

ТЕХНИЧЕСКА РЕКУЛТИВАЦИЯ КОНСТРУИРАНЕ НА ГОРЕН ИЗОЛАЦИОНЕН ЕКРАН

Част III

ФАЗА: РП

**Обект: „Закриване и рекултивация на общинско депо
за неопасни отпадъци”, гр. Тервел**

СЪДЪРЖАНИЕ

I. Общи положения	3
II. Физикогеографска, Геоложка и Хидрогеоложка характеристика на района.....	4
2.1. Геоморфоложка характеристика.....	4
2.2. Климатична характеристика.....	4
2.3. Геоложка характеристика.....	6
2.4. Тектонска и сеизмологична характеристика.....	8
2.5. Хидрогеоложки условия.....	8
III. Техническа рекултивация	9
3.1. Нормативни изисквания за проектиране на горен изолационен екран..	9
3.2. Конструирание на горен изолационен екран.....	11
3.2.1. Преглед на вариантите за повърхностна изолация на депа.....	11
3.2.2. Избор на оптимална система за повърхностна изолация.....	14
3.2.2.1. Концепция на модела.....	15
3.2.2.2. Композиране на математически модел.....	17
3.2.2.3. Икономическа ефективност.....	25
3.2.2.4. Техничко-икономическа ефективност.....	27
3.2.2.5. Окончателен избор на система за повърхностно запечатване.....	28
IV. Оценка на ефективността на горния изолационен екран срещу водна и ветрова ерозия.....	29
4.1. Оценка на модела за водна ерозия.....	29
4.2. Оценка на модела за ветрова ерозия.....	30
4.3. Оценка на общата ерозираност на рекултивационния почвен пласт.....	31
V. Концепция на техническото решение.....	32
VI. Оценка на ефективността на проектното решение.....	35
VII. План за контрол, мониторинг и следексплоатационни грижи.....	40
7.1. План за мониторинг и контрол.....	40
7.2. Следексплоатационни грижи.....	42
VIII. Контрол при изпълнение на проекта.....	42
8.1. Атмосферен въздух.....	42
8.2. Почви и геоложка среда.....	43
8.3. Вредни физични фактори.....	43
8.4. Отпадъци.....	43
IX. Оценка за съответствие на материалите.....	43
X. Техническа безопасност и хигиена на труда.....	46

I. Общи положения

Настоящият план за закриване и рекултивация на “Общинско депо за неопасни отпадъци”, гр. Тервел е разработен и проектиран на основание чл. 43 от *Наредба № 8 от 24 август 2004 г. за условията и изискванията за изграждане и експлоатация на депа и други съоръжения и инсталации за оползотворяване и обезвреждане на отпадъци* (ДВ, бр. 83/2004 г.) и в съответствие с изискванията на *Наредба № 26 за рекултивация на нарушени терени, подобряване на слабопродуктивни земи, отнемане и оползотворяване на хумусния пласт* (ДВ, бр. 30/2002 г.) и *Наредба № 4 за обхвата и съдържанието на инвестиционните проекти* (ДВ, бр. 51/2001 г.).

Закриването и рекултивацията на нарушени терени вкл. депа, обхваща комплекс от инженерни, мелиоративни, селскостопански, горскостопански и други дейности, изпълнението на които води до възстановяване на нарушените терени и до подобряване на ландшафта.

При закриването и рекултивацията на депа за отпадъци следва да се предприемат следните действия:

а) Изготвяне и реализация на план за закриване, съобразен с изискванията на *Наредба № 6 за условията и изискванията за изграждане и експлоатация на депа и други съоръжения и инсталации за оползотворяване и обезвреждане на отпадъци* и *Наредба № 26 за рекултивация на нарушени терени, подобряване на слабопродуктивни земи, отнемане и оползотворяване на хумусния пласт* (ДВ, бр. 30/2002 г.);

б) Провеждане на следексплоатационни грижи за площадката съгласно изискванията на *Наредба № 6 за условията и изискванията за изграждане и експлоатация на депа и други съоръжения и инсталации за оползотворяване и обезвреждане на отпадъци*.

Процедурата за закриване на депо, участък или клетка (подобект) от него започва, когато е налице един от следните случаи:

- изпълнени са съответните условия за закриване, посочени в разрешението за извършване на дейности с отпадъци или комплексното разрешително;
- компетентният орган се е произнесъл с положително решение по заявление на оператора на депото, с което иска прекратяване на дейността преди изтичане срока на разрешението за извършване на дейности с отпадъци, съответно на комплексното разрешително;
- компетентният орган се е произнесъл с мотивирано решение за закриване на депото.

Закриването на депата се извършва по предварително изготвен план, като основните етапи в него се определят с инвестиционния проект на депото.

Планът за закриване включва дейности по:

- демонтаж на изградените постоянни съоръжения, които не са свързани с опазване на околната среда и с бъдещото функционално предназначение на терена, като в плана се посочват графикът на техния демонтаж, технологията за демонтаж и необходимата квалификация на специалистите и работниците, ангажирани с демонтажа;
- повърхностно запечатване на депото, което се извършва в съответствие с проекта за изграждане на горния изолиращ екран, вкл. техническата и биологичната рекултивация и предвидените противоерозионни и противосвлачищни мероприятия.

II. Физикогеографска, Геоложка и Хидрогеоложка характеристика на района

2.1. Геоморфоложка характеристика

Районът е с ясно изразен хълмисто-равнинен релеф, в някои площи типично хълмист, разчленен от множество суходолия с основна насоченост юг - север. Надморската височина е в границите от 240-250 м в южна посока, до 150-160 м на север.

Площадката на депото е равнинна до леко наклонена – 5° на юг.

В района на депото, кота терен е равна на 208 м. Южно от него са долове с денивелация около 80-100 м.

2.2. Климатична характеристика

Районът попада в умерено континенталната климатична област, Лудогорски – Добруджански регион. Климатичната характеристика е направена по данни от хидрометеорологична станция: „ХМС - Тервел”.

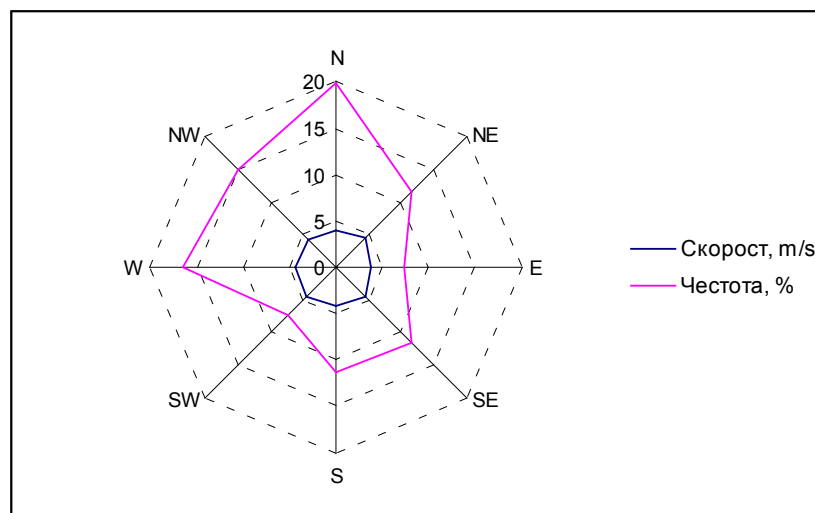
Средната годишна температура на въздуха е 10,3°C, максималната е 16,9°C, а минималната е 5,6°C. Най-студен е м. януари (-5,4°C), през м. февруари са абсолютните минимални температури (-22,9°C). Най-топли са м.м. юли и август (съответно 20,9°C и 20,6°), като абсолютната максимална температура е през м. август (41,0°C).

Първият мраз настъпва обикновено около края на октомври, а последният е към средата на м. април. Свободното от мраз време е около 196 дни. Снежната покривка се появява около средата на м. декември и изчезва към началото на март. Средната продължителност на дните със снежна покривка в района е около 83 дни.

Средномесечните стойности на основните метеорологични параметри съгласно Климатичен справочник на Република България са представени в следната таблица:

Табл. 2.2-1.

Месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температура, °C	-1,6	0,1	3,4	9,8	15,0	18,7	20,9	20,6	16,7	11,6	6,6	1,6
Максимална температура, °C	2,9	5,1	10,0	17,3	22,5	26,7	29,0	28,8	25,1	18,5	11,6	5,5
Минимална температура °C	-5,4	-3,2	-0,4	4,6	10,0	13,1	15,2	14,5	11,4	6,6	2,9	-2,0
Влажност, %	85	85	85	76	80	72	71	71	72	78	86	88
Обща облачност, брой дни	6,7	6,9	6,3	5,6	5,3	4,6	3,7	2,9	3,6	4,6	6,4	6,7
Скорост на вятъра, m/s	3,2	3,6	3,3	3,4	3,2	2,5	2,2	2,0	2,0	2,1	2,7	2,6



Данни за средногодишната роза на ветровете за ст. Тервел

Табл. 2.2-2.

Посока	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Скорост, m/s	4	4,3	3,7	4,3	4,1	4,3	4,4	4,2
Честота, %	19,8	11,4	7,3	11,5	11,3	7,4	16,4	14,9

Тихо време (безветрие) е със средногодишна честота 21,3% , като най-тихо е през м. октомври (31,3% от случаите). Средната месечна скорост на ветровете е сравнително висока – между 2,0 и 3,6 m/s, а средната годишна е 2,7 m/s.

Преобладават северните ветрове, с честота 19,9%, които са най-чести през 8 месеца годишно. Следват западните ветрове с честота 16,4% през м. май, юни, юли и август.

Годишно около 24 дни са с мъгли, основно през периода октомври-март. За района е характерна сравнително високата стабилност на относителната влажност на въздуха. Най-висока е в периода ноември-март (между 85 и 88%), а през лятото спада до 71% (м. юли и м. август). Средногодишната влажност на въздуха е 79%.

С най-малка облачност е през м. август (2,9 дни). Средната годишна от средномесечна облачност в района е около 5 дни.

2.2.1. Хидроложки условия

Най-малка е средномесечната сума на валежите през м. февруари - март (32-26 mm); вторият минимум е през м. септември (33 mm). Средногодишната сума на валежите е около 518 mm, като през зимата падат около 21%, през пролетта – около 26%, през лятото – около 30% и около 23% през есента. Средната месечна сума на валежите има максимум – през м. май – юни (съответно 65 - 62 mm).

Табл. 2.2-3.

Параметър	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Зима	Пролет	Лято	Есен	Годишна
-----------	---	----	-----	----	---	----	-----	------	----	---	----	-----	------	--------	------	------	---------

Средна месечна и годишна сума на валежите, mm	37	32	26	45	65	62	49	43	33	37	50	41	109	135	153	120	518
Среден месечен и годишен мак-симален денонощен валеж, mm	12	11	12	15	19	22	20	20	13	16	18	13	-	-	-	-	37

Относителните квантили (K_p) и денонощната максимална височина ($H_{p\%}$) при различна обезпеченост са представени в таблицата. Също така са дадени и максималната височина ($H_{5,p\%}$), както и максималната средна интензивност (I_5, p) за петминутен дъжд.

Табл. 2.2-4.

Параметър		Обезпеченост $p, \%$						
		0,01	0,1	1	3	5	10	20
K_p		4,46	3,34	2,37	1,95	1,76	1,52	1,26
H_p, mm		206	154	109	90	81	70	58
$H_{5,p\%}, mm$		36,9	27,6	19,5	16,1	14,5	12,5	10,4
$I_{5,p\%}$	mm/min	7,4	5,5	3,9	3,2	2,9	2,5	2,1
	l/s.ha	1234	917	650	533	483	417	350

Оразмерителни параметри на интензивния дъжд при различна обезпеченост

Максимален интензитет на дъждовете (mm/min и l/(s.ha) с различно времетраене (от 5 до 60 мин), е регистрирано от м. април до м. октомври, включително. За станция Добруджански институт, при времетраене 5 минути, максималният интензивен дъжд е 2,20 mm/min и 367 l/(s.ha), а за време 60 минути той е съответно 0,66 mm/min и 110 l/(s.ha). Поради добрата филтрационна способност на черноземните почви при интензивни валежи не настъпва процес на преовлажняване. При наклонените терени обаче се появява водна ерозия.

2.3. Геоложки строеж на площадката

Районът е сравнително добре изучен в геоложко отношение, особено що се касае до плитко разположените формации. Проучвания са провеждани във връзка с търсенето на пясъци, каолини, води и др.

В геоложкия строеж участват седиментни скали с възраст долна креда, неоген и кватернер.

2.3.1. Долна креда

Валанжин (K1v)

Разкрива се в малки, изолирани петна в суходолията в южната част на района. Представен е от органогенно - отломъчни варовици.

Хотрив (K1h)

Развит е в варовит фациес и по-рядко в глинестоваровит - варовици, бели или кремави, дребнозърнести, песъчливи, по-рядко глинести. Дебелина – 60 - 70 м.

Барем (K1в)

Седиментите на долен барем са представени от варовици – кристалинни, окарстени, средно до дребнозърнести, органогенни с дебелина от 30 до 100 м.

2.3.2. Неоген

Миоцен

Разкрива се по суходолията и на повърхността на целия Тервелски район. Застъпена е предимно Тополската свита (toN1s)

Отдолу-нагоре, свитата се разделя на три хоризонта: глинест, пясъчен, варовиков.

- глинест хоризонт – глини, ръждивочервенокафяви, често силно песъчливи, с дебелина 1-2 до 7-8 м.
- пясъчен хоризонт – пясъци, финнозърнести, слабо споени, сивозелени, с дебелина до 10 м. Над тях са разноразнозърнести, светли пясъци с дебелина 52 м.
- варовиков хоризонт – варовици, бели до кремави, черупчести, кавернозни, с включения от гравий и маломощни (до 1 м) пясъчни и алевроитови глини.

2.3.3. Кватернер

Наслагите имат широкоплощно разпространение върху разновъзрастова подложка от глини, пясъци и варовици. От долу на горе той е представен от глини-червенокафяви, плътни, силно варовити, на места с прослойки от т.нар. „погребан льос”.

Над тях с плавен преход следва льосовият комплекс. Дебелината им варира от 0,5 до 24 м, средно 5-15 м.

По данни от извършения геоложки оглед на терена и архивна справка, геоложкият разрез в обсега на депото е съставен от:

- Почвен слой - кватернер
- Глини - песъчливи - кватернер
- Варовици - сармат

Депото е разположено върху кватернерни наслаги със сравнително малка мощност. Под тях, а на места и директно на повърхността се разкриват глини, жълтеникави, твърдопластични, песъчливи и варовити с дебелина над 6 м, неравномерно представени като подложка.

На места те отсъстват и кватернерните наслаги контактуват директно с долно кредните барем-аптски варовици от Разградска свита.

Варовиците са представени от Тополската свита (toN1s2), сивокремави, песъчливи, здрави, с включения от кремъчни ядки, кавернозни. Те покриват околните оврази и долове.

