systemu odprowadzania gazów

Zgodnie z przyjętymi praktykami technologicznymi, system odprowadzania gazów jest zalecany, gdy roczne składowanie odpadów przekracza 5 000 ton (Dada i Mbohwa, 2017). Wartości dla terenu nieuporządkowanego składowiska w gminie Elena mieściły się w tym przedziale. W związku z tym wybudowano system odprowadzania gazu, jednak zebrany gaz składowiskowy nie jest obecnie wykorzystywany do spalania ani do produkcji energii.

Budowa systemu odprowadzania gazów

Do odprowadzenia gazu z poziomej części zrehabilitowanego nieuporządkowanego korpusu składowiska zastosowano geokompozyt drenażowy. Jest on stosowany na całej powierzchni, zakotwiczony na wysokości 1 m. Geokompozyt drenażowy stanowi pokrywą drenażową składającą się z dwóch warstw geowłókniny i wodoszczelnego rdzenia HDPE, której właściwości techniczne odpowiadają normom EN ISO. Jego przewidywany okres użytkowania wynosi 120 lat. W trakcie rekultywacji budowana jest studnia zbiorcza gazu (perforowana rura HDPE, Ø315 + nieperforowana na powierzchni górnego ekranu uszczelniającego), której powierzchnia nadziemna zabezpieczona jest trzonem wykonanym ze standardowej rury żelbetowej Ø1200, zamkniętej pokrywą stalową Ø1220 / 10 mm.

3.5. Konstrukcja górnego ekranu izolacyjnego

Górny ekran izolacyjny składa się z:

Systemu odprowadzania gazu:

- ✓ Warstwa drenażowa na górnej powierzchni zrehabilitowanego korpusu nieuporządkowanego składowiska z geokompozytem drenażowym (patrz 3.4);
- ✓ Studnia gazowa.

Warstwy uszczelniającej:

Mineralna warstwa uszczelniająca wykonana jest z geomembrany bentonitowej GSL (Geosynthetic Clay Liner). Zapewnia ona ochronę przed przeciekaniem i dyfuzją szkodliwych substancji. Jest wodoodporna, odporna na wymywanie i zdolna do zatrzymywania metali ciężkich. Geomembrana bentonitowa składa się z dwóch warstw geowłókniny i zamkniętego między nimi sproszkowanego bentonitu. Cechy jakościowe bentonitowej wodoodpornej membrany górnego ekranu izolacyjnego spełniają normy EN ISO (<https://www.iso.org/standards.html>) i ASTM (<https://www.astm.org/products-services/standards-and-publications.html>).

Systemu odprowadzania wód powierzchniowych:

System odprowadzania wody złożony jest z materiału geokompozytowego składającego się z dwóch warstw geowłókniny i wodoszczelnego rdzenia z HDPE.

Warstwy rekultywacyjnej:

Powłoka rekultywacyjna ma grubość 1,0 m. Składa się z dwóch warstw:

- ✓ Materiały glebowe o grubości 0,75 m (3 x 25 cm);
- ✓ Warstwa humusowa o grubości 0,25 m.

Źródła mas ziemnych znajdują się w rejonie "Farak", w odległości około 4,2 km od nieuporządkowanego składowiska.

3.6. Zarządzanie infiltracją składowiska

Przeprowadzone oględziny nieuporządkowanego składowiska wykazały, że eksploatacja obiektu była wstrzymana; powierzchnia pozioma jest przesłonięta zagęszczoną warstwą gleby; występowała dzika roślinność tworząca stabilną darń. Uszkodzenia korpusu nieuporządkowanego składowiska znajdowały się w stanie ustabilizowanym, brak było obrywów i obsunięć. Po uszczelnieniu nieuporządkowanego składowiska i odłączeniu dostępu wód do korpusu obiektu, ilość nacieku gwałtownie zmalała.

3.7. Drogi

Na terenie gminy znajduje się droga, którą należy wykorzystać przy rekultywacji.

