

## **RISANAMENTO DI UNA DISCARICA NON CONTROLLATA DI RIFIUTI SOLIDI NELL'AREA "ALEKO KONSTANTINOVO"**

### **1. Introduzione**

Dopo l'adesione all'UE nonostante la Bulgaria abbia aumentato i finanziamenti per la protezione dell'ambiente e lo sviluppo sostenibile le restano ancora alcune sfide significative da superare. La riduzione della quantità di rifiuti e la prevenzione dell'impatto ambientale negativo dei siti di smaltimento non regolamentati sono tra i principali obiettivi del settore "rifiuti" in Bulgaria. Sono stati compiuti progressi significativi ma la gestione dei rifiuti continua a rappresentare un problema. A questo proposito, la legislazione europea e nazionale richiede garanzie da parte dei proprietari delle discariche per la chiusura e il risanamento delle discariche non controllate in Bulgaria. Questo caso studio descrive in dettaglio la strategia sviluppata e applicata in occasione del risanamento di una discarica comunale non controllata, situata nel villaggio di Aleko Konstantinovo, nel comune di Pazardzhik, in Bulgaria.

### **2. Gestione dei rifiuti in Bulgaria - sfide, investimenti e approcci alla gestione dei rifiuti**

Per ridurre la quantità di rifiuti e realizzare una transizione verso un'economia circolare, in Bulgaria sono state intraprese iniziative, anche legislative, volte ad armonizzare le politiche nazionali con quelle europee. Sono stati compiuti progressi significativi, ma la gestione dei rifiuti continua a rappresentare una sfida (Rapporto Bulgaria 2020). I rifiuti urbani prodotti hanno una tendenza alla diminuzione permanente che per il periodo 2008-2018 è di circa il 36% (Piano nazionale di gestione dei rifiuti (NWMP) 2021-2028, condizione di sblocco). La quota di rifiuti urbani trattati è in aumento (nel 2017) 99,7%) e la quantità di rifiuti smaltiti in discarica è diminuita in modo significativo ma nel 2017 (61,8%) rimane superiore alla media UE (23,5%). La quota di popolazione coperta da un sistema organizzato di raccolta dei rifiuti è del 99,8% e comprende 4 698 insediamenti (NSI 2018). Il livello di riciclaggio dei rifiuti urbani per il 2017 è ancora del 34,6%, lontano dai valori a livello UE (46,5%, Eurostat). Il Programma Operativo "Ambiente" (OPE) è la principale fonte di finanziamento delle infrastrutture pubbliche per la gestione dei rifiuti urbani. Durante il periodo di programmazione 2007-2013 sono stati sostenuti progetti di investimento in 20 Associazioni regionali per la gestione dei rifiuti (RWMA), tra cui celle di discarica con una capacità totale di oltre 6 milioni di tonnellate; impianti per il

pretrattamento dei rifiuti urbani misti con una capacità totale di oltre 350 mila tonnellate/anno; per il compostaggio dei rifiuti verdi con una capacità comune di 200 mila tonnellate/anno; per la digestione anaerobica con una capacità totale di 20 mila tonnellate/anno e altri. L'OPE 2014-2020 ha finanziato progetti per la gestione dei rifiuti urbani in 24 RWMA, tra cui 19 impianti di pretrattamento; 43 impianti di compostaggio e 3 di digestione anaerobica, un impianto di recupero di CDR con produzione di energia e la bonifica di 54 vecchie discariche. Questi progetti contribuiscono a ridurre la quantità di rifiuti conferiti in discarica di oltre mezzo milione di tonnellate - circa il 28% rispetto a quelli depositati nel 2012.

L'infrastruttura costruita non ha una capacità sufficiente per raggiungere gli obiettivi di riciclaggio e utilizzo delle quantità stimate di rifiuti urbani in linea con i nuovi obiettivi dell'UE (NWMP 2021-2028). Per questo motivo nel periodo 2021-2027 viene data priorità ai finanziamenti per lo sviluppo e il miglioramento dei sistemi di gestione dei rifiuti urbani a livello regionale, in particolare alle infrastrutture finalizzate al riutilizzo, al riciclaggio e alla raccolta differenziata per raggiungere gli obiettivi entro il 2030. Gli investimenti nelle infrastrutture regionali saranno destinati ai sistemi di gestione dei rifiuti urbani e ai comuni degli allegati 6, 7 e 8 del NWMP 2021-2028. Sono inoltre necessari maggiori sforzi per sensibilizzare l'opinione pubblica e aumentare la base di conoscenze come azioni chiave per migliorare la governance dei rifiuti, fornendo sovvenzioni a tutti i comuni.

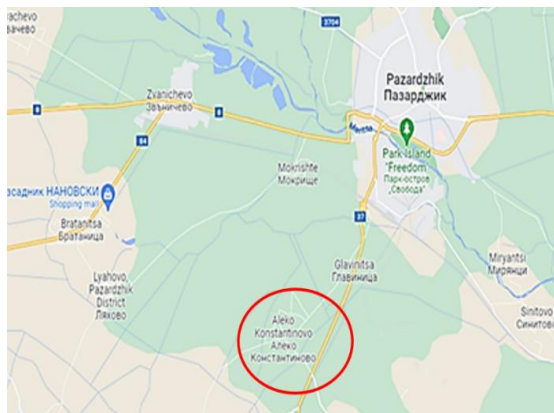
Il sostegno al risanamento delle discariche non controllate mira a ridurre il rischio di inquinamento dell'ambiente e i danni alla salute umana. La parte predominante dei rifiuti da costruzione ha un grande potenziale per il riciclo e il recupero: sono disponibili tecnologie di riciclo ma non c'è una capacità sufficiente per il loro riciclo (NWMP 2021-2028). Il raggiungimento di livelli più elevati di riciclo e recupero richiede investimenti e sforzi significativi da parte delle aziende bulgare (Strategia per la transizione verso un'economia circolare 2021-2027). Gli investimenti per il periodo 2021-2027 si concentrano su interventi che stimolano la transizione verso un'economia circolare. I progetti nell'ambito dell'OPE 2014-2020 si indirizzano verso questa direzione attraverso la sensibilizzazione del pubblico sulla gerarchia della gestione dei rifiuti, per generare "buone pratiche" e idee, nonché l'opportunità di una loro successiva applicazione su scala più ampia. Gli investimenti si basano e contribuiscono agli obiettivi del NWMP 2021-2028 e della strategia e del piano d'azione per la transizione verso un'economia circolare 2021-2027. Sono state prese in considerazione anche le raccomandazioni di altri documenti strategici come i Rapporti sulla Bulgaria 2019 e 2020, il Rapporto di allerta per la Bulgaria 2018, il PSN Bulgaria 2030 e la Strategia per le PMI 2021-2027.

