

Закриване и рекултивация на общинско депо за неопасни отпадъци

СТАТИЧЕСКИ И СТАБИЛИТЕТНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ ЗА УСТОЙЧИВОСТ НА ОТКОСИТЕ НА ОТПАДЪЧНОТО ТЯЛО

Част V

ФАЗА: РП

**Обект: “Общинско депо за неопасни отпадъци”, гр.
Тервел**

Варна, 2019 г.

1. Общи положения

Съгласно нормативните изисквания и в частност *Наредба № 8 от 24 август 2004 г. (ДВ, бр. 83/2004 г.)*, проектното решение за оформяне на отпадъчното тяло се проверява за обща устойчивост с оглед осигуряване стабилност на тялото през различните етапи от експлоатацията и след закриване на депото - изграждане до височина 1/3, 2/3 и цялата максимална височина на запълване на депото, включително и при изпълнен горен изолиращ екран.

Цялостната конструкция се изчислява на обща устойчивост за осигуряване на външна стабилност на откосите срещу хлъзгане и свличане и на дълбоко кръгово-цилиндрично хлъзгане, при изпълнен рекултивиращ пласт. Изчислителните проверки се извършват за основно и за особено съчетание на натоварванията с включване на сеизмичните инерционни сили.

Проверката на свличане или плъзгане на откосите се извършва по различни методи, като най-общо те са базирани на основната формула на Кулон за вътрешно равновесие и са функция на обемното тегло (собствено и/или допълнителни товари), ъгъла на вътрешно триене и кохезията. Един от често използваните и широко прилагани методи е изчислението на устойчивостта по условна кръгово-цилиндрична повърхнина.

2. Устойчивост на геоложката основа

За геоложката основа трябва да бъде изпълнено условието за носимоспособност и устойчивост, предотвратяващо образуването на слягания, водещи до нарушаване на основата и устойчивостта на отпадъчното тяло и на депото като цяло.

Основата на депото се намира в устойчиво състояние, когато във всяка нейна точка активните тангенциални напрежения са по-малки от якостта на срязване на почвата в същата точка.

При наличните теренни условия се осигурява състояние на земната основа от т.нар. фаза I:

- устойчивостта на основата е осигурена; реализира се слягане на основата за сметка на консолидация на отпадъците, при приблизителна пропорционалност между напрежения и деформации.

Приема се в случая, че тялото на депото е разположено върху недеформируема основа, каквато е установена на територията на обекта.

2.1. Инженерногеоложка характеристика на строителните видове почви

В района на площадката се поделят следните инженерногеоложки разновидности:

Глини, червенокафяви, с дребни чакъли - Qdl (пласт 1)

Глините изграждат горната част на естествената кватернерна покривка (изветрителна зона на залягащите в дълбочина основни неогенски седименти).

Проследяват се на дълбочина 2.50 – 4.50 – 5.50 м. и са с мощност 2.10 – 3.80 – 5.0м.

Пластът се характеризира със следните физикомеханични показатели:

- специфична плътност $\rho_s = 2,66 \text{ т/м}^3$

• обемна плътност	$\rho_n = 1,81 \text{ т/м}^3$
• обемна плътност на скелета	$\rho_d = 1,52 \text{ т/м}^3$
• обем на порите	$n = 42.9 \%$
• коефициент на порите	$e = 0.75$
• показател на пластичност	$I_p = 27.8 \%$
• показател на консистенция	$I_C = 0,86$
• коефициент на филтрация	$K_f = 3.31E-9 \text{ м/сек}$

якост на срязване

• ъгъл на вътрешно триене (нормативен)	$\varphi_n = 22.9^\circ$
• кохезия (нормативна)	$C_n = 0.028 \text{ МПа}$
• ъгъл на вътрешно триене (изчислителен)	$\varphi_{изч.} = 19.08^\circ$
• кохезия (изчислителна)	$C_{изч.} = 0.018 \text{ МПа}$

Съгласно НППФ 2-03-01 за пласта се определя:

• изчислителна стойност на натоварването	$R_o = 0.25 \text{ МПа}$
• модул на обща деформация	$E_o = 6.38 \text{ МПа}$
• категория на изкоп:	земна

Съгласно чл. 13 от НППФ (2-03-01) почвата се класифицира като “Група Б”.

