



# Proiectul SMARTENVI

**Instrumente inteligente pentru reducerea pericolelor asupra mediului și resurselor de apă prin reabilitarea haldelor deschise**

**IO 1**

**Instrument de sprijin decizional pentru reabilitarea haldelor de deșeuri**

**Manual**



**Silesian University  
of Technology**



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



*Acest proiect este finanțat de Programul Erasmus+ al Uniunii Europene. Cu toate acestea, Comisia Europeană și Agenția Națională Turcă nu pot fi considerate responsabile pentru orice utilizare care poate fi făcută a informațiilor conținute în acestea.*



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



2020-1-TR01-KA226-VET-098150

Partener principal:

Silesian University of Technology, Gliwice, Poland

Parteneri contributivi:

Universitatea tehnica Gebze, Kocaeli, Turcia

Universitate Pamukkale, Denizli, Turcia

Universitatea Petrol - Gaze, Ploiești, Romania

Training 2000 psc, Mondavio, Italia

Municipalitatea metropolitana Denizli, Denizli, Turcia

Municipalitatea Fano, Fano, Italia

Unversitatea "St. Kliment Ohridski", Sofia, Bulgaria

Centrul R&D "Biointech" Ltd., Bulgaria

Partea despre integrarea componentelor și instrumentelor de biogaz a fost dezvoltată de: Universitatea de Tehnologie Silezia

Partea de stabilitate a fost dezvoltată de: Universitatea Tehnică Gebze,

Partea despre levigat a fost dezvoltată de: Universitatea Pamukkale





Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



2020-1-TR01-KA226-VET-098150

## Cuprins

Introducere	4
Procesul de evaluare	6
Emisia gazelor de depozit	7
Emisii ale levigatului	10
Amenintari legate de stabilitate	11
Descrierea datelor de intrare si de iesire	14
Descrierea sectiunii de deseuri	14
Descrierea fenomenului de reabilitare	16
Rezultate – Rezumat	17
Rezultate – Depozite de gaz	18
Rezultate – Levigat	20
Rezultate – Stabilitate	20

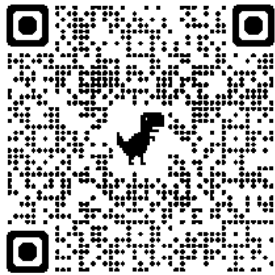


## Introducere

Smart Decision Tool este un instrument care vă permite să evaluați un depozit deschis în ceea ce privește impactul acestuia asupra mediului natural. Instrumentul poate ajuta la evaluarea potențialelor beneficii aduse de reabilitarea haldelor deschise de deșeuri. Evaluarea include întregul ciclu de viață, de la începutul existenței gropii de gunoi până la sfârșit. Permite evaluarea consecințelor asupra mediului ale efectuării sau neefectuării reabilitării haldei deschise. Prin urmare, este un instrument care poate oferi factorilor de decizie informații și argumente valoroase pentru sau împotriva reabilitării.

Instrumentul este disponibil online pe computere desktop și dispozitive mobile. Utilizarea acestuia este deschisă publicului larg și nu se limitează la nicio locație a unui grup de utilizatori.

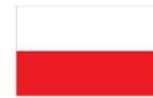
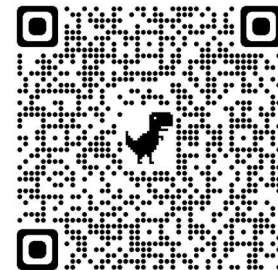
Acest instrument este pregătit în 6 versiuni de limbi diferite: engleză, turcă, poloneză, italiană, română și bulgară și este disponibil pe site-ul web al proiectului: <https://smart-envi.gtu.edu.tr/>.



Engleză



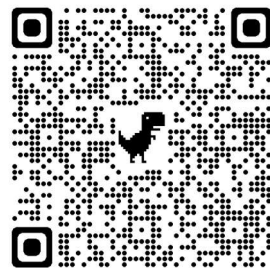
Turcă



Poloneză



Italiană



Română



Bulgară

Instrumentul este online și a fost conceput pentru a fi ușor de utilizat. Calculele sunt efectuate în timp real de îndată ce fiecare dată este introdusă. Sistemul efectuează operații matematice complicate și un număr mare de calcule. Prin urmare, pot exista ușoare întârzieri în funcționarea sistemului.

Reabilitarea haldelor deschise este o sarcină critică pentru protejarea mediului și a sănătății publice. Haldele deschise pot duce la eliberarea de substanțe chimice și poluanți nocivi în sol și în apele



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



2020-1-TR01-KA226-VET-098150

subterane, pot contribui la poluarea aerului și la emisiile de gaze cu efect de seră și pot crea condiții insalubre care pot crește riscul de transmitere a bolilor.

Prin urmare, este esențial să se evalueze eforturile de reabilitare a haldelor deschise pentru a se asigura că acestea sunt eficiente în atenuarea acestor riscuri și că resursele alocate reabilitării sunt utilizate eficient.

Utilizarea unui sistem online pentru evaluarea reabilitării haldelor deschise poate contribui la promovarea transparenței, responsabilității și eficacității în aceste eforturi critice de mediu și sănătate publică.

Este important de menționat că acest **instrument online pentru evaluarea reabilitării haldelor deschise a fost conceput în primul rând în scopuri educaționale**. Instrumentul oferă utilizatorilor informații despre importanța reabilitării haldelor deschise. De asemenea, ar putea oferi utilizatorilor o mai bună înțelegere a riscurilor de mediu și de sănătate publică asociate cu haldele deschise, precum și a potențialelor beneficii ale reabilitării lor în mod corespunzător.

Prin utilizarea instrumentului, părțile interesate, cum ar fi membrii comunității, factorii de decizie politică și organizațiile de mediu, ar putea obține o înțelegere mai profundă a procesului de reabilitare, ceea ce ar putea ajuta la construirea de sprijin pentru eforturile de reabilitare și ar putea încuraja practici mai durabile de gestionare a deșeurilor.

Instrumentul poate oferi beneficii semnificative în evaluarea reabilitării haldelor deschise, dar include unele simplificări sau ipoteze care pot produce rezultate mai puțin stricte. Prin urmare, este important să abordăm rezultatele sistemului cu prudență și să le folosim ca una dintre mai multe intrări în procesul de luare a deciziilor. Nu ar trebui să fie singura bază pentru luarea deciziilor. Este necesară o analiză cuprinzătoare și detaliată pentru a se asigura că eforturile de reabilitare au succes în protejarea mediului.



## Procesul de evaluare

Instrumentul evaluează trei perioade din ciclul de viață al unui depozit de deșuri. Prima este perioada de la începutul existenței sale (DS), adică momentul în care prima porțiune de deșuri a fost acceptată, până la momentul în care luăm în considerare luarea unei decizii privind reabilitarea acestuia (DR). Analiza acestei perioade constituie scenariul 1.

A doua este perioada de la decizia de reabilitare până la încetarea activității depozitului de deșuri (DE). În această perioadă sunt analizate două scenarii alternative. Scenariul 2 este o situație în care reabilitarea nu a fost implementată, iar scenariul 3 este o situație în care reabilitarea a fost implementată.

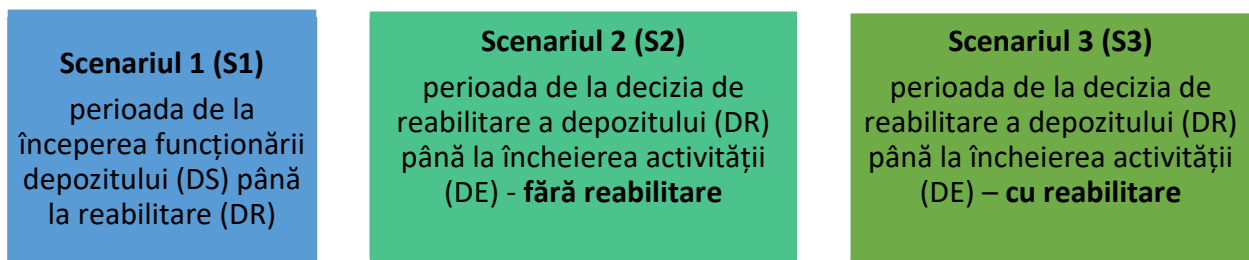


Fig. 1. Scenarii de analiză a depozitelor de deșuri.

Procesul de analiză are loc în mai multe etape (Fig. 2). La început, utilizatorul definește parametrii de bază ai gropii de gunoi. Apoi se determină elementele care vor fi implementate în cadrul reabilitării. După introducerea datelor relevante, sistemul calculează indicatori care vor fi utili factorilor de decizie și care evidențiază cele mai importante aspecte ale impactului depozitului de deșuri asupra mediului natural.