### **3. Progetto "Chiusura e bonifica di una vecchia discarica non controllata per rifiuti solidi nel territorio di "Aleko Konstantinovo", comune di Pazardzhik.**

Questo progetto mira a contribuire al raggiungimento degli obiettivi nazionali di riduzione dell'impatto negativo sull'ambiente derivante dalle attività di trattamento e smaltimento dei rifiuti. La sua attuazione prevede la bonifica di una vecchia discarica a cielo aperto (92.000 m<sup>2</sup>), che conteneva 100.000 m<sup>3</sup> di rifiuti solidi, accumulati nel periodo dal 1962 al novembre 2017. Il progetto ha un valore di oltre 4,7 milioni di BGN ed è finanziato dall'EMEP (Enterprise for the Management of Environmental Protection Activities), attraverso il trasferimento nell'ambito della Legge sul bilancio statale della Repubblica di Bulgaria per il 2019 secondo le disposizioni dell'art. 87 della Legge sul bilancio statale per il 2019. In seguito è stato stipulato un contratto di appalto pubblico tra il Comune di Pazardzhik e l'EMEP per la realizzazione del progetto per 10 mesi per la bonifica tecnica e 3 anni per la bonifica biologica. L'attuazione del progetto è iniziata nell'autunno del 2019. Nel 2019 le attività sono state svolte principalmente per lo smaltimento dei rifiuti e la costruzione di un sistema per le acque inquinate. Nel 2020 sono state completate le attività di pre-smaltimento e di sagomatura del corpo della discarica non controllata e sono stati costruiti il sistema di gas, la griglia di isolamento ed è stata effettuata la bonifica tecnica. Alla fine del 2020 è stata eseguita la bonifica biologica - preparazione delle aree da bonificare e semina. Durante l'inverno 2020-2021 sono stati eseguiti principalmente i lavori di rifinitura, ovvero i fossi di drenaggio e l'allacciamento dell'impianto del gas. Il processo di bonifica e il ripristino dei terreni proseguono fino al terzo anno con cure programmate. La bonifica biologica sarà attuata nel 2021, 2022 e 2023.

L'attuale vecchia discarica non controllata del comune di Pazardzhik si trova a 12 km a sud della città, a 1 km a sud-est del villaggio Aleko Konstantinovo e a circa 1,8 km a sud del villaggio Glavinitsa, nell'area di "Baira" (Figura 1). Il sito è raggiungibile tramite una strada che porta ai villaggi di Kapitan Dimitriev e Bratsigovo. Nel corso degli anni, la discarica non controllata ha creato problemi ai villaggi circostanti. Con il riscaldamento del clima, è iniziata l'autocombustione dei rifiuti. A causa della combustione dei rifiuti, la discarica non controllata inquina sistematicamente quattro villaggi - Kapitan Dimitriev, Debrashtitsa, Aleko Konstantinovo e le strade della zona. Il problema dell'autocombustione è estremamente complesso, soprattutto perché la discarica di Pazardzhik è uno dei primi luoghi in termini di concentrazione di biogas. Da oltre 30 anni, la sua esistenza viola tutte le norme e i requisiti previsti dagli ordinamenti legislativi. Distrugge le aree protette in cui si trova, inquina le aree agricole che si trovano accanto ad essa. Alcuni dei rifiuti cadono direttamente sulla strada e

vengono trasportati dal vento direttamente nei campi e nelle piantagioni: carta, sacchetti di plastica e altro ancora.



**A.**



**B.**

Figura 1. Ubicazione della discarica non controllata nel comune di Pazardzhik: **A.** Mappa della posizione della città di Pazardzhik e del villaggio di Aleko Konstantinovo. **B.** Il terreno del villaggio di Aleko Konstantinovo.

La discarica non controllata è priva di una base isolante di fondo, di un sistema di drenaggio per il filtrazione dell'acqua o di altre misure che limitino la diffusione dei rifiuti o delle sostanze pericolose rilasciate dai processi di decomposizione dei rifiuti. I rifiuti vengono scaricati direttamente sul terreno negli spazi utilizzati di due cave per materiali di rivestimento. La discarica è stata gestita senza alcuna misura di protezione del suolo, delle acque sotterranee e delle viscere della terra dall'inquinamento dovuto allo smaltimento dei rifiuti sul sito, non sono stati costruiti fossati di sicurezza, ecc.

La discarica oggetto del progetto "*Chiusura e bonifica di una vecchia discarica non controllata nel comune di Pazardzhik, nel villaggio di Aleko Konstantinovo*", è inclusa nell'elenco delle discariche non controllate oggetto di un procedimento penale per violazione № 2012/2082 per mancato rispetto degli obblighi della Repubblica di Bulgaria ai sensi dell'articolo 14 della Direttiva 1999/31/CE del Consiglio del 26 aprile 1999 relativa alle discariche. A seguito dell'elaborazione dei dati e dei calcoli, la discarica è stata classificata e inclusa nel gruppo di rischio IV con una valutazione del rischio superiore a 8 ovvero quello delle discariche non controllate con un rischio molto elevato in termini di impatto sul suolo e sulle acque sotterranee. La chiusura è stata pianificata secondo il Modello "C" di smaltimento dei rifiuti, in conformità alla Metodologia per la valutazione del rischio di vecchi inquinamenti.

### *Pianta del sito prima della copertura*

La discarica non controllata non era stabile. Ha una parte pianeggiante e un pendio sud-occidentale molto ripido. Ci sono crepe e frane lungo tutto il pendio. Per questo motivo è necessario procedere a una nuova falciatura e a un nuovo deposito per formare le pendenze necessarie. La discarica è stata utilizzata per lo smaltimento di rifiuti urbani e simili, fanghi dal trattamento delle acque reflue, fanghi da attività produttive, nonché rifiuti edili da scavi, demolizione e ricostruzione di edifici. Durante tutto l'anno si sono verificate combustioni di fanghi e rifiuti sull'altopiano, oltre alla propagazione di odori sgradevoli. L'area con i rifiuti liquidi depositati nella parte più occidentale della discarica è stata riempita di rifiuti freschi nel 2016-2017, con una capacità significativa.