Алтернация от варовити глини, с прослойки варовици – N₁ (пласт 2)

За подложка на кватернерния комплекс – Qdl, служат основните неогенски седименти, представени от сарматския си етаж. Представяват варовици, здрави, силно изветрели, напукани до варовити чакъли с глинест запълнител в алтернация с варовити глини.

Усреднените стойности на физикомеханичните показатели са следните:

• специфична плътност	$\rho_s = 2,66 \text{ т/м}^3$
• обемна плътност	$\rho_n = 1,98 \text{ т/м}^3$
• обемна плътност на скелета	$\rho_d = 1,74 \text{ т/м}^3$
• обем на порите	$n = 34.7 \%$
• коефициент на порите	$e = 0.538$
• показател на пластичност	$I_p = 23.8 \%$
• показател на консистенция	$I_C = 0,975$
• коефициент на филтрация	$K_f = 2.42E-9 \text{ м/сек}$

Съгласно НППФ 2-03-01 за пласта се определя:

- изчислителна стойност на натоварването $R_0 = 0.30 \text{ MPa}$
- модул на обща деформация $E_0 = 10.48 \text{ MPa}$
- категория на изкоп: земна

Съгласно чл. 13 от НППФ (2-03-01) почвата се класифицира като “Група А”.

3. Стабилитетен анализ

При правилно подбраната в геометрично, геоложко, инженерногеоложко и хидрогеоложко отношение земна основа, най-важният елемент от пространственото решение на формата на депото се явяват неговите откоси. Те винаги остават уязвима част от цялостната конструкция на депото и тяхното правилно проектиране е важен елемент от него.

В този случай, проблемът със стабилитета на отпадъчното тяло се свежда най-вече до стабилността на неговите открити откоси.

Проектните наклони на билото и на откосите на депото се определят с оглед очакваните слягания и недопускане на заблатявания, ерозионни или свлачищни процеси.

Приетият основен норматив за работа е *Наредба № 8 от 24 август 2004 г. (ДВ, бр. 83/2004 г.)*, според който наклонът на откосите се проектира въз основа на стабилитетни изчисления за обща устойчивост и свличане (хлъзгане), като наклонът не може да бъде по-стръмен от 1:2,5.

Общата устойчивост на депото в близост до откосите е изследвана за дълбоко хлъзгане и свличане съгласно действащите нормативни изисквания за две съчетания на натоварванията:

- основно съчетание;
- особено съчетание с отчитане на сеизмични сили.

Стабилитетните изчисления за обща устойчивост са извършени за последния етап от експлоатацията на депото, т.е. окончателно завършено депониране до проектната височина ($H_{\max}$) с положен изолационен екран.

Геотехническите характеристики на пластовете (основните изчислителни земно-механични параметри: γ , ϕ^0 , C) са получени на базата на подробен анализ на резултати от реални геотехнически обекти (депа).

Окончателно приетите земно-механични характеристики, използвани в изчисленията са представени в следващата таблица:

Табл. 3-1.

Пластове	Обемно тегло γ (kN/m^3)	Ъгъл на вътрешно триене ϕ^0	Кохезия C (kPa)
Горен изолационен екран	16.6	25.8	11.5
Смесени битови и строителни отпадъци	18.5	22.0	15.0
Геоложка (земна) основа	18.1	22.9	28.9

Стойностите на γ , φ^0 и C за земната основа са базирани на реалните инженерно-геоложки условия, а за горния изолиращ екран – въз основа на усредняване на съответните почвени параметри на отделните пластове в конструкцията на горния изолиращ кран. Ъглите на вътрешно триене φ^0 и кохезията C са изчислителни стойности, получени от нормативните, разделени със съответните коефициенти на сигурност, съгласно НППФ – 96г.

Дебелината на горния изолационен екран е 1.47 м. Откосите са със зададени проектни наклони 1:2.5.

3.1. Стабилитетни изчисления при основно съчетание на натоварванията

Изчисленията за обща устойчивост са изпълнени по метода на Fellenius – Terzaghi (нормативен за България) и по метода на Bishop, който е международно приет и се дава за сравнение. Също така е извършена проверка по Morgenstern – Price, съгласно DIN 4084:2009 – 01.