2.4. Тектонска и сеизмологична характеристика на района

Районът принадлежи към северните части на Северобългарското сводово издигане, което обуславя ниския тектонски стил. Скалите са със слаб наклон на север - североизток (3-5°). За района на депото е установена т.нар. Дуловска структура, като издигане по хотривските и баремските седименти.

Други по-ясно изразени антиклинални структури са: Тервелската, Ботевската, Зърневската и др., а по-добре оформени синклинали са Орляшка, Ново Каменска и др.

Дизюнктивни нарушения са установени съвсем рядко, определянето им се затруднява както от еднородността на скалите, така и от тяхното покриване с кватернерни наслаги. Възможно е карстовите процеси да са протекли по дребни разломи и линии.

В сеизмологично отношение теренът е в зоната със степен на сеизмичност - VII и коефициент $K_s = 0,10$ съобразно Наредба №2/2007 за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони.

2.5. Физикогеографски явления и процеси

Възможните неблагоприятни явления, които биха могли да възникнат в района на депото са свързани със следните опасности:

- Карстов терен – малката или отсъстваща на места почвено-глинеата покривка предопределя контакта на повърхностните води и инфилтратата с окарстените барем-аптски варовици. В участъците с развити по-дебели кватернерни наслаги инфилтрацията е трудно осъществима.
- Развяване – обуславя се от открития хълмист терен на площадката и силните ветрове в определени периоди през годината. Създават се условия за широко пространствено замърсяване със ситни землести материали и отпадъци.
- Локализацията на депото върху платовидната част от терена, граничеща с дълбок овраг от юг и югозапад е предпоставка за оттичане на валежните води и инфилтрат към околните понижени части на терена и увеличаване дълбочината на замърсяване на барем-аптските седименти .
- Срутища – депонирането на отпадъци до самия южен ръб на платовидната заравненост на площадката, в съчетание с глинестата подложка в определени участъци, създава условия за проява на локални, дребномащабни срутища, особено при силна оводненост.

2.6. Хидрогеоложка характеристика

Проучваният район попада в обсега на зоната на подхранване на малм-валанджинския водоносен хоризонт. В тази част на разпространение, подземните води са безнапорни с нива от +60 до +110 m. Експлоатационните ресурси за питейно-битово водоснабдяване на района е свързано с тези подземни води.

В следващата таблица са представени водовземните съоръжения в района на гр. Тервел:

Табл. 2.6-1.

Вид	Водовземно съоръжение	Разстояние от депото	Ползвано количество
Сондаж	Тервел 1	1300 м, СЗ	30 l/sec
Сондаж	Тервел 2	700 м, З-ЮЗ	20 l/sec
Сондаж	Бонево	1650 м, ЮЗ	10 l/sec
Сондаж	ЖФК	3050 м, ЮИ	15 l/sec
Сондаж	Савово	2900 м, ЮИ	30 l/sec

III. Техническа рекултивация

3.1. Нормативни изисквания за проектиране на горен изолационен екран

Като референтни документи са използвани *Директивата за депата 99/31/ЕС* и *Наредба № 8 за условията и изискванията за изграждане и експлоатация на депа и на други съоръжения и инсталации за оползотворяване и обезвреждане на отпадъци (ДВ, бр. 83/2004 г.)*.

Съгласно *Landfill Directive 99/31/ЕС*, гореният изолационен екран (покриваща система) заедно с долния изолационен екран се изискват за отделяне на депонираните отпадъци от околната среда.

Горният изолиращ екран трябва да:

- минимизира инфилтрацията на атмосферни води в отпадъците;
- повиши повърхностния дренаж и да увеличи оттичането;
- контролира миграцията на газовите емисии (сметищен газ);
- осигури физическото разделяне между отпадъците и растителния и животински свят.

Според Раздел 4 от Приложение № 2 на *Наредба № 8 за условията и изискванията за изграждане и експлоатация на депа и на други съоръжения и инсталации за оползотворяване и обезвреждане на отпадъци (ДВ, бр. 83/2004 г.)*, горният изолиращ екран трябва да осигурява:

- защита от проникване на повърхностните води в отпадъчното тяло на депото;
- опазване на атмосферния въздух и повърхностните води от замърсяване от отпадъчното тяло;
- удовлетворяване на изискванията на нормативната уредба за рекултивация на нарушени терени;
- удовлетворяване на условията за използване на рекултивирания повърхностен слой на депото след приключването на неговата експлоатация.

Директивата за депата 99/31/ЕС дава препоръчителни стандарти за компонентите на покриващата система (горен изолационен екран) за съответния клас депо, като се предоставя възможност във фазата на проектиране да се определят компонентите на горния изолиращ екран и материалите, които ще бъдат използвани.

В инвестиционния проект е необходимо да бъде подбрана подходяща система (горен изолиращ екран), базирана на следните условия:

- пикови (екстремни) стойности в температурният режим и валежи;
- ефекта на кореновия растеж и животинския свят върху целостта на системата;
- устойчивост и стабилитет на наклоните;
- движение на специализирана техника (автомобили);
- повърхностен отток;
- повърхностен дренаж (площен дренаж, колекторна система);
- инсталация на газов дренаж (площен дренаж, газови кладенци и събирателни тръби);
- експлоатационни изисквания;
- улеснена поддръжка (поправка);
- благоприятно естетическо въздействие.

Съгласно *Landfill Directive, Annex I (3)* и *EPA Landfill Manuals-Landfill Site Design*, препоръчителните стандарти за депа за неопасни отпадъци включват следните параметри:

- Газов дренажен пласт с минимална дебелина 0.3 m и хидравлична проводимост $>1 \times 10^{-4}$ m/s;
- Непроницаем минерален пласт с минимална дебелина 0.6 m. и хидравлична проводимост $<1.0 \times 10^{-9}$ m/s или материал с еквивалентна пропускливост;
- Дренажен пласт с минимална дебелина 0.5 m и хидравлична проводимост $>1 \times 10^{-4}$ m/s;
- Подповърхностен почвен пласт (преходен–Б хоризонт) с минимална мощност 0.7 m;
- Вегетативен почвен слой (повърхностен–А хоризонт) с минимална мощност 0.15 m (комбинацията от повърхностен и подповърхностен почвен слой трябва да бъде минимум 1 m).

Включването на синтетична геомембрана в горния изолиращ екран, трябва да бъде извършено на база оценка на риска.

Замяната на всеки един от изброените елементи може да бъде допусната в зависимост от потенциалният риск.

В националното законодателство, изискванията за депата се регламентират с *Наредба № 8 за условията и изискванията за изграждане и експлоатация на депа и на други съоръжения и инсталации за оползотворяване и обезвреждане на отпадъци (ДВ, бр. 83/2004 г.)*. В чл. 20 от наредбата се разглеждат два принципни случая за конструиране на горен изолиращ екран, когато компетентният орган след преценка на потенциалния риск за околната среда изисква повърхностно запечатване на отпадъците, което препоръчително включва:

А) Депа за неопасни отпадъци

- газов дренаж ≥ 0.3 м.;
- минерален запечатващ пласт ≥ 0.5 м.;
- дренажен слой ≥ 0.5 м.;
- рекултивиращ пласт > 1 м.

Б) Депа за опасни отпадъци

- минерален запечатващ пласт ≥ 0.5 м.;
- изолационна геомембрана;
- дренажен слой > 0.5 м.;
- рекултивиращ пласт > 1 м.

Аналогично на *Директивата за депата 99/31/ЕС*, видът и съставът на отделните елементи на системата за повърхностно запечатване се определят в зависимост от класа на депото, свойствата на депонираните отпадъци или потенциалният риск за околната среда.

От казаното до тук следва да се отбележи, че нормативната уредба **не налага** строго регламентирани регулации за конструиране на горен изолиращ екран, в сравнение с изискванията към системата за изолация на геоложката основа (долен изолационен екран), като водещ фактор при избора на отделните елементи в изолационната система се явява потенциалният риск за околната среда.

3.2. Конструирание на горен изолационен екран

3.2.1. Преглед на вариантите за повърхностна изолация на депа

В зависимост от изчислената категория на риск за депото (Част I „Оценка на риска. Проучване за саниране“) и специфичните условия на средата (климатична и топографска характеристика) са разгледани шест изолационни системи за повърхностно запечатване. Предложени са две базови (конвенционални) и четири алтернативни системи.

3.2.1.1. Базови системи за повърхностна изолация на депа

Конструирани са въз основа на заложените препоръчителни стандарти в нормативната уредба, при възприемане на конструктивните елементи в пълен обхват.

Запечатваща система „Landfill Directive 99/31/EC“

Системата включва следните пластове в покриващия профил:

1. *Газов дренаж* – Изграден е от 30 см. пласт трошен камък с хидравлична проводимост $>1 \times 10^{-4}$ m/сек. Разположен е върху депонираните отпадъци и служи за отвеждане на газовите емисии извън отпадъчното тяло.

2. *Минерален бариерен слой* – Състои се от глинен екран с ниска хидравлична проводимост. Това е вторият слой, положен върху отпадъчното тяло. Той е съставен от 60 см уплътнена глина с наситена хидравлична проводимост, не по-голяма от 1×10^{-7} cm/сек. Функцията на този бариерен пласт е да ограничи вертикалното движение на водата към отпадъчното тяло.

3. *Дренажен пласт (площен дренаж) за повърхностни води* – Съставен е от чакъл с минимална мощност 50 см и хидравлична проводимост $>1 \times 10^{-4}$ m/сек. Този слой е разположен директно върху минералния бариерен пласт. Дренажните слоеве имат за цел да намалят времето за контакт на инфилтрираната водата с глинения екран и по този начин да намалят възможността, водата да достигне до отпадъците.

4. *Подповърхностен почвен пласт (преходен – Б хоризонт)* – Съставен е от 70 см почвен слой с ниско до средно съдържание на хумус и е с достатъчна мощност за да осигури дълга устойчивост срещу ерозия и защита на лежащите под него слоеве от повреди, свързани с процесите на свиване и разпускане в следствие на температурните промени.

5. *Вегетативен слой (А – хоризонт)* – Този слой се състои от 15 - 30 см почвен слой с високо съдържание на хумус. Подходящ е за развитие на тревиста разстителност и има добър водно-задържащ капацитет.

Комбинацията от повърхностен и подповърхностен почвен слой трябва да бъде минимум 1 m.

Запечатваща система „Наредба № 8“

Системата е идентична с предходния тип, като единственото различие е в минималната мощност на минералния запечатващ пласт. В запечатващата система „Наредба № 8“, минималната мощност на минералния бариерен слой е 50 см.

Без да се спираме подробно на функциите на всеки съставен елемент, системата се състои от следните компоненти:

1. газов дренаж ≥ 0.3 м.;
2. минерален запечатващ пласт ≥ 0.5 м.;
3. дренажен слой ≥ 0.5 м.;
4. рекултивиращ пласт > 1 м.

Мощността на хумусния пласт варира в диапазона от 15 до 35 см. в зависимост от бъдещото предназначение на рекултивираната площ. Това условие е валидно и за подхумустния пласт, който в зависимост от бъдещото предназначение на обекта е с мощност не по-малка от прилежащите на терена почви при земеделско ползване и минимум 2 м при условие, че теренът е предназначен за залесяване.

Тези регулации са регламентирани в *Наредба № 26 за рекултивация на нарушени терени, подобряване на слабопродуктивни земи, отнемане и оползотворяване на хумусния пласт (ДВ, бр. 89/1996 г. с изм. и доп.)*.

3.2.1.2. Алтернативни системи за повърхностна изолация на депата

Нормативната база позволява проектирането на алтернативни системи, ако те могат да удовлетворят (достигнат) ерозионна и инфилтрационна защита, еквивалентна на възприетата за конвенционалните (базови) рекултивиращи системи. От множеството проведени полеви изпитвания при различни климатични условия в световен мащаб, предложените алтернативни системи показват добри резултати при задържането на повърхностния поток.

Алтернативна система „GCL Cover”

Тази система е идентична с базовите, но с изключение на скъпия глинен бариерен слой (минерален екран), който е заместен с фабричен тънък пласт композитна бентонитова хидроизолация (GCL). Общата дебелина на тази система е 147 см.

Компонентите в системата от долу на горе са:

1. 30 см газов дренаж;
2. 15 см подложен пласт почва;
3. 0.7 см композитен бариерен пласт (GCL);
4. 1.2 см трипластна синтетична дренажна система (Polypropylene);
5. 85 см подхумусен почвен пласт с ниско съдържание на хумус;
6. 15 см вегетационен почвен слой със средно съдържание на хумус.

Композитният GCL пласт е съставен от тънък слой бентонитова глина, привързана или в сандвич между геосинтетични материали. Специфичната наситена хидравлична проводимост на GCL е 5.0×10^{-9} cm/sec.

GCL лесно се полага, тъй като е навит на ролки и се разстила бързо. Инсталира се със застъпка от 15 см. Производителите препоръчват полагането да се изпълнява без физически шев.

Алтернативна система “Капилярна бариера”

Капилярната система най-общо е съставена от фин пласт, положен върху необработен, груб повърхностен почвен слой. При нея, водата се задържа във фината почва от капилярните сили, докато не бъде усвоена от растителността или отстранена от евапотранспирацията, хоризонталното дрениране или инфилтрацията извън системата.

Системата се препоръчва за използване при частично сухи климатични условия, с ниско средногодишно количество на валежите.

Капилярната система функционира посредством разликата в хидравличната проводимост между финия и грубия почвен пласт, подобно на всмукващия (матричен) потенциал, съществуващ в тази почвена система.

Първоначално, при настъпването на относително сухи условия, фините почви проявяват високо всмукване и имат ограничен филтрационен коефициент, докато грубия пласт под тях притежава ниска хидравлична проводимост. С нарастване на водното съдържание и намаляване на всмукващия потенциал (ниво на всмукване), коефициентът на филтрация на финия пласт постепенно нараства, докато степента на всмукващия потенциал се изравни с нивото на навлизащата в грубия пласт вода.

Капилярна система е с обща дебелина 175 см и е изградена от шест пласта, включващи от долу на горе:

1. 30 см газов дренаж;
2. 30 см дренажен слой пясък (долен дренажен пласт);
3. 50 см бариерен почвен пласт (уплътнен подхумусен слой)
4. 20 см дренажен пласт чакъл (горен дренажен слой);
5. 15 см дренажен слой пясък (горен дренажен слой);
6. 30 см вегетационен почвен слой със средно съдържание на хумус.

Бариерният почвен пласт и долният дренажен слой обхващат проектираната капилярна бариера. В допълнение, вегетационния почвен слой и дренажния пласт пясък формират допълнителна, второстепенна капилярна бариера, която не е от основно значение за същинското функциониране на системата. Долният дренажен пласт е съставен от 30 см. чист пясък, съдържащ по-малко от 5% фини частици.

Горният дренаж е инсталиран върху бариерния почвен пласт. Дренажният слой е съставен от два материала: 20 см чист чакъл (промит/речен) с гранулометричен размер 10 мм и 15 см чист пясък с размер 1 мм. Накрая 30 см вегетационен почвен слой е положен върху пяска.