Figura 2. Discarica non controllata ad Aleko Konstantinovo

(Fonte: <https://www.monitor.bg/bg/a/gallery/rekultivirat-staroto-smetishte-v-pazardjik-183241?gallery=0>;  
<https://kmeta.bg/smetisteto-kraj-pazardjik-obgazyava-chetiri-sela>;  
<https://evromegdan.bg/448>)

Secondo i dati del rilievo geodetico, la discarica esistente è stata costruita su più livelli di un pendio esposto a sud-ovest. Inizialmente sono stati riempiti gli spazi utilizzati di due cave di marmo. Il modo in cui lo scarico dei rifiuti

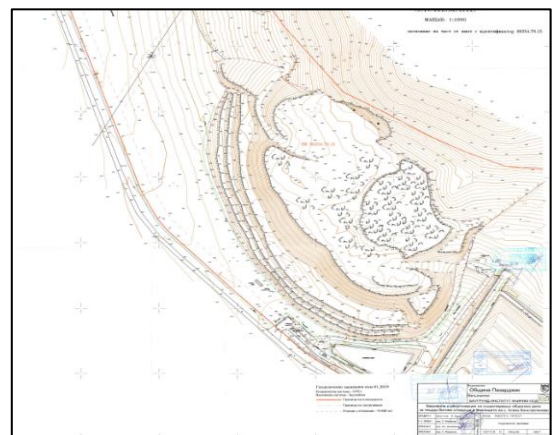


dall'alto verso il basso è stato effettuato nel corso degli anni è stato scorretto e per questo motivo si sono formati pendii ripidi. Di conseguenza, in diversi punti si sono verificate frane a causa dell'elevata altezza del pendio ripido e dello smaltimento dei rifiuti liquidi. Lo spessore dei rifiuti accumulati varia da 2,0 a 38,0 m. Durante l'indagine geodetica del gennaio 2019 è stato rilevato che sull'area di bonifica (92 deca) si sono formate diversi strati con diverse altezze di accumulo:

il principale della discarica con un'altezza di accumulo dei rifiuti compresa tra 30-38 metri; lo strato più in basso a nord-occidentale, con rifiuti liquidi depositati, con una superficie di 12 500 m<sup>2</sup>. Il vecchio sito di smaltimento dei rifiuti del comune di Pazardzhik è costituito da una parte pianeggiante (altopiano), con una pendenza molto bassa, sulla cui superficie in molti punti si verifica la sedimentazione, la ritenzione delle acque superficiali e lo sviluppo della vegetazione. Il versante principale sud-occidentale della discarica ha una pendenza di 1/1,1. La decisione di una pianificazione verticale è stata presa tenendo conto delle pendenze consentite per la bonifica e del bilancio dei rifiuti. I piani verticali e generali del progetto sono presentati nella Figura 3.



A.



B.



C.

Figura 3. Vecchia discarica non controllata nel territorio di Aleko Konstantinovo A. Pianificazione verticale del sito; B. Rilievo geodetico; C. Planimetria generale del sito da bonificare.



## *Studi geologici e idrogeologici*

La vecchia discarica non controllata per i rifiuti solidi urbani della città di Pazardzhik è situata nell'area della falda carsica nota in letteratura come bacino carsico di Perushtitsa-Ognyanovski (Antonov e Danchev, 1980). Il territorio è formato da marmi carsici e calcari marnosi del gruppo dei marmi del Dobrostan. A causa dei movimenti tettonici, parte dei blocchi di roccia sono rimasti sepolti in profondità mentre altri galleggiano in superficie. La discarica non controllata si trova nella parte nord-occidentale del bacino, nella regione delle colline bessapariane (Figura 4) - strutture di marmo intervallate da gneiss e rocce di scisto. Il complesso marmoreo è intensamente fessurato e carsico. Secondo i dati ricavati dalla perforazione della base geologica presso la discarica è emerso che la parte superiore dell'incisione è costituita da argille sabbiose il cui spessore varia da 0,3 m a 12-15 m. Sotto l'argilla si trova una base rocciosa di marmi e nella parte nord-orientale della sezione di gneiss e rocce di scisto.

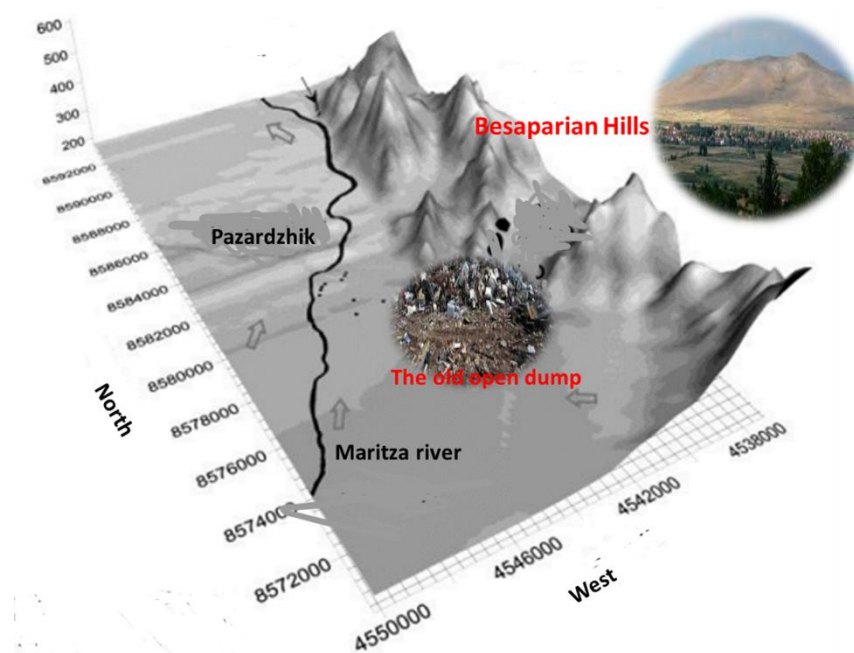


Figura 4. Posizione della vecchia discarica non controllata nel territorio di Aleko Konstantinovo (Adattato da Stoyanov, Dimovski, 2016).

I rifiuti sono stati accumulati in una vecchia cava di marmo senza alcun tipo di impermeabilizzazione, creando condizioni favorevoli all'ingresso in profondità di acque reflue e percolato dannosi per le falde acquifere della zona. L'attività di questa vecchia discarica termina

nel 2017 e sull'area della discarica non controllata da quel momento è stato sviluppata una base isolante che impedisce l'infiltrazione delle acque piovane e superficiali e diminuisce drasticamente le infiltrazioni prodotte.