4. Rekultywacja biologiczna

4.1 Cele rekultywacji biologicznej

Rekultywacja każdego zniszczonego terenu, w tym również nieuporządkowanych składowisk odpadów, obejmuje zespół działań inżynierskich, melioracyjnych, rolniczych, leśnych, architektury krajobrazu i innych, mających na celu przywrócenie tych terenów do stanu zgodnego z warunkami środowiska i krajobrazu. Wymagania dotyczące rekultywacji gruntów związanych z obszarami sanitarnymi i higienicznymi obejmują wybór środków ochrony, które odpowiadają stanowi, składowi i właściwościom gleby, warunkom klimatycznym i technicznym wskaźnikom ekonomicznym. W Bułgarii wszystkie działania rekultywacyjne muszą być koordynowane z odpowiedzialnymi ekspertami z Ministerstwa Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Biologiczna rekultywacja zrehabilitowanego nieuporządkowanego składowiska odpadów w gminie Elena jest prowadzona zgodnie z następującymi dokumentami regulacyjnymi (MEW, Odpady):

1. Zarządzenie nr 26 / 2.10.1996 r. w sprawie rekultywacji zniszczonych terenów, poprawy stanu gruntów o niskiej produktywności, usuwania i utylizacji warstwy humusu;
2. Zarządzenie № 6 / 27.08.2013 w sprawie warunków i wymagań dotyczących budowy i eksploatacji składowisk odpadów oraz innych obiektów i urządzeń służących do unieszkodliwiania odpadów;
3. Zarządzenie nr 4 / 21.05.2001 w sprawie zakresu i zawartości projektów inwestycyjnych.

Celami rekultywacji biologicznej są:

1. Wzmocnienie pokrywy gruntowej z górnego ekranu izolacyjnego zrehabilitowanego technicznie nieuporządkowanego składowiska odpadów innych niż niebezpieczne i uzyskanie jego długotrwałej stabilności;
2. Maksymalne odizolowanie odpadów;
3. Wpasowanie zrehabilitowanego nieuporządkowanego składowiska w otaczający krajobraz;
4. Stworzenie zrównoważonego ekologicznie wykorzystania gospodarczego zrehabilitowanego terenu.

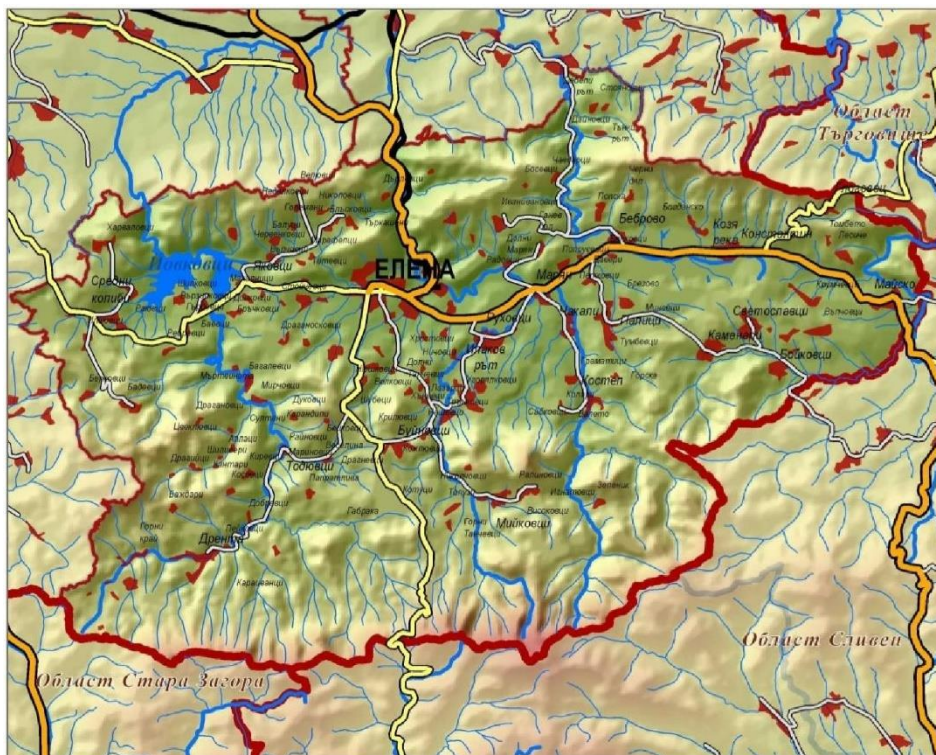
Projekt rekultywacji został opracowany na podstawie dokumentów, dostarczonych przez gminę Elena oraz danych referencyjnych dotyczących warunków środowiskowych, statusu gospodarczego i demograficznego obszaru (Plan Rozwoju Gminy Elena 2014-2020; Geografia Bułgarii, 1997). Przewidywał on profilowanie, wyrównanie i uszczelnienie odpadów, ustawienie przesłony izolacyjnej oraz ułożenie warstwy rekultywacyjnej lub glebowej. Rekultywacja biologiczna przewidywała następujące działania: obsianie trawą z zastosowaniem odpowiednich mieszanek gatunków traw oraz posadzenie gatunków krzewów. W ten sposób wyznaczono podobszary trawiaste i mieszane trawiasto-krzewiaste, przy czym roślinność krzewiasta pełniła rolę przeciwerozyjną i budującą krajobraz (projekt inwestycyjny - rekultywacja biologiczna).