Нормативните коефициенти на устойчивост $Fs^{доп}$ се определят съгласно *Норми за проектиране на насипни язовирни стени*. За съоръжение I клас, нормативните коефициенти са както следва:

- За основно съчетание на натоварванията $Fs^{доп} = 1.25$
- За особено съчетание на натоварванията $Fs^{доп} = 1.10$

Международно приетите максимално допустими стойности на коефициента на сигурност при изчислителни анализи по метода на Bishop са:

- За основно съчетание на натоварванията $Fs^{доп} > 1.50$
- За особено съчетание на натоварванията $Fs^{доп} > 1.05$

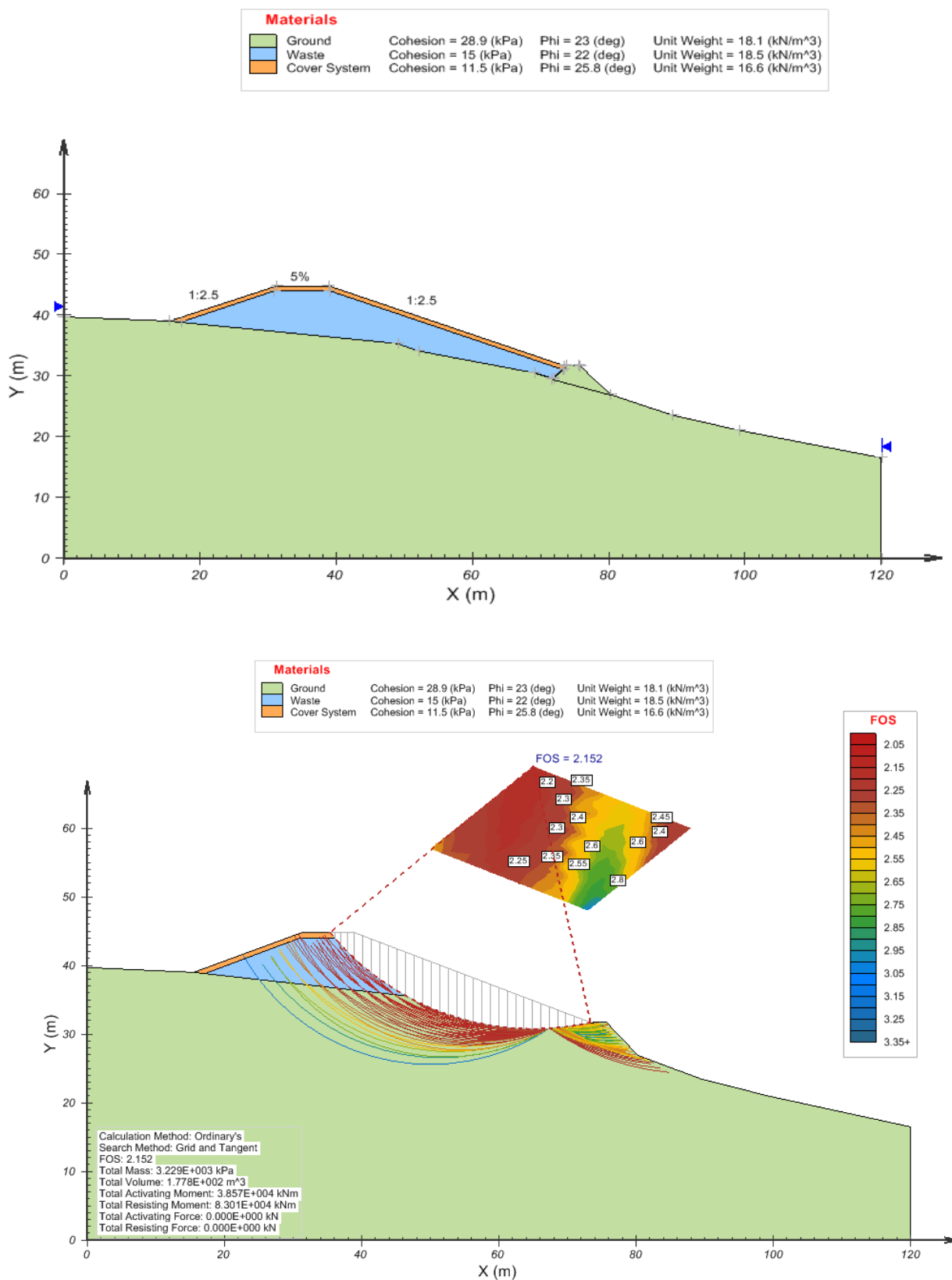
За извършване на стабилитетните проверки е избран изчислителен профил III, отчитащ най-неблагоприятните условия на отпадъчното тяло, в които височината на насипа и дължината на откоса са най-големи. Изчислителният профил е ориентиран по направление североизток-югозапад и съответства на представения в техническите чертежи.