Nell'area della vecchia discarica non controllata sono stati condotti studi di tomografia elettrica per studiare la struttura idrogeologica e per localizzare le zone carsiche. Lo spostamento di gas inquinanti mobili forti e deboli (ad esempio, Cl e NH<sub>4</sub>) nella zona di aerazione e nella zona satura d'acqua è stata simulata utilizzando modelli matematici idrogeologici 2D. È stata effettuata una valutazione della contaminazione della discarica di Aleko Konstantinovo e una stima a lungo termine dei movimenti di spostamento dei gas dopo il suo risanamento. La quantità di flusso di infiltrazione sotto il fondo della discarica è funzione della permeabilità geologica e dell'esistenza o meno di barriere ingegneristiche, secondo i risultati della ricerca idrogeologica del modello. Lo strato argilloso-sabbioso, che ricopre il complesso roccioso, i marmi carsici e gli scisti gessosi rotti, è la principale via di trasporto dell'inquinamento. L'ampio spessore della zona di aerazione (circa 20-25 m e oltre) ha un ruolo fondamentale nel rallentare tale spostamento. Le simulazioni suggeriscono che le tossine della discarica si spostano verso le acque sotterranee attraverso una piccola area carsica nella parte centrale della discarica, con una larghezza di 50-70 metri. L'acqua non attraversa la zona di aerazione oltre quest'area di discarica. I contaminanti altamente mobili (Cl) migrano in profondità a un ritmo rapido che è proporzionale alla velocità del flusso di infiltrazione. Per circa 25 anni dall'inizio dell'attività della discarica, questi contaminanti raggiungono le condotte sotterranee. La percentuale di Cl nelle acque sotterranee inquinate è di circa il 25% durante questo periodo e dopo la chiusura della discarica. Gli inquinanti a basso livello (NH<sub>4</sub>) migrano a una velocità molto più lenta, quindi l'area contaminata è significativamente più piccola. Nelle fasi finali del funzionamento della vecchia discarica, le prime "porzioni" di NH<sub>4</sub> entrano nelle acque sotterranee. Continuerà a raggiungere la zona satura d'acqua dopo la chiusura, anche se a concentrazioni molto basse (circa il 4-5%).

#### **4. Il processo di risanamento della discarica**

Il processo di risanamento o bonifica della discarica non controllata del presente Caso studio prevede cinque fasi e comprende le seguenti attività: lavori preparatori e di costruzioni temporanee; smaltimento dei rifiuti; costruzione di un sistema di filtrazione dell'acqua; attività per la costruzione di un sistema di cattura e scarico dei gas; costruzione di strati isolanti; sviluppo di uno strato di bonifica su tutti i terreni previsti; costruzione di uno strato di humus; bonifica biologica; fossi di drenaggio; lavori di finitura; bonifica biologica - falciatura e



zappatura; bonifica biologica - fertilizzazione; monitoraggio del sito. Il processo è realizzato in base ai requisiti stabiliti nel Piano per il monitoraggio della vecchia discarica non controllata nel comune di Pazardzhik e alle Specifiche tecniche relative ai requisiti dei materiali in ingresso, allo smaltimento preliminare dei rifiuti, alla costruzione dello strato di tenuta superiore, agli strati di drenaggio e ai requisiti dei materiali sintetici.

#### **4.1. Fase 1**

I lavori preparatori comprendono il tracciamento, la costruzione di una strada temporanea per l'accesso al sito, dalla strada Pazardzhik - Peshtera, sulle aree per l'installazione del pretrattamento e del compostaggio dei rifiuti, la costruzione delle opere di regimazione delle acque (trincee drenanti e bacino di raccolta delle acque meteoriche per interrompere l'afflusso di acque reflue dai terreni vicini);

#### **4.2. Fase 2**

Nella fase di pre-stoccaggio dei rifiuti si procede alla compattazione dei rifiuti conferiti in discarica e alla costruzione degli impianti di captazione e trasporto del gas di discarica, come indicato nel progetto di risanamento della discarica non controllata.

#### *Scarvi e stoccaggio dei rifiuti*

Gli scavi effettuati nel sito servono principalmente a modellare la superficie della discarica. È stato previsto lo scavo e lo stoccaggio di 100 000 m<sup>3</sup> di rifiuti. La ripavimentazione consiste nello scavo del sopracciglio del pendio e nel pre-smaltimento dei rifiuti nella parte pianeggiante della discarica aperta, che costituisce le pendici di progetto del corpo della discarica aperta.

Gli scavi più significativi sono quelli lungo il ciglio del pendio principale e nella parte nord-occidentale della discarica aperta, dove sono stati depositati i rifiuti freschi nel periodo 2016-2017. I rifiuti vengono arati in strati alti 60 cm e compattati con un rullo durante la pre-deposizione. Il livellamento e la compattazione dei rifiuti residui alla base della discarica a cielo aperto, così come la forma della superficie (quote, pendenze trasversali e longitudinali) fanno parte della preparazione della superficie così come indicato nel progetto di risanamento. Per ogni strato, i punti di riferimento devono essere gli stessi. Per proteggere la discarica dalle acque reflue provenienti dai terreni circostanti, sono stati effettuati scavi in trincea in terreni rocciosi per costruire dei fossati. L'ubicazione della discarica, che fa parte della proprietà fondiaria (con identificativo 00254.70.15) nel territorio di Aleko Konstantinovo, è inclusa in Natura. Di conseguenza, gli scavi nella roccia non sono stati effettuati con un'esplosione ma eseguiti meccanicamente con un bulldozer e un escavatore a martello.

### *Il sistema di regimazione delle acque di ruscellamento superficiale*

*Sistema di raccolta delle acque di infiltrazione inquinate* - Prima dell'inizio dei lavori di scavo, è obbligatorio costruire strutture di drenaggio temporanee per garantire il rapido drenaggio delle acque di ruscellamento superficiali da confluire all'esterno del sito di smaltimento dei rifiuti. Il sistema di raccolta di queste acque è costituito da un fosso riempito di materiale drenante e da una vasca di raccolta delle stesse. Il materiale del fosso di drenaggio è composto da massicciata fluviale lavata con una distribuzione granulometrica che fornisce un coefficiente di filtrazione maggiore o uguale a  $1 \times 10^{-3}$  m/s, mantenuto stabile durante il funzionamento a lungo termine della discarica e con un contenuto di carbonati fino al 10 % in peso.