Fig. 2. Etapele analizei.

Sunt luate în considerare 3 tipuri majore de impact, legate de:

- Emisia gazelor de depozit;
- Emisia de levigat;
- Stabilitate.



Cele trei tipuri majore de impact sunt considerate cele mai importante deoarece au implicații semnificative asupra mediului.

**Emisia gazelor de depozit:** Emisiile de gaze din depozitul de deșeuri reprezintă unul dintre cele mai semnificative efecte asupra mediului ale haldelor deschise. Depozitele generează gaze precum metanul, dioxidul de carbon și compuși organici volatili, care pot contribui la poluarea aerului și la emisiile de gaze cu efect de seră. Metanul, în special, este un gaz cu efect de seră puternic care are un impact semnificativ asupra schimbărilor climatice. Sistemele de gestionare a gazelor din depozitul de deșeuri proiectate și întreținute corespunzător pot ajuta la atenuarea acestor emisii și la reducerea impactului acestora asupra mediului și sănătății publice.

**Emisia levigatului:** Levigatul este un lichid care se formează atunci când apa se infiltrază prin deșeurile dintr-o groapă de gunoi, adunând contaminanți și poluanți pe parcurs. Levigatul poate contamina apele subterane și de suprafață, ducând la degradarea mediului și riscuri pentru sănătatea publică. Sistemele de management al levigatului proiectate și întreținute corespunzător pot ajuta la reducerea impactului emisiilor de levigat asupra mediului și sănătății publice.

**Stabilitatea:** Stabilitatea unei halde deschise se referă la capacitatea sa de a rămâne solidă din punct de vedere structural și de a nu se prăbuși sau de a experimenta o decantare semnificativă. Stabilitatea este importantă, deoarece prăbușirile și decontarea pot duce la eroziunea solului, deteriorarea infrastructurii din apropiere și potențiale daune pentru lucrători și public. Măsurile de inginerie a gropii de gunoi proiectate și întreținute corespunzător pot ajuta la asigurarea stabilității gropii de gunoi și la reducerea acestor riscuri.

Motivația includerii acestor trei factori în instrument a fost faptul că, prin atenuarea acestor impacturi printr-o reabilitare adecvată, riscurile pentru mediu și sănătatea publică pot fi minimizate și pot fi promovate practicile durabile de gestionare a deșeurilor.

## Emisia gazelor de depozit

Biogazul este un gaz natural care este produs prin descompunerea materialelor organice de către microorganismele în condiții anaerobe. Depozitele de deșeuri sunt una dintre sursele majore de generare de biogaz, deoarece conțin cantități mari de deșeuri organice care se descompun în timp.

Procesul de generare a biogazului în depozitele de deșeuri începe cu depunerea deșeurilor organice în depozit. Pe măsură ce deșeurile se descompun, produc un amestec de gaze, inclusiv metan (CH<sub>4</sub>), dioxid de carbon (CO<sub>2</sub>) și alte urme de gaze. Acest amestec de gaze este cunoscut sub numele de gaz de depozitare (LFG).

Reabilitarea haldelor de deșeuri se referă la procesul de refacere a unui depozit vechi sau abandonat la o stare funcțională și sigură. În contextul utilizării gazelor de depozit, acest proces implică extracția și utilizarea gazelor de depozit (LFG) ca sursă de energie regenerabilă, abordând în același timp preocupările de mediu asociate depozitelor de deșeuri.

Reabilitarea unui depozit de deșeuri implică de obicei mai multe etape, inclusiv îndepărtarea oricăror deșeuri rămase, instalarea unui sistem de colectare a gazelor și punerea în aplicare a măsurilor de prevenire a contaminării ulterioare a mediului. Sistemul de colectare a gazelor este o componentă critică a utilizării gazelor de la depozitul de deșeuri, deoarece permite captarea și procesarea GHG, care poate fi apoi folosit pentru a genera energie electrică sau căldură.



2020-1-TR01-KA226-VET-098150

Gazul de depozit poate fi extras din groapa de gunoi folosind un sistem de conducte și pompe. Gazul extras poate fi apoi tratat și utilizat ca sursă de energie. Metanul este cea mai valoroasă componentă a LFG, deoarece poate fi folosit ca combustibil pentru generarea de energie electrică, încălzire sau combustibil pentru transport.

Odată ce gazul a fost extras, acesta poate fi procesat pentru a elimina impuritățile, cum ar fi umiditatea, hidrogenul sulfurat și alți contaminanți. Gazul purificat poate fi apoi folosit pentru a genera energie electrică sau ca combustibil pentru alte aplicații.

**Componenta majoră a gazului de depozit este CH<sub>4</sub> (metan) , un gaz cu efect de seră puternic.** CH<sub>4</sub> este mai eficient în captarea căldurii în atmosferă decât CO<sub>2</sub>, cu un potențial de încălzire globală care este estimat a fi de 28 de ori mai mare decât CO<sub>2</sub> pe un orizont de timp de 100 de ani.

**CO<sub>2</sub> (dioxidul de carbon) este o componentă a gazului de depozit (LFG)** care este produs ca urmare a descompunerii deșeurilor organice într-un depozit. În timp ce CO<sub>2</sub> este un gaz cu efect de seră care contribuie la schimbările climatice, CO<sub>2</sub> produs din descompunerea deșeurilor organice este considerat a fi „neutru din punct de vedere climatic” din mai multe motive.

În primul rând, carbonul conținut în deșeurile organice care se descompun în groapa de gunoi a provenit inițial din atmosferă prin procesul de fotosinteză. Ca atare, CO<sub>2</sub> produs în timpul descompunerii pur și simplu returnează carbonul care era deja prezent. Acest lucru este în contrast cu utilizarea combustibililor fosili, unde carbonul care a fost stocat în subteran de milioane de ani este eliberat în atmosferă, contribuind la o creștere netă a nivelurilor de CO<sub>2</sub> din atmosferă.

În al doilea rând, atunci când LFG este captat și utilizat ca sursă de energie, CO<sub>2</sub> produs în timpul arderii este compensat de reducerea emisiilor de CO<sub>2</sub> care ar fi rezultat din utilizarea combustibililor fosili. Cu alte cuvinte, emisiile de CO<sub>2</sub> provenite din utilizarea LFG sunt compensate de reducerea emisiilor din alte surse de energie.

În cele din urmă, atunci când LFG nu este captat și utilizat, metanul (CH<sub>4</sub>) conținut în gaz poate scăpa în atmosferă, unde este un gaz cu efect de seră mult mai puternic decât CO<sub>2</sub>. Prin captarea și utilizarea LFG emisiile de metan din gropile de gunoi pot fi reduce semnificativ, oferind un beneficiu net în ceea ce privește emisiile de gaze cu efect de seră.

În general, deși CO<sub>2</sub> produs din descompunerea deșeurilor organice în depozitele de gunoi contribuie la schimbările climatice, este considerat a fi „neutru din punct de vedere climatic” atunci când LFG este captat și utilizat ca sursă de energie regenerabilă. Acest lucru se datorează carbonului din deșeurile care face deja parte din ciclul carbonului, compensarea emisiilor de la combustibilii fosili și reducerea emisiilor de metan din depozitele de gunoi.

**În aplicație, toate emisiile de CO<sub>2</sub> - adică emisiile gratuite de gaze de la depozitul de gunoi, precum și emisiile de la stația de tratare a gazelor de la depozitul de deșeurii - sunt tratate ca neutre din punct de vedere climatic. Emisiile de CH<sub>4</sub> sunt tratate ca un fir al schimbărilor climatice. Din motive practice, CH<sub>4</sub> este recalculat la echivalent CO<sub>2</sub> pentru a facilita impactul real asupra mediului al diferitelor emisii.**

Generarea de biogaz în gropile de gunoi poate avea beneficii semnificative pentru mediu și economie. Prin extragerea și utilizarea LFG, depozitele de deșeurii își pot reduce emisiile de gaze cu efect de seră și pot contribui la producerea de energie regenerabilă. În plus, utilizarea biogazului ca sursă de combustibil poate reduce dependența de combustibilii fosili și poate oferi o sursă durabilă de energie.

2020-1-TR01-KA226-VET-098150

Figura 3 arată ilustrații ale emisiilor din depozitele de gunoi care sunt luate în considerare în aplicație.

