

**ПОВТОРНО ИЗПОЛЗВАНЕ НА  
РЕКУЛТИВИРАНИ ОБЕКТИ****7.1. Въведение – повторно използване на рекултивираните обекти като част от стратегията за управление на откритите сметища след затваряне**

Рекултивацията на откритите сметища е сложен процес, както в технически, така и в биологичен аспект. Не по-малко сложно е и неутрализирането на вредните въздействия върху околната среда и нежеланите ефекти, които могат да се проявят дълго след тяхното затваряне и рекултивация. Все пак тези отрицателни въздействия могат да бъдат смекчени и сведени до минимум, ако процесът по рекултивация бъде планиран и изпълнен добре, включително и да не се изпуска от внимание необходимостта на дългосрочни грижи за откритите сметища. Подходите и средствата за ефективна експлоатация след затваряне зависят от създаването и въвеждането в действие на адекватна стратегия за последващи грижи, която допълнително ще намали потенциалните неблагоприятни последици от рекултивираното открито сметище. Подобна стратегия трябва да предвижда концептуален план за повторно използване на рекултивираните обекти и съответните грижи. Тя трябва да бъде създадена още по време на проектирането и ранните етапи на експлоатация в рекултивационния процес. Планът трябва да съдържа възможности за последващо използване на рекултивирания обект. Обичайно той включва:

- Възможно последващо използване на рекултивираното открито сметище, както и използването на земята в района около площадката в текущия момент и в бъдеще;
- Всички технически и експлоатационни изисквания, които гарантират правилното закриване, за да отговарят на предвидената следваща употреба, включително и материалите, които ще се прилагат;

- Състоянието на ландшафта преди и след това;
- Изграждане на нови инсталации или запазване на съществуващите за извършване на дейности по мониторинг/контрол на околната среда.

Дейностите по рекултивация на откритото сметище включват закриване и възстановяване на растителността в съответствие с местните регулационни изисквания, последвано от инсталиране и по-нататъшна поддръжка или подмяна на съществуващи системи за събиране на газ, както и разрушаване на всяка инфраструктура, която вече не е необходима. Тези дейности са полезни както за околната среда, така и за общественото здраве и управлението, особено сега, когато обществата прилагат политики, мерки и действия за възстановяване след COVID-19.

Основните предимства са:

- Намаляване на образуването на инфилтрати, замърсяването на подземните и повърхностните води, замърсяването на почвата;
- Ограничаване на замърсяването на въздуха в следствие на черния дим от изгарянето, както и намаляване на негативните климатични въздействия от него и метана;
- Минимизиране на инвазивните миризми, вредителите и разпространението на болести, включително векторните трансмисии;
- Минимизиране на риска от проблеми със здравето и безопасността на хората, поради достъпа на събирачи на отпадъци до откритото сметище, от където ще дойде минимизиране на разходите за обществено здравеопазване;
- Събирането и пречистването на газовете, особено през най-силния производствен период на сметището;
- Минимизиране на разходите, свързани с предполагаема загуба на питейна вода и други ресурси, разходи по опазване ценността на земята и по почистване;

- Възстановяване на разходите, направени в периода след затваряне на рекултивираното открито сметище.

При планирането на последващото използване на рекултивирано открито сметище трябва да се вземат предвид няколко важни фактора: местоположението му, нуждите на обществото на местно ниво и заобикалящата откритото сметище земя, естеството на рекултивационните дейности по отношение на по-нататъшното използване на земята. Всички тези фактори определят допустимите граници и определят дейностите/структурите, които да се извършват/строят на рекултивирания обект (Grudziecki and Vuachoom, 2016). В този ред на мисли трябва да се проведат консултации и с органите, които отговарят за планирането и регулацията, тъй като последващото използване на рекултивирания обект трябва да отговаря на местните/регионалните стратегически планове за развитие и предвидените начини на използване на земята.

Рекултивираният обект не трябва да бъде изолиран; той трябва да отговаря на своята топографска и еко-среда и трябва да се разглежда като вариант за проектиране, а не като изолирано парче земя (Jenkins, 2016). Всички предложения за последващо използване на закритото сметище трябва да бъдат достатъчно гъвкави, за да гарантират бъдеща устойчивост при използването му, независимо от промените в общественото планиране или нагласите в дългосрочна перспектива. Освен това трябва да се предвидят редовни прегледи и (ако е необходимо) актуализации на възможностите за последваща употреба, тъй като това е добър подход за осигуряване на съгласуваност между рекултивационните дейности и очакванията на хората след използване на обекта. Понастоящем се очертава иновативна концепция, която разглежда не само просто проектиране на място за събиране на отпадъци, а по-скоро планирането на желаните от общността пространства и структури, свързани с мястото на бившето сметище след неговото закриване. Имайки предвид потенциалната последваща употреба, е нужно да се извършат правилни операции по подравняване на крайния профил на терена. Например, земните форми, които включват склонове, не са подходящи за създаване на паркове и други публични зони за отдых на открито (Artuso and Cossu, 2018). Най-популярната последваща употреба на рекултивирани открити сметища е свързана с рекреационни (вкл. спортни съоръжения, обществени открити пространства, естествени местообитания), селскостопански (отглеждане на култури, пасища, за

оползотворяване на енергия) и специализирани строителни дейности (фиг. 7.1.).). Когато се планира следваща експлоатация, трябва да се вземе предвид, че земята под рехабилитираното открито сметище е замърсена и всякакъв вид застрояване върху нея (включително и земята около обекта) трябва да бъде оценено от съответните органи за опазване на околната среда. Освен това всяко бъдещо развитие трябва да се планира след задълбочена оценка на риска при изграждане на затворени обекти (например рискове от газови емисии, вредното въздействие върху водоснабдяването и т.н.) и след потвърждение, че тази земя вече не представляват риск.



Фигура 7.1. Най-често срещаните последващи употреби на рехабилитирани сметища.