3.1.1. Крайни резултати и анализ на крайните резултати

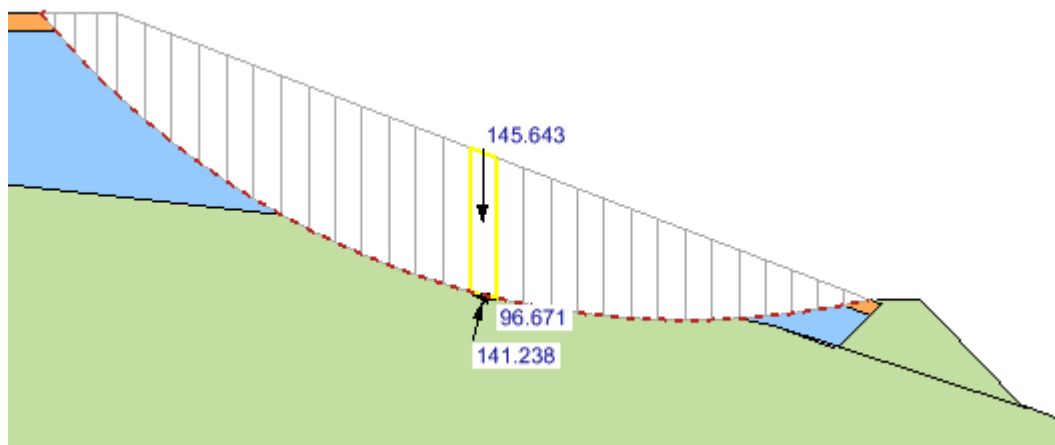
В следващата таблица са посочени крайните минимални коефициенти на устойчивост на откосите получени при изчисленията, а подробните изследвания са представени в графичните приложения по-долу.

Проверката за устойчивост на откосите е извършена по метода на кръгово-цилиндричните повърхнини, с прилагане на софтуерния продукт SVSlope 2009.