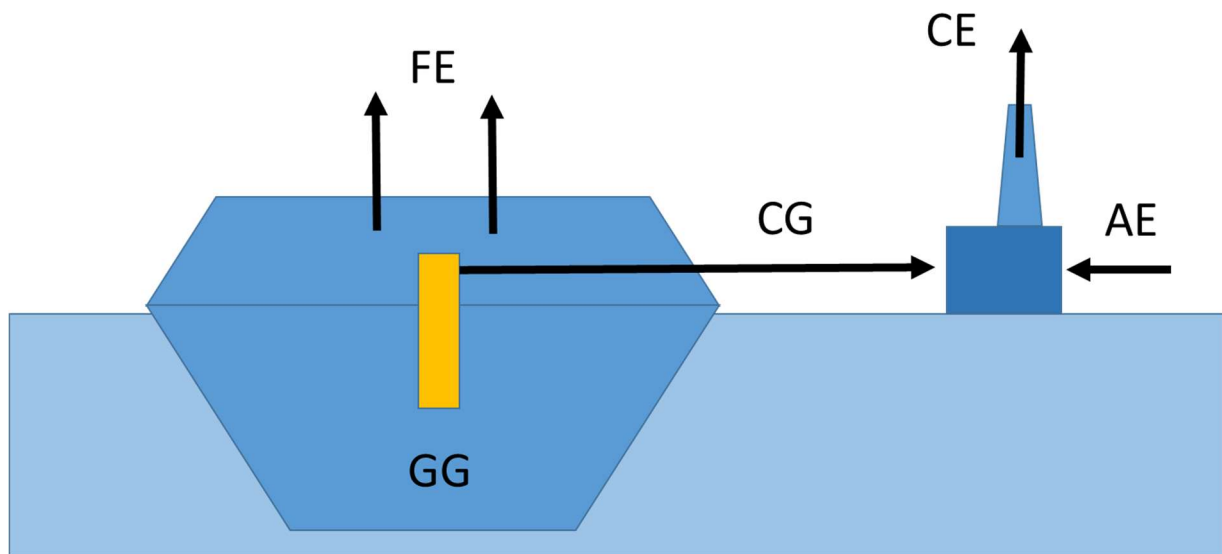


Fig. 3. Emisii evaluate în aplicație.

În aplicație sunt evaluați următorii parametri ai gazelor:

- **Generarea gazelor de depozit (GG)** – calcul efectuat pe baza masei, compoziției fracției și mediului (umed, uscat, mediu).
- **Emisii libere (FE)** – emisii de gaze de depozit care nu sunt colectate de sistemul de colectare a gazelor (eficiență mai mică de 100%).
- **Gaz de depozit colectat (CG)** – parte din gazul de depozitare generat care este colectat de sistemul de colectare a gazelor de depozit și direcționat către instalația de utilizare.
- **Emisii evitate (AE)** – emisie care nu va avea loc datorită înlocuirii surselor de energie (acest parametru este afectat de locația instalației și de parametrii rețelei energetice locale);
- **Emisii de combustie (CE)** – emisia instalației de utilizare a gazelor de depozitare (ardere sau recuperare de energie). În instalație are loc procesul de ardere și CH<sub>4</sub> este transformat în CO<sub>2</sub>. Acest CO<sub>2</sub> este neutru din punct de vedere climatic, ceea ce înseamnă că CE este întotdeauna 0.
- **Emisii eficiente (EE)** – emisia finală a tuturor gazelor cu efect de seră produse în echivalent CO<sub>2</sub>, inclusiv FE, CE, AE și eficiența colectării gazelor și a generării de energie. **Aceasta poate fi tratată ca o măsură a impactului real asupra mediului al depozitului de deșuri în categoria impactului schimbărilor climatice.**

Dacă 1 kWh de energie din rețea, care emite X kg CO<sub>2</sub>, este înlocuit cu energie dintr-o altă sursă, care emite Y kg CO<sub>2</sub>, atunci putem spune că această acțiune a determinat o modificare a impactului asupra mediului. Prin înlocuirea unei surse de energie cu alta, am evitat o parte din emisii. Aceste emisii evitate reprezintă diferența dintre emisiile de CO<sub>2</sub> asociate cu utilizarea ambelor surse de energie:  $AE=X-Y$ .

**Emisiile evitate** se referă la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră care ar fi avut loc dacă nu ar fi fost întreprinsă o anumită activitate. În cazul utilizării gazelor de depozitare (LFG) pentru generarea de energie, există mai multe moduri prin care se pot evita emisiile.



2020-1-TR01-KA226-VET-098150

Luând în considerare emisiile evitate, **emisiile efective de gaze cu efect de seră (EE)** pot fi, prin urmare, negative și pot provoca ameliorarea mediului conform ecuației:

$$EE=FE+CE-AE$$

Utilizarea LFG poate fi tratată ca o sursă de energie regenerabilă, poate înlocui utilizarea combustibililor fosili precum cărbunile, petrolul și gazele naturale, care emit cantități mari de CO<sub>2</sub> și alte gaze cu efect de seră atunci când sunt arse. Prin utilizarea LFG în locul combustibililor fosili, emisiile de CO<sub>2</sub> și alte gaze cu efect de seră sunt evitate, ceea ce duce la o reducere a amprentei de carbon totală a generării de energie.

Predicția și evaluarea emisiilor de gaze la depozitul de deșeuri se realizează pe baza modelului LandGEM al Agenției pentru Protecția Mediului din Statele Unite.

## Emisia levigatului

Levigatul de la depozitul de deșeuri este definit ca o apă uzată cu rezistență ridicată, care are un conținut ridicat de poluanți și toxice. Levigatul este extrem de nociv pentru mediu. Unul dintre cele mai importante efecte ale levigatului de la depozitul de deșeuri este că se amestecă cu ecosistemele acvatice precum lacurile și pâraiele, determinând o creștere a algelor și a planctonului. Cantitatea de oxigen din corpul de apă scade și viața ecosistemului acvatic este pusă în pericol în timp. Datorită toxicității sale ridicate, levigatul de gunoi reprezintă o amenințare majoră pentru apele subterane și de suprafață. Conținutul de levigat de la depozitul de deșeuri depinde de compoziția deșeurilor, de condițiile climatice și de vârsta și rata de degradare a deșeurilor solide.

Caracteristicile calitative și cantitative ale levigatului depozitului depind de factori multipli, dintre care unii sunt greu de controlat, cum ar fi condițiile meteorologice, caracteristicile hidrologice, compoziția și vârsta deșeurilor, etc. Toate aceste elemente implică probleme critice de management care au condus la abordări sistemice diferite, atât la nivel european, cât și național.

Din punct de vedere cantitativ, producția de levigat este atribuită în mare măsură intrărilor externe (infiltrarea apei pluviale, atât superficiale, cât și subterane) și intrărilor interne precum nivelul de umiditate al deșeurilor și bilanțele de apă legate de reacțiile biochimice ale eliminării deșeurilor.

În special, intrările externe se referă la:

- Caracteristicile meteorologice și hidrogeologice ale amplasamentului, în special legate de precipitații, temperaturi, expunerea solară sau vântului, infiltrarea corpurilor de apă, atât superficiale, cât și subterane.
- Modelul de management al depozitului de deșeuri: prezența canalizării, sistem de căptușeală primară sau secundară, extinderea zilnică și acoperirea rezervorului de deșeuri, posibilă recirculare a levigatului.
- Caracteristicile deșeurilor: compoziția deșeurilor, nivelul de umiditate, posibile pretratări, dimensiunea, gradul de compactitate.

Compoziția și rezistența levigatului variază foarte mult de la depozit la depozit, chiar și într-un anumit perimetru al aceluiași depozit. Trebuie remarcat faptul că, chiar și în absența intrărilor externe (de



2020-1-TR01-KA226-VET-098150

exemplu, un sistem de acoperire a depozitului de deșeuri), descompunerea anaerobă a deșeurilor și producerea de levigat a acestora continuă chiar și după încheierea ciclului de viață al depozitului de deșeuri. Aceasta înseamnă că administratorii depozitelor de deșeuri trebuie să mențină în funcțiune stațiile de drenaj și epurare, asigurându-se în același timp că mediul înconjurător este protejat de contaminare, în conformitate cu legile naționale.

Din punct de vedere calitativ, este imposibil de descris o compoziție tipică a levigatului de depozit, fiind influențată de diferiți factori care afectează în mod specific procesul de biodegradare a deșeurilor, contribuind astfel la infiltrarea diferiților poluanți.