Когато става въпрос за потенциалните крайни потребители на затворени съоръжения след обезвреждането на твърдите битови отпадъци (ТБО), ангажираните с последващото използване на рекултивираното съоръжение – от собственици, до служители на местната власт и плановници на общността – трябва да вземат предвид споменатите възможности. Трябва да се вземе решение за най-подходящото крайно използване на рекултивирания обект по отношение на ландшафта, устойчивостта на околната среда и общественото споразумение (Artuso and Cossu, 2018a). Ползите за обществото и околната среда от гореспоменатите мерки са обобщени на фиг. 2. Всички те могат да представляват активи за местната общност по различни начини (вижте раздели 7.2 до 7.4 по-долу). Тези активи могат да допринесат както преки ползи за обществото (нови земни площи, местообитания на диви

животни, търговски цели и т.н.), така и ползи, свързани с непряко въздействие (възстановяване на енергия и материали).

## **7.2. Рекреационна употреба на рекултивирани депа за отпадъци**

Възможността за рекреационно използване и експлоатация на рекултивираните обекти дава добра перспектива на обществото, да подобри местата за обществени развлекателни дейности и по този начин косвено да доведе до повишаване на стойността на имотите в околностите на обекта. Използването на подобни места за развлечение всъщност е най-честата планирана употреба на закритите сметища. Особено, когато рекултивираният обект е разположен в близост до гъстонаселени градски зони. Създаването на обществено пространство за отдих, което предлага зелени площи, подходящи за естествени писти или спортни дейности на открито, е голямо предимство, тъй като подобрява благосъстоянието и здравето на обществото. Освен това, този вид употреба допринася за възстановяването на националните местообитания, подпомагане на поддържането на местната дива природа за наблюдение и изследване. Дейностите за отдих се различават не само по своя характер, но и по своята сложност: те варират от обикновено открито пространство до силно структурирани многокомпонентни съоръжения. Различните варианти зависят и от степента на възстановяване на ландшафта, и от изискванията на общността по отношение на характера на дейностите. Следователно рекултивираният обект може да предложи няколко начина за употреба за развлечения и отдих. В тази връзка, при определяне на най-подходящото използване за развлечение, трябва да се вземат предвид различните възможности и да се намери баланса между предимствата и недостатъците. И двата критерия са отчетени в подраздели 7.2.1 до 7.2.4.



Фигура 7.2. Възможности за последващо използване на рекултивирани обекти.

### 7.2.1. Създаване на резервати / местообитание

Създаването на резерват/естествено обитание в природата върху рекултивирана земна площ осигурява повече предимства в сравнение със затревяването или засаждането на монокултури (повече или по-малко стандартна рекултивационна практика). За такова решение трябва да се вземат предвид различните особености на растителните видове при озеленяването. За да бъдат успешно постигнати целите по облагородяване на цялостна покривна система е важно да се минимизира проникването на течности в подлежащите

отпадъци. Условието в новосъздадените резервати за развлекателни дейности на открито, трябва да бъдат колкото е възможно по-близки до естествените.

Изборът на растителност трябва да отговаря на следните изисквания:

- Да може да се адаптира към конкретните условия на околната среда;
- Видовете е добре да са местни и/или устойчиви на суша;
- Да имат ограничени нужди от косене;
- Да имат намалени нужди от тор;
- Да позволяват надлежен контрол и поддръжка: лесна инспекция и отстраняване на появяващите се плевели/инвазивни растения.

Този подход не само допринася за доближаване до естествения облик на местообитанието на дивата природа, но също така дава възможност за по-добро управление на оперативните разходи за поддържане на растителната покривка (Simmons, 1999).

Преди започване на дейностите по създаване на природни местообитания, трябва да се извърши специално проучване, чиято цел е да събере полезна предварителна информация за обитаващите растителни видове в рекултивираната зона и околностите и доминиращите условия в даденото естествено местообитание. Въз основа на резултатите от проучването изграждането на естествено местообитание може да се организира чрез следните подходи (Simmons, 1999):

- Естествена регенерация: с минимална намеса на хората, ако изобщо има нужда от такава;
- Човешката намеса по време на естественото развитие и за целите на поддръжката на новосъздаденото естествено местообитание (оформяне на растителност, общо озеленяване), да бъде сведена до минимум;

- Възстановяването на основните характеристики на естествените местообитания и тяхното поддържане във времето, да отговаря на очакваните от хората резултати.

Какъвто и подход, за създаване на природното местообитание, да бъде избран, първостепенна задача, на хората, които се занимават с това, трябва да бъде грижата за целостта и интеграцията на растителната покривка, опазването на инфраструктурата на обекта и задоволяването на желанията на крайните потребители. Това е сложен проблем, но за неговото решение има различни варианти. Един от тях е, елементите на системата за затваряне на откритото сметище да бъдат проектирани по начин, който зачита дивата природа. За тази цел е не просто полезно, а необходимо подробно проучване преди застрояването, тъй като неговите данни могат да представят информация за възможни отрицателни взаимодействия между естествената флора и фауна и инфраструктурата на обекта (напр. оценка на рисковете от щети, касаещи различните видове диви животни, които ще обитават покривката система и инфраструктура).

### **7.2.2. Паркове и спортни съоръжения**

Предимството на парковете и спортните площадки пред развлекателни съоръжения, които включват сгради е, че са отворени, тъй като откритите пространства не са застрашени от натрупване на газове, които представляват основна опасност в съоръженията на закрито. Що се отнася до управлението на водите, дейностите в откритите зони за отдих не нарушават стандартите за затваряне на открити сметища.

А именно, отточната вода бива отвеждана, а образуването на водни басейни може да се избегне чрез внимателното подбиране на естествени условия за управление на водния поток. Като цяло в откритите места за отдих не се предвиждат сгради. Възможно е обаче да има електрически съоръжения (най-вече осветление), като места за пикник, пътеки, пейки, места за наблюдение, павилиони и др. Когато откритото пространство за отдих се намира в близост до урбанизирана зона, трябва да се вземат предпазни мерки за защита на системата за покриване и свързаната с нея инфраструктура. Тези мерки най-често включват поставяне на знаци, които обозначават забраната за някои дейности или такива, които изискват повишено внимание.