*Sistema di trincee drenanti per l'acqua pulita in modo condizionato*: consiste in un drenaggio superficiale per l'acqua pulita in modo condizionato e in un sistema di fossati per la raccolta e il drenaggio dell'acqua superficiale. In alternativa allo strato di drenaggio in materiali naturali - ghiaia - è stato utilizzato un geocomposito drenante. È costituito da un elemento strutturale che conduce l'acqua in senso longitudinale e da uno o due geotessili che fungono da filtri. La rimozione delle acque catturate dal drenaggio viene effettuata costruendo un drenaggio periferico nel tacco del versante sud-occidentale della discarica non controllata risanata. È costituito da tubi di drenaggio in polietilene avvolti da geocomposito drenante (Figura 5). L'acqua proveniente dal drenaggio periferico viene drenata in tubi di polietilene, posati perpendicolarmente al drenaggio periferico, almeno 0,2 metri verso l'interno, e confluisce nel terreno. Sono stati costruiti anche dei fossati per le acque superficiali, che svolgono le seguenti funzioni: protezione della superficie bonificata dalle acque reflue provenienti da altri terreni, cattura e drenaggio dell'acqua dalla superficie bonificata e protezione della stessa dall'erosione.

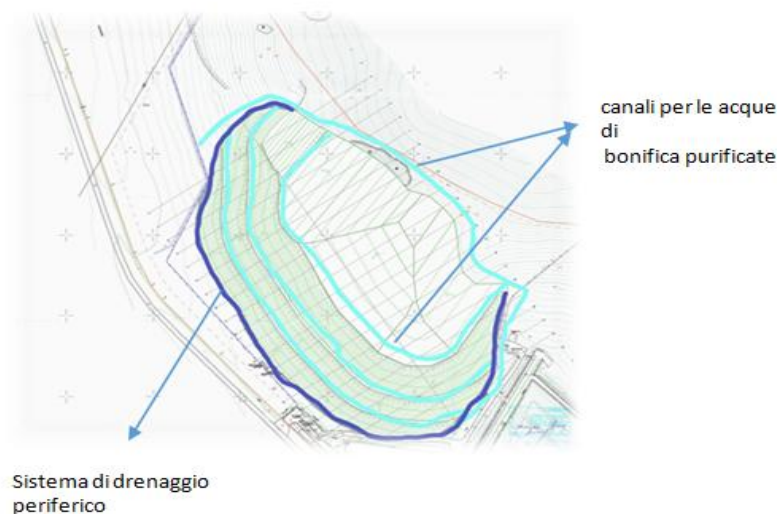


Figura 5. Piano della superficie di ricoltivazione

### *Sistema di captazione e bonifica del gas di discarica*

Lo smaltimento dei rifiuti solidi urbani è principalmente un processo biologico in cui la materia organica viene convertita in inorganica sotto l'azione di batteri anaerobici. Il processo di decomposizione è legato alla produzione di biogas, che consiste principalmente in metano e anidride carbonica, con quantità minori di altri gas. I rifiuti urbani contengono in genere da 120 a 190 kg di carbonio per tonnellata di rifiuti umidi, con un potere calorifico da 3,5 a 5,5 kWh/m<sup>3</sup>. Il rapporto C/N è critico per i processi biologici di degradazione della materia organica presente nei rifiuti solidi urbani. Il contenuto di materia organica non caratterizza adeguatamente i processi di degradazione poiché non riflette il contenuto di carbonio organico e azoto, utilizzati dai microrganismi decompositori. Come risultato dell'attività metabolica dei microrganismi anaerobici presenti, vengono rilasciati gas come metano, idrogeno solforato, idrogeno e altri. La composizione dei gas della discarica comprende circa 55 vol. di metano (CH<sub>4</sub>), 45 vol. di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), meno di 1 vol. di microelementi, dato che il rapporto medio metano/anidride carbonica si aggira intorno a 1,2-1,5.

La quantità di rifiuti nella discarica non controllata è di 2.200.000 tonnellate, con un potenziale di gas di 140 m<sup>3</sup>/tonnellata. La quantità totale di gas prodotto dalla discarica dipende dalla quantità e dal contenuto morfologico dei rifiuti, dal tipo di sito di smaltimento, dalle procedure operative, ecc. Secondo le previsioni per questa discarica non controllata, la quantità di gas generati è stimata intorno ai 500 m<sup>3</sup>/ora. A causa dell'elevato accumulo di rifiuti, si sta valutando la costruzione di un sistema di gas attivo. È costituito da otto pozzi di gas collegati da scarichi lineari e da una condotta per i gas di scarico (88 metri) all'impianto per lo smaltimento dei gas catturati dalla discarica non controllata (Figura 6). I pozzi di gas sono fori profondi, riempiti di materiale drenante e dotati di un tubo di drenaggio che attraversa gli ultimi tre metri. Hanno una profondità di 15 metri. Lo sfruttamento di questo tipo di discarica (vecchia discarica non controllata con un sistema di gas passivo costruito nella fase di chiusura e risanamento della discarica), mostra l'efficienza del sistema di cattura dei gas della discarica che varia dal 40 al 60% del potenziale massimo di gas. Per il caso specifico, si accetta il 50% e per la riduzione delle perdite di pressione durante il movimento del gas della discarica si accetta una velocità di 7 m/sec. Durante il processo di pre-smaltimento dei rifiuti per la costruzione di una struttura verticale del sito, i gas raccolti e accumulati nel volume della discarica saranno parzialmente rilasciati nell'atmosfera, aerando i rifiuti e cambiando la fase del processo di decomposizione. La

quantità di gas utilizzata sarà molto più ridotta. Esistono sei possibili tecniche per lo smaltimento dei gas delle discariche non controllate:

- raccolta e purificazione del gas e suo utilizzo come carburante per il trasporto.
- utilizzo per la produzione di energia in loco
- smaltimento tramite incenerimento dei rifiuti
- tecnologie per l'ossidazione catalitica e termica del metano presente nel gas
- bio-ossidazione (biofiltri) e rilascio in atmosfera
- rilascio diretto in atmosfera

Per questa discarica, lo smaltimento dei gas avviene tramite incenerimento in impianti di combustione ad alta temperatura, tipicamente fino a 1200°C, consentendo una durata di permanenza predeterminata nella camera di combustione dei fumi.