Алтернативна система “Анизотропна бариера”

Анизотропната система е разновидност на капилярната бариера, проектирана за ограничаване вертикалната инфилтрация на водата, чрез оптимизиране на латералното придвижване на потока през системата. Проектирането на оптимален наклон (латерално отклонение) в системата, осигурява допълнително премахване на инфилтрираната вода от финия структурен почвен слой.

По същество латералното отклонение представлява гравитачно придвижване при ненаситени условия и оттичане на водата вътре във финия слой. Тъй като, водното съдържание във финия слой, обикновено е много голямо близо до неговата гранична повърхност с прилежащия под него груб почвен слой, латералното отклонение е най-силно изразено близо до тази гранична зона (граничната повърхност между финия и грубия слой).

Анизотропната бариера е съставена от 4 пласта:

1. 30 см газов дренаж;
2. 15 см фин пясък (гранична повърхност между финия и груб слой);
3. 70 см уплътнен почвен бариерен пласт;
4. 15 см вегетационен почвен слой със средно съдържание на хумус.

Общата дебелина на тази система е 130 см. Вегетационният слой е с мощност 15 см. Той включва смес от местна почва с ниско съдържание на хумус и дребен чакъл. В сместа, чакълът спрямо почвената смес е в съотношение 25% (0.25).

Създаващата се вегетативно-ерозионна устойчивост се причислява на чакъла. Този слой благоприятства евапотранспирацията и редуцира ерозията. Бариерният почвен пласт, разположен под вегетационния слой е с дебелина 70 см. Неговата функция е свързана с водното задържане и служи, като среда за развитие на кореновия растеж.

Граничната повърхност между финия и груб слой е съставена от 15 см пясък (1 mm), служещ като филтър между отгоре разположения почвен слой и лежащия под него

чакъл. Функционира, като дренажен пласт за латерално отичане на водата от зоната на натрупването ѝ след нейното инфилтриране (преминаване) през повърхностния почвен слой.

Местният почвен пласт, покриващ слоя от пясък създава първата капилярна бариера, докато пясъка лежащ над пласта чакъл формира втората капилярна бариера.

Алтернативна система “ET Cover”

Изградена е изцяло от почвени структури. Системата е с обща дебелина 135 см., съставена от местни почви. Долният 90 сантиметров слой е уплътнен, докато вегетативния повърхностен пласт с мощност 15 см е свободно разстлан (неуплътнен). Газов дренаж с дебелина 30 см е разположен между отпадъците и бариерния почвен слой.

Тънък покриващ пласт от дребен чакъл (2-4 см) се полага на повърхността на вегетационния слой, преди да бъде засят. Целта на покриващият слой чакъл е да повиши развитието на растителността и да минимизира ерозията.

Пластът чакъл ще редуцира повърхностната ерозия, причинена обикновено от валежите и ветровете. Също така, той служи и за задържане на семената на мястото на засаждането им, докато покълнат.

Освен това, влагата ще бъде задържана в най-горния почвен слой, позволяващ развитието (вегетацията) на местните тревисти видове. Създадените условия увеличават транспирационния капацитет, свързан с премахване на влагата от системата, като по този начин се предотвратява проникването на вода след проливни дъждове.

3.2.2. Избор на оптимална система за повърхностна изолация на депото от околната среда

Водещ фактор при избора на ефективна изолационна система за повърхностно запечатване е степента на редуциране на повърхностния поток и защита от навлизането на валежни води в тялото на депото.

В практиката, ефективността на горния изолационен екран срещу инфилтрация, обикновено се доказва чрез компютърни симулации на водния баланс (Morris and Stormont, 1998).

Водният баланс е опростена схема, използвана за прогноза на водното задържане в почвата, евапорацията и водния излишък.

Основната цел при моделирането на водния баланс е изчисляването на водния излишък, който служи като входяща величина в моделите, изчисляващи повърхностния и подземен воден поток.

Водният излишък представлява частта от падналите валежи, които превишават потенциала на евапотранспирацията и не се задържат от почвения профил. В тази връзка, основното уравнение за изчисляване на водния излишък е:

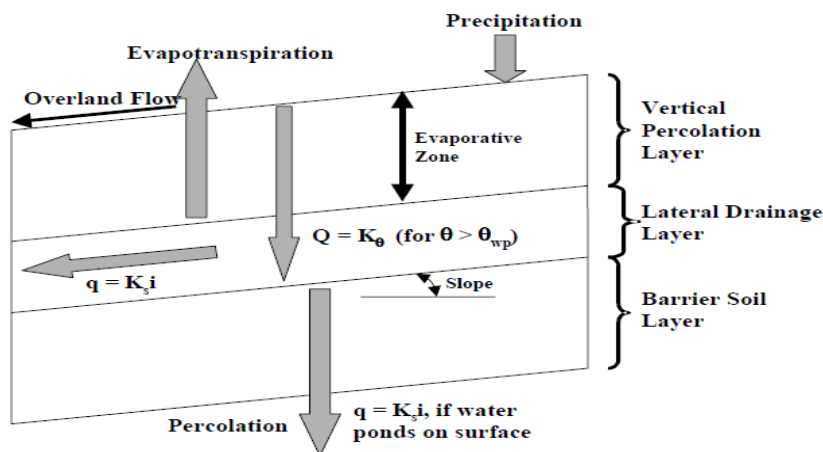
За изчисляване параметрите на водния баланс за предложените рекултивационни системи е използван математическия компютърен модел Visual HELP (Hydrologic Evaluation of Landfill Performance).

Това е общ инструмент за оценка на ефективността, широко използван в САЩ и Северна Европа за извършване на симулации при проектиране на рекултивационни системи или степента на инфилтрация (воден излишък), сравнена с идентични климатични и оперативни условия.

Компютърната програма VHELP е квази-двумерен модел, разработена от US. EPA. Математическият модел служи за изчисляване количеството на валежите, повърхностния отток, водното задържане в почвата, латералното оттичане (дренаж) и евапотранспирацията при проектиране на горен изолационен екран, както и изчисляване на инфилтрирания воден поток през отпадъчното тяло, дренажната система за инфилтрат и синтетичните мембрани в долния изолиращ екран.

На фигура 1 схематично е илюстриран модела използван в HELP за изчисление на водния баланс в профила на горния изолиращ екран.

Програмата диференцира количеството на атмосферните валежи чрез параметрите: повърхностно оттичане и инфилтрация, посредством модифицираната версия на числовия метод на кривата на оттока (SCS). Този метод е базиран на хидравличната проводимост на повърхностния почвен пласт, условията за вегетация/развитие на растителната покривка (LAI index), наклона и дължината на изследваната повърхност.



Фиг. 1. Схематична презентация на изчисленията за определяне на водния баланс, използвани в HELP

3.2.2.1. Концепция на модела

Основните параметри, необходими при моделните изчисления на водния баланс са свързани с метеорологичната характеристика на района. В следващите таблици са представени базовите метеопараметри, по данни на “ХМС - Тервел”.

Количество валежи mm/yr.	P/PET	Климатичен тип	Температура	
			min	max
518	0.65	полу-влажен	5.6	16.9

Месец	Температура C°		Влажност %	Слънчево греење (%)	Скорост на вягъра (m/s)	ЕТо (mm)	
	min	max				d	m
I	-5.4	2.9	85	29	3.2	0.5	14.9
II	-3.2	5.1	85	31	3.6	0.7	21.0
III	-0.4	10.0	85	32	3.3	1.2	36.3
IV	4.6	17.3	76	41	3.4	2.3	69.7
V	10.0	22.5	80	48	3.2	3.0	93.5
VI	13.1	26.7	72	57	2.5	4.0	119.8
VII	15.2	29.0	71	68	2.2	4.6	142.5
VIII	14.5	28.8	71	69	2.0	4.2	128.7
IX	11.4	25.1	72	59	2.0	3.0	89.0
X	6.6	18.5	78	48	2.1	1.6	50.1
XI	2.9	11.6	86	31	2.7	0.7	22.1
XII	-2.0	5.5	88	24	2.6	0.4	12.9

Климатичният тип е определен на база математическата зависимост между количеството на валежите (P) и потенциала на евапотранспирация (PET), предложена от United Nation Educational, Scientific and Cultural Organization (1979). Съгласно тази зависимост, климатичния тип на района се определя както следва:

- $0.03 < P/PET \leq 0.2$ – ариден климатичен тип;
- $0.2 < P/PET \leq 0.5$ – полуариден климатичен тип;
- $0.5 < P/PET \leq 0.75$ – полувлажен климатичен тип;
- $P/PET > 0.75$ – влажен климатичен тип.

При изчислението на потенциала на евапотранспирацията е използван „Penman Monteith Method”, чрез прилагане на софтуерната програма “DailyET V.3.0”.

Възприети са следните конструктивни елементи в профила на рекултивиращите системи:

Рекултивационна система	Мощност	Слоеве	Елементи
Landfill Directive 99/31/EC	240 см.	5	• Газов дренаж – 0.3 м. • Минерален запечатващ пласт – 0.6 м. • Дренажен слой – 0,5 м. • Подхумусен пласт – 0.7 м. • Вегетационен слой – 0.3 м.
Наредба № 8	230 см.	5	• Газов дренаж – 0.3 м. • Минерален запечатващ пласт – 0.5 м. • Дренажен слой – 0,5 м. • Подхумусен пласт – 0.85 м. • Вегетационен слой – 0.15 м.
GCL Cover	147 см.	6	• Газов дренаж – 0.3 м. • Подложен пласт почва – 0.15м.

			- Композитен бариерен пласт (GCL) – 0.007м. (7mm). - Синтетична дренажна система (Polypropylene) – 0.012м. (1.2см); - Подхумусен пласт – 0.85 м. - Вегетационен слой – 0.15 м.
Капилярна система	175 см.	6	- Газов дренаж – 0.3 м.; - Дренажен пласт пясък – 0.3 м. - Бариерен почвен пласт – 0,5 м. - Дренажен пласт чакъл – 0.2 м. - Дренажен слой пясък – 0.15 м. - Вегетационен слой – 30 м.
Анизотропна система	130 см.	4	- Газов дренаж – 0.3 м. - Пласт фин пясък – 0.15 м. - Бариерен почвен пласт – 0.7 м. - Вегетационен слой – 0.15 м.
ET Cover	135 см.	3	- Газов дренаж – 0.3 м. - Бариерен почвен пласт – 0.9 м. - Вегетационен слой – 0.15 м.

3.2.2.2. Композиране на математическия модел

Прогнозният сценарий обхваща постоперативния период на депото, през следващите 30 г. През този период от време е проследено поведението на горния изолационен екран при специфични климатични условия. Метеорологичните параметри са моделирани с помощта на функцията “Weather Generator” от основното меню в програмата (VHELP), чрез моделен алгоритъм, разработен от Agricultural Research Service of the U.S. Department of Agriculture (USDA).

Всеки структурен (почвен) клас е зададен с геометрия, съответстваща на конструктивните характеристики, според типа на рекултивирания система. Ключовите параметри, използвани при моделните изчисления са представени в следващата таблица:

Площ на оттичане	Вегетационен клас	LAI index	Наклон	Дължина на наклона
100%	мн. добър тревен стоеж	3.5	5%	43 m.

В модела са използвани стандартни стойности за хидравличните параметри на почвените структури. Вегетационният (повърхностен) почвен слой е моделиран, като вертикално пропусклив слой. Пластовете от пясък и чакъл са представени като латерални дренажни пластове (площни дренажи).

Уплътнените почвени слоеве са моделирани като бариерни пластове. Приложени в конвенционалните системи, тези пластове са проектирани като физически бариери срещу проникване на водния поток, докато в алтернативните системи с изключение на “GCL Cover”, те служат за съхранение на инфилтрираната вода, която в последствие ще бъде отстранена чрез латерално оттичане или евапотранспирация.

3.2.2.2-1. Базови (конвенционални) системи

1. Система "Landfill Directive 99/31/EC"

Тип слой	Мощност (cm)	Структурен клас	Порестост (m ³ /m ³)	Полеви капацитет (m ³ /m ³)	Точка на завяхване (m ³ /m ³)	Ksat (cm/sec)
Вертикално пропусклив	30	Фина песъчлива глина	0.473	0.222	0.104	5.2E-4
Вертикално пропусклив	70	Глинеста почва	0.463	0.232	0.116	3.7E-4
Латерален дренаж	50	Чакъл/трошен камък	0.437	0.062	0.024	3.0E-3
Барьерен пласт	60	Уплътнена глина	0.451	0.419	0.332	1.0E-7
Латерален дренаж	30	Чакъл/трошен камък	0.437	0.062	0.024	3.0E-3

Забележка: Ksat – коефициент на филтрация при наситени условия

Моделни резултати на водния баланс

А/ Средногодишни стойности

Повърхностен отток (mm/y)	Латерално дренране (mm/y)	Изменение в почвената влажност (mm/y)	Евапотранспирация (mm/y)	Инфилтрация (mm/y)
0.036	84.86	-2.736	367.0	21.53

Б/ Кумулативни стойности

Повърхностен отток (mm)	Латерално дренране (mm)	Изменение в почвената влажност (mm)	Евапотранспирация (mm)	Инфилтрация (mm)
1.084	2546	-82.08	11 010	645.9

2. Система “Наредба № 8”

Тип слой	Мощност (cm)	Структурен клас	Порестост (m ³ /m ³)	Полеви капацитет (m ³ /m ³)	Точка на завяхване (m ³ /m ³)	Ksat (cm/sec)
Вертикално пропусклив	15	Фина пясъчлива глина	0.473	0.222	0.104	5.2E-4
Вертикално пропусклив	85	Глинеста почва	0.463	0.232	0.116	3.7E-4
Латерален дренаж	50	Чакъл/трошен камък	0.397	0.032	0.013	3.0E-3
Барьерен пласт	50	Уплътнена глина	0.451	0.419	0.332	1.0E-7
Латерален дренаж	30	Чакъл/трошен камък	0.397	0.032	0.013	3.0E-3

Забележка: Ksat – коефициент на филтрация при наситени условия

Моделни резултати на водния баланс

А/ Средногодишни стойности

Повърхностен отток (mm/y)	Латерално дрениране (mm/y)	Изменение в почвената влажност (mm/y)	Евапотранспирация (mm/y)	Инфилтрация (mm/y)
0.036	84.86	-2.736	367.0	23.30

Б/ Кумулативни стойности

Повърхностен отток (mm)	Латерално дрениране (mm)	Изменение в почвената влажност (mm)	Евапотранспирация (mm)	Инфилтрация (mm)
1.084	2546	-82.08	11 010	699.2

3.2.2.2-2. Алтернативни системи

1. Система "GCL Cover"