В случаите, когато развлекателните дейности, предполагат участието на много потребители, трябва да се предвидят и някои сгради – административни, складови помещения, тоалетни и др., които изискват електрическо захранване. Препоръчително е такива строителни съоръжения да бъдат разположени извън пределите на рекултивирания обект. Въпреки това, ефективното използване за отдых може да изисква позициониране на някои строителни сгради точно над обекта. В този случай към основите на тези сгради и към техните спомагателни елементи (пейки, павилиони, детски площадки) се поставят изисквания за допълнително количество почва и стабилизатори на съществуващата основа. Необходим е и подходящ контрол на течния газ, за да се избегнат предполагаеми експлозии.

Едно от най-често срещаните приложения на рекултивирания обекти са голф игрищата. Въпреки че голф игрището изисква относително голяма площ (около 700 000 m<sup>2</sup>) (Golf, 2013), то се счита за добра инвестиция и потенциален генератор на нетни приходи (Wallace, 2000). Най-скъпата част при изграждането на голф игрище върху рекултивирана площадка е голямото количество почва, която трябва да бъде преместена и положена, за да се оформят идеалните условия за голф. Ето защо хората, които се занимават с последващо използване на рекултивирани обекти, трябва да вземат предвид спецификата при изграждането на голф игрище и да я интегрират в своите планове за предварително застрояване на рекултивирания обекти след употреба.

При проектирането на голф игрище трябва да се внедри система за събиране на течния газ с перспектива да работи дълъг период от време. Тази система трябва да отговаря както на техническите характеристики на устройството за събиране на газ, така и на естетическите нужди на голф игрището.

Предполагаемото място за изграждане на голф игрището трябва да бъде оценено по отношение на спецификата на съоръжението, за да се осигурят правилните наклони на игралната повърхност, които са важни за правилата на играта и да се избегнат всякакви земни слягания, които могат да доведат до образуването на езерца или да се оформят неблагоприятни наклони, които ще окажат отрицателен ефект върху цялостния изглед на игрището.

Специфична особеност на голф игрището, която го отличава от другите развлекателни зони, е изискванията за напояване. Като се има предвид, че основната цел на системите за покриване на сметището е минимизирането на проникването на вода в тялото на съоръжението, на планирането, проектирането и функционирането на поливната система трябва да се обърне особено внимание, така че то да бъде безопасно и в същото време да бъде синхронизирано с общите цели на обекта. Стабилността на поливните линии и обилното водоснабдяване са сред основните предизвикателства при проектирането на системите за напояване. Трябва да се обмисли и възможността за използване на пречистена вода за тези цели.

### **7.2.3. Други зони за развлечение**

Други места за отдых и развлечение на открито, които могат да се обособят върху рекултивирано сметище, могат да бъдат писти за каране на ски и шейни, пързалки за кънки, стрелби с лък, колхозачни писти и т.н. Тъй като подобни начини за употреба не са толкова често срещани, колкото парковете и спортните площадки, те трябва да се разглеждат като нетрадиционни варианти. Вярно е, че тези спортни дейности са по-рискови, защото се практикуват по-малко и разработчиците на зони за отдых може да са загрижени за здравето на крайните потребители. Въпреки това, ако подобен проект отговаря на нуждите на обществото и не влиза в противоречие с местните разпоредби, той може да бъде приет и реализиран.

## **7.3. Използване за селскостопански цели**

### **7.3.1. Затревяване, отглеждане на култури за пасища за животни**

Има няколко начина за употреба за селскостопански цели, които са подходящи за последващо използване на рекултивирани терени (Kovac and Goodburn, 2010). Сред тях са затревяване, създаване на пасища за животни, засаждане и отглеждане на селскостопански култури и лесовъдство. Затревяването е добър подход за използване на обектите след затваряне. Основното му предимство е относително лесното изпълнение и поддръжка. Има обаче няколко важни характеристики на растителните видове, които трябва да се имат предвид при изпълнението на проект за затревяване. Например, растителните видове трябва

да са с такъв тип коренища, които са равномерни, гъсти и устойчиви. За предпочитане е те да издържат на болести и суша, да са толерантни по отношение на наличността на хранителни вещества и да се адаптират лесно към условията на околната среда. Ако затревените площи не се предвиждат за паша, растителните видове трябва да са непривлекателни за животните. За целите на лесната поддръжка се предпочитат видове, които не изискват често косене и се възстановяват лесно след това (Maiti and Maiti, 2015).

При избора на растителните видове за целите на пасищни зони трябва да се имат предвид следните неща – те да бъдат бързо растящи и да са привлекателни за животните (Паша върху бивши сметища. Случаи с наследяване на паша <https://www.legacygrazing.org.uk/case-studies/landfills>).

За целите на лесовъдството обикновено се планира засаждане на храсти и дървета по периферията и по склоновете, за да се осигури защита срещу ерозия, а също и за защита на пасищата от други щети като незаконно косене, или друга неправомерна човешка намеса (Moffat and McNeill, 1994).

### **7.3.2. Повишена грижа при ползването на земята за селскостопански нужди**

Две са основните опасения, свързани с използването на рекултивирани обекти за селскостопански нужди:

- Възможното пренасяне на предполагаемо замърсяване по хранителната верига, причинено от замърсяващи хранителните източници емисии на обекта;
- Трудното поддържане на целостта на покривните слоеве, които могат да бъдат повредени при извършване на селскостопанските дейности.

За да се избегнат подобни ситуации, трябва да се предвидят, проучат и приложат добри практики за засаждане, прибиране на реколтата и паша. Ефективно рекултивирани обекти, които се поддържат с грижа, след първоначалната им употреба, не трябва да позволяват предаване на замърсявания от бившето сметище към флората и фауната на повърхността на новия обект. Поддръжката на система за събиране и контрол на газ и оттичането на водата също е много важен елемент. Намесата в покривната система и инфраструктурата на

площадката може да причини повреди, които зависят до голяма степен от дебелината на почвения слой, положен върху сметищната площадка. Този почвен слой трябва да бъде достатъчно дебел, така че да позволи правилно вкореняване на растенията и същевременно да държи кореновата система далеч от опасните елементи на покривните слоеве и подлежащите отпадъци. Същото важи и за селскостопанската техника и/или дивите животни. Ето защо инфраструктурата на обекта трябва да бъде правилно позиционирана под земята, а когато е разположена на повърхността – тя трябва да бъде подходящо обозначена.