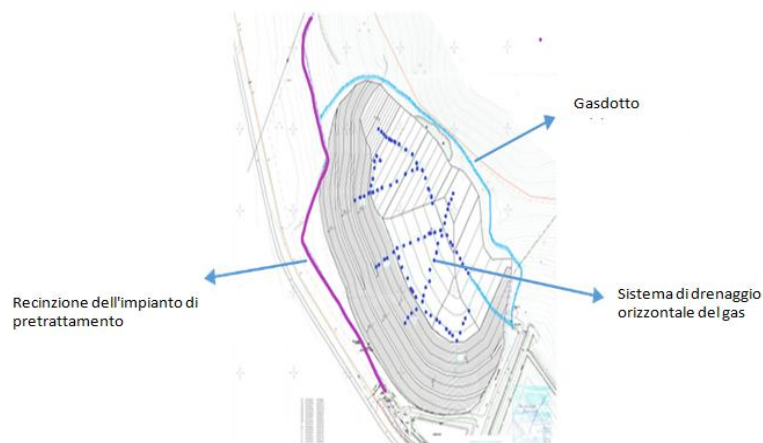


Figura 6. Schema del sistema del gas

### 4.3. Fase 3

In questa fase, gli interventi si concentrano sulla superficie finale di rifiuti compattati attraverso la costruzione dello strato di copertura finale della discarica risanata. Quest'ultimo comprende un primo strato di terreno livellato, uno strato impermeabilizzante in bentonite, uno strato drenante e uno strato vegetativo finale.

*Realizzazione dello strato di livellamento*

Sulla superficie della discarica non controllata da risanare è stato steso uno strato di livellamento di 0,2 m di spessore. Conteneva terreni con una granulometria massima di 63 mm. Per la costruzione dello strato di livellamento sono stati utilizzati terreni contaminati provenienti dalla discarica e fanghi stabilizzati e mineralizzati provenienti dal trattamento delle acque reflue, con un contenuto di sostanza secca di almeno il 55%. Lo strato viene livellato con un bulldozer per creare una base per la posa dell'impermeabilizzazione in bentonite. Come elemento isolante è stato utilizzato uno strato geosintetico di argilla (GCL). L'impermeabilizzazione bentonitica conteneva un minimo di 4,5 kg/m<sup>2</sup> di bentonite di sodio. I rulli dell'impermeabilizzazione bentonitica sono larghi 4,50 metri per ridurre le perdite e il numero di giunti. La superficie dello strato di livellamento deve essere pulita da residui di materiali edili, radici di arbusti e alberi, pietre. La superficie deve essere livellata con un bulldozer e drenata, non deve esserci acqua superficiale trattenuta e non deve essere ammorbidita. Sotto l'impermeabilizzazione bentonitica viene steso uno strato di terreno di 20 cm, per creare le condizioni che impediscano il distacco della bentonite dall'isolante, oltre che per stringere e proteggere l'impermeabilizzazione dall'essiccazione. Sulle lastre di bentonite allo stato grezzo è stato steso uno strato di materiale minerale dello spessore di circa 20 cm. Questo strato minerale protegge il materiale dal rigonfiamento quando è bagnato e dall'invecchiamento nell'ambiente. Per realizzare questo strato di tenuta sono stati utilizzati 19.806 m<sup>3</sup> di terra. Nello schermo isolante superiore è stata prevista anche la posa di un geocomposito drenante. Esso conduce un volume d'acqua di 0,2 l/sec/m con una pendenza  $i=0,1$  e carichi di 20 kPa, includendo nella sua costruzione tubi di drenaggio. La rimozione delle acque catturate dal drenaggio avviene attraverso un drenaggio periferico incorporato nel tacco del versante sud-occidentale della discarica aperta. L'acqua del drenaggio periferico viene scaricata in tubi di polietilene (PE 100 PN 10, DA 110 mm) posati perpendicolarmente al drenaggio periferico almeno 0,2 m verso l'interno. Alla periferia della discarica aperta si trovano tubi di drenaggio a 25 m di distanza.

#### *Strato di drenaggio*

Lo strato di drenaggio (0,70 metri) è stato applicato sullo strato impermeabilizzante in bentonite. Il materiale necessario è stato fornito in parte dagli scavi per la modellazione dei siti dell'impianto per il pretrattamento dei rifiuti urbani misti e dell'impianto per il compostaggio dei rifiuti verdi e biodegradabili raccolti separatamente nella parte occidentale della proprietà fondiaria 00254.70.15, il terreno di Aleko Konstantinovo.

#### *Strato vegetativo finale*

Per la costruzione dello strato di terreno fertile sono stati utilizzati humus provenienti dalla preparazione del sito degli impianti per il pretrattamento dei rifiuti urbani misti e il compostaggio dei rifiuti verdi biodegradabili raccolti separatamente. I materiali del suolo utilizzati per la costruzione dello strato di humus contenevano carbonio organico per almeno lo 0,6%, rispettivamente un contenuto di humus pari o superiore all'1%. Per proteggere la vegetazione futura dagli effetti nocivi, la massa terrestre non deve essere contaminata da metalli pesanti e rari e da sostanze tossiche.

#### **4.4. Fase 4**

In questa fase, sono stati completati i fossati intorno alla discarica che hanno una duplice funzione di drenaggio delle acque meteoriche e di delimitazione del sito; sono stati installati dei punti di monitoraggio e la struttura di collegamento tra il sistema di captazione del gas di discarica e l'impianto per la combustione ad alta temperatura dello stesso della nuova Discarica Regionale 1, Pazardzhik 1. Inoltre, la recinzione che delimita l'ex bacino della vecchia discarica non controllata è stato riposizionato; infine, si è proceduto con il posizionamento del manto erboso sulla superficie del sito.

#### **4.5. Fase 5**

La fase finale prevedeva la lavorazione del terreno, la concimazione minerale e la piantumazione di specie la loro coltivazione curata per tre anni (2019-2021). L'obiettivo di questa fase del risanamento della discarica non controllata ad Aleko Konstantinovo era reintegrare il sito nel paesaggio circostante e il suo riutilizzo come prato. L'oggetto della bonifica biologica era il corpo di nuova formazione della discarica non controllata. A causa dei processi poco chiari che si verificano nel corpo della discarica non controllata - subsidenza, emissione di gas, prodotti liquidi, materiali tossici che sono fattori sfavorevoli per la bonifica - non si prevede che le sezioni recuperate della discarica vengano utilizzate per uso agricolo o per il rimboschimento. Uno degli obiettivi principali del progetto di bonifica di questa discarica non controllata che non soddisfa i requisiti normativi è il ripristino dei terreni danneggiati e del paesaggio dell'area. Grazie al processo di bonifica, le condizioni igienico-sanitarie dell'area saranno migliorate e i terreni ripristinati saranno integrati nell'ambiente.