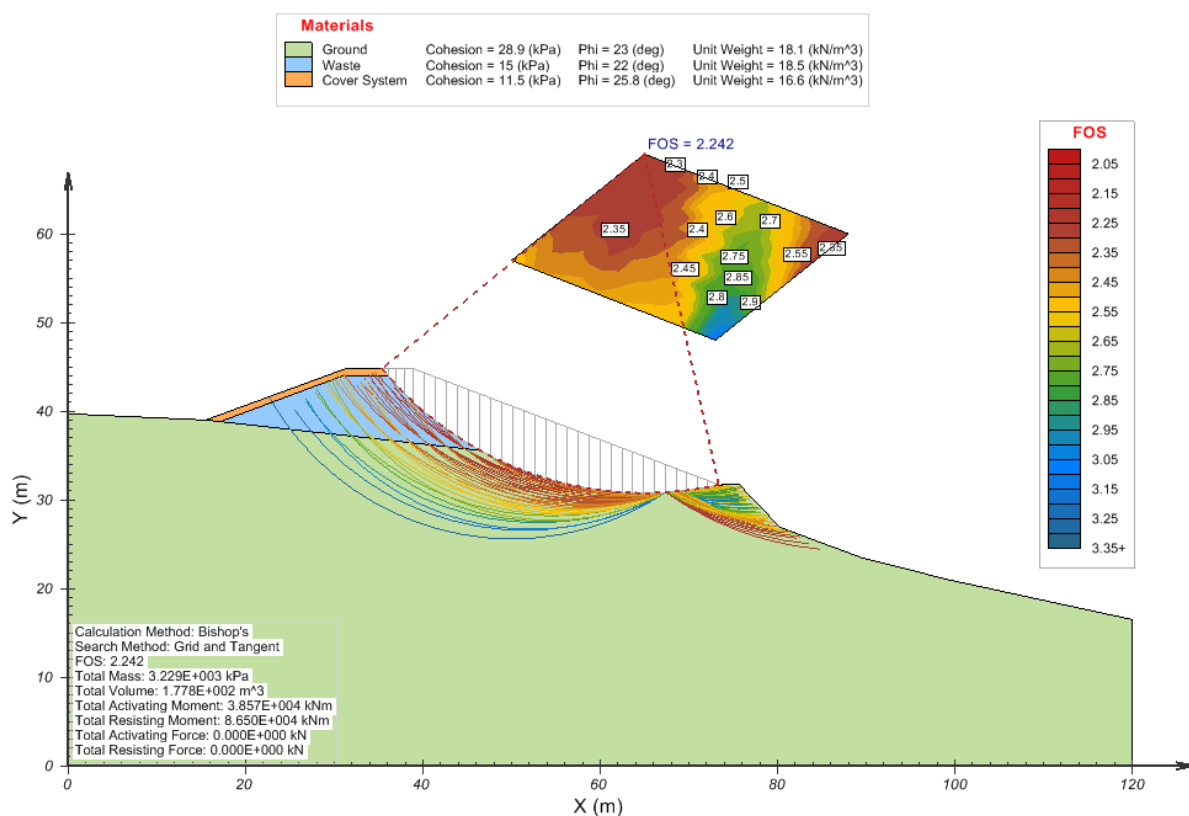
Изчислителен профил № III



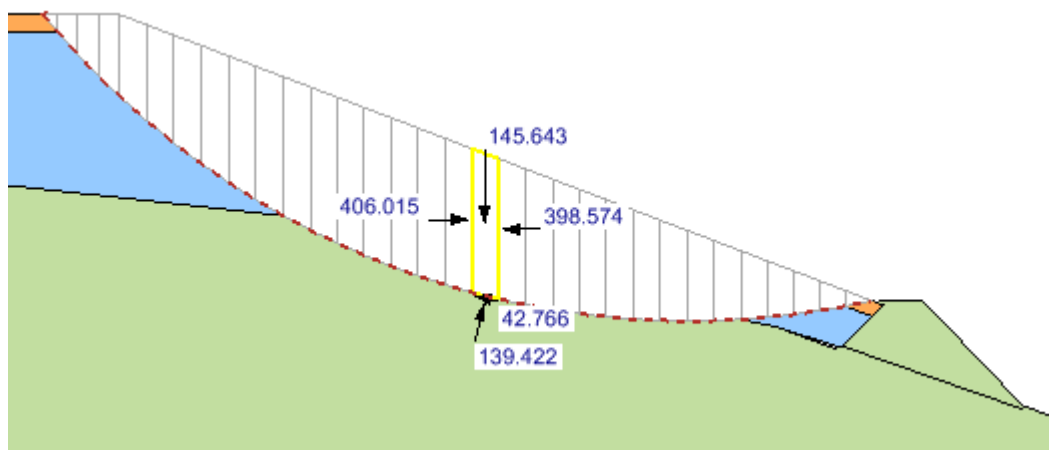
Фиг. 1. Минимален коефициент на сигурност при основно съчетание по метода на Fellenius–Terzaghi (Ordinary)