Principalii factori care afectează progresul biodegradării sunt:

- Nivelul de umiditate al deșeurilor eliminate
- Cantitatea și natura componentelor organice (mai ales dacă nămol de epurare, compost nespecificat)
- Nivelurile de metale și/sau substanțe toxice din baterii, medicamente, solvenți etc.
- Nivelurile de colectare separată a deșeurilor din jurul depozitului de deșeuri, care pot varia tipul de eliminare a deșeurilor.

Pre-tratarea deșeurilor și amplasarea în groapa de gunoi sunt alți doi factori importanți care afectează capacitatea de absorbție a apei a masei de deșeuri conducând la migrarea poluanților în levigat.

Studiile consolidate arată că în primul an de funcționare al depozitului concentrația de poluant în interiorul levigatului este mai mare, scăzând progresiv de-a lungul anilor. Această tendință afectează parametrii organici, cererea chimică de oxigen (COD), cererea biochimică de oxigen (BOD) și principalele săruri anorganice (metale grele, sulfați etc.)

Îndepărtarea materialului organic pe bază de COD, BOD și amoniu din levigat este o condiție prealabilă obișnuită înainte de evacuarea levigatului în apele naturale.

Din punct de vedere microbiologic, proliferarea ciupercilor și bacteriilor este inhibată de condițiile comune de mediu (temperaturi și pH ridicate) în timpul procesului de biodegradare.

În aplicație sunt evaluați următorii parametri pentru levigat:

- **Generarea de levigat** reprezintă cantitatea totală a apei uzate provenite din precipitații și conținutul de apă al deșeurilor solide.
- **Cantitatea de levigat** după compactarea apei uzate în cazul utilizării compactorului în zona de depozitare deschisă.
- **Conținutul de apă uzată solidă** este dat de umiditatea deșeurilor solide în funcție de compoziție.
- **Cantitatea de levigat** provenită din precipitații provine de la ploi și ninsori pe suprafață.
- **Ron (Total)** arată infiltrarea precipitațiilor pe suprafață.
- **Roff (Total)** arată fluxul de precipitații pe suprafață.



2020-1-TR01-KA226-VET-098150

- **Cererea chimică de oxigen (COD)** este calculată în funcție de compoziția deșeurilor.
- **Sarcina COD** este calculată în funcție de concentrația de COD și volumul de levigat.

## Amenințări legate de stabilitate

Instabilitatea de pe panta unui depozit de deșeuri poate duce la rănirea oamenilor, contaminarea mediului înconjurător și deteriorarea proprietății. În plus, atunci când are loc o defecțiune a pantei într-un depozit, gazul din deșeuri (dacă există) poate fi eliberat în mediu, ceea ce afectează negativ mediul. Ca urmare, menținerea funcționării în siguranță a depozitelor de deșeuri și a stabilității depozitelor de deșeuri este o datorie esențială pentru guverne și profesioniștii în mediu (Toprak et al., 2021). De asemenea, este important pentru persoanele care locuiesc la o distanță scurtă de gropile de gunoi.

Stabilitatea unei pante este adesea măsurată în termeni de factori de siguranță (FS). Factorul de siguranță al unei pante este raportul dintre rezistența la forfecare a solului și efortul de forfecare a unei suprafețe potențiale de alunecare a pantei. De obicei, definiția factorului de siguranță este

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau_d}$$

În această ecuație,  $\tau_f$  este rezistența medie la forfecare a solului și  $\tau_d$  este tensiunea medie la forfecare pe o suprafață potențială de alunecare.

Atunci când depozitele de gunoi sunt construite în zone predispuse la cutremur, este necesar să se acorde atenție efectului de cutremur în timpul proiectării și gestionării depozitului. Pentru starea de cutremur, metoda pseudostatică este una dintre cele mai utilizate metode. Această metodă este, de asemenea, una dintre cele mai simple modalități de a idealiza panta supusă cutremurului. Deși forța unui cutremur este dinamică, principala cauză a instabilității poate fi considerată a fi forța de inerție. Accelerația cauzată de tremurarea unui cutremur este văzută ca producând forțe inerțiale în abordarea pseudostatică. Forțele de cutremur operează atât în direcția orizontală, cât și în direcția verticală. Definiția forțelor este

$$f_h = \frac{a_h W}{g} = k_h W$$

$$f_v = \frac{a_v W}{g} = k_v W$$

unde  $k_v$  și  $k_h$  sunt coeficienți pseudostatici adimensionali verticali și orizontale și  $W$  este greutatea masei de defecțiune. Forțele care acționează pe o pantă pentru suprafața de rupere circulară și suprafața de rupere liniară pot fi văzute în Figura 4 și Figura 5.

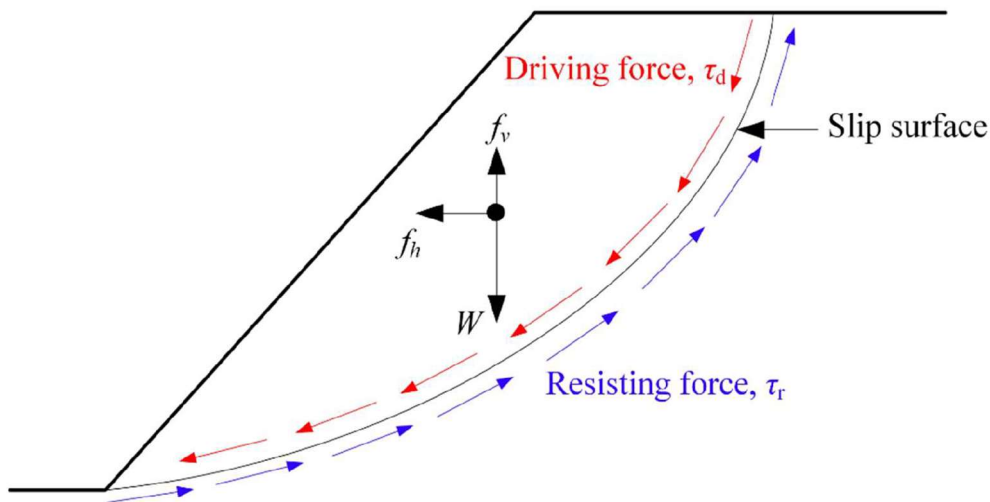


Fig. 4. Forțe care acționează pe o pantă în analiza stabilității pantei pseudostatice pentru suprafața circulară de rupere.

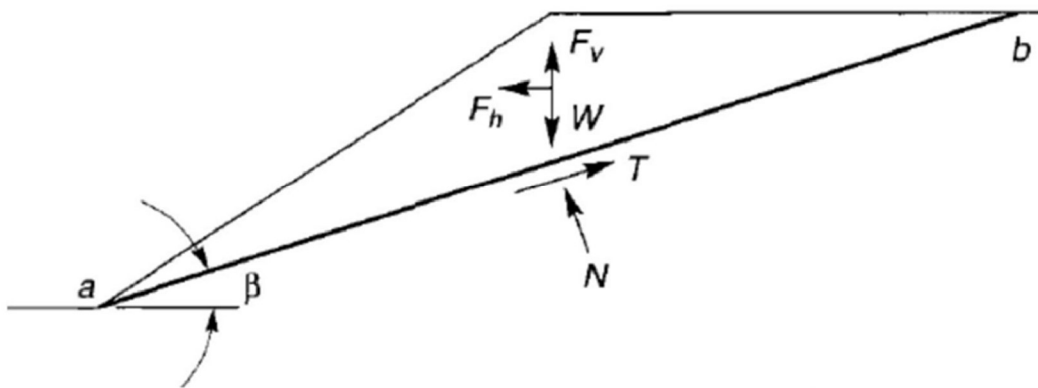


Fig. 5. Forțe care acționează pe o pantă în analiza stabilității pantei pseudostatice pentru suprafața de rupere liniară.

FS din Fig. 5 poate fi calculată cu următoarea ecuație:

$$FS = \frac{\text{forța de rezistență}}{\text{forța de mișcare}} = \frac{c l_{ab} + [(W - F_v) \cos \beta - F_h \sin \beta] \tan \phi}{(W - F_v) \sin \beta + F_h \cos \beta}$$

După cum se arată în ecuație, coeziunea ( $c$ ), unghiul de frecare intern( $\phi$ ), greutatea unitară a deșeurilor care afectează greutatea de alunecare, coeficienții seismici  $k_h$  și  $k_v$ , pot afecta rezultatele formulei în calculul FS al pantei. Nivelul levigatului afectează greutatea unitară a deșeurilor și presiunea apei în depozitul de gunoi, deci este, de asemenea, un parametru important.

## Descrierea datelor de intrare și de ieșire

Pentru a utiliza instrumentul, utilizatorul trebuie să furnizeze datele necesare.