Тип слой	Мощност (cm)	Структурен клас	Порестост (m ³ /m ³)	Полеви капацитет (m ³ /m ³)	Точка на завяхване (m ³ /m ³)	Ksat (cm/sec)
Вертикално пропусклив	15	Фина пясъчлива глина	0.473	0.222	0.104	5.2E-4
Вертикално пропусклив	85	Глинеста почва	0.463	0.232	0.116	3.7E-4
Латерален дренаж	1.2	Синтетичен дренаж (Polypropylene);	0.437	0.062	0.024	5.8E-3
Барьерен пласт	0.7	Бентонитова хидроизолация	-	-	-	5.0E-9
Вертикално пропусклив	15	Глинеста почва (подложен пласт)	0.463	0.232	0.116	3.7E-4
Латерален дренаж	30	Чакъл/трошен камък	0.397	0.032	0.013	3.0E-3

Забележка: Ksat – коефициент на филтрация при наситени условия

Моделни резултати на водния баланс

А/ Средногодишни стойности

Повърхностен отток (mm/y)	Латерално дренране (mm/y)	Изменение в почвената влажност (mm/y)	Евапотранспирация (mm/y)	Инфилтрация (mm/y)
0.036	106.0	-0.727	367.0	0.243

Б/ Кумулативни стойности

Повърхностен отток (mm)	Латерално дренране (mm)	Изменение в почвената влажност (mm)	Евапотранспирация (mm)	Инфилтрация (mm)
1.084	3180	-21.83	11 010	7.298

2. Капилярна система

Тип слой	Мощност (cm)	Структурен клас	Порестост (m ³ /m ³)	Полеви капацитет (m ³ /m ³)	Точка на завяхване (m ³ /m ³)	Ksat (cm/sec)
Вертикално пропусклив	30	Фина пясъчлива глина	0.473	0.222	0.104	5.2E-4
Латерален дренаж	15	Пясък	0.437	0.062	0.024	5.8E-3
Латерален дренаж	20	Чакъл/трошен камък	0.397	0.032	0.013	3.0E-3
Барьерен пласт	50	Уплътнен барьерен слой почва	0.427	0.418	0.367	10E-7
Латерален дренаж	30	Пясък	0.437	0.062	0.024	5.8E-3
Латерален дренаж	30	Чакъл/трошен камък	0.397	0.032	0.013	3.0E-3

Забележка: Ksat – коефициент на филтрация при наситени условия

Моделни резултати на водния баланс

А/ Средногодишни стойности

Повърхностен отток (mm/y)	Латерално дренитане (mm/y)	Изменение в почвената влажност (mm/y)	Евапотранспирация (mm/y)	Инфилтрация (mm/y)
0.036	44.66	0.551	367.0	61.36

Б/ Кумулативни стойности

Повърхностен отток (mm)	Латерално дренитане (mm)	Изменение в почвената влажност (mm)	Евапотранспирация (mm)	Инфилтрация (mm)
1.084	1340	-16.53	11 010	1841

3. Анизотропна система

Тип слой	Мощност (cm)	Структурен клас	Порестост (m ³ /m ³)	Полеви капацитет (m ³ /m ³)	Точка на завяхване (m ³ /m ³)	Ksat (cm/sec)
Вертикално пропусклив	15	Фина пясъчлива глина	0.473	0.222	0.104	5.2E-4
Барьерен пласт	70	Уплътнен барьерен слой почва	0.427	0.418	0.367	10E-7
Латерален дренаж	15	Фин пясък	0.457	0.083	0.033	3.1E-3
Латерален дренаж	30	Чакъл/трошен камък	0.397	0.032	0.013	3.0E-3

Забележка: Ksat – коефициент на филтрация при наситени условия

Моделни резултати на водния баланс

А/ Средногодишни стойности

Повърхностен отток (mm/y)	Латерално дренитане (mm/y)	Изменение в почвената влажност (mm/y)	Евапотранспирация (mm/y)	Инфилтрация (mm/y)
0.119	-	0.828	354.6	106.8

Б/ Кумулативни стойности

Повърхностен отток (mm)	Латерално дренитане (mm)	Изменение в почвената влажност (mm)	Евапотранспирация (mm)	Инфилтрация (mm)
3.595	-	-24.86	10 640	3205

3. Система "ET Cover"

Тип слой	Мощност (cm)	Структурен клас	Порестост (m^3/m^3)	Полеви капацитет (m^3/m^3)	Точка на завяхване (m^3/m^3)	Ksat (cm/sec)
Вертикално пропусклив	15	Фина пясъчлива глина	0.473	0.222	0.104	5.2E-4
Латерален дренаж	30	Чакъл/трошен камък	0.397	0.032	0.013	3.0E-3
Барьерен пласт	90	Уплътнен барьерен слой почва	0.427	0.418	0.367	10E-7
Латерален дренаж	30	Чакъл/трошен камък	0.397	0.032	0.013	3.0E-3

Забележка: Ksat – коефициент на филтрация при наситени условия

Моделни резултати на водния баланс

А/ Средногодишни стойности

Повърхностен отток (mm/y)	Латерално дрениране (mm/y)	Изменение в почвената влажност (mm/y)	Евапотранспирация (mm/y)	Инфилтрация (mm/y)
0.030	95.56	-1.895	337.6	38.63

Б/ Кумулативни стойности

Повърхностен отток (mm)	Латерално дрениране (mm)	Изменение в почвената влажност (mm)	Евапотранспирация (mm)	Инфилтрация (mm)
0.911	2897	-56.87	10 130	1159

3.2.2.2-3. Анализ на моделните резултати

За приоритизиране на системите по отношение тяхната ефективност са използвани референтни критерии за допустимо ниво на инфилтрация (степен на инфилтрация) в отпадъчното тяло (Bolen et al., 2001):

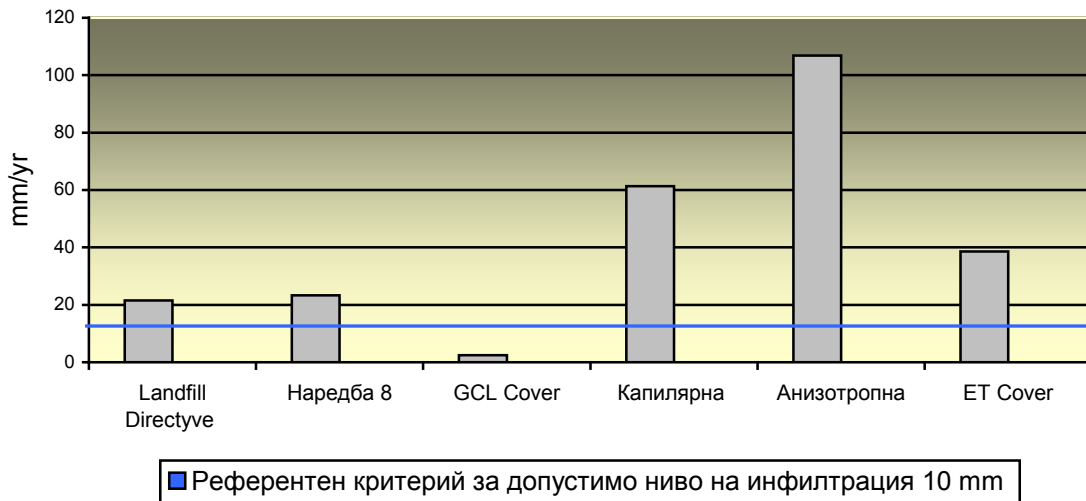
- ≤ 3 mm/yг – системи с геосинтетични мембрани;
- ≤ 30 mm/yг – системи с почвени бариерни пластове при влажни климатични условия (влажен тип климат);
- ≤ 10 mm/yг – системи с почвени бариерни пластове при аридни, полуаридни и полувлажни климатични условия (ариден, полуариден и полувлажен тип климат).

Тези относително ниски стойности на инфилтрация са в съответствие със съществуващите изисквания за минимизиране проникването на вода в отпадъците, както и за редуциране генерирането на инфилтрат (Koenner and Daniel, 1997).

Система	Повърхностен отток (mm/y)	Латерално дренiranje (mm/y)	Изменение в почвената влажност (mm/y)	Евапотранспирация (mm/y)	Инфилтрация (mm/y)
Landfill Directive	0.036	84.86	-2.736	367.0	21.53
Наредба № 8	0.036	84.86	-2.736	367.0	23.30
GCL Cover	0.036	106.0	-0.727	367.0	0.243
Капилярна	0.036	44.66	0.551	367.0	61.36
Анизотропна	0.119	-	0.828	354.6	106.8
ET Cover	0.030	95.56	-1.895	337.6	38.63

Ефективност					
Landfill Directive	Наредба № 8	GCL Cover	Капилярна система	Анизотропна система	ET Cover
95.8 %	95.5 %	99.9 %	88.2 %	79.5 %	92.6 %

* Ефективност = $(1 - (\text{инфилтриран поток} \div \text{количеството на валежите})) \times 100$



От извършения сравнителен анализ, чрез съпоставяне елементите на водния баланс за разглежданите рекултивационни системи, като най-устойчива срещу повърхностния воден поток се явява „GCL Cover”.

Тази система показва най-висока ефективност и резистентност към инфилтрация през рекултивационния профил. Също така удовлетворява референтните критерии за допустимо ниво на инфилтрация (≤ 10 mm/yr.) в отпадъчното тяло с голям запас.

3.2.2.3. Икономическа ефективност

Като работен документ е използван „Economics and Cross-Media Effects”, July 2006, European Commission.

3.2.2.3-1. Анализ на разходите

„Анализът на разходите” е добре позната технология, често използвана в подготовката или прилагането на политиката по околна среда. В контекста на тази политика, анализът на разходите има за цел постигане на висок екологичен продукт за всяка финансова инвестиция, вложена с екологична цел.

Често използван метод за сравнение на икономическата ефективност е анализът “Полза – Разходи”. „Анализът на разходите” е по-опростен инструмент, представящ екологичните ползи в количествено изражение, докато анализът “Полза – Разходи” има финансово (парично) изражение на приходите и разходите, направени за околната среда.

Този вид анализи са предпочитани за определяне, кои от мерките са подходящи за постигане на специфичните екологични цели при минимални разходи.

„Анализът на разходите” CE (Vito, et al., 2003) се изразява с уравнението:

$$CE = \frac{\text{Еквивалентни.годишни.разходи}}{\text{Средно.количество.на.редуцираните.емисии}} = EUR / m^3$$

Еквивалентните годишни разходи (ТАС) се определят по формулата:

$$TAC = Co \left[\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right] + OC$$

Където:

ТАС – общи годишни разходи;

n – експлоатационен срок;

Со – инвестиционни разходи;

ОС – общи оперативни разходи.

r – показател на дисконтиране;

Използването на концепцията “Анализ на разходите” е оправдано, тъй като с нея се дава възможност за избор на определена технологична опция (алтернатива), чрез сравнение и изключване на технологичните варианти (възможности) с неоправдано висока себестойност в сравнение с постигнатите екологични ползи.

В изчисленията е възприет 30 годишен период на следексплоатационни грижи за депото и 6 % показател на дисконтиране.

А/ Изходни данни

Териториални характеристики			
Депо	Площ по КВС	Реално заета площ	Рекултивирана/Редуцирана площ
Тервел	72.3 дка.	33.4 дка.	14.2 дка.

Общи инвестиционни разходи за изграждане					
Landfill Directive	Наредба № 8	GCL Cover	Капилярна система	Анизотропна система	ЕТ Cover
498 562 лв.	439 916 лв.	408 818 лв.	289 538 лв.	165 572 лв.	237 140 лв.

Забележка: Общите инвестиционни разходи не отчитат транспортните разходи за материалите.

Инвестиционни разходи за единица площ					
Landfill Directive	Наредба № 8	GCL Cover	Капилярна система	Анизотропна система	ЕТ Cover
35.11 лв./m ²	30.98 лв./m ²	28.79 лв./m ²	20.39 лв./m ²	11.66 лв./m ²	16.70 лв./m ²

Б/ Икономически анализ

Параметри	Система		
	Landfill Directive	Наредба № 8	GCL Cover
Общи годишни разходи	35 896 лв.	31 674 лв.	29 435 лв.
Редуцирано количество атмосферни води	7 074 m ³ (95.8 %)	7 052 m ³ (95.5 %)	7 377 m ³ (99.9%)
Икономическа ефективност, лв./ m ³ редуцирана емисия	5.07 лв./ m ³	4.49 лв./ m ³	3.99 лв./ m ³

Забележка: Редуцирана емисия – количеството атмосферни води, редуцирани от изолационната система

Параметри	Система		
	Капилярна система	Анизотропна система	ЕТ Cover
Общи годишни разходи	20 847 лв.	11 921 лв.	17 074 лв.
Редуцирано количество атмосферни води	6 513 m ³ (88.2 %)	5 870 m ³ (79.5 %)	6 837 m ³ (92.6 %)
Икономическа ефективност, лв./ m ³ редуцирана емисия	3.20 лв./ m³	2.03 лв./ m³	2.50 лв./ m³

Забележка: Редуцирана емисия – количеството атмосферни води, редуцирани от изолационната система

3.2.2.4. Техничко-икономическа (обща) ефективност

Основополагащ фактор при оценката се явява степента на предотвратяване инфилтрацията на вода в тялото на депото, отнесена към общите инвестиционни разходи, т.е постигане на максимален ефект при минимални разходи.

При определяне на съответния брой точки за всяка една от разглежданите системи (алтернативи) е спазен “принципа за целесъобразност”, т.е. максималният брой точки да не бъде по-малък от броя на разглежданите алтернативи и не по-голям от три пъти броя на алтернативите.

Максимален брой точки се дават за максимално предотвратяване на инфилтрацията при минимални разходи, съответно минимален за минимално предотвратяване на инфилтрацията и високи разходи.

Параметри	Система		
	Landfill Directive	Наредба № 8	GCL Cover
Инвестиционни разходи	35.11 лв./m ²	30.98 лв./m ²	28.79 лв./m ²
Техническа ефективност	95.8 %	95.5 %	99.9 %
Икономическа ефективност	5.07 лв./ m ³	4.49 лв./ m ³	3.99 лв./ m ³
Балова оценка/брой точки	12	11	17

Параметри	Система		
	Капилярна система	Анизотропна система	ЕТ Cover
Инвестиционни разходи	20.39 лв./m ²	11.66 лв./m ²	16.70 лв./m ²
Техническа ефективност	88.2 %	79.5 %	92.6 %
Икономическа ефективност	3.20 лв./ m ³	2.03 лв./ m ³	2.50 лв./ m ³
Балова оценка/брой точки	9	7	10

Системата с оптимална технико-икономическа обосновка е GCL Cover. Тази система получава и най-висока балова оценка, в сравнение с останалите алтернативи.

3.2.2.5. Окончателен избор на система за повърхностно запечатване

В следващата таблица са посочени приоритизирани системи, на база извършената оценка по различни критерии и аспекти. Избраната система се отличава с най-добри показатели спрямо останалите алтернативи в технологичен, икономически и екологичен план.