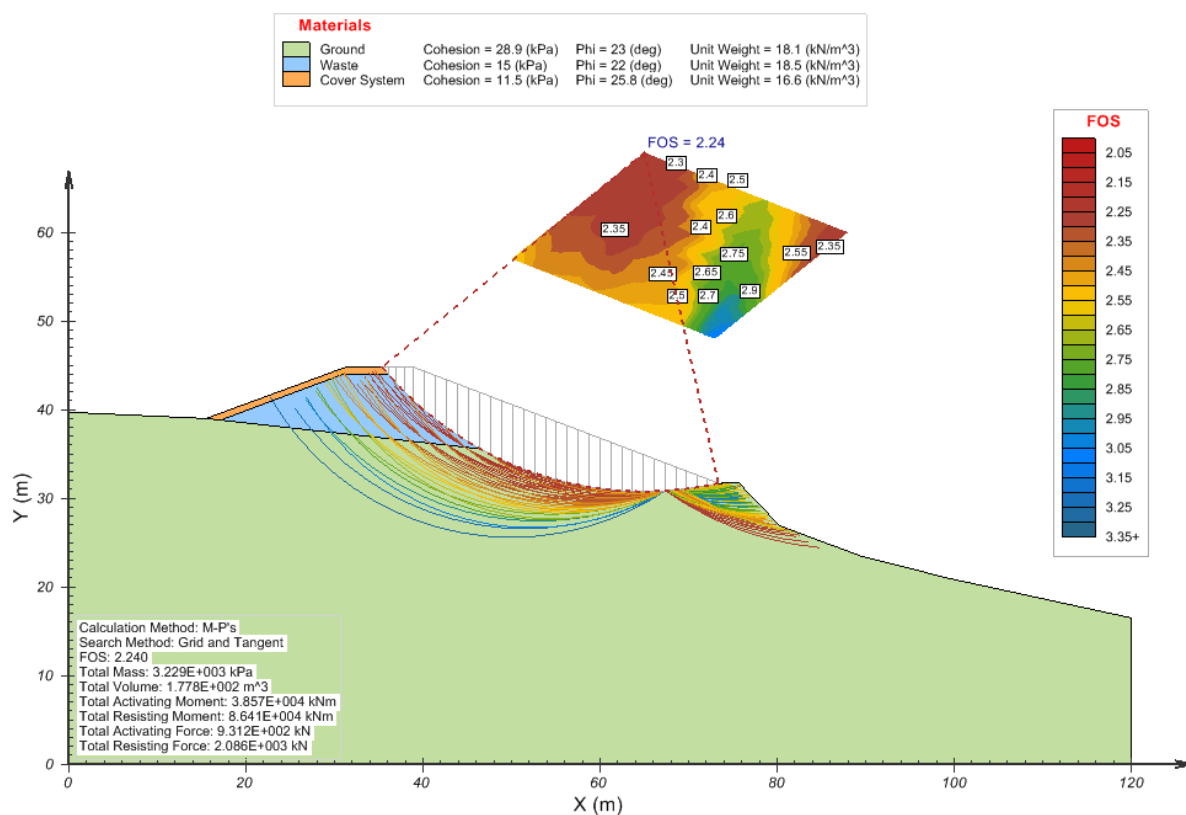
Фиг. 1.1. Диаграми на свободното тяло за силата на срязване при минимална хлъзгателна повърхнина



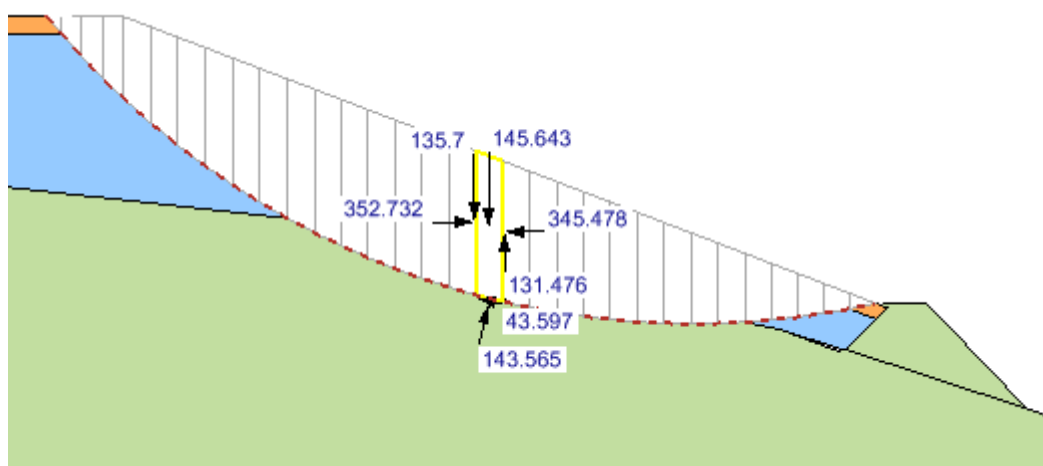
Фиг. 2. Минимален коефициент на сигурност при основно съчетание по метода на Bishop



Фиг. 2.1. Диаграми на свободното тяло за силата на срязване при минимална хлъзгателна повърхнина



Фиг. 3. Минимален коефициент на сигурност при основно съчетание по метода на Morgenstern–Price.