## Descrierea depozitului de deșuri

În această secțiune, utilizatorul trebuie să definească depozitul de deșuri furnizând următoarele informații:

- **Anul începerii funcționării (DS)** – anul când primele deșuri au fost depozitate la groapă.
- **Anul încheierii funcționării (DE)** – aceasta va defini timpul de la momentul inițial al funcționării depozitului până la momentul în care depozitul nu a mai primit deșuri.
- **Deșuri depozitate** – masa totală a deșeurilor depozitate (tone) la momentul închiderii acestuia (DE).
- **Mediu** – descriere simplificată a mediului în care se află depozitul. Utilizatorul poate alege umed, uscat sau mediu. Acest lucru ar afecta volumul și compoziția gazului de deposit.
- **Țara** – locația depozitului care este necesară pentru a calcula economiile potențiale ale emisiilor de GES datorită înlocuirii energiei electrice din rețea cu una generată din gaze de depozit (dacă reabilitarea include aceasta). În partea dreaptă este afișat factorul de emisie de CO<sub>2</sub> raportat la MWh de electricitate din rețea în locația specificată. Se calculează automat.
- **Precipitații (mm/an)** – Precipitațiile se referă la orice formă de apă care cade din atmosferă și ajunge la suprafața Pământului. Acestea pot include ploaie, zăpadă, lapoviță, grindină și alte forme de precipitații. Precipitațiile apar atunci când picăturile de apă sau cristalele de gheață din nori devin suficient de mari pentru a cădea la pământ sub influența gravitației. Precipitațiile vor afecta generarea de levigat.
- **Suprafața totală de depozitare (m<sup>2</sup>)** – Suprafața totală de depozitare are un impact semnificativ asupra generării de levigat. Levigatul este lichidul care rezultă din percolarea apei prin materialele reziduale, de obicei într-o groapă de gunoi sau alt loc de eliminare a deșeurilor. Cantitatea de levigat generată poate depinde de mai mulți factori, inclusiv cantitatea de deșuri prezentă, tipul deșeurii, conținutul de umiditate și zona de depozitare. O zonă de depozitare mai mare poate duce la depozitarea unor cantități mai mari de deșuri, ceea ce poate duce la niveluri mai mari de generare a levigatului. În plus, o zonă de depozitare mai mare poate permite acumularea mai multă umiditate în deșuri, ceea ce duce la creșterea producției de levigat.
- **Compactare în zonă** – utilizatorul poate alege DA dacă se utilizează compactarea și Nu dacă nu se utilizează. Compactarea depozitului de deșuri este un aspect important al proiectării și exploatării depozitului de deșuri.
- **Rata de compactare (%)**. Compactarea se referă la procesul de comprimare a deșeurilor într-un depozit pentru a le reduce volumul și a crea mai mult spațiu pentru deșuri suplimentare. Compactarea eficientă poate ajuta, de asemenea, la minimizarea producției de levigat prin reducerea cantității de aer și apă care pot pătrunde în deșuri. Acest lucru poate ajuta la prevenirea contaminării apelor subterane și la reducerea riscului de deteriorare a mediului.



2020-1-TR01-KA226-VET-098150

- **Există o zonă închisă în depozit** – Loturile de gunoi pot consta din mai multe părți (lot). Zona plină cu gunoi este închisă și acoperită cu pământ. Deversarea gunoiului continuă în alte secțiuni de la depozitul deschis.
- **Procent de suprafață închisă (%)** – procentul de suprafață (lot) în care depozitul de gunoi este finalizat și acoperit cu pământ la halul deschis.
- **Compoziția fracției deșeurilor** – utilizatorul trebuie să furnizeze date despre ponderea hârtiei, textilelor, alimentelor, deșeurilor de grădină, nămolului de canalizare, scutecelor de unică folosință, lemnului și paielor în masa totală a deșeurilor depozitate. Datele de intrare ar trebui să fie produse în %. Frația de inertă este calculată automat. Totalul tuturor fracțiilor ar trebui să fie de 100%. Dacă valoarea fracției inerte este mai mică decât 0 înseamnă că datele introduse nu au fost corecte și trebuie verificate. Compoziția fracțiunii deșeurilor se referă la diferitele tipuri și cantități de deșeuri. Compoziția deșeurilor poate influența caracteristicile levigatului, inclusiv pH-ul, compoziția chimică și potențialul de a provoca daune mediului. Deșeurile organice, de exemplu, pot produce niveluri ridicate de levigat datorită conținutului ridicat de umiditate și biodegradabilității. În mod similar, gazul de depozit este produs ca produs secundar al descompunerii materialelor reziduale într-un depozit. Compoziția deșeurilor poate influența tipurile și cantitățile de gaze care sunt produse. De exemplu, deșeurile organice pot produce cantități semnificative de gaz metan, care este un gaz cu efect de seră puternic care contribuie la schimbările climatice.
- **Înălțimea depozitului de deșeuri** – aceasta reprezintă înălțimea actuală a gropii de gunoi/depozit deschis de la nivelul solului. Utilizatorul poate selecta o valoare întreagă între 10 m și 60 m (Fig. 6).
- **Unghiul pantei** – acesta este unghiul pantei gropii de gunoi/depozitului deschis. Pot fi alese 1V/1H (1 vertical: 3 orizontal, 18,43°), 1V/2H (1 vertical: 2 orizontale, 26,57°) și 1V/3H (1 vertical: 1 orizontal, 45°) (Fig. 6).

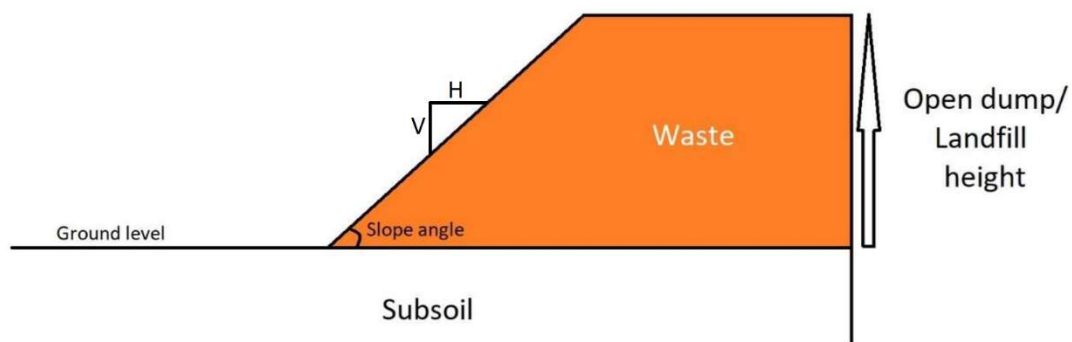


Fig. 6. Înălțimea depozitului de deșeuri și unghiul pantei

- **(Nivelul apei (levigatului) deasupra solului/înălțimea depozitului de deșeuri** – aceasta cuantifică raportul dintre înălțimea levigatului și înălțimea haldei deschise/depozitului. Opțiunile sunt 0 (fără nivel de levigat în deșeuri), 0,25 și 0,75 (Fig. 7).