Система					
Landfill Directive	Наредба № 8	GCL Cover	Капилярна система	Анизотропна система	ET Cover
		√			

Общ профил на системата

- Газов дренаж – 0.3 м.
- Подложен пласт почва – 0.15 м.
- Композитен бариерен пласт (GCL) – 0.007 м. (7.0 mm).
- Синтетична дренажна система (Polypropylene) – 0.012 м. (1.2 см.).
- Подхумусен пласт – 0.85 м.
- Вегетационен слой – 0.15 м.

Предимства на системата

- GCL се инсталира сравнително лесно с опростени, не сложни механизми, без необходимостта от външни шевове на мястото на свързване и допълнително уплътняване. Това принципно преимущество се състои в избягване на конструктивните (инсталационни) проблеми, характерни за уплътнените глинени екрани.
- Постига отличен екологичен ефект при минимални инвестиционни разходи;
- Удовлетворява референтни критерии за допустимо ниво на инфилтрация;
- Висока ефективност при задържане на инфилтрационния поток.

Недостатъци

- Известна несигурност и недостатъчна гъвкавост в условията на динамично слягане на отпадъчното тяло през първите години на постоперативния период.

Тъй като, GCL се инсталира без физически шев, в условията на динамично слягане на отпадъчното тяло след приключване на рекултивацията на депото е възможно частично разместване или пропадане на изолационните пластове.

Тези нежелани процеси могат да се избегнат, чрез оптимално уплътняване на отпадъците и стриктно спазване на инсталационните стандарти и препоръките на производителя.

IV. Оценка на ефективността на горния изолационен екран срещу водна и ветрова ерозия

4.1. Оценка на модела за водна ерозия

Билото и откосите на депото се тестват срещу водна ерозия с помощта на универсалното уравнение за изчисляване на почвена загуба – Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE—Renard *et al.*, 1997):

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

Където:

A = средната загуба на почва, tons/acre/year;

R = ерозионен индекс на валежите и оттока, MJ/ha.cm/h;

K = почвен ерозионен фактор;

LS = географски фактор, функция на дължината и наклона на участъка;

C = вегетационен фактор;

P = фактор на ерозионен контрол.

Изходни данни

- Площ – 14.18 дка.
- **K** – 0.30 (loamy soils)
- **LS**_{било} – 2.0
- **LS**_{откос} – 4.5
- **C** – 0.01 (80-95% grass)
- **P** – 0.9
- **R** = $a \cdot \sum P d^2$

i	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
R	4.4	3.3	3.0	9.3	51.1	64.2	47.5	35.9	15.3	11.9	12.8	5.5
a	0.032	0.032	0.044	0.046	0.121	0.167	0.198	0.194	0.141	0.087	0.051	0.033

1. Интензитет на водната площна ерозия по билото на депото

Месец	R (MJ/ha.cm/h)	A	
		t/acre/месец	кг/м ² /месец
Януари	4.4	0.0083	0.002
Февруари	3.3	0.0062	0.001
Март	3.0	0.0057	0.001
Април	9.3	0.017	0.004
Май	51.1	0.096	0.024
Юни	64.2	0.121	0.029
Юли	47.5	0.086	0.021
Август	35.9	0.067	0.016
Септември	15.3	0.028	0.007

Октомври	11.9	0.022	0.005
Ноември	12.8	0.024	0.006
Декември	5.5	0.010	0.002
ОБЩО		0.49	0.12

2. Интензитет на водната площна ерозия по откосите на депото

Месец	R (MJ/ha.cm/h)	A	
		t/acr/месец	кг/м ² /месец
Януари	4.4	0.095	0.023
Февруари	3.3	0.071	0.017
Март	3.0	0.065	0.016
Април	9.3	0.201	0.049
Май	51.1	1.103	0.272
Юни	64.2	1.386	0.342
Юли	47.5	1.015	0.250
Август	35.9	0.775	0.191
Септември	15.3	0.330	0.739
Октомври	11.9	0.257	0.063
Ноември	12.8	0.276	0.068
Декември	5.5	0.118	0.029
ОБЩО		5.69	2.05

4.2. Оценка на модела за ветрова ерозия

Изчисленията са извършени с уравнението за ветрова ерозия “Wind Erosion Equation” (WEE – Lutton, et al., 1979):

$$WE = f(I, C, L, K, V)$$

Където:

WE = средната загуба на почва, tons/acre/year;

I = почвен ерозионен фактор;

C = климатичен фактор;

K = фактор на почвения релеф;

L = дължина на участъка по преобладаващата посока на вятъра;

V = вегетационен фактор, отчитащ плътността на растителната покривка;

За определяне дължината на ерозионната повърхност (L) е използвано уравнение на Skidmore, 1987:

$$L = \frac{(FL)(FW)}{FL \left| \cos \left(\frac{\pi}{2} + \theta - \varphi \right) \right| + FW \left| \sin \left(\frac{\pi}{2} + \theta - \varphi \right) \right|}$$

Където:

- L** – дължина на ерозионната повърхност, m;
- FL** – дължина на участъка (площта), m;
- FW** – широчина на участъка (площта), m;
- θ** – посока на вятъра по часовниковата стрелка от север в радиани;
- ϕ** – ъгъла по часовниковата стрелка, сключен между равнината - дължина на участъка (площта) и посока север “N” в радиани.

Исходни данни

- Площ – 14.18 дка.
- PE index – 53.5/yr
- I – 0.30 (loamy soils)
- K factor – 0.05
- L – 159.5 m.
- V – 0.01 (80-95% grass)

Месец	C (%)	WE	
		t/acr/месец	кг/м ² /месец
Януари	0.39	0.017	0.0042
Февруари	0.56	0.026	0.0064
Март	0.43	0.019	0.0047
Април	0.47	0.022	0.0054
Май	0.39	0.018	0.0044
Юни	0.18	0.008	0.0020
Юли	0.13	0.006	0.0014
Август	0.096	0.004	0.0010
Септември	0.096	0.004	0.0010
Октомври	0.11	0.005	0.0012
Ноември	0.24	0.011	0.0027
Декември	0.21	0.010	0.0025
ОБЩО		0.15	0.037

4.3. Оценка на общата ерозираност на рекултивационния почвен пласт

Оценката е извършена на база класификационните критерии за толеранс на почвена загуба, съгласно таблицата:

Толеранс на почвена загуба	
Ерозионен почвен клас	Потенциал на почвена загуба (tons/acre/year)
Много нисък	< 3
Нисък	3 – 5
Среден	5 – 10
Висок	10 – 15
Много висок	> 15

Въз основа на изчислената почвена загуба на единица площ за една година, рекултивираните повърхности на депото спадат към категорията „ерозионен потенциал със среден интензитет”.

Общинско депо	Ветрова ерозия (tons/acre/year)	Водна ерозия (tons/acre/year)	Обща ерозираност (tons/acre/year)	Ерозионен почвен клас
Тервел	0.15	6.18	6.33	среден

V. Концепция на техническото решение

5.1. Предепониране и локализиране на проектната площ за рекултивация

С предепонирането на отпадъците се цели локализиране на депото на по-малка площ. Основните дейности, които се изпълняват през строителния етап включват пробутване и събиране на съществуващите стари отпадъци в определената проектна зона от 14.2 дка.

Площта, която следва да се освободи от натрупаните стари отпадъци възлиза на 19.2 дка. Дейностите по предепониране на отпадъците се изпълняват с верижна машина на гъсеничен ход (булдозер) и челен товарач.

5.2. Планировка и оформяне на проектната площ за рекултивация

Преди полагането на горния изолиращ екран, повърхността на депонираните отпадъци следва да се подравни и уплътни до $\rho=1,0 \text{ t/m}^3$. През този етап, се задават основните наклони на откосите и билото на отпадъчното тяло, отнемане и скосяване на натрупаните (депонирани) стари отпадъци и подравняване на терена.

Откосите се изпълняват с проектни наклони 1:2.5 ($21^{\circ}48'$), докато билото е с наклон 5 % ($2^{\circ}52'$).

Отпадъците ще се профилират в посока от върха към основата на депото, като се спазва проектния наклон.

Уплътнителните работи се извършват върху билото и откритите откоси, като броят на преминаванията се определя в зависимост от типа на уплътняващата техника на опитен полигон с размери 10 m / 50 m.

Опитните работи се изпълняват в съответствие с *Правила за приемане на земни работи и земни съоръжения*. Уплътняването се извършва при оптимална влажност с допустими отклонения до $\pm 2\%$. При по-голяма влажност се изчаква изсъхване на основата, а при по-ниска се извършва овлажняване.

Опитните уплътнителни работи протичат в следната последователност: валиране с подходяща машина, като след 2, 4, 6, 8 и 10 преминаване на компактора (валяка) в следа от три профила (в началото, средата и края на опитния участък) се вземат по две проби. Пробите се изследват в акредитирана лаборатория по земна механика за определяне на максималната обемна плътност на скелета ρ_{ds} при оптимално водно съдържание.

За всеки два хода на компактора (валяка) чрез осредняване се получава един резултат за ρ_d и W . От резултатите се построява диаграма $\rho_d = f(n)$, където n – брой на ходовете. При $\rho_d = \rho_{ds}$ от диаграмата се отчита броят на ходовете, с които ще се извърши уплътняването.

Валирането се извършва при застъпване на следите 10 – 15 cm. При уплътняване на пластове, всеки следващ ход на уплътняващата машина започва след изпълнение на предшестващия ход на цялата уплътнявана повърхност.

Билото на депото се валира със самоходен валяк, докато откосите се уплътняват с окачен пневматичен валяк.

5.3. Полагане на газов дренаж

След достигане на проектната плътност на отпадъчното тяло от $\rho=1,0 \text{ t/m}^3$, се пристъпва към полагане на газовия дренаж. Съставен е от трошен камък (чакъл) 8/32 с максимална мощност 30 cm. Изпълнява се с верижна машина на гъсеничен ход или валяк по билото и откосите на депото.

5.4. Система за улавяне и отвеждане на биогаз

Предвид незначителния интензитет в съчетание с ниския енергиен потенциал на генерирания биогаз през пост-оперативния период на депото, проектирането на сложни системи за събиране и третиране на газовите емисии е нецелесъобразно.

При наличните оперативни условия са приложими т.нар. сорбционни системи. При тези системи се постига редуциране основно на неметановите органични съединения (NМОС) и в голяма степен CH_4 , чрез преминаване на газовия поток през филтърна среда. В практиката се използват сорбционни системи от активен въглен (сорбционни гранули) или компост/хумус (сорбционни касети).

Като най-подходящо и целесъобразно при конкретните условия е прието следното техническо решение, препоръчано от TASI (Германски стандарт за депа), намерило приложение в *Landfill Directive 99/31/EC* и широко използвано в страните членки на ЕС при аналогични случаи:

- Сорбционни касети (газови прозорци) за пасивна вертикална вентилация през $R = 30\text{m}$. със застъпване 10 %.

Представяват квадратни отвори инсталирани под наклон $\geq 5\%$, с размери 1,5 x 1,5 m, разположени през 30 m един от друг.

Сорбционните касети се изпълняват от цинкована ламарина или PVC. Инсталират се непосредствено след полагане на газовия дренаж, като височината им зависи от възприетия рекултивиращ пласт. В конкретния случай касетите са оразмерени със следните размери: 150/150/145 cm. Поставят се директно върху газовия дренажен пласт, като се спазва разстоянието между отделните газови касети да не бъде по – голямо от 30 m. Основният функционален елемент е активната зона – това е пространството запълнено с компост или хумус (биофилтър).

Технически характеристики на филтърната среда, съставена от компост/хумус (биофилтър) при пасивно газоотвеждане

- Съдържание на CH_4 в изходящия газов поток (емисии на биогаз) $< 0.1 \text{ m}^3/\text{m}^3$;
- Окисление на $\text{CH}_4 = 15 - 60 \text{ g/m}^3/\text{hr}$;
- Степен на редуциране на МОVC (CH_4) $> 75\%$;
- Степен на редуциране на NМОVC (одоранти) $= 97 - 99\%$.

Филтърна среда	Обемна плътност	Водно съдържание	Суха плътност	Капацитет на водно задържане
Компост от листна маса + 10% шредирани дървесни материали	634 kg/m ³	26.6 %	327 kg/m ³	49 %
Компост от ТБО + 10% шредирани дървесни материали	474 kg/m ³	19.4 %	283 kg/m ³	38 %
Компост от ТБО + 20% шредирани дървесни материали	468 kg/m ³	17.2 %	299 kg/m ³	32 %
Компост от листна маса	578 kg/m ³	19.7 %	284 kg/m ³	38 %

Филтърна среда	Порьозност	Съдържание на CH ₄ в изходящия газов поток	Повърхностен газов поток CH ₄	Степен на окисление на CH ₄
Компост от листна маса + 10% шредирани дървесни материали	64 %	0.3 m ³ /m ³	3.4 g/m ² /hr	75 %
Компост от ТБО + 10% шредирани дървесни материали	71 %	0.1 m ³ /m ³	3.3 g/m ² /hr	80 %
Компост от ТБО + 20% шредирани дървесни материали	73 %	1.0 m ³ /m ³	9.1 g/m ² /hr	30 %
Компост от листна маса	72 %	2.1 m ³ /m ³	20.8 g/m ² /hr	11.5 %

5.5. Полагане на изравнителен почвен пласт

Изравнителният (подложен) почвен пласт се изпълнява от глинести или глинесто-песъчливи почви (мъртваца) с максимална мощност на пласта 15 см по билото и откосите на депото.

Функцията на подложния почвен пласт е свързана с осигуряване на оптимални условия за полагане на основната изолационна единица в състава на горния изолиращ екран – GCL (геосинтетична бентонитова хидроизолация). Чрез подложния почвен пласт се предпазва GCL изолацията от механични повреди и инсталационни дефекти, причинени от остри или режещи ръбове на депонираните отпадъци.

5.6. Изпълнение на геосинтетична бентонитова хидроизолация (GCL)

След оформянето на изравнителния слой, следва полагането на бентонитовата хидроизолация. GCL представлява композитна структура, състояща се от слой гранулиран бентонит между два пласта геотекстил.

Технологията на инсталиране и специфичните изисквания се дава в специализирана инструкция на фирмата производител на съответния тип геосинтетична бентонитова хидроизолация.

5.7. Полагане на подхумусен и вегетационен почвен слой

Почвените пластове се полагат върху инсталираната хидроизолация. Състоят се от следните почвени типове:

- Вегетационен (повърхностен) почвен слой с ниско до средно съдържание на хумус $\geq 1 \%$;
- Подхумусен почвен слой с ниско съдържание на хумус $\geq 0.5 \%$.

Изпълняват се на пластове без допълнително уплътняване с верижна машина на гъсеничен ход. Горният (вегетационен) почвен слой се полага с максимална мощност 15 см, докато подхумусния пласт е с дебелина 85 см.

5.8. Система за улавяне и отвеждане на повърхностните води (околовръстни канавки)

За улавяне и отвеждане на повърхностните води извън отпадъчното тяло е предвидено изграждане на отводнителни околовръстни канавки, изпълнени в източната, западната и северна част на депото. Системата е съставена от една основна (северна) и две спомагателни канавки, разположени по контура на депото, с генерално направление, съответстващо на терения наклон.