L'area per la bonifica tecnica e biologica della discarica di nuova formazione è di 95.336 m<sup>2</sup> (come 2D) o 99.030 m<sup>3</sup> rispettivamente come superficie in pendenza (come 3D). In totale sono necessari 99.030 m<sup>3</sup> di materiali terrosi, di cui 29.709 m<sup>3</sup> di terreno humus (con uno spessore di

0,3 m) e 69.321 m<sup>3</sup> di masse di terra. Questi materiali vengono sparsi gradualmente e in sequenza sulle superfici già predisposte all'uso. Il villaggio di Aleko Konstantinovo è situato nella regione agro-ecologica di Pazardzhik-Plovdiv e copre la parte occidentale della pianura sottostante. La discarica si trova sui pendii meridionali e sud-occidentali all'estremità occidentale delle colline Besaparski. L'altitudine del sito è di 270 m. Il rilievo è piatto e determina principalmente processi di accumulo mentre i processi di erosione sono molto deboli. Il clima è di transizione con una temperatura media annua compresa tra 8-9°C in pianura e circa 5°C in altura.

Secondo la zonizzazione geobotanica bulgara, la discarica si trova nel distretto nord della provincia Tracio-macedone dell'area forestale decidua europea, tra la regione di Plovdiv e le colline di Rodopi. La vegetazione moderna sul territorio del sito è composta da microgruppi di erbe e arbusti secondari e derivati. Poche specie di piante medicinali fanno parte della flora locale. Non sono state identificate specie e comunità vegetali locali protette. Per questa regione geografica, la copertura del suolo è varia, con una predominanza di suoli alluvionali, podsolici, resinosi, terreni boschivi e suoli salini. Per la regione della discarica, i terreni resinosi non sono comuni.

#### *Costruzione dello strato di humus per la bonifica biologica*

Per costruire lo strato radicale superiore per la bonifica della vecchia discarica sono necessari 29 709 m<sup>3</sup> di humus. 14.880 m<sup>3</sup> di questa quantità sono stati forniti principalmente durante la preparazione sul sito degli impianti per il pretrattamento dei rifiuti urbani misti (11.320 m<sup>3</sup>) e dell'impianto per il compostaggio dei rifiuti verdi e biodegradabili raccolti separatamente (4.560 m<sup>3</sup>) all'interno della stessa proprietà terriera. Come fonte per fornire le restanti quantità di circa 14.829 m<sup>3</sup> di terreno humus, verranno utilizzate le aree della diga di Ovchepoltsi (circa 60 decari). I materiali del suolo sono stati analizzati da un complesso di laboratori accreditati per le analisi presso l'Università Agraria di Plovdiv. Sono stati analizzati per il pH, il contenuto di azoto, fosforo e carbonio organico, oltre che per i metalli pesanti e i metalloidi. È stata identificata la necessità di una concimazione aggiuntiva, utilizzando fertilizzanti minerali (singoli o combinati) a causa della carenza di azoto osservata (da 4,61 mg/kg a 14,24 mg/kg di terreno secco, a un tasso di 10-20 mg per 100 g di terreno secco per una conservazione da buona a molto buona). Un'alternativa è l'applicazione di fertilizzanti organici, che compenseranno i bassi livelli negli strati subumidi. Lo spessore dello strato di bonifica è di 1,0 m di masse di terreno idonee, di cui 0,30 m sono terreni humus.



Le fasi di realizzazione dello strato di bonifica sono state le seguenti:

- stesura di 70 cm di terra di riporto
- stesura di 30 cm di humus per creare uno strato radicale.

Poiché la bonifica biologica avviene attraverso il pascolo, per creare condizioni favorevoli alla crescita sono previste lavorazioni del terreno, concimazioni minerali, semina di sementi adeguate e di qualità, rispetto dei termini e della profondità di semina e cura colturale dei prati per 3 anni.

Le attività di lavorazione del terreno sono molto importanti per il successo della germinazione dei semi e lo sviluppo della vegetazione erbacea. Esse comprendono la disboscatura, la fresatura, l'erpatura e la rullatura. I semi devono essere seminati a una profondità di 2 cm, poiché le date di semina appropriate sono in primavera. Non è prevista una ricrescita antierosiva.

La concimazione è stata effettuata con i fertilizzanti minerali universali e applicabili alle condizioni della regione - nitrato di ammonio e perfosfato triplo, contenenti rispettivamente il 34% di N e il 45% di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

I miscugli di erba utilizzati per la bonifica biologica della discarica hanno un effetto rinforzante e sono resistenti a condizioni edafiche fortemente deteriorate. Le specie erbacee devono essere resistenti alla siccità e poco esigenti in termini di contenuto di nutrienti. La scelta viene fatta in base al clima locale, alle condizioni del terreno e allo scopo dell'inerbimento. Per la bonifica biologica della discarica sono state utilizzate le specie *Poa patensis* (20 %), *Festuca rubra* (50 %), *Dactylis glomerata* (20 %) e *Bromus inermis* (10 %) (Figura 7). Queste specie sono resistenti alla siccità e hanno un apparato radicale profondo.



Figura 7. Specie erbacee utilizzate nella bonifica biologica della discarica di Aleko Konstantinovo: A. *Poa patensis*; B. *Festuca rubra*; C. *Dactylis glomerata*; D. *Bromus inermis*

Le quantità di miscela erbacea necessarie per la bonifica della discarica ammontano a 2970,9 kg. A causa della mancanza di condizioni ambientali favorevoli e della non garantita ritenzione di umidità dello strato di bonifica, i bordi dei pendii sono coperti con strisce di 1 m di larghezza.



Figura 8. Vista dalla discarica non controllata ricoltivata di Aleko Konstantinovo

#### **4.6. Monitoraggio della vecchia discarica non controllata nell'area del comune di Pazardzhik**

Il piano di controllo e monitoraggio della discarica non controllata ai sensi dell'Art. 40, comma 1, punto 1 dell'Ordinanza № 6 / 27.08.2013 viene effettuato durante il processo di gestione della discarica non controllata e dopo la sua chiusura. Include i requisiti minimi necessari per il monitoraggio e il controllo di queste discariche, compresa la garanzia di protezione delle componenti ambientali attraverso una base isolante inferiore e superiore e un sistema di scarico dei gas. Il monitoraggio comprende osservazioni e misurazioni in un certo numero di punti, la frequenza delle misurazioni e il controllo di alcuni parametri.