4.2. Charakterystyka terenu:

Gmina Elena zajmuje najbardziej wysunięte na południe części regionu Veliko Tarnovo, wysokie partie obszaru przedbałkańskiego i bałkańskiego. Gmina położona jest na powierzchni 671 390 m², na wysokości od 100 do 1 536 m n.p.m., głównie 300-600 m n.p.m. i nachyleniem 20-30°.

Rzeźba terenu jest zróżnicowana: od typowo górskiej w części południowej, bardzo stromej, silnie poprzecinanej głębokimi rozcięciami i potokami, do typowo pagórkowatej-represyjnej w części północnej.

Gmina charakteryzuje się rozproszoną siecią osadniczą złożoną z wielu małych wsi, oraz wyludniających się dzielnic (124). Ogólna liczba ludności gminy wynosi 8 358 osób (NSI, 2020), z czego około 60% zamieszkuje na terenie miasta Elena.



Rysunek 3. Lokalizacja gminy Elena; źródło: Plan Rozwoju Gminy Elena 2014-2020

<https://www.strategy.bg/StrategicDocuments/View.aspx?lang=bg-BG&Id=1128>

4.3. Warunki atmosferyczne:

Zgodnie ze strefą klimatyczną Bułgarii (Velev, St., 1997), gmina Elena położona jest w umiarkowanej strefie kontynentalnej (przedbalkańskiej), obejmującej cztery obszary klimatyczne. Te warunki klimatyczne determinowały rozwój bogatej i zróżnicowanej roślinności.

4.4. Warunki geologiczne, hydrologiczne i hydrogeologiczne

Gmina Elena położona jest na północnych stokach wschodniej części środkowej Starej Planiny, powstałej w okresie mezozoicznym i neozoicznym. Dominują skały osadowe - piaskowce, margle i wapień. W niektórych miejscach ulegających erozji można wykryć warstwy wapienne z okresu jurajskiego. Dominują margle, natomiast udział wapieni, piaskowców i zlepieńców jest nieznaczny (Velev, 1997).

Teren gminy przypada na zlewnię rzeki Stara Reka - prawego dopływu Jantry. Część gminy wpada do zlewni Vesseliny, która wraz z rzekami Bebrowską i Zlatareshką opróżnia ponad 90% terytorium gminy. Rzeka Veselina rozszerzona o dużą zapórę "Yovkovtsi", której wody

wykorzystywane są głównie do zaopatrzenia w wodę miast. Na terenie gminy wybudowano kolejnych osiem mikro zapór, wykorzystywanych przede wszystkim do nawadniania i hodowli ryb na potrzeby amatorskiego połowu ryb.

Rzeki przepływające przez gminę Elena, mają dobry system tlenowy i wskaźniki, które spełniają progowe wartości graniczne (TLV) dla kategorii projektu rekultywacji biologicznej. Jako wyjątek zarejestrowano pewne zwiększenie TLV dla substancji nierozpuszczonych, azotu amonowego i azotu azotynowego. Istnieje część wód podziemnych BG1G0000TJK045 - wody krasowe na Bałkanach Środkowych, o dobrym stanie chemicznym standardów jakości zgłoszonych podczas ostatniego monitoringu. Tutaj również organizowany jest monitoring operacyjny azotanów.

4.5 Gleby

Pokrywa glebowa na terenie gminy jest mało zróżnicowana (ESDAC). Są to gleby łąkowo-czerniawe - *Chernozems*, *Luvisols*, lekkie *Luvisols*, *Leptosols* oraz *Cambisols*. Przeważają *Luvisols*, *Leptosols* oraz *Cambisols*.