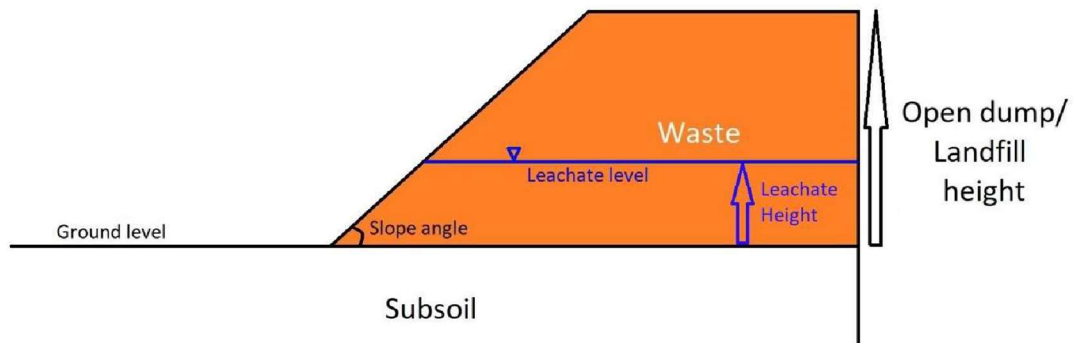


Fig. 7. Nivelul levigatului și înălțimea levigatului

- **Greutatea unitară a deșeurilor ( $\gamma$ )** – aceasta cuantifică greutatea pe unitate de volum a deșeurilor. Utilizatorul poate selecta o valoare întreagă între 6 și 14 kN/m<sup>3</sup>.
- **Coeziunea deșeurilor ( $c$ ) (0 - 80 kPa)** – aceasta reprezintă tendința particulelor de deșeurii de a se lipi între ele. Este unul dintre parametrii rezistenței la forfecare. Rezistența la forfecare este definită ca efortul de forfecare maxim pe care deșeurile o pot suporta fără a suferi defecțiuni. Utilizatorul poate introduce o valoare întreagă între 0 și 80 kPa.
- **Unghiul de frecare intern al deșeurilor ( $\phi$ ) (0-50 grade)** – este un alt parametru de rezistență la forfecare. Utilizatorul poate introduce o valoare întreagă între 0° și 50°.
- $k_h$  (coeficient pseudostatic orizontal) și  $k_v$  (coeficient pseudostatic vertical) – sunt utilizate pentru a calcula forțele orizontale și verticale cauzate de un potențial cutremur. Sunt adimensionale. Opțiunile sunt 0 – 0, 0,05 – 0, 0,05 –  $k_h/2$ , 0,05 –  $k_h$ , 0,1 – 0, 0,1 –  $k_h/2$ , 0,1 –  $k_h$ , 0,2 – 0, 0,2 –  $k_h/2$ , 0,2 –  $k_h$ , 0,3 – 0, 0,3 –  $k_h/2$ , 0,3 –  $k_h$ , 0,4 – 0, 0,4 –  $k_h/2$ , 0,4 –  $k_h$ . Teoretic, valorile coeficienților seismici ar trebui să se bazeze pe un indicator al mărimii forței de inerție pe care forțele dinamice ale unui cutremur o provoacă în pantă. Deoarece pantele solului nu sunt rigide și accelerația de vârf a unui cutremur durează doar o perioadă scurtă de timp, valorile accelerației utilizate în practică sunt de obicei mult mai mici decât accelerațiile de vârf estimate. Alegerea coeficienților utilizați în studiul stabilității pantei se bazează în general pe codul de proiectare utilizat în țară. Depinde de siguranță de locația gropii de gunoi/depozit în raport cu harta seismică. Unele sugestii generalizate sunt, de asemenea, disponibile în literatură, cum ar fi Marcuson și Franklin (1983), Hynes-Griffin și Franklin (1984) și Melo și Sharma (2004).

## Descrierea procedurii de reabilitare

În această secțiune utilizatorul poate descrie ce măsuri vor fi luate în procesul de reabilitare. Următoarele informații ar trebui să fie susținute:

- **Anul reabilitării haldelor (DR)** – anul în care se face reabilitarea.
- **Utilizarea gazelor** – utilizatorul trebuie să definească ce tip de gaz de depozit va fi implementat. Pot fi selectate Recuperarea energiei sau Arderea gazelor. Gazul de depozit, care este un produs secundar al descompunerii materialelor reziduale într-un depozit, poate fi



utilizat ca sursă de energie regenerabilă. Gazul de la depozitul de deșeuri conține de obicei niveluri ridicate de metan, care poate fi captat și utilizat pentru a genera energie electrică, încălzirea clădirilor sau vehicule cu combustibil. Există mai multe beneficii în utilizarea gazelor de depozit ca sursă de energie. În primul rând, poate ajuta la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră prin captarea metanului care altfel ar fi eliberat în atmosferă. Metanul este un gaz cu efect de seră puternic, care este estimat a fi de peste 20 de ori mai eficient la captarea căldurii decât dioxidul de carbon, ceea ce face ca captarea și utilizarea acestuia să fie o modalitate eficientă de atenuare a schimbărilor climatice. În al doilea rând, utilizarea gazelor din depozitul de deșeuri poate oferi o sursă de energie regenerabilă care poate ajuta la reducerea dependenței de combustibilii fosili. Acest lucru poate contribui la securitatea energetică și poate contribui la promovarea unui sistem energetic mai durabil.

- **Eficiența colectării gazelor (%)** – utilizatorul poate defini rația de gaz de depozit care va fi colectată. 100% înseamnă că toate gazele de la depozitul de deșeuri vor fi colectate și utilizate. Gazul de la depozitul de deșeuri poate fi colectat printr-o varietate de metode, inclusiv puțuri, conducte de colectare etc. Din păcate, niciun sistem de colectare a gazelor nu este 100% eficient. Eficiența colectării gazelor a variat între 13 și 86%, cu o medie de 50%. aceste valori variază de la o țară la alta (de exemplu în Suedia -58%, Marea Britanie -64% și SUA -63%) și depind de o serie de factori, cum ar fi conductele de colectare a gazelor de mică adâncime, scurgerile din instalații (de exemplu, puțuri de levigat, motoare cu gaz). ), recuperare scăzută a gazelor din cauza producției minime de gaz sau a lipsei colectării gazelor în celulele de deșeuri active. Utilizatorul ar trebui să determine eficiența medie pe baza analizei tehnice a soluției propuse (Duan Z. et al. 2022)
- **Eficiența generării de energie (%)** – utilizatorul poate defini ce cotă din potențialul energetic al gazelor va fi utilizată. Cu alte cuvinte, este o măsură a eficienței generării de energie din gazul de depozit. Această rație va afecta rezultatul în cazul în care este selectată recuperarea energiei. Odată colectat, gazul poate fi curățat și procesat pentru a îndepărta impuritățile înainte de a fi folosit ca sursă de energie. Proiectele de utilizare a gazelor din depozitul de deșeuri pot varia de la proiecte mici la fața locului până la operațiuni comerciale la scară largă. Eficiența generării de energie este diferită pentru diferite opțiuni. De exemplu, turbinele cu gaz au randamente nete în jur de 30-40%, motoarele pe gaz prezintă valori de până la 46%. Prin aplicarea soluțiilor de reciclare a căldurii, eficiența netă a turbinelor cu gaz crește până la aproape 60%, iar pentru motoare în jur de 50%. Utilizatorul ar trebui să determine eficiența medie pe baza analizei tehnice a soluției propuse.
- **Material de acoperire** – utilizatorul poate defini stratul de acoperire al haldei de gunoi instalate în timpul procesului de reabilitare. Sol nisipos – Pantă 0-7%, Sol nisipos – Pantă >7%, Argilos – Pantă 0-7%, Argilos – Pantă >7%. Coeficientul de curgere la suprafață este afișat după selectarea materialului de acoperire. Se calculează automat. Materialul de acoperire utilizat într-o groapă de gunoi joacă un rol important în controlul generării și migrării levigatului. Impiedicând intrarea apei în depozit, materialul de acoperire poate afecta și calitatea levigatului care este generat. Dacă materialul de acoperire nu este eficient în prevenirea infiltrării apei, levigatul rezultat se poate contamina cu poluanți din materialele reziduale.
- **Nou unghi de panta** – unghiul de panta poate fi micșorat. Opțiunile sunt 1V/1H (1 verticală: 3 orizontale, 18,43°), 1V/2H (1 verticală: 2 orizontale, 26,57°) și 1V/3H (1 verticală: 1 orizontală, 45°).
- **Înălțimea nouă a depozitului de deșeuri**– înălțimea depozitului de deșeuri poate fi redusă. Utilizatorul poate introduce o valoare întreagă între 10 m și 60 m.



2020-1-TR01-KA226-VET-098150

- **Nivel nou de apă (levigate) deasupra solului/înălțimea depozitului de deșuri** – utilizatorul poate scădea raportul dintre nivelul apei (leșiatului) deasupra solului și înălțimea depozitului de deșuri. Opțiunile sunt 0 (fără nivel de levigat în deșuri), 0,25 și 0,75.
- **Înălțimea viitoare a depozitului de deșuri fără reabilitare** – aceasta reprezintă înălțimea viitoare a gropii de gunoi/depozit deschis de la nivelul solului fără reabilitare. Utilizatorul poate selecta o valoare întreagă între 10 m și 60 m.
- **Nivelul viitor al apei (levigate) deasupra solului/înălțimea depozitului de deșuri fără reabilitare** – aceasta cuantifică raportul dintre înălțimea viitoare a levigatului și înălțimea depozitului deschis/depozitului fără reabilitare. Opțiunile sunt 0 (fără nivel de levigat în deșuri), 0,25 și 0,75.

## Rezultate – Rezumat

În această secțiune generală, sunt prezentate cele mai importante rezultate ale calculelor. În tabelul gol, utilizatorul poate compara valorile pentru toate cele 3 scenarii.