Per quanto riguarda la discarica non controllata nel territorio del villaggio di Aleko Konstantinovo, viene monitorato solo l'impatto del sito sulle componenti dell'ambiente dopo la sua chiusura e bonifica.

##### *Controllo della topografia della discarica risanata*

Il monitoraggio della topografia della discarica non controllata serve a stabilire la presenza o meno di cedimenti della discarica. Le ragioni per cui si verificano le deformazioni possono essere diverse: geologiche, idrogeologiche, climatiche, ecc. In questo caso, è importante stabilire se ci sono deformazioni ed entro quali limiti. A un totale di 5 punti di riferimento per il

livellamento a diverse quote sono stabilizzati. I punti di riferimento per il livellamento sono osservati da punti base al di fuori della zona di probabili deformazioni. Per l'area della discarica appena formata e bonificata sono stati utilizzati un totale di 14 punti di riferimento, situati sull'altopiano (massima capacità di rifiuti) e su entrambe le berme del ripido pendio profilato della discarica.

#### *Monitoraggio delle emissioni di sostanze nocive nell'atmosfera*

Vengono riportate le condizioni dell'aria nel sito della vecchia discarica del comune di Pazardzhik e vengono considerati due periodi: il periodo precedente all'impermeabilizzazione dei rifiuti e il periodo successivo alla costruzione del sistema di cattura, rimozione e trattamento dei gas della discarica e alla costruzione dello schermo isolante superiore. Le sostanze nocive rilasciate da fonti fisse nel sito della vecchia discarica per rifiuti solidi non sono soggette a misurazioni proprie continue. Sono soggette a misurazioni proprie periodiche. Il controllo e il monitoraggio del volume e della composizione delle emissioni gassose (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>) dopo la chiusura della discarica viene effettuato ogni 6 mesi. L'efficienza del sistema di scarico viene costantemente controllata.

#### *Monitoraggio della quantità e della composizione dell'acqua di filtrazione (punto di campionamento 3)*

Il progetto prevede la cattura delle acque d'infiltrazione nella discarica. A tale scopo, sul lato sud-occidentale della discarica è presente un fosso e un serbatoio per la raccolta dell'acqua. Non sono state osservate perdite d'acqua. I campioni di composizione dell'acqua vengono prelevati dal serbatoio dell'acqua di filtrazione (punto di campionamento 3). La composizione delle acque di filtrazione sarà monitorata ogni sei mesi dopo la chiusura della discarica. Vengono monitorati i seguenti parametri: temperatura, colore, odore, valore del pH, conducibilità elettrica, ossigeno solubile, alogeni organici assorbibili, Mn, Fe, NO<sub>3</sub>, N, SO<sub>4</sub>, numero di microbi, batteri coliformi, prodotti petroliferi, cianuri, idrocarburi policiclici aromatici, ecc.

#### *Monitoraggio della quantità e della composizione delle acque superficiali (punto di campionamento 2)*

Secondo il progetto, i fossati sono stati costruiti per catturare e drenare l'acqua dalla superficie di bonifica della discarica e proteggerla dall'erosione. Il punto di campionamento 2 si trova dopo la discarica, prima che le acque del fosso confluiscano nel fosso dell'impianto di pretrattamento e

compostaggio dei rifiuti misti. Il monitoraggio delle acque superficiali viene effettuato mediante i seguenti indicatori: reazione attiva, conducibilità elettrica, azoto organico, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, o-fosfati, Fe, Mn, Hg, fenoli, Zn, Cr, Ni, Pb, ecc. Dopo la chiusura della discarica a cielo aperto, il monitoraggio delle acque superficiali viene effettuato ogni 6 mesi.

*Monitoraggio della quantità e della composizione delle acque sotterranee (punto di campionamento 4)*

Lo stato chimico delle acque sotterranee viene determinato in base alla conducibilità elettrica e alla concentrazione di inquinanti nelle acque sotterranee. Gli indicatori da monitorare:

- ✓ sostanze, ioni o indicatori di inquinamento di origine naturale o come risultato dell'attività umana - Ar, Cd, Pb, Hg, NH<sub>4</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>
- ✓ parametri che mostrano l'attrazione di acque salate o inquinate a seguito di attività umane SO<sub>4</sub>, Cl, conducibilità elettrica
- ✓ in base alla fonte di potenziale contaminazione - pH, ossidabilità al permanganato, durezza totale, fosfati, nitrati, Cu, Zn, ecc.

Dopo la chiusura e la bonifica della discarica del comune di Pazardzhik, il campionamento per il controllo dello stato chimico delle acque sotterranee deve essere effettuato due volte l'anno, a maggio e a novembre.

La chiusura della vecchia discarica di Pazardzhik avrà un impatto positivo sull'aria, sull'acqua, sul paesaggio, sulla diversità biologica e, in generale, sulle persone e sulla loro salute.

## **Bibliografia**

Antonov, Danchev. The Groundwater of the Republic of Bulgaria. Technique, 1980. - 360 p.

Nikolay Stoyanov, Stefan Dimovski (2016). Models of contamination in the karst aquifer caused by the old and the new landfill of Pazardzhik. Annual of the University of mining and geology “st. Ivan Rilski”, vol. 59, part I, Geology and Geophysics, 2016.

Working Project “Closure and reclamation of the existing old open dump for solid waste in the land of Aleko Konstantinovo village, Pazardzhik municipality” (Parts: Technical specifications; Geodetical survey; Gas capture system; Hydrotechnical and technical reclamation; Construction waste management plan; Biological reclamation, Plan for own monitoring); <https://pazardzhik.bg/bg/zakrivane-i-rekultivatsiya-na-sashtestvuvash-to-staro-depo-za-otpadatsi/>.

Photos source:

<https://www.monitor.bg/bg/a/gallery/rekultivirat-staroto-smetishte-v-pazardjik-183241?gallery=0;>

<https://kmeta.bg/smetisteto-kraj-pazardjik-obgazyava-chetiri-sela;>

<https://evromegdan.bg/448/%D1%81%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%89%D0%B5%D1%82%D0%BE-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%B9-%D0%BA%D0%B0%D0%BF%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BD-%D0%B4%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%B5%D0%B2%D0%BE/>