Канавките се изпълняват от готови стоманобетонни модули (сегменти) тип ЕО – 1.5-100, с минимален наклон $I = 2.5 \%$.

VI. ОЦЕНКА НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА ПРОЕКТНОТО РЕШЕНИЕ

6.1. Прогноза и оценка на проекта

Ефективността на проектното решение се изразява в степента на редуциране и предотвратяване разпространението на замърсители в околната среда и възстановяване на нейните параметри. Отчитането на ефекта от предложеното проектно решение и постигнатите ползи се извършва чрез дългосрочна прогнозна оценка, базирана на състоянието на параметрите на околната среда, изменени в следствие от значително увреждане, причинено от нерегламентираното депониране и потенциала за възстановяване на средата.

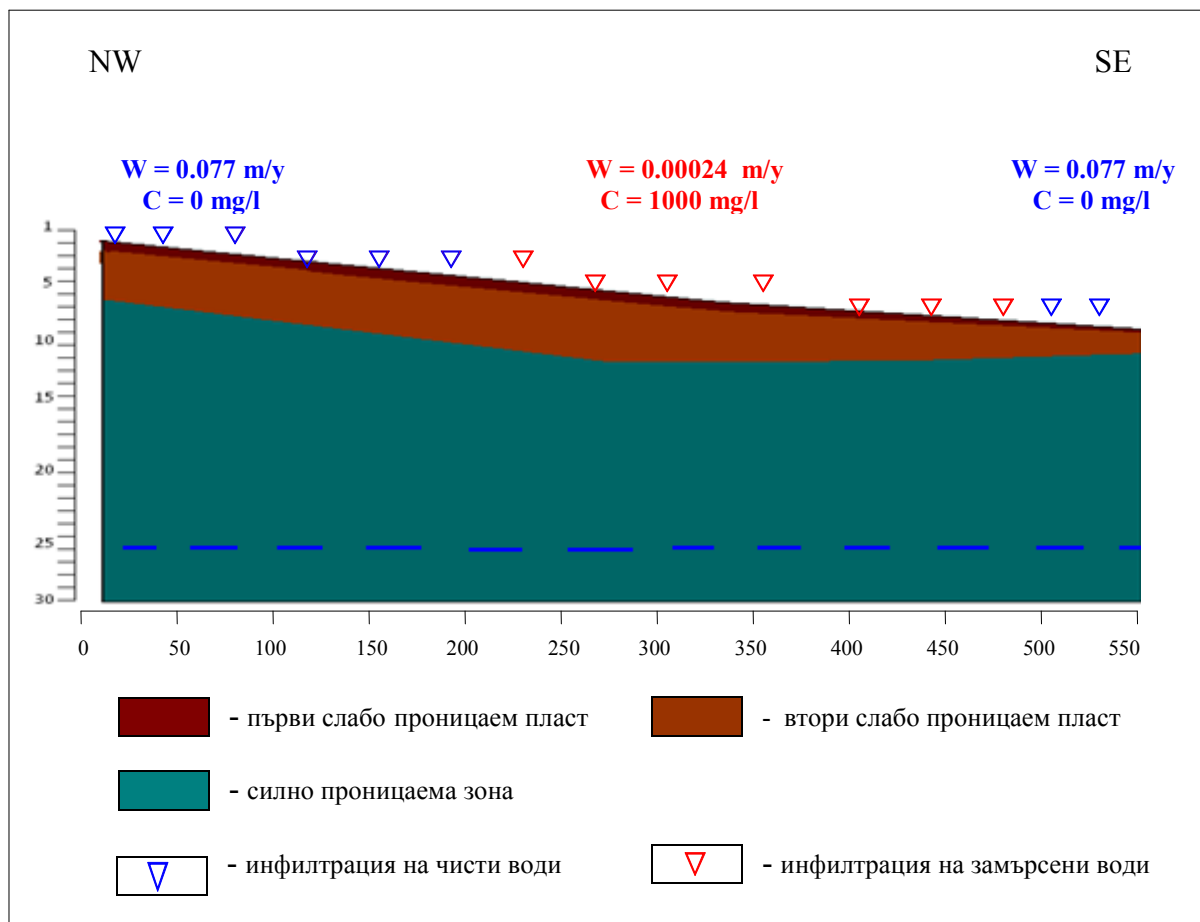
За оценка на ефективността на проекта е използван дисперсионен математически модел за разпространение на замърсителите в геоложката среда, аналогичен на представения в Част I „Оценка на риска. Проучване за саниране”.

Основната цел на математическия модел е да демонстрира миграцията на замърсителите в геоложката основа с помощта на специализираната софтуерна програма VS2DI (USGS).

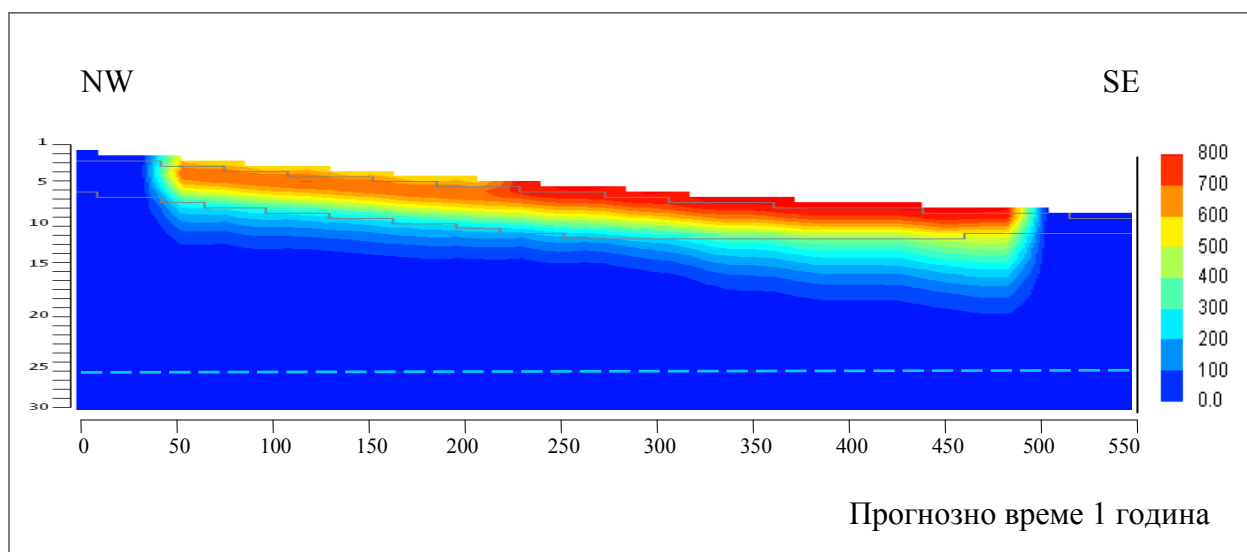
С разработения математически модел са симулирани измененията в граничните условия на средата, в следствие от приложените рехабилитационни мероприятия, предвидени с проектното решение за продължителен времеви период (70 г.).

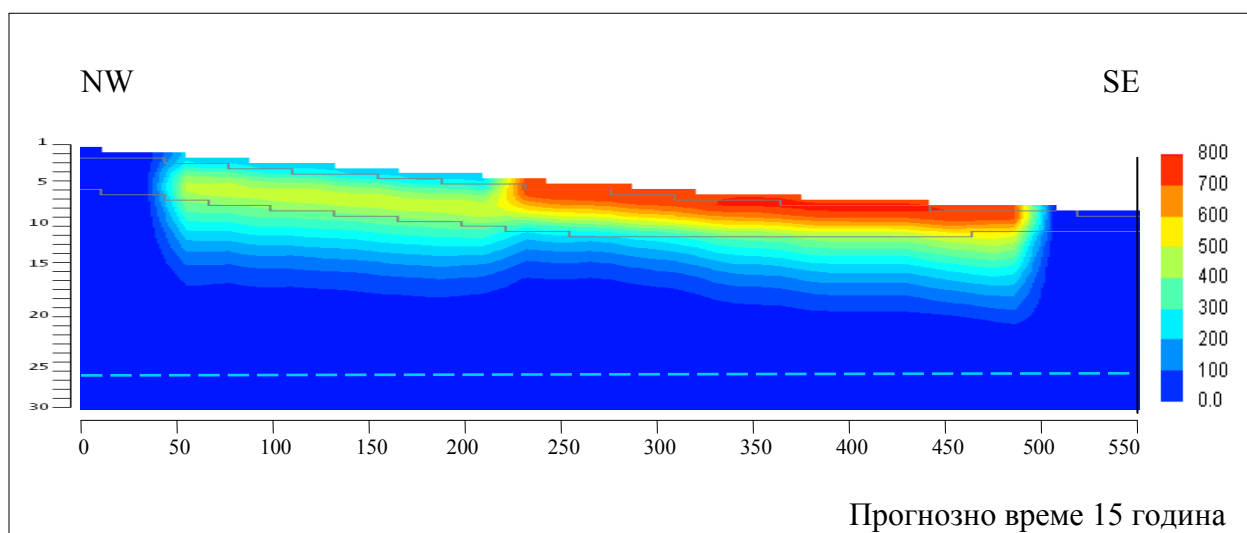
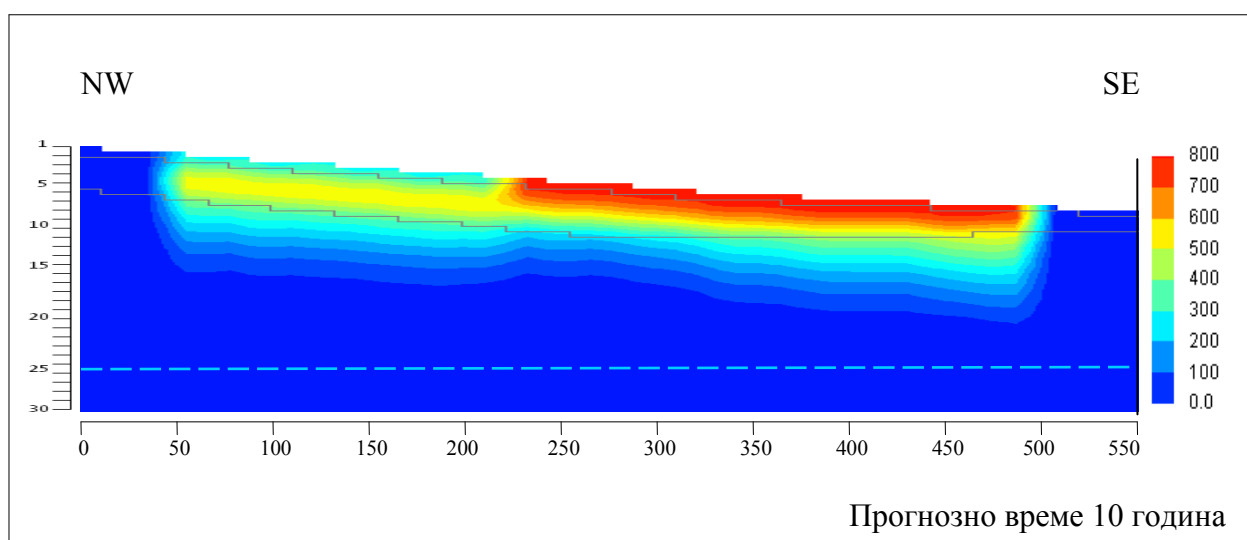
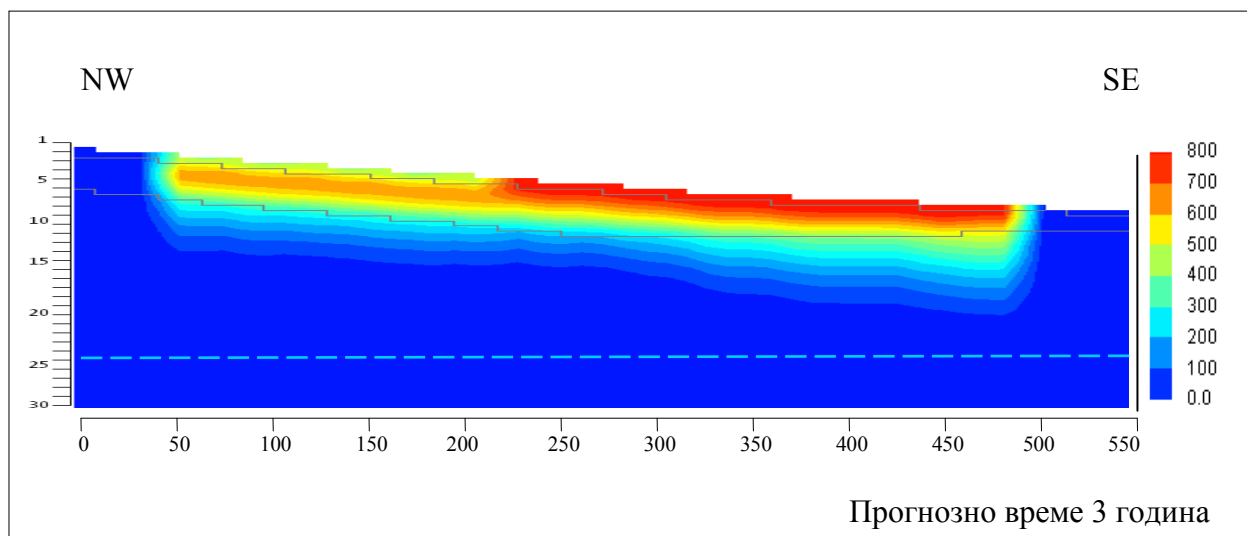
През разглеждания период от време е преустановен свободният достъп на повърхностни води до отпадъците и редуциране на инфилтрацията през отпадъчното тяло, както и формирането на инфилтрат, постъпващ в наситената зона (подземни води) под източника на въздействие.