Rezultatele pentru Scenariul 1 oferă o imagine de ansamblu asupra impactului depozitului de deșuri asupra mediului de la începutul existenței sale până la data deciziei de reabilitare. Acestea sunt rezultate referitoare la perioada trecută. Compararea scenariilor 2 și 3 oferă o idee despre posibilul impact asupra mediului în viitor - adică de la momentul deciziei de reabilitare până la sfârșitul perioadei de activitate a depozitului de deșuri. Diferența dintre rezultatele pentru ambele scenarii poate fi considerată valoarea deciziei în sine și ar trebui să fie o motivație pentru a întreprinde reabilitare.

În această secțiune, aplicația afișează următoarele rezultate ale calculului:

- **Emisia efectivă (emisia totală de gaze cu efect de seră dată în Mg de CO<sub>2</sub>eq)** – include emisiile proprii de la haldă, instalația de utilizare a biogazului și emisiile evitate datorită energiei generate din biogaz;
- **Generarea de energie verde prin utilizarea biogazului** – energie generată în instalația de utilizare a biogazului;
- **Emisia de levigat (emisia totală din halda de deșuri)** - Totalul apelor uzate provenite din precipitații și conținutul de apă al deșeurilor solide;
- **Necesarul chimic de oxigen** - Necesarul chimic de oxigen al levigatului în funcție de compoziția deșeurilor;
- **Factorul de siguranță pentru stabilitatea pantei** - raportul dintre rezistența la forfecare a deșeurilor și efortul de forfecare a unei suprafețe potențiale de alunecare a pantei.
- **Condiție de siguranță** - în conformitate cu ieșirea „Factor de siguranță”, arată siguranța depozitului de deșuri împotriva cedării pantei și modul în care managerii/angajații depozitului ar trebui să reacționeze la problemă, dacă este necesar.

## Rezultate – Depozitul de gaz

Rezultatele sunt grupate în secțiuni legate de scenarii. În fiecare scenariu se calculează următoarele rezultate:

### Scenariul 1



2020-1-TR01-KA226-VET-098150

- **Generarea gazelor de depozit (GG)** – acesta este gazul total de depozit care a fost generat chiar de la începutul construcției haldei de deșeuri (DS) până la momentul în care urmează să fie luată decizia de reabilitare (DR). Majoritatea covârșitoare a acestui gaz a fost emisă în atmosferă. Ar fi putut fi folosit pentru generarea de energie verde curată – dar acest lucru nu a fost posibil din cauza unor decizii întârziate de reabilitare sau de construire a unei gropi de gunoi utile. Cu alte cuvinte, este măsura șanselor pierdute și irosite.
- **Gaz de depozit colectat (CG)** – reprezintă cantitatea de gaz de depozit colectat în halda de gunoi. Deoarece scenariul 1 se referă la halda deschisă înainte de reabilitare, se presupune că sistemul de colectare a gazelor nu este instalat. În acest scenariu CG este întotdeauna 0.
- **Emisii libere (FE)** – În scenariul 1, aceasta reprezintă totalul gazelor de depozitare emise de la începutul exploatării haldei de deșeuri (DS) până la data reabilitării (DR). Aceasta este o emisie care a avut deja loc. Gazul emis de depozitul de deșeuri este format din mai multe gaze. Majoritatea sunt CH<sub>4</sub> și CO<sub>2</sub>. Emisia este calculată și exprimată în echivalent CO<sub>2</sub> care reprezintă impactul total pe care gazul emis îl are asupra schimbărilor climatice. Se presupune că fluxul de deșeuri direcționat către depozitul de gunoi este constant pe toată perioada de funcționare. Aceasta înseamnă că aceeași cantitate de deșeuri a fost depozitată acolo în fiecare an. Această ipoteză afectează estimarea emisiilor de biogaz și levigat.
- **Emisii evitate (AE)** – ca în scenariul 1 dispozitivele de utilizare a gazelor de depozitare nu sunt instalate, nu există nicio șansă de a genera energie care ar putea înlocui o parte de energie din rețea. În acest scenariu, AE este întotdeauna 0.
- **Emisia efectivă (EE)** – în scenariul 1 EE este la fel cu FE datorită faptului că nu a fost instalat niciun sistem de colectare a gazelor.
- **Generarea de energie verde** – reprezintă cantitatea de energie care va fi generată într-o perioadă de timp de la DR la DE. Deoarece în acest scenariu nu sunt instalate dispozitive de utilizare a gazului, cantitatea de energie este întotdeauna 0.

### Scenariul 2

- **Generarea gazelor de depozit (GG)** – acesta este totalul gazelor de depozit care au fost generate în depozit în perioada de timp de la decizia de reabilitare (DR) până la încheierea activității sale (DE). Ca și în scenariul 1, datorită faptului că sistemul de colectare a gazelor nu este instalat, gazul de depozit este emis în atmosferă în mod liber. Ar putea fi tratată ca o măsură a potențialei surse de energie verde dacă s-ar lua decizia de reabilitare. Cu alte cuvinte, este măsura beneficiilor potențial pierdute în viitor.
- **Gaz de depozit colectat (CG)** – reprezintă cantitatea de gaz de depozit colectată în haldă de gunoi în timp din DR la DE. Deoarece scenariul 2 se referă la situația în care reabilitarea nu este implementată, se presupune că sistemul de colectare a gazelor nu este instalat. În acest scenariu CG este întotdeauna 0.
- **Emisia liberă (FE)** – reprezintă emisia care va avea loc dacă nu se ia decizia de reabilitare. Emisia se calculează pentru timpul de la decizia de reabilitare (DR) până la sfârșitul duratei de viață a haldăi (DE), momentul în care halda nu va mai produce gaze de depozit. Emisia este calculată și exprimată în echivalent CO<sub>2</sub>. Similar scenariului 1, toate gazele din depozitul de



2020-1-TR01-KA226-VET-098150

deșeuri sunt emise liber în atmosferă. Aceasta este măsura totalului de gaze cu efect de seră care va apărea în viitor.

- **Emisii evitate (AE)** – ca în scenariul 2 nu sunt instalate dispozitive de utilizare a gazelor, nu se poate aștepta o emisie evitată, iar AE este întotdeauna 0.
- **Emisia efectivă (EE)** – în scenariul 2 EE este la fel cu FE datorită faptului că nu a fost instalat niciun sistem de colectare a gazelor.

### Scenariul 3

- **Generarea gazelor de depozit (GG)** – acesta este totalul gazelor de depozit care au fost generate în depozit în perioada de timp de la decizia de reabilitare (DR) până la încheierea activității sale (DE). Volumul de gaz generat în scenariul 3 este același ca și în scenariul 2. Cu toate acestea, datorită instalării sistemului de colectare a gazelor, acesta poate fi utilizat în instalații de ardere sau de recuperare a energiei.
- **Gaz de depozit colectat (CG)** – reprezintă cantitatea de gaz de depozit colectată în halda de gunoi în timp din DR la DE. În scenariul 3 este instalat sistemul de colectare a gazelor. Cu toate acestea, nu este 100% eficient. Ca urmare, doar o parte din gazul generat în depozitul de gunoi este colectat și transportat la instalația de utilizare a gazelor.
- **Emisii libere (FE)** – Deoarece sistemul de colectare a gazelor nu este 100% eficient, o parte din gaz este emisă liber în atmosferă fără utilizare. FE reprezintă această parte a gazului de depozit. FE reprezintă emisia care va avea loc dacă nu se ia decizia de reabilitare. Emisia este calculată pentru timpul pentru perioada de la decizia până la sfârșitul duratei de viață a haldăi (momentul în care halda nu va mai produce gaze de depozit). Emisia este calculată și exprimată în echivalent CO<sub>2</sub>. În mod similar, în scenariul 1, toate gazele din depozitul de deșeuri sunt emise liber în atmosferă. Aceasta este măsura totalului de gaze cu efect de seră care va apărea în viitor.
- **Emisii evitate (AE)** – în scenariul 3 sunt instalate dispozitivele de utilizare a gazelor. Dacă acesta este un sistem de recuperare a energiei, forma de energie ar putea înlocui o parte de energie din rețea. Ca urmare, vor apărea anumite emisii evitate. Cu cât eficiența sistemului de colectare a gazelor este mai mare și cu cât eficiența sistemului de generare a energiei este mai mare, cu atât există o cantitate mai mare de emisii evitate.
- **Emisia efectivă (EE)** - aceasta reprezintă emisia care va avea loc dacă se ia decizia de reabilitare. Emisia este calculată pentru perioada de timp de la decizie până la sfârșitul duratei de viață a haldăi (momentul în care halda nu va mai produce gaze de depozit). Dacă emisia este mai mică decât emisia indicată în cazul în care nu se face reabilitarea, acest lucru se datorează unei mai bune gestionări și utilizări a gazelor de depozit. Emisia ar putea fi chiar negativă (indicată ca vale între paranteze – de exemplu (100) Mg CO<sub>2</sub>eq înseamnă minus 100 MgCO<sub>2</sub>eq). Emisia negativă ar putea apărea din cauza înlocuirii energiei electrice din rețea într-un loc definit cu energia electrică generată din gazele colectate de la depozitul de deșeuri. Dacă impactul asupra mediului de la acesta din urmă este mai mic (în raport cu unitatea de energie) că impactul de la rețea electrică ar putea apărea emisia negativă. În această situație putem vorbi despre ameliorarea mediului.