Използването на рехабилитирани обекти за селскостопански цели не е обичайна практика. В някои страни националните разпоредби не предвиждат конкретно изграждането и използването на затворени помещения за такива цели, въпреки че поддръжката на системите за покриване и контролът на дъждовните води са активни. Има случаи, в които употребата за селскостопански нужди е строго забранена. И накрая, разпоредбите в други страни допускат селскостопанско приложение, свързано със създаването на пасища, производство на култури, отглеждане на гори след като се вземат предвид няколко важни изисквания, както от технически, така и от агромелиоративен характер. Повечето от тях са изброени в таблица 7.1.

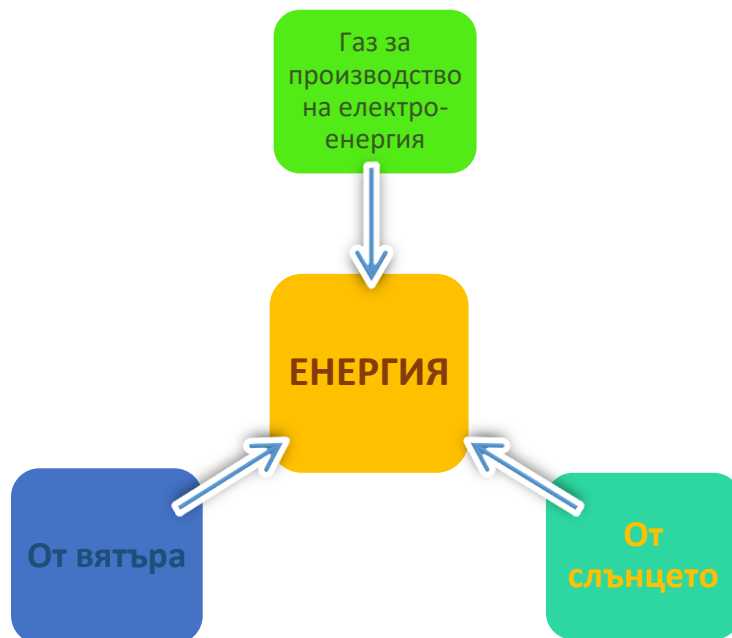
Таблица 7.1. Технически и агромелиоративни съображения за земеделско използване на рехабилитирани обекти.

Разглеждани типове	Обсъждане
Агромелиоративни	<p data-bbox="532 1350 1105 1381">Култури, които се използват за засаждане</p> <p data-bbox="532 1423 1425 1528">Изисквания за добавяне на почва във връзка с необходимата дебелина на почвения слой, която да даде възможност за развитие на кореновата система</p> <p data-bbox="532 1570 824 1602">Дълбочината на оран</p> <p data-bbox="532 1644 808 1675">Норми за засаждане</p> <p data-bbox="532 1717 824 1749">Норми за наторяване</p> <p data-bbox="532 1791 1187 1822">Създаване на растениевъдство – времеви рамки</p> <p data-bbox="532 1864 1117 1896">Мерки за контрол на ерозионните процеси</p>

Технически	<p>Управление на почвата</p> <p>График за ротация на растителните култури</p> <p>Графици за паша на животни</p> <p>Водоснабдяване и напояване</p> <p>Необходимо оборудване</p> <p>Изграждане на необходимите, за целта на новия обект, съоръжения и тяхното разположение</p> <p>Предвиждане на промени за повторно използване на земята в съответствие с настоящите условия</p>
------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 7.3.3. Използване, ориентирано към откриване на ресурси и производство на енергия

Върху рекултивирани обекти могат да се изградят съоръжения за производство на енергия. Има три основни типа възобновяема енергия, които могат да бъдат използвани: газ за производство на електроенергия, фотоволтаични системи за производство на енергия и вятърна енергия (фиг. 7.3.). Повторната употреба на обектите с цел добиване на енергия може да бъде както комбинирана с други начини на употреба (например използване за развлечение) така и самостоятелна. Във втория случай рисковете за потенциалните крайни потребители на дейностите са по-малки, тъй като достъп до мястото има само оторизиран персонал.



Фигура 7.3. Видове възобновяеми енергийни източници, свързани с повторното използване на рекултивирани обекти.

Основният енергиен източник за рекултивираната площадка е газът метан. Когато той се преобразува в електричество, се превишава рискът от експлозия, която би причинил самият метан. Слънчевите панели и/или вятърните турбини могат да бъдат използвани като друга потенциална енергийна възможност. Производството на енергия дава важни предимства на рекултивирания обект и на местната общност, като покриване на нуждите от електроенергия (частично или изцяло), балансиране на невъзобновяемите енергийни източници, повишаване на мотивацията за събиране на газ, което от своя страна допринася за опазване на околната среда чрез намаляване на вредните емисии от парникови газове.

Нека разгледаме основните съображения за изграждане на възобновяеми енергийни източници в рекултивирани обекти.

### Извличане на газ

Метанът и въглеродният диоксид са основните съставки в газа, който се извлича и събира чрез система за събиране и контрол на газа (GCCS). За по-нататъшното му използване има два варианта: или директно изгаряне на газа, или използването му за производство на

електроенергия. При втория вариант суровият газ може да се трансформира в гориво за производство на електричество само чрез няколко етапа на обработка. Третият вариант е да се увеличи енергийното съдържание на газа, след като бъде пречистен, и да му се намерят други полезни приложения. Някои от тези енергийно конвергиращи технологии и техните характеристики са изброени в Таблица 7.2.