4.6 Roślinność

Zgodnie ze schematem rejestracji lasów Bułgarii, terytorium Eleny należy do obszaru leśnego Misian - podobszaru północnej Bułgarii, zajmującego obszar o wysokości od 400 do 1500 m n.p.m. Gatunki krzewów zostały z powodzeniem wykorzystane w biologicznej rekultywacji nieuporządkowanego składowiska.

4.7. Rekultywacja biologiczna: obsianie trawą, sadzenie roślinności krzewiastej

Zasiewanie terenu trawą

W części projektu rekultywacji biologicznej większa część zrehabilitowanego technicznie terenu nieuporządkowanego składowiska, który jest w większości płaski lub z niewielkimi spadkami, została obsiana trawą. Całkowita powierzchnia obsiana trawą wyniosła 18,311 m².

W trakcie wykonywania trawnika pamiętano o następujących wymaganiach dotyczących gatunków traw:

1. Gatunki traw muszą należeć do typu kłączowo-turzycowego, zdolnego do tworzenia równomiernej, gęstej i trwałej runi. Gatunki traw muszą być tolerancyjne na warunki

- glebowe pod względem wilgotności i składników odżywczych, a dokładniej - być odporne na suszę;
2. Gatunki traw muszą być nieatrakcyjne dla wypasu i nie wymagać częstego koszenia;
 3. Po skoszeniu gatunki traw muszą mieć możliwość regeneracji w krótkim czasie;
 4. Gatunki traw muszą być odporne na choroby, przyjazne dla środowiska i przystosowane do ekstremalnych warunków;
 5. Gatunki traw muszą wywierać długotrwały efekt ekologiczny.

Gatunki traw zostały wysiane jesienią, aby uniknąć szkód spowodowanych wczesnowiosennymi suszami, mimo że teren jest półgórski z naturalną wysoką wilgotnością. Zgodnie z tym harmonogramem, wilgoć i ciepło były wystarczające nasionom do kiełkowania i szybkiego rozwoju.

Technologia zakładania trawników:

Ponieważ masy ziemne przeznaczone do rekultywacji, jak również gleby przyległe, były ubogie w substancję organiczną, azot i fosfor, ale z wystarczającą ilością wapnia, poddano je pełnemu nawożeniu azotem, fosforem i potasem. Uwzględniając warunki klimatyczne i opady deszczu na tym terenie, nawozy azotowe zostały dostarczone dwukrotnie, po czym trawniki były podlewane podczas wegetacji, aby efekt był bardziej długotrwały.

W pierwszym roku planuje się podlewanie dwa razy w miesiącu z normą miesięczną 30 - 40 l/m². Zalecane nawozy azotowe są typu kombinowanego - formy amonowe i azotanowe o zawartości 33-35% azotu w postaci granulatu. Fizjologicznie nawóz ten działa jak łagodny nawóz kwaśny i nie zmienia odczynu gleby. Nawożenie zwiększy odporność roślin na niekorzystne warunki środowiska na powierzchni rekultywowanego nieuporządkowanego składowiska. Nawożenie azotem wiosną pierwszego roku planuje się w ilości 100 kg czystej substancji/ha.

Generalnie trawy są tolerancyjne na fosfor, który stymuluje szybsze ukorzenianie się roślin oraz wspomaga ich ogólny wzrost i rozwój. Dlatego też zaleca się jesienią jednorazowe wprowadzenie superfosfatu potrójnego o zawartości 48% fosforu w dawce 100 kg fosforu (czystego)/ha przez 3 lata, które należy wykonać wzdłuż układania humusu. W rzeczywistości nawożenie fosforem daje efekt nawożenia zatrzymującego, gdyż jest to nawożenie wolno działające.

Ponieważ teren jest stosunkowo dobrze zaopatrzony w substraty zawierające potas, jest on potrzebny w minimalnych ilościach, gdyż N i P stymulują intensywniejsze wykorzystanie potasu

z gleby.

Tak więc norma nawożenia (na czystą substancję) wynosi: N100P100K50 kg/ha, co odpowiada saletrze amonowej - 28 kg / da, superfosfatowi potrójnemu - 20 kg/da i chlorkowi potasu - 10 kg/da/.