Фиг. 3.1. Диаграми на свободното тяло за силата на срязване при минимална хлъзгателна повърхнина

Изчислителен случай: Окончателно завършено депониране до проектната височина (H_{max}) с положен изолационен екран

Табл. 3-2.

Изчислителен профил	Основно съчетание на натоварванията		
	Fellenius–Terzaghi	Bishop	Morgenstern–Price
Профил III мин. откос 1:2.5	2.152	2.242	2.240

За най-опасната крива е изчислен $Fs^{уст} = 2.152 > Fs^{доп} = 1.25$. Следователно условието е изпълнено с достатъчен запас.

Заклучение

Отпадъчното тяло има гарантирана стабилност при приетите проектни откоси от 1:2.5, през постоперативния период на депо.

Сумарно е гарантирана цялата изолационна система срещу хлъзгане и обрушаване.

3.2. Изчисление на стабилитета на отпадъчното тяло и откосите при сеизмичност

Съгласно нормативните изисквания, устойчивостта на насипа (отпадъчното тяло) и откосите се изчислява срещу земетръс IX степен (максималната степен за България) с коефициент на сеизмичност K_s и 0,27.

Проучваната площ е разположена в район с максимален интензитет на сеизмичните процеси от VII степен по МШК, съгласно действащите у нас норми за антисеизмично строителство НПСЗР – 87, с коефициент на сеизмичност K_s и 0,10.

При проектиране на откосите на отпадъчното тяло в съответствие с Нормите за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони, отпечатани в “Нормативна база на проектирането и строителството” - специализирано издание на КТСУ и БАН, 1987 г., сеизмичните сили се отчитат чрез предвиждане на наклон на откосите на насипа 1:($v + 0,25$).

За гарантиране на сигурността на тялото на насипа и откосите срещу посочената по – горе степен на максимална сеизмичност, наклоните на откосите се намаляват с 0,25 или те се предвиждат по полегати.

3.2.1. Крайни резултати и анализ на крайните резултати

За проверка на предвидения с проектното решение наклон на откосите (1:2.5) и в частност съответствието му с изискванията срещу земетръс е използван “Табличния метод”, посочен в нормативната база за третиране проблемите на насипните тела.

Изчисленията се извършват по основната формула:

$$\acute{\alpha}^o = \acute{\alpha}_1^o / F_s^{\text{доп}}$$

където:

$\acute{\alpha}^o$ – ъгъл на откоса;

$\acute{\alpha}_1^o$ – ъгъл на откоса, отчетен по таблицата за съответната височина на насипа;

$F_s^{\text{доп}}$ – коефициент на сигурност за особено съчетание на натоварванията.

За височина на отпадъчното тяло $H = 7.3$ м. с помощта на формулата и с участието на ъгъла на вътрешно триене, отчитаме от таблиците наклон на откоса 38.09° (1:1.3) - Fellenius–Terzaghi и 39.9° (1:1.2) – Bishop.

Полученият наклон на откоса се преизчислява с отчитане на сеизмичните сили чрез коефициента $K = 0.25$, като крайният минимален наклон на откоса, който трябва да бъде постигнат е 1:1.5 (Fellenius–Terzaghi) и 1:1.4 (Bishop).

Табл. 3-3.

Изчислителен профил	Особено съчетание на натоварванията		
	Проектен наклон (възприет)	Fellenius–Terzaghi (изчислен)	Bishop (изчислен)
Профил III	1:2.5	1:1.5	1:1.4

Заклучение

От направените изчисления по табличния метод се вижда, че при възприет наклон 1:2.5 условието за сеизмичност е изпълнено т.е съществува допълнителна сигурност за сеизмичност с по-голям от 0,25 допълнителен наклон на откоса.

4. Общ извод

Стабилитетният анализ за най–неблагоприятния профил на депото показва, че при наклон на откосите 1:2.5 (21.5°) общата устойчивост на отпадъчното тяло е гарантирана при всички етапи на експлоатация и след закриване на депото за основно и особено съчетание на натоварванията (VII степен на земетръс).