Таблица 7.2. Технологии за използването на газа като енергия

(източник: [https://www.globalmethane.org/documents/toolsres\\_lfg\\_ibpgcomplete.pdf](https://www.globalmethane.org/documents/toolsres_lfg_ibpgcomplete.pdf))

Технологии	Характеристики
Газова турбина	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Работи при ниски концентрации на газ</li> <li>– Устойчива на повреди</li> <li>– Електрическа ефективност: от 40 до 80%</li> <li>– Ниска икономическа приложимост – изисква голямо количество газ</li> </ul>
Двигател с вътрешно горене	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Производство на електроенергия по традиционен начин с умерена ефективност</li> </ul>
Двигател с външно горене	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Смесва гориво и въздух за улесняване на горенето</li> <li>– Предварителна обработка на газа не е необходима поради високата му толерантност към примеси</li> <li>– Електрическа ефективност: 30%</li> </ul>
Двигател с комбиниран цикъл	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Използва газови и парни турбини</li> <li>– Газовата турбина произвежда топлина за генериране на пара</li> <li>– Работи в голям мащаб</li> </ul>
Комбинирана – топлина и мощност	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Генерира топлинна енергия и електричество от пара/гореща вода</li> <li>– Може да улавя топлината, загубена от турбините и двигателите, и да повиши тяхната ефективност</li> </ul>
Микротурбина (малки турбини с горене) парна турбина (котел)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Работи с по-малък газов поток при ниски концентрации на газ</li> <li>– Нуждае се от предварителна обработка с газ, за да изхвърли влагата и да премахне замърсяванията</li> <li>– Електрическа ефективност: от 20 до 30%</li> </ul>

Парна турбина	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Използва газа директно</li> <li>– Генерира пара чрез горене, за захранване на парни турбини</li> <li>– Не е много популярна в електроенергетиката</li> </ul>
Горивна клетка	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Комбинира двата потока (газ и въздух), които влизат в две клетки, за да произведат електрони, които допълнително се прехвърлят към акцептор на атмосферен кислород</li> <li>– Ефективността зависи от качеството на газа, тоест висока концентрация на метан и малки количества примеси</li> </ul>

Ефективността на генерираната енергия при използването на газ се влияе от много фактори. Някои от най-важните фактори са размерът на обекта, видът на отпадъците и продължителността на експлоатация на сметището, ефикасността на GCCS и технологията, която се използва за преобразуването на газа в електроенергия. Количеството газ често е решаващ фактор в определянето на икономичността на процеса на конвергенция и влияе пряко върху цените на електроенергията, а косвено – върху условията на околната среда. Преобразуването на уловения газ в енергия обикновено започва още по време на работа на обекта и може да продължи години след неговото затваряне. По този начин може да бъде повишена стойността на активите на газоенергийните системи. Чрез добро планиране на технологиите, може да се повиши ефективността на събиране на газ по време на силните периоди на неговото натрупване, свързано с дейностите по събиране на отпадъци. Планирането на GCCS от гледна точка на по-нататъшното полезно използване на земния участък под сметището ще гарантира по-доброто му използване по-късно, като публичен актив.

Интересът към проекти, свързани с изграждане на системи за използване на мощността на вятъра върху рекултивирани обекти следва същата тенденция както използването на слънчевата енергия. Вятърната енергия се превръща в приложим потенциален вариант за по-нататъшна употреба на затворени обекти, поради големите отворени пространства, които предлага той.



В същото време вятърните турбини, които трансформират вятърната енергия в енергия, удобна за използване, могат да бъдат захранвани от слънчева енергия.

### Слънчева енергия

Използването на рехабилитирани обекти като място за изпълнение на проекти за използване на слънчева енергия е сравнително нова инициатива. Интересът към този вид добиване на енергия нараства напоследък, тъй като разходите за изграждането на слънчеви системи прогресивно намаляват (Millbrandt et al., 2013).

Като цяло рекултивираните обекти предоставят големи площи открито пространство, което е много подходящо за поставяне на слънчеви системи. Освен това към тези обекти основно е изградена инфраструктура, която улеснява цялостния процес на производство и пренос на електроенергия. Слънчевата система работи на принципа: преобразуване на слънчевата енергия (уловена от слънчевите енергийни панели) в използвана електрическа енергия. Съществуват две основни технологии за преобразуване на слънчевата енергия:

- Фотоволтаични системи (PV): съоръжения, които превръщат слънчевата енергия в електрическа. Фотоволтаичната система съдържа слънчеви панели, съставени от слънчеви клетки от полупроводников материал, при който протича фотоволтаичен ефект. PV са основната соларна технология, която се използва.
  
- Концентрирана слънчева енергия (CSP): тези системи използват специализирани оптични средства като лещи и огледала, за да съсредоточат слънчевата радиация от голяма площ върху малката повърхност на приемника си.

За да се реализира ефективно производство на слънчева енергия на рекултивираната площадка, трябва да се вземат предвид няколко важни фактора.

- Количеството налична слънчева енергия в района на обекта. Това означава, че трябва да се вземе предвид средната годишна слънчева радиация, отнесена към изчислената дневна база. За тази цел данните за картите на слънчевата радиация в района трябва

да бъдат проучени за период не по-малък от десет години, за да се получи вярна картина за рентабилността от изграждането на слънчеви системи.

- Икономическа и политическа обстановка. Тук трябва да се обсъдят ползите и ефективността от подобни съоръжения с доставчиците на електроенергия на местно ниво. Друга тема за обсъждане е логистиката на обекта за пренос на произведената мощност, както и осигуряването на сигурността на обекта.

За да се определи дали един слънчев проект е осъществим или не, трябва да се обърне внимание и на редица други фактори (EPA/600/R-14/349).

- **Местоположението на слънчевата система:** подходите за нейното изграждане зависят от позиционирането ѝ на обекта – дали ще се изгражда върху затвореното открито сметище или ще се монтира в земята. В първия случай конструкцията трябва да се съобрази с целостта на запечатващата система и нейните елементи. Във втория случай, изкопите в системата за покриване и поставянето на поддържащи конструкции на соларните елементи трябва да се извършват, като се вземат всички предпазни мерки, свързани с опазване на целостта на покривния слой, както и избягването каквато и да било повреда на горния изолиращ екран на обекта и смущения в АСС или системи за управление на дъждовните води. Като цяло в такива случаи равният терен е за предпочитане. Позиционирането на слънчевите панели върху площадка с равна повърхност в посока юг е добър вариант от икономическа гледна точка, тъй като всякакви допълнителни строителни усилия могат потенциално да увеличат разходите и да доведат до допълнителни проблеми с поддръжката на системите за управление на дъждовните води.
- **Местоположение на обекта:** мястото трябва да бъде с добър слънчев потенциал и безпрепятствена слънчева светлина.
- **Сигурност на обекта:** слънчевите панели трябва да бъдат поставени в зона, свободна от физически опасности, като евентуални свличания на земни маси и други.