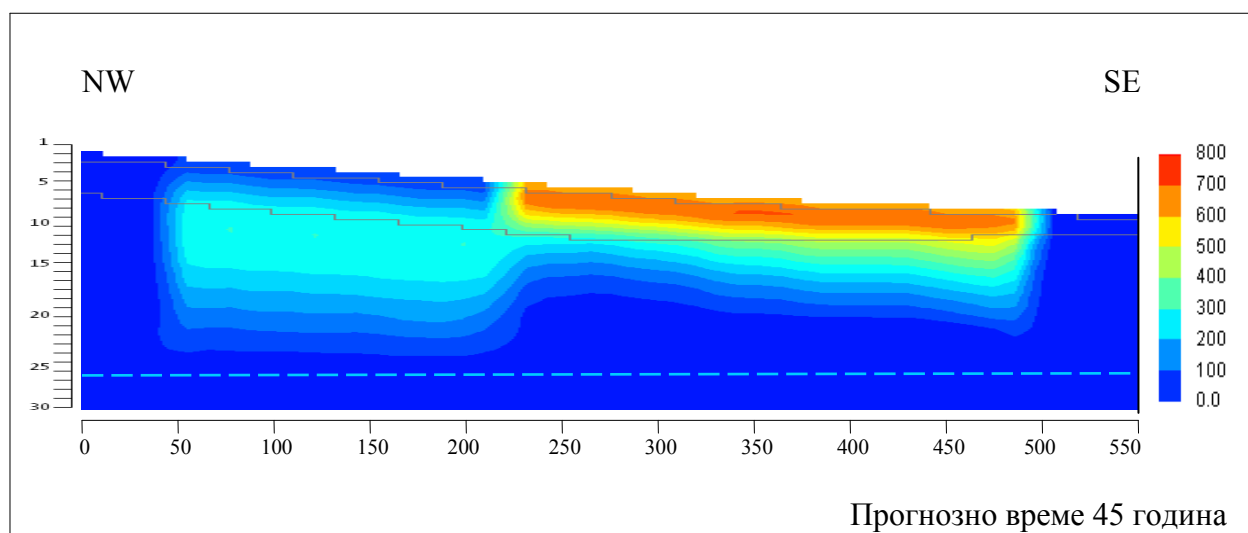
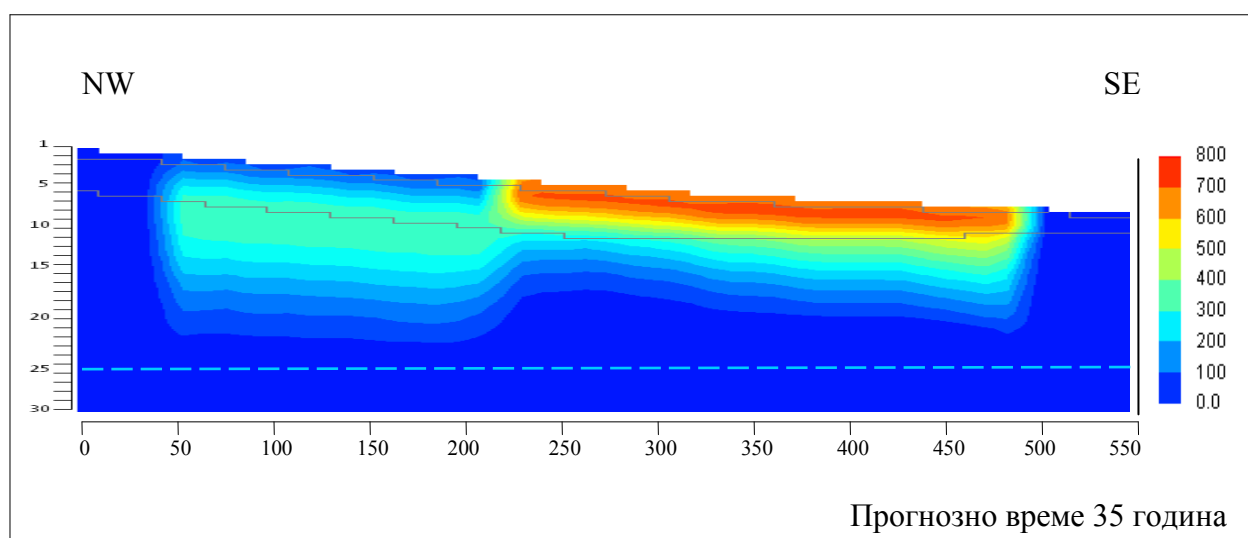
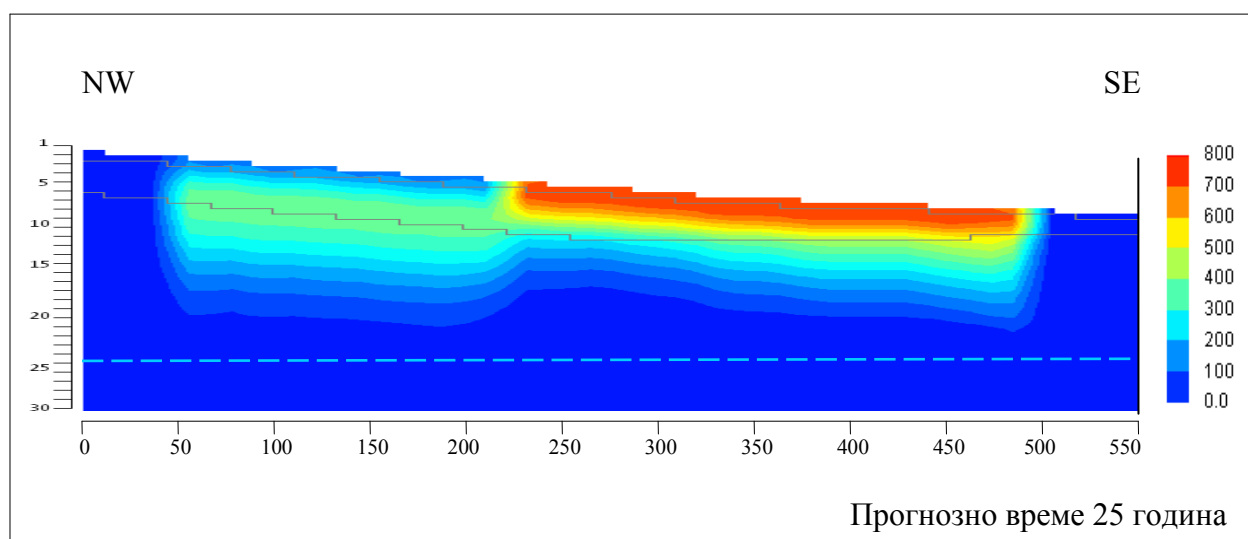
При тези начални и гранични условия, получените прогнозни резултати ще предоставят възможност за извършване на адекватна оценка за ефективността на предвиденото проектно решение и неговата екологосъобразност като цяло.

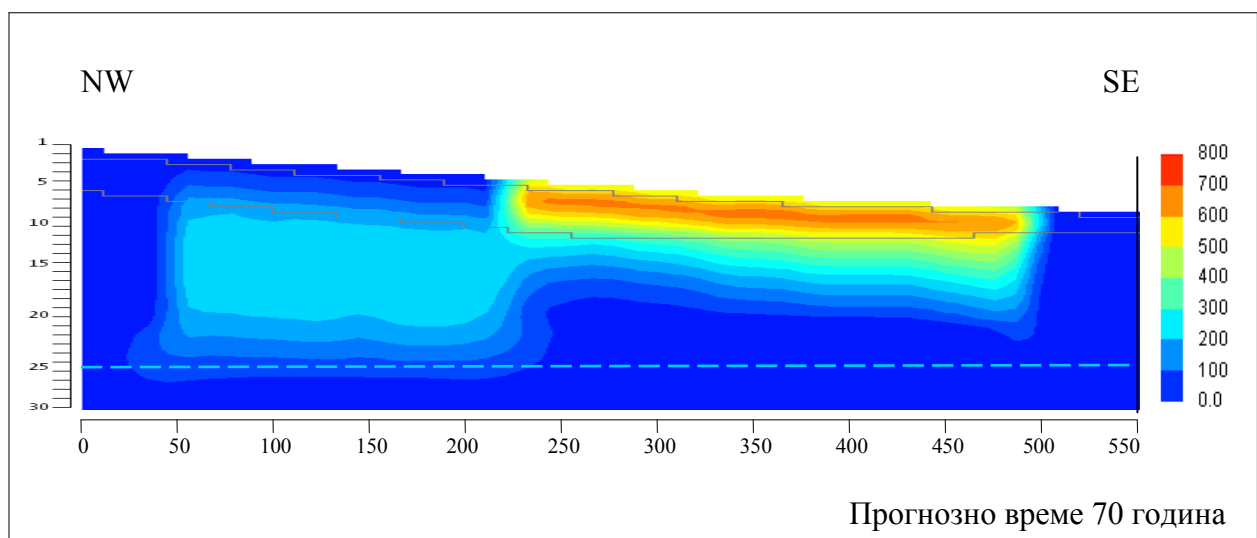
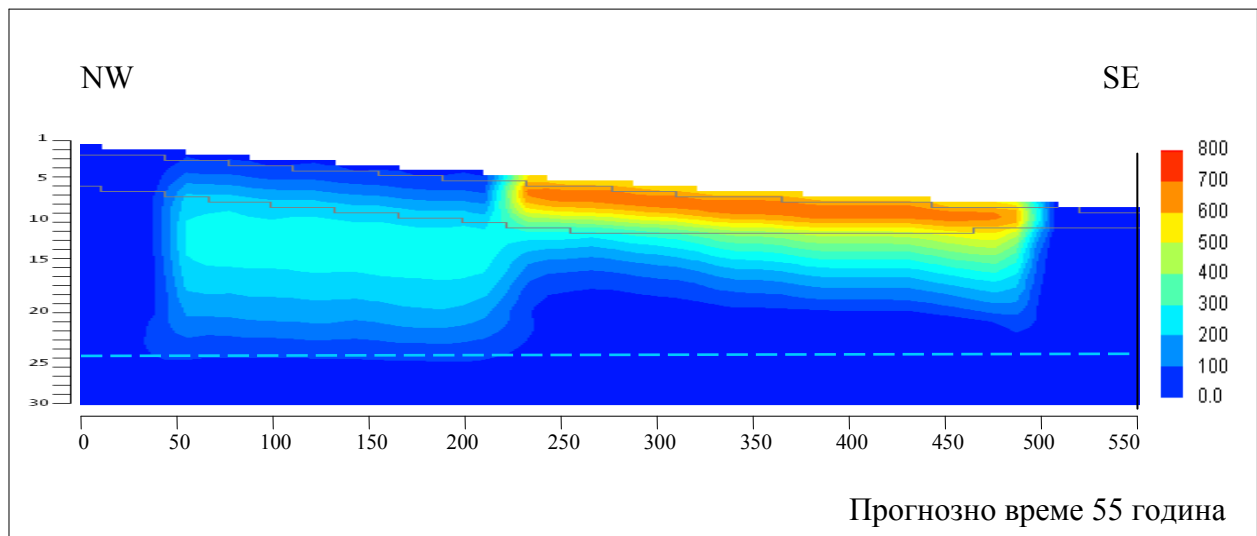


Фиг. 1. Граници на моделните зони и гранични условия









С изпълнението на проекта за цялостна рекултивация на „Общинско депо за неопасни отпадъци“, гр. Тервел се очаква да бъдат възстановени първоначалните характеристики на 33.4 дка, като се подобрят физикохимичните и индикаторни параметри на ландшафта.

Чрез предвидените с проекта мерки ще се постигне подобряване на състоянието на геоложката основа и подповърхностното пространство, увредени в най-голяма степен от досегашното неправилно депониране на отпадъците.

Прогнозните резултати (фигури) илюстрират настъпилите промени в концентрационното поле в условията на ограничен достъп на повърхностни (атмосферни) води до отпадъчното тяло и редуциране постъпването на замърсители в земната основа (продуциране на инфилтрат).

Очакваният благоприятен ефект се дължи основно на предотвратяване на инфилтрацията на повърхностни води през отпадъците, чрез проектирания горен изолационен екран и самопречиствателната способност на средата, в следствие на

просмукващите се незамърсени атмосферни води в зоната около замърсяването (депото) и тази с отстранени/предепонирани отпадъци.

Рехабилитираната зона ще се възстановява бавно и продължително. В края на симулацията, при прогнозно време 70 години, съдържанието на бързоподвижните йони в замърсената зона ще започне постепенно да намалява, но този процес ще протича различно в отделните части на площадката.

Прогнозните резултати показват, че след един по-дълъг период от време, подповърхностното пространство в зоната с отстранени/предепонирани отпадъци ще започне да се изчиства от подвижни и относително консервативни замърсители. Въпреки това, зоната под рекултивираното депо ще остане замърсен с доста широк спектър от по-слабо подвижни конвенционални и приоритетни замърсители (органични съединения, тежки метали и др.). Тяхното разпространение, обаче, не би прехвърлило очертаните с модела граници.

VII. План за мониторинг, контрол и следексплоатационни грижи

7.1. План за мониторинг и контрол

След закриването на депото следва да се извършва системен контрол на метеорологичните параметри, атмосферен въздух, газови емисии, инфилтрат, подземните води и топография на депото за период не по – кратък от 30 г., съгласно разработен *План за контрол и мониторинг*.

Планът трябва да включва, минимум следните параметри и честота на наблюдение:

Метеорологични наблюдения		
№	Показатели	След закриване на депото
1.	Количество валежи	ежедневно, добавено към месечните стойности
2.	Температура (минимална, максимална, в 14 ч. CET) ⁽¹⁾	средномесечно
3.	Посока и сила на вятъра	не се изисква
4.	Изпарения	ежедневно, добавено към месечните стойности
5.	Атмосферна влага (в 14 ч. CET) ⁽¹⁾	средномесечно

Забележка. (1) Измерването на параметрите се извършва в 14 ч. централноевропейско време (CET).

Емисионен мониторинг		
№	Показатели	След закриване на депото
1.	Обем на инфилтратата ⁽⁴⁾	на всеки 6 месеца
2.	Състав на инфилтратата ^{(1), (4)}	на всеки 6 месеца
3.	Обем и състав на повърхностните води ⁽³⁾	на всеки 6 месеца
4.	Потенциални газови емисии и атмосферно налягане (CH ₄ , CO ₂ , O ₂ , H ₂ S, H ₂ и др.) ⁽²⁾	на всеки 6 месеца

Забележки.

(1) Параметрите, които ще бъдат измервани, и веществата, които ще бъдат анализирани, се определят от състава на депонираните отпадъци и съгласно показателите в раздел 2 от приложение №1 от Наредба № 8.

(2) Измерванията по т. 4 са свързани главно с установяване на съдържанието на органични съставки в отпадъците.

(3) С разрешение на компетентните органи мониторинг на обема и състава на повърхностните води може да не се извършва в случаите, когато върху тях не се оказва съществено въздействие от депото за отпадъци.

(4) Мониторинг на обема и състава на инфилтратата се извършва само тогава, когато събирането на инфилтрат се изисква.

Емисионен мониторинг		
№	Показатели	След закриване на депото
1.	Ниво на подземните води	на всеки 6 месеца ⁽¹⁾
2.	Състав на подземните води	честотата се определя в зависимост от местоположението и спецификата на депото ⁽²⁾⁽³⁾

Забележки:

(1) При изразени колебания на нивото на подземните води честотата на измерванията трябва да бъде увеличена.

(2) Честотата на пробовземанията е в зависимост от скоростта на подземните води.

(3) При достигане на концентрации на индикаторните показатели, равни на прага на замърсяване, се извършват проверки чрез повторни пробовземания. В случай че повторните пробовземания потвърдят получените резултати, се изпълняват предвидените мерки в плана по чл. 39, т. 6 ЗУО.