Proces nawożenia zorganizowany jest w następujący sposób:

1. Nawóz N stosuje się trzykrotnie - jesienią wraz z siewem traw, z nawozem fosforowym oraz w maju - odpowiednio 10 i 18 kg/da. W kolejnych dwóch latach - pod koniec kwietnia - 14 kg/da i na początku czerwca -14 kg/da;
2. Nawóz P stosuje się raz w roku, przez trzy lata, wraz z ułożeniem warstwy humusu i przed siewem nasion - 20 kg/da, oraz jesienią w ciągu kolejnych dwóch lat w ilości 20 kg/da;
3. Nawóz K stosuje się jednorazowo, w pierwszym roku wraz z nawozem P, jesienią, a w następnym - wczesną wiosną, w ilości 10 kg/da, z pierwszym wprowadzeniem N.

+Wydajność technologiczna procesu obsiewania trawą

Wydajność technologiczną procesu trawienia przedstawiono w tabeli 1.

Table 1. Wydajność technologiczna procesu zakładania trawy.

Rok	Procedura
I rok (od jesieni do jesieni)	1. Przygotowanie podłoża pod trawę - frezowanie, wyrównanie łopatką;
	2. Dostarczenie nawozów mineralnych (P, K i część N);
	3. Wysiew mieszanki traw;
	4. Dostawa pozostałych nawozów - w kwietniu i czerwcu;
	5. Koszenie - dwa razy lub częściej w zależności od wzrostu trawy; wysokie trawy przyspieszają spływ wody i mogą powodować erozję;
	6. Podlewanie - po nawożeniu i po silnej suszy (maj - wrzesień).
II i III rok	1. Nawożenie - kwiecień: 14 kg/da nawozu N i 10 kg/da nawozu K/da
	2. Nawożenie - czerwiec: 14 kg/da nawozu N
	3. Nawożenie - październik (superfosfat)
	4. Koszenie - trzykrotnie
	5. Podlewanie - po nawożeniu

Nasadzenia roślinności krzewiastej

Zgodnie z wymogami Przedsiębiorstwa Zarządzania Ochroną Środowiska, biologiczna rekultywacja nieuporządkowanych składowisk przewiduje sadzenie roślinności krzewiastej na obrzeżach i na zboczach, aby umożliwić ochronę przed erozją. W przypadku rekultywowanego nieuporządkowanego składowiska odpadów w gminie Elena, na powierzchni 4,556 m² posadzono 11 758 szt. krzewów - większość gatunków liściastych i jeden iglasty (*Juniperus sabina* L.). Poza funkcją antyerozyjną roślinność ta chroni powierzchnię trawiastą przed innymi uszkodzeniami, takimi jak wypas, niedozwolone koszenie itp. Z tego powodu duża część krzewów jest kłująca, aby przeszkadzać ludziom i zwierzętom w niszczeniu murawy.

Wyznaczanie miejsc sadzenia i sadzenie odbywa się wczesną wiosną. Do sadzenia użyto wyłącznie standardowych sadzonek z dobrze rozwiniętym systemem korzeniowym. Zostały one wyprodukowane z lokalnego materiału roślinnego. Przewiduje się trzykrotne wykopywanie młodych krzewów.

W drugim roku przewiduje się do 20% wymiany obumarłych sadzonek oraz dwukrotne wykopywanie w okresie wegetacji.

W trzecim roku przewiduje się do 10% wymiany obumarłych sadzonek oraz jednorazowe wykopki i w okresie wegetacji.

Nawożenie zintegrowane jest wraz z trawnikowym.

Technologia sadzenia i uprawy

Schemat technologiczny sadzenia i melioracji przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Schemat technologiczny sadzenia i melioracji.