- **Енергийна логистика:** трябва да има връзка с електрическата мрежа, път за достъп и достатъчно дебели покривни слоеве, които да поемат електрическите кабели. Освен това електрическата компания трябва да осигури разумни разходи и графици за доставки.
- **Икономическа и финансова изгода:** този вид системи за генериране на енергия позволяват както прозрачност, така и гъвкавост на контрола на разходите за труд. И двете характеристики са важни за постигането на маркетинговите цели. Хората ще бъдат мотивирани да плащат повече за слънчева енергия чрез данъчни кредити, безвъзмездни средства или стимули.
- **Политики, свързани с осигуряването на енергия:** характеристики на енергийната политика за слънчева енергия, напр. изискване 2 или повече процента от енергията да е от слънчев произход, енергоизточниците да бъдат позиционирани или в група (т.нар. вятърен парк) или поотделно.

### Вятърна енергия

Разбира се, наличието на достатъчно вятърен ресурс е предпоставка за ефективността на съоръжението. За да се спестят средства, докато се планира изграждането на системата за генериране на вятърна енергия, трябва да се проучи съответната карта на вятърния ресурс, да се получат действителни данни за скоростта на вятъра и други показатели за ефективност в района, за да се определи дали местоположението на обекта е подходящо за тази цел. Освен това трябва да се извършат специфични за обекта наблюдения и проучвания, за да се потвърди решението и да се улесни вземането на решения в процеса на проектирането и разумното изразходване на средствата.

Позиционирането на вятърни турбини е по-малко практикувано в сравнение със слънчевите панели. Само няколко вятърни турбини досега са разположени върху закрити сметищни обекти. Една от причините за ограниченото използване е важното геотехническо съображение – а именно стабилността на фундамента на тялото на турбината и въртенето на лопатката ѝ. Трябва да се извърши предварително проучване за носещата способност на почвата и електрическото съпротивление и да се изпълни специфичен геотехнически

проект, който най-често включва модификация на покривната система, за да се гарантира запазването на нейната цялост. Друг важен момент е заземяването на вятърната система и генераторите, за да се избегнат пожари при включване на осветление. В това отношение трябва да се предвидят мерки за безопасност, които намаляват вероятността от отказ на системата и генериране на риск за околната среда и персонала (Yun et al., 2011).

#### **7.4. Използване за строителни цели**

Строителството на сгради, като част от рекреационното използване на рекултивирани обекти, е разгледано в раздел 7.2. Като цяло става въпрос за сгради с леки конструкции, преносими и сглобяеми на модулен принцип. Големите постоянни конструкции са друг вариант за повторно използване на санирани затворени обекти, макар и не най-добрият. Има опасения, за компрометиране на здравината на основата на сградите, поради миграцията на газ. Използването на затворени площадки за изграждане на сгради е по-малко популярен вид, отколкото използването за отдых поради сериозните трудности, които трябва да бъдат преодолени, за да се осигури както безопасността на конструкциите, така и спазването на екологичните изисквания. Проблемите, които могат да се появят и е нужно да бъдат взети предвид, са от една страна регулаторни, дизайнерски и икономически, а от друга са свързани с безопасността на бъдещия обект. В някои държави съществуват специални разпоредби, които определят специфични изискванията за изграждането на сгради върху затворени рехабилитирани обекти.

От особена важност са следните три въпроса, свързани с изграждането на сгради върху затворени открити депа:

- Поддържане целостта на горния изолиращ екран;
- Контрол на газовите емисии;
- Стабилността на основата на сградата и заселването.

##### **7.4.1. Сгради, поддържащи целостта на покривната система**

Системата за окончателно покриване на вече затворените обекти е основният фактор, който трябва да се вземе предвид при избора на какъвто е вид повторна употреба. Неговата цялост зависи от инфилтрацията на влага, контрола върху газовите емисии и дренажните системи за дъждовна вода.

По време на строителния процес, позиционирането на основата на сградата директно върху повърхността на обекта, застрашава сигурността на компонентите на окончателната покривна система. Не се допуска проникване в предпоследните слоеве в покривната система или влошаването им. Физическото натоварване на покритието и дренажните системи трябва да бъдат сведени до минимум. За да се смекчат негативните последици, е необходимо да се направи допълнителен почвен слой върху крайния екран. Така ще се запази целостта на системата за отводняване на дъждовните води.

#### **7.4.2. Газов контрол**

Химичният състав и физичните свойства на газа го правят експлозивен и потенциално опасен. Следователно сградите, разположени на рекултивирани площадки, трябва да бъдат проектирани, изградени и поддържани по начин, който да осигури всички предпазни мерки по отношение на намесата им в GCCS на съоръжението и предполагаемите експлозивни или токсични ефекти. Задължителните изисквания включват:

- Газова вентилация. Широко разпространена мярка в този контекст е да се изгради вентилационен слой между строителната плоча и основата. Най-често той се състои от геомембрана, покрита с пропусклив слой и система от перфорирани тръби, чието крайно местоположение е извън сградите. Такива вентилационни слоеве помагат да се избегне проникването на газ през основата на сградите. Допълнителното осигуряване срещу възможно проникване се осъществява чрез поставяне на уплътняваща запечатка.
- Мониторинг на газа. Друга важна мярка е постоянният или периодичен мониторинг на сградите, изградени върху рехабилитирани обекти. Обикновено сензорите за метан се поставят вътре или под (във вентилационната система на фундамента) сградите. Тези сензори показват специфичен праг на нивата на метан (около 25% от

долната граница на експлозивност) и надлежно алармират за това. Същият подход се използва и за други опасни газове, като сероводородът например. Като допълнителна предпазна мярка за оценка на химичния състав на газа чрез лабораторен анализ, газовите проби могат да се събират на определени интервали от време.