2020-1-TR01-KA226-VET-098150

- **Generarea de energie verde** – aceasta reprezintă energia totală care va fi generată ca urmare a reabilitării și implementării recuperării energiei din gazele colectate din depozitul de deșeuri.
- **Grafic - Proiecția emisiilor (cu și fără reabilitare)** – acest grafic compară impactul asupra mediului legat de schimbările climatice în cazul în care decizia de reabilitare este luată sau nu. Cu alte cuvinte, este vizualizarea valorii deciziei de a face reabilitarea haldelor deschise de deșeuri.

## Rezultate – Levigat

- **Generarea levigatului** - reprezintă totalul apelor uzate provenite din precipitații și conținutul de apă al deșeurilor solide. Apa generată în timpul digestiei anaerobe a deșeurilor este neglijată.
- **Cantitatea de levigat după compactare** - reprezintă cantitatea de apă uzată în cazul utilizării compactorului în zona de depozitare deschisă.
- **Conținutul de apă uzată solidă** - reprezintă umiditatea deșeurilor solide în funcție de compoziție.
- **Cantitatea de levigat provenita din precipitații** - reprezintă ploii și ninsoii pe suprafața.
- **Ron (Total)** - reprezintă infiltrarea precipitațiilor pe suprafață.
- **Roff (Total)** - reprezintă fluxul de precipitații pe suprafață.
- **Cererea chimică de oxigen (COD)** - reprezintă cererea chimică de oxigen a levigatului. Această valoare este calculată în funcție de compoziția deșeurilor.
- **Încărcare COD** - acest termen este calculat în funcție de concentrația de COD și volumul de levigat.
- **Cantitatea de levigat până la momentul reabilitării** - reprezintă evaluarea timpului de la început până la momentul deciziei privind reabilitarea.
- **Încărcarea COD până la momentul reabilitării** - reprezintă evaluarea timpului de la început până la momentul deciziei privind reabilitarea.
- **Cantitatea viitoare de levigat fără reabilitare** - reprezintă evaluarea timpului de la momentul deciziei privind reabilitarea până la sfârșitul vieții active a haldei fără reabilitare.
- **Încărcare viitoare COD fără reabilitare** - reprezintă evaluarea timpului de la momentul deciziei privind reabilitarea până la sfârșitul vieții active a haldei fără reabilitare.
- **Cantitatea viitoare de levigat cu reabilitare** - reprezintă evaluarea timpului de la momentul deciziei privind reabilitarea până la sfârșitul vieții active a haldei cu reabilitare. Această valoare va fi „0”. După reabilitare, generarea de levigat nu crește din cauza acoperirii suprafeței superioare.
- **Încărcare viitoare COD cu reabilitare** - reprezintă evaluarea timpului de la momentul deciziei privind reabilitarea până la sfârșitul vieții active a haldei cu reabilitare. Această valoare va fi „0”. După reabilitare, încărcarea COD nu crește din cauza acoperirii suprafeței superioare.

## Rezultate – Stabilitate

Rezultatele sunt determinate conform FS. Se calculează următoarele rezultate:



2020-1-TR01-KA226-VET-098150

- **Factor de siguranță pentru stabilitatea pantei** – raportul dintre rezistența la forfecare a deșeurilor și efortul de forfecare a unei suprafețe potențiale de alunecare a pantei. Rezultatele posibile pentru „Factor de siguranță împotriva stabilității” pot fi văzute în Tabelul 1.
- **Condiție de siguranță** – În conformitate cu ieșirea „Factor de siguranță”, acesta arată siguranța depozitului de deșeuri împotriva eșecului pantei și modul în care managerii/angajații depozitului ar trebui să reacționeze la problemă, dacă este necesar. Ieșirile posibile pentru „Condiția de siguranță” pot fi văzute în Tabelul 1.

Aceste rezultate sunt, de asemenea, calculate pentru fiecare proces de reabilitare și pentru toate procesele de reabilitare împreună pentru a vedea fiecare efect de reabilitare asupra stabilității gropii de gunoi. Prin urmare, ca evaluare preliminară, persoana autorizată pentru o haldă/depozit deschis poate vedea cu ușurință impactul acestor opțiuni de reabilitare asupra depozitului de deșeuri. FS împotriva stabilității determină condiții statice și dinamice, iar rezultatele posibile pentru rezultate pot fi văzute în tabelul 1.

Tabelul 1: Ieșiri posibile în secțiunea Rezultate calcul.

Condiție	FS împotriva stabilității	Condiție de siguranță
Static ( $kh=0, kv=0$ )	>1.5	SIGUR
	1.1-1.5	NESIGUR - Este necesară o reevaluare detaliată
	<1.1	NESIGUR - Este necesară o acțiune imediată
Dinamic ( $kh \neq 0$ )	>1.2	SIGUR
	<1.2	NESIGUR

## Referințe

1. Agdag, O.N., Yilmaz Cincin, R.G., Toprak, S., Kaplan, Y., Degirmenci, R., Agdag, F., Gebes, S., Cetin, B., De Angelis, E., Pikon, K., Kujumdzieva, A., Petrova, V., Panaitescu, C., Frulla, D., Dal, O., Balcik, C., De Angelis, K., Dinu, F., Nedeva, T., Bogacka, M. (2022). Rehabilitation Methods for Open Dumps and its Global Applications: SMARTEnvi Eu Project. 6th EurAsia Waste Management Symposium, 24-26 October 2022, İstanbul, Türkiye.
2. Dal O., (2023), “Static and Dynamic Slope Stability Of MSW Landfills”, MSc. Thesis, Gebze Technical University, Kocaeli, Türkiye.
3. Duan Z. et al. Efficiency of gas collection systems at Danish landfills and implications for regulations, Waste Management, Volume 139, 2022, Pages 269-278, ISSN 0956-053X, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.023>.
4. Hynes-Griffin ME, Franklin AG. “Rationalizing the seismic coefficient method.” U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi, 1984, Miscellaneous Paper GL-84-13, 21 pp.
5. Marcuson WF, Franklin AG. “Seismic Design, Analysis, and Remedial Measures to Improve the Stability of Existing Earth Dams - Corps of Engineers Approach”, in Seismic Design of Embankments and Caverns, T.R. Howard, Ed., New York, ASCE, 1983.
6. Melo, C., & Sharma, S. (2004, August). Seismic coefficients for pseudostatic slope analysis. In 13th World conference on earthquake engineering (Vol. 369, p. 15).



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



2020-1-TR01-KA226-VET-098150

7. Toprak S., Agdag O.N., Cetin B., De Angelis E., Pikon K., Kujumdzieva A., Petrova V., Panaitescu C., Degirmenci R., Frulla D., Dal O., Balcik C., Yilmaz Cincin R.G., De Angelis K., Dinu F., Nedeva T., Kaplan Y., Agdag F., Bogacka M., (2021a), “A Project on Reducing Risks Associated with MSW Open Dumps”, 6th International Conference on Earthquake Engineering and Seismology, 1316-1325, Kocaeli, Türkiye.
8. Toprak, S., Cetin, B., Agdag, O.N., De Angelis, E., Górski, M., Kujumdzieva, A., Petrova, V., Panaitescu, C., Degirmenci, R., Frulla, D., Yilmaz Cincin, R.G., Balcik, C., Pikon, K., Dinu, F., Nedeva, T., Kaplan, Y., Dal, O., De Angelis, K., Agdag, F. (2021b). A Joint Effort to Reduce Hazards to the Environment and Water Resources by Rehabilitating Open Dumps. 14th International Congress on Advances in Civil Engineering, 6-8 September 2021, Istanbul, Türkiye.
9. Toprak S., Dal O., (2022), “Factors Affecting Slope Stability In Landfills”, 18th National Soil Mechanics and Geotechnical Engineering Conference, Kayseri, Türkiye (in Turkish).