Топография		
№	Показатели	След закриване на депото
1.	Поведение (слягания) на повърхността на тялото на депото	ежегодно, с установяване на настъпилите изменения

7.1.1. Програма за мониторинг и контрол

Обект: Общинско депо за неопасни отпадъци, гр. Тервел			
Обект за наблюдение	Честота на измерване	Контролируеми параметри	Мониторингови точки
Метеопараметри	ежедневно месечно	Количество валежи, изпарение Температура, влажност на въздуха	Най – близко разположената ХМС
Потенциал на газови емисии	на 6 месеца	CO ₂ , O ₃ , NO ₂ , CH ₄ , H ₂ S, Барометрично налягане	Газови кладенци (прозорци)
Подземни води	на 6 месеца	НПВ, pH, електропроводимост, обща твърдост, NH ₄ , Cl, NO ₂ , NO ₃ , PO ₄ , SO ₄ , F, CN, Pb, Hg,	Пиезометри (два референтни и един фонов)

		Cu, Ni, Cr, As, Mn, Cd, Zn.	
Топография	Ежегодно с установяване на настъпилите промени	Слягане	Реперни точки

7.2. Следексплоатационни грижи

Следексплоатационните грижи обхващат пълният набор от мерки, които е необходимо да бъдат предприети, с цел предотвратяване замърсяването на околната среда в следствие от прекратяване експлоатацията на депото, закриване и рекултивация.

Продължителността на следексплоатационните грижи е специфична за всяко депо, но срокът за наблюдение не може да бъде по-кратък от 30 г.

Предвиждат се процедури за предпазване на горния изолиращ екран (рекултивационна система) за дълъг период от време, срещу нарушения от населяващата го макро-флора и фауна, както и поддръжка на системите за контрол на околната среда. Залага се обширен мониторинг и програма за поддръжка.

7.2.1. Поддръжка на системите за контрол на околната среда

През периода на следексплоатационните грижи, операторът трябва да осигури ефективността на следните системи за контрол на замърсяването:

- Система за управление на газовите емисии от депото;
- Система за мониторинг на подземните води;
- Система за отвеждане на повърхностни води (охранителни канавки);
- Система за поддържане стабилитета на депото и установяване поведението на отпадъчното тяло.

7.2.2. Поддръжка на горния изолиращ екран

- Наблюдение и контрол на растителната покривка;
- Наблюдение и контрол на рекултивирания пласт;
- Наблюдение и контрол на населяващата рекултивирания пласт макро фауна. Мерките обхващат мониторинг на каламитетното размножаване на вредители (гризачи, насекоми), чрез проследяване на месечните бюлетини, издавани от съответната Регионална служба за прогноза и сигнализация.

VIII. Контрол при изпълнение на проекта

При изпълнение на проекта следва да се съблюдават мерките за намаляване на негативните въздействия върху околната среда и човешкото здраве, произтичащи от:

1. Влиянието на строителната механизация;
2. Третиране на отпадъците;
3. Земни работи и източници на материали.

Мерките, които трябва да бъдат изпълнени за смекчаване на въздействието през строителния период следва да бъдат съобразени с екологичните изисквания и включват:

8.1. Атмосферен въздух

- Организиране при сухо време на периодично почистване и навлажняване на пътните връзки и откритите площадки на обекта;
- Транспортирането на материалите без разпрашаване (с покривала);
- Работа с технически изправни и регулирани ДВГ на строителните машини;
- Използване на подходящи пътища за достъп до обекта, съгласувано с местните власти.

8.2. Почви и геоложка среда

- Съхраняване на хумусния слой съобразно изискванията на *Наредба № 26*;
- Работа само в определената площадка на обекта без да се засягат съседни терени;
- Използване на подходящите излишни земни маси за вертикална планировка в близост до обекта, съгласувано с инвеститора;
- Определяне в строителния ситуационен план на обекта, места за домукване и зареждане с ГСМ на строителната техника, които да са покрити с трайна настилка и бордове, препятстващи изтичането на аварийни разливи извън границите на площадката;
- Недопускане съхраняването на нефтопродукти (ГСМ) и извършването на ремонтни и поддържащи работи (напр. смяна на масла) на строителната техника на обекта;
- Периодично почистване на работната площадка и пътните подходи;
- Недопускане на разливи на горива и други смазочни материали.
- Използване само на регламентирани кариери за строителни материали;
- Добитите отпадъчни материали и строителни отпадъци се събират на обекта на места, предварително съгласувани с Възложителя.
- Доставка и съхранението на необходимите материали се изпълнява по график на предварително определени от Възложителя места на обекта;

8.3. Вредни физични фактори

- Осигуряване на интервал от 20 минути между преминаването на строителни машини през населените места за транспорт на материали.

8.4. Отпадъци

- Смесени битови отпадъци следва да се събират в специализирани съдове и периодично да се извозват.

IX. Оценка за съответствие на материалите

Материалите и изделията, влагани при изграждане на изолационния екран, трябва да удовлетворяват изискванията за безопасност, определени с нормативните актове, техническите спецификации и утвърдените методики за тяхното изпитване.

9.1. Минерален екран

Влаганите материали в минералния запечатващ пласт трябва да осигуряват състав, физични характеристики и състояние на отделните слоеве, както следва:

- стабилна зърнометрична крива, определена по БДС 2762, която да остава в

границите на проектния диапазон;

- съдържание на глинести частици с размери на зърната $< 0,002 \text{ mm}$ – не по-малко от 20 тегловни %;
- съдържание на органични примеси по БДС 11302 - не повече от 5 тегловни %, и на водоразтворими соли – не повече от 2%;
- съдържание на плаващи чакълени зърна с диаметър от 2 до 10 mm – не повече от 10 тегловни %;
- водно съдържание, определено по БДС 3214, БДС 17146 или друг еквивалентен метод – равно на оптималното, с допустимо отклонение не повече от $\pm 2 \%$;
- плътност $\rho_n = D_{pr} \times \rho_{d,s}$, където $\rho_{d,s}$ е стандартната плътност, определена лабораторно по БДС 3214, БДС 17146 или друг еквивалентен метод; D_{pr} е коефициентът на уплътняване съгласно предвижданията на проекта, но не по-малък от 0,95.

В случаите, когато се предвижда използване на бентонитови хидроизолации (GCL's) самостоятелно или в комбинация с минералния запечатващ пласт, се спазват следните изисквания:

- съдържание на бентонит (определено при водно съдържание на бентонита $\leq 15 \%$) с допустимо отклонение $\pm 5 \%$:
 - депа за неопасни отпадъци $\geq 4,5 \text{ kg/m}^2$;
 - депа за опасни отпадъци $\geq 5,0 \text{ kg/m}^2$.
- коефициент на филтрация $\leq 5 \times 10^{-11}$ м/сек с допустимо отклонение $\pm 10 \%$;
- якост на разлепване (отделяне на двата външни слоя) $\geq 60 \text{ N}$; допустимо отклонение $\pm 10 \%$;
- стареене при атмосферни условия – материалът трябва да се покрие в рамките на един ден след полагането му.

При полагане на минералния запечатващ пласт се извършва текущо наблюдение и контрол на предписаните с проекта технология на полагане, коефициент на уплътняване и качествени показатели на влаганите материали.

9.2. Дренаж

Дренажните пластове трябва да бъдат съставени от:

- промита баластра $\geq 0.50 \text{ m}$. – площен дренаж;
- трошен камък (чакъл) $\geq 0.30 \text{ m}$ – газов дренаж.

Дренажните пластове са със зърнометричен състав, осигуряващ коефициент на филтрация $\geq 1.0\text{E-}3 \text{ m/s}$, които се поддържат стабилни при дълготрайна експлоатация на депото.

9.3. Почви

Подхумусният пласт трябва да отговаря на следните критерии:

- съдържание на хумус – равно или по-голямо от 0.5% (или със съдържание на органичен въглерод равно или по-голямо от 0.3%), определено в средна проба (Наредба № 26, ДВ бр.89/22.10.1996г.);
- нормите за допустимо съдържание на тежки метали и металоиди в зависимост от активната реакция на почвата (рН) във водна суспензия да отговарят на

посочените в таблицата:

Табл. 9.3-1.

рН на почвата във водна суспензия (1:2.5)	Елементи		
	Pb	Cu	Zn
3.5	<20	<15	<20
4.0	<25	<20	<30
4.5	<30	<25	<40
5.0	<40	<40	<60
5.5	<50	<60	<90
5.7	<60	<80	<110
6.0	<70	<120	<200
6.2	<75	<130	<300
6.5	<80	<250	<320
7.0	<80	<260	<340
7.5	<80	<270	<360
8.0	<80	<280	<370

- нормата за допустимо остатъчно съдържание на хербицида атразин е 0.1 мг на 1 кг почва, а на симазин - 0.2 мг на 1 кг почва след изтичане на употребата им;
- радиоактивност - до 10 г/тон;
- общо количество соли - до 0.3 %;
- механичният състав да е 30-50 % физична величина.

Изискванията към качествата на хумуса са следните:

- съдържание на хумус, равно или по-голямо от 1 % или със съдържание на органичен въглерод, равно или по-голямо от 0.6 %, определено в средна проба (Наредба № 26, ДВ бр.89/22.10.1996г);
- да отговаря на изискванията за съдържание на Pb, Cu, Zn, допустима радиоактивност, общо количество соли упоменати при подхумусния слой.

9.4. Филтърна среда (биофилтър) за газоотвеждащата система

Препоръчителните критерии, на които трябва да отговаря филтърната среда от компост/хумус (биофилтър):

Табл. 9.4-1.

Изискване	Параметър
Високо съдържание на хранителни и органични вещества	TOC > 8% (суха маса); C/N ~ 15.
Зрялост и стабилизираност на органичната материя	Биологична необходимост от O ₂ за 7 дни: ≤ 8 mg O ₂ /g суха маса.
Азотно съдържание	NH ₄ < 350 ppm (суха маса);

	NO2 – не се допуска.
Порьозност	Съдържание на плътни материали, като дървесни стърготини 5 – 15 % (суха маса)
Капацитет на водно задържане	> 80 %

9.5. Специфични изисквания към изолационния екран през етапа на строителство и реализация

Предвидените мерки през строителния период е необходимо да бъдат в съответствие със специфичните технически параметри, нормативните стандарти и най-добрите налични техники, валидни за сектора.

Горният изолиращ екран трябва да бъде изградена в съответствие с проектната спецификация. За доказване на целостта на системата се изисква План за качество и сигурност на строителството (CQA).

CQA Планът осигурява:

- строителните материали в съответствие с проектната спецификация
- строителните методи за постигане на съответната водонепропускливост и дебелина на изолационната система;
- целостта на използваната хидроизолация (GCL).

Задължително се провеждат независими тестове за съответствие с Construction Quality Controls (CQC).

X. ТЕХНИЧЕСКА БЕЗОПАСТНОСТ И ХИГИЕНА НА ТРУДА

10.1. Общи положения

При реализирането на проекта следва да бъдат спазвани изискванията на *Наредба № 7 за минимални изисквания за здравословни и безопасни условия на труд на работните места и при използване на работното оборудване, 1998 г.*

10.2. Безопасност на труда

Всички машини и съоръжения, с които работи обслужващият персонал трябва да бъдат обезопасени с цел недопускане на травми и злополуки при изпълнението на проекта. За тази цел, следва да се извършат всички предварителни единични и комплексни проверки на технологичното оборудване, удостоверени с протоколи.

Да се извършва задължителен инструктаж на целия обслужващ персонал по безопасност на труда. При назначаване на нови работници следва да се извършва индивидуален инструктаж по Безопасност на труда.

Стриктно да се спазват изискванията за осигуряване на наклоните на откосите за недопускане на опасни свличания, както и предпазване на персонала и техниката от нежелани пропадания.

За всеки възникнал случай, свързан с евентуална опасност за живота на персонала или за състоянието на оборудването (техниката), незабавно следва да се уведомят съответните ръководни и контролни органи.

При спазване безопасните условия на труд е необходимо да се обърне внимание на:

- Организацията на движение на специализирания транспорт в района на площадката;
- Начина на безопасно товарене и разтоварване на материалите;
- Начина за безопасна работа на уплътняващата техника;
- Обезпечаване на персонала с работно и специално облекло;
- Снабдяване на обекта с необходимите противопожарни средства.

10.3. Техническа безопасност при работа с булдозер

Преди започване на работа се прави задължителен преглед на основните възли и системи на булдозера, като се отстраняват неизправностите. Специално внимание се отделя на състоянието на спирачната система, осветлението и хидравличната система. Приемането и предаването на смените се извършва в присъствието на двамата булдозеристи.

Забранява се подгряването на двигателя с открит огън при пускането му. Преди включване на двигателя, задължително се проверяват всички лостове за управление да са в положение изключено или да е включена ръчна спирачка.

Преди потегляне на машината, булдозериста е длъжен да подаде предупредителни звукови сигнали.

Не се допуска по време на работа, булдозера да се оставя без надзор с работещ двигател, да престоява продължително време с вдигнато гребло и да се качват хора върху носещата рама.

Движението на булдозера по наклон да не надвишава посочените параметри от допустимите в техническия паспорт на машината.

След приключване на работа, булдозера се изтегля от терена на безопасно разстояние, да бъде със спусната гребло и загасен двигател.

10.4. Техническа безопасност при работа с багер

Преди започване на работа се прави задължителен преглед на основните възли на багера, като се отстраняват неизправностите. Специално внимание се отделя на състоянието на спирачната система, осветлението и хидравличната система.

Приемането и предаването на смените се извършва в присъствието на двамата багеристи, като всички забелязани неизправности се записват в специален багерен дневник.

След приключване на работа, багера се изтегля от откоса на безопасно разстояние, да бъде със спусната кофа и загасен двигател.

При започване на нова операция, багериста задължително подава звуков сигнал. Забранява се присъствието на хора в обсега на стрелата на багера.

При движението по хоризонтален път и нагоре, водещата ос трябва да се намира отзад, а при спускане отпред.

Забранява се движението и работата на багера по наклони по – големи от допустимите в техническия му паспорт.

10.5. Техническа безопасност при работа със самосвали

Работа със самосвала се започва само след като се установи изправността му, особено внимание се обръща на спирачките, светлините и звуковите сигнали.

Движението се осъществява само по установени и подготвени пътища с допустима скорост за дадения участък. Забранява се возенето на хора в коша на самосвала и движението му с вдигнат кош.

При разтоварване на самосвала в близост да няма хора.

След приключване на работа, самосвалите да се гарират на определените за това места. Всеки самосвал да бъде оборудван с пожарогасител и аптечка.

10.6. Хигиена на труда

При назначаване на персонала е необходимо да се извършат предварителни медицински прегледи за установяване състоянието на заболяванията и възможността за прерастването им в професионални, в следствие специфичните условия на труд и работната среда в района на площадката. В тази връзка следва да се избягва назначаването на лица, страдащи от хронични заболявания на дихателната система, алергии, вибрационна болест и др., конкретизирани от специалист по трудова медицина.

Необходимо е да се направят измервания на факторите на работната среда, удостоверени с протоколи.

На обекта задължително следва да се заведе санитарен журнал, който да бъде на разположение на контролните органи при поискване.