### **7.4.3. Изисквания към основите на сградите и слягането**

Строителството на сградите, разположени върху затворени обекти, трябва да се извършва при спазване на инженерните и строителни изисквания, в които се предвижда влагането на материали с по-високо качество във фундаментите. Компресираните отпадъци в тялото на затвореното депо представляват такъв вид материал, който няма същата якост като почвата. На етапа на проектиране на основата на сградата трябва да се имат предвид два важни фактора (Sharma and Anirban 2007) и това са:

- Носещата способност на повърхността на обекта. Този технически параметър отчита способността на основата на сградата да издържа натоварвания, които да предава на земната повърхност. Това е краткосрочна оценка на капацитета за издържане на теглото на сграда. Носещата способност на проектираната конструкция трябва да се изчисли на база данните на почвата с наслагване на отпадъците. В някои случаи може да се наложи допълнително полагане на почвата.
- Потенциалът на обекта за дългосрочна експлоатация. В дългосрочна перспектива в рекултивираната площадка намалява обемът и височината на отпадъците, което води до слягане на повърхността. Това се дължи на промените, които настъпват с отпадъците във времето. Процесът на слягане е многостранен. Причините могат да бъдат:
  - Физически и механични – преориентация на частиците и движение в празни места или срутване в празни пространства;
  - Химически – окисляване, чрез проникване на течности, които разтварят разтворимите вещества, вследствие на което се образуват инфилтрати;

- Биологично – разлагането на органичните вещества с различна скорост в зависимост от температурата, наличието на органичен субстрат и нивото на влагата.

Процесът на слягане обхваща два етапа: първичен и вторичен.

Първичният, известен като първоначалното слягане, обхваща първите няколко месеца след депонирането на отпадъците. През това време процесът на утаяване е свързан с различни физико-механични процеси.

Вторичното слягане се дължи на биохимичен и физико-химичен разпад, който протича в големи периоди от време, при относително постоянно натоварване след приключване на първичния етап. Логично е, колкото е по-старо рехабилитираното депо, толкова по-малко проблеми със слягането да се появят.

Има различни начини, които позволяват да се предвиди слягането в дългосрочен план. За да се избегнат последващи проблеми със заселването след завършване на строителството, още на етапа на проектиране трябва да бъде изготвена карта на населено място и план за мониторинг, както и да се изготвят планове за бъдеща експлоатация и поддръжка. Възможните проблеми, свързани с дълготрайните заселвания, могат да възникнат поради наклоняване на фундаментите на сградите, образуването на езерца с вода, прекъсването на комунални линии и др. Техническите решения, които могат да предотвратят появата на подобни проблеми, включват специфично проектиране за настаняване в населени места, използване на подходящи материали за основите на сградата, гъвкави връзки в комуникациите, укрепване/стабилизиране на почвата.

### **7.5. Предизвикателства пред последващото използване на рекултивирани обекти**

Оценката на ефективността на последващото използване на рекултивирани обекти, като актив на общността, извежда на преден план някои пречки за постигането на желаните цели и налага прилагането на коригиращи или превантивни мерки.

Списъкът с най-често срещаните пречки и техните характеристики са представени в Таблица 7.3.

Таблица 7.3. Проблеми при последващо използване на рехабилитирани обекти

Пречки	Характеристики
Запазване на целостта на горния изолиращ екран	Затворените открити сметища притежават специално проектиран горен изолиращ екран. Тази система изисква специфични дейности по поддръжка, провеждани през редовни интервали от време, които имат за цел да контролират състоянието на покривната система, да сигнализират за появили се повреди и да ги отстранят. Тази поддръжка е важна и за управлението на образуваните инфилтрати, миграцията на биогаз и появата на отпадъчни материали. В допълнение, последващата употреба на рекултивираното депо също може да причини увреждане на изолиращото покритие. Ето защо наблюдението и поддръжката на покривната система са задължителни мероприятия за всяка следваща експлоатация на рекултивираните обекти.
Управление на газа	Миграцията на биогаз от обекта трябва да се следи и поддържа на минимални нива. За тази цел обектът трябва да бъде оборудван с активна система за събиране и контрол на газа или поне с пасивна газоотвеждаща такава. Правилното функциониране на тези системи предотвратява възможността за експлозии, тъй като не позволява натрупване на газ в малки пространства или в сгради. Предполаганото натрупване на газ е от особено значение за конструкциите, разположени върху рекултивирана площадка. Тези системи за събиране, третиране (ако е необходимо, например за приложения за добиване на електроенергия) и използване на газа трябва да работят безотказно, за да се контролира минимизирането на количеството биогаз. Това е валидно за всички случаи, независимо от това, за какви цели се използва газа.
Управление на инфилтрата	Инфилтрати се образуват, когато вода влезе в близък контакт с отпадъците. Новообразуваната течност освен, че представлява потенциален риск за човешкото здраве, тя може да породи екологични проблеми, поради което трябва да се събира и отвежда от депото още по време на експлоатацията му и особено след неговото затваряне. Дейностите по събиране, отстраняване и последващо третиране са предвиждат в плановете за управление на инфилтратите. Системата за инфилтрация трябва да се наблюдава и поддържа в изправност, за да се предотврати изпускането им в околната среда.