Rok	Procedura
I rok (od jesieni do jesieni)	1. Dostarczenie nawozu P i N (jesienią, przy gatunkach traw)
	2. Oznakowanie siewek i posadzenie sadzonek (wiosną)
	3. Dostawa nawozów mineralnych (wiosną, przy gatunkach traw)
	4. Wykopanie młodych sadzonek - 3 razy
	5. Dostarczenie nawozów mineralnych (jesienią - P)
II rok (od jesieni do jesieni)	6. Uzupełnienie obumarłych sadzonek

do jesieni)	7.	Nawożenie nawozami mineralnymi (jesienią i wiosną)
	8.	Wykonanie wykopów - dwukrotnie w sezonie wegetacyjnym
III rok	1.	Nawożenie (jesienią) nawozami P
	2.	Uzupełnienie obumarłych sadzonek
	3.	Nawożenie nawozami mineralnymi (wiosną)
	4.	Wykopanie rowów - raz w sezonie wegetacyjnym

5. Wnioski

W dniu 27.10.2021 r. odbyło się oficjalne otwarcie zrehabilitowanego nieuporządkowanego składowiska odpadów komunalnych Gminy Elena (patrz zdjęcie poniżej) przez Wójta Gminy Elena, przedstawicieli wykonawcy robót budowlanych i instalacyjnych oraz nadzoru budowlanego.

W kolejnych trzech latach kontynuowana będzie rekultywacja biologiczna obejmująca kompleks zdarzeń leśno-technicznych, agrochemicznych i melioracyjnych. Po zakończeniu tych działań zrehabilitowane nieuporządkowane składowisko odpadów zostanie oddane do użytku zgodnie z ustawą o zagospodarowaniu przestrzennym.

W wyniku przeprowadzonych działań:

1. Wykonano rekultywację techniczną nieuporządkowanego składowiska odpadów w gminie Elena;
2. Rekultywacja biologiczna została rozpoczęta i będzie kontynuowana przez 3 lata;
3. Kompleksowa rekultywacja przyczyni się do zmniejszenia negatywnego oddziaływania na środowisko poprzez ograniczenie emisji z zrehabilitowanego korpusu nieuporządkowanego składowiska odpadów;
4. Zanieczyszczona woda jest odprowadzana i oczyszczana;

5. Zrekultywowane nieuporządkowane składowisko odpadów zostanie wykorzystane jako teren zielony.



Rysunek 4. Oficjalne otwarcie zrehabilitowanego nieuporządkowanego składowiska odpadów komunalnych w Elenie.

References

Agrolesproekt, 1994. Forestry project of State forestry Elena, <https://dgselena.scdp.bg/za-nas-branch> last accessed 29.01.22

ASTM standards <https://www.astm.org/products-services/standards-and-publications.html> last accessed 29.01.2022

Boncev, E., Bune, V. I., Christoskov, L., Karagjuleva, J., Kostadinov, V., Reisner, G. I., Rizhikova, S., Shebalin, N. V., Sholpo, V. N., Sokerova, D. 1982. A method for compilation of seismic zoning prognostic maps for the territory of Bulgaria. *Geologica Balcanica*, 12, 2, 3-48.

EN ISO <https://www.iso.org/standards.html> last accessed 29.01.2022

ESDAC <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/soil-map-bulgaria> last accessed 29.01.2022

Investment project – technical recultivation <http://zop.elena.bg/wp-content-technical>

Investment project – biological recultivation <http://zop.elena.bg/wp-content-biological>

Mbohwa, C., Dada, O. 2017. Biogas Upgrade to Biomethane from Landfill Wastes: A Review. *Procedia Manufacturing*, 7, 333-338.

Municipality of Elena Development Plan 2014-2020, Operative programme “Administrative

Capacity 2007-2013”, May, 2014
<https://www.strategy.bg/StrategicDocuments/View.aspx?lang=bg-BG&Id=1128> last accessed 29.01.2022

Ministry of Environment and Water, Republic of Bulgaria, 2013. Ordinance No 6
<https://www.moew.government.bg/static/media/ups/tiny/%D0%A3%D0%9E%D0%9E%D0%9F/maredba6.pdf> last accessed 29.01.22

Ministry of Environment and Water; Waste <https://www.moew.government.bg/en/waste/> last accessed 29.01.2022

National Statistical Institute (NSI), Republic of Bulgaria, 2020.
<https://www.nsi.bg/nrnrm/show9.php?sid=1811&ezik=en> last accessed 29.01.2022

Protected Areas Act http://eea.government.bg/bg/legislation/biodiversity/zztan_15.pdf last accessed 29.01.2022

Velev, S. 1997. Climate division. In: Yordanova, M., Donchev, D. (Eds). Geography of Bulgaria.

Physical geography. Socio-economic geography. Publishing House of the Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, 127-130 (in Bulgarian with English summary).