<p>Мониторинг и защита на подземни /повърхностни води</p>	<p>Подпочвените води трябва да се наблюдават редовно, тъй като случайното изпускане на химични вещества, вследствие на различни дейности на площадката, може да доведе до неблагоприятни последици. За тази цел до подпочвените води под обекта трябва да се достига чрез кладенец, който освен, че ще служи за наблюдение, ще осигури възможност на специалистите да вземат проби за химичен анализ. Качеството на повърхностните води също трябва да се следи и контролира, тъй като и те могат да причинят замърсяване, вследствие на изтичане на инфилтрати. Освен това, negliжираният контрол на дъждовните води и ерозията, както и уврежданията на покривната система ще доведат до подобно отрицателно въздействие.</p>
<p>Управление на дъждовните води/контрол на ерозията</p>	<p>Дъждовната вода трябва да бъде пренасочена към съоръженията за управление на повърхностните води, за да се предотврати увреждане на покривната система. Поради тази причина трябва да се изготвят планове за контрол на дъждовните води и ерозията и да се следват. Дейностите по контрола трябва да бъдат планирани, както по време на използването на земята за депо за твърди отпадъци, така и при последваща употреба на обекта след затваряне на депото за отпадъци.</p>
<p>Осигуряване на стабилност на населеното място и новопостроените сгради</p>	<p>В резултат на уплътняването и разлагането на отпадъците в тялото на площадката, може да настъпи слягане на отпадъците и покривните слоеве на площадката. Слягането може да повлияе негативно на сградите или основите на други конструкции; може да компрометира връзките на комуналните услуги и да повреди покривните слоеве. Накратко, това може да създаде опасни условия на повърхността на обекта. За да се предотвратят негативните последици, при проектирането трябва да се прилагат такива подходи, които отчитат възможното вредно въздействие върху селищата, около ракултивирания обект и живота на хората. Използването на обекта за строителни цели е предизвикателство, тъй като сградите, разположени в горната част на затворената площадка, трябва да бъдат проектирани по начин, който да издържа на слягане (и изтичане на газ) и да не нарушава покривната система.</p>
<p>Инфраструктура на обекта</p>	<p>Рекултивирания обекти притежават сложна инфраструктура, която се изгражда преди, по време и след изхвърлянето на отпадъците. Тези компоненти са важни за функционирането на съоръжението и всяка намеса в тяхната дейност може да застраши оперативния капацитет на обекта.</p>

<p>Опазване на общественото здраве</p>	<p>Ефективното изпълнение на инфраструктурния контрол гарантира правилно управление на изброените по-горе проблеми и успешна работа на обекта.</p> <p>Прякото (минимизиране на замърсените почвени и водни ресурси) и косвеното (минимизиране на разпространението на болести и контрол на вредителите) въздействие на рекултивираните площадки за депониране на отпадъци в социално-икономическите зони представлява неразделна част от политиката за възстановяване от COVID 19 на европейско ниво. В днешно време глобалната пандемия на COVID-19 наложи преразглеждане на практиките и подходите за управление на рекултивацията на твърдите отпадъци и откритите сметища (Das et al., 2021).</p>
----------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### 7.6. Литература

1. Artuso, A., Cossu, E., He, L., She, Q., 2020. Rehabilitation of landfills. new functions and new shapes for the landfill of Guiyang, China. *Detritus* 11, 57-67 <https://doi.org/10.31025/2611-4135/2020.13971>.
2. Artuso, A., Cossu, E., 2018. Afteruse of Landfills. Methodological approach, project requisites and relationship with the surrounding area. *Ri-Vista*, 16(1), 102-117. <https://doi.org/10.13128/RV-22973>.
3. Artuso, A., Cossu, E., 2018. Reclamation and architectural requalification of an old landfill using in situ aeration, phytotreatment of leachate and energy crops. *Ri-Vista*, 16(1), 134-145. <https://doi.org/10.13128/RV-22992>.
4. Das, E.K., Islam, M.D., Billah, M.M., Sarker, A. 2021. COVID-19 and municipal solid waste (MSW) management: a review. *Environmental Science and Pollution Research*. 28, 28993–29008.
5. EPA/600/R-14/349. Closed Waste Sites as Community Assets: A Guide for Municipalities, Landfill Owners, and Regulators.
6. Golf, H., 2013. Developing Golf Courses on Sanitary Landfills. <http://hurdzangolf.com/>.
7. Grazing former landfills. Legacy Grazing case studies <https://www.legacygrazing.org.uk/case-studies/landfills> Accessed 24 January, 2022

8. Grudziecki, J., Buachoom, P., 2016. The landscape architect's guide to the world of solid waste. PhD. Thesis. [https://stud.epsilon.slu.se/9728/1/grudziecki\\_j\\_buachoom\\_p\\_161006.pdf](https://stud.epsilon.slu.se/9728/1/grudziecki_j_buachoom_p_161006.pdf) Accessed 29 January, 2022.
9. Jenkins, K., 2016. Installation provides new vision for landfill architecture, by Matt Hayes in Cornell Chronicle. <https://news.cornell.edu/stories/2016/02/installation-provides-new-vision-landfill-architecture> Accessed 29 January, 2022.
10. Kovac, M., Goodburn, W., 2010. Agricultural issues for landfill developments. Rural development guidelines. Primefact 1065
11. Maiti, S. K., Maity, D., 2015. Ecological restoration of waste dumps by topsoil blanketing, coir-matting and seeding with grass-legume mixture. Ecological Engineering, 77, 74-84.
12. Millbrandt, A.R., Heimiller, D.M., Perry, A.D., Field, C.B. 2013. Renewable energy potential on marginal lands in the United States. Renew Sustain Energy Review 29, 473-481.
13. Moffat, Andy J; McNeill, John D. 1994. Reclaiming disturbed land for forestry. Bulletin 110. HMSO, London.
14. Sharma, H. D., and Anirban, D. 2007. Municipal Solid Waste Landfill Settlement: Postclosure Perspectives. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 133, 619-629.
15. Simmons, E., 1999. Restoration of Landfill Sites for Ecological Diversity. Waste Management and Research. 17, 511-519.
16. U.S. Environmental Protection Agency 2012. International Best Practices Guide for Landfill Gas Energy Projects [https://www.globalmethane.org/documents/toolsres\\_lfg\\_ibpgcomplete.pdf](https://www.globalmethane.org/documents/toolsres_lfg_ibpgcomplete.pdf) Accessed 29 January, 2022.
17. Wallace, R. B., 2000. Landfill redevelopment: Beneficial use and aftercare. URS Corporation, Seattle, Washington.
18. Yun, T.S., Lee, J.S., Lee, S.C., Kim, Y.J., Yoon, H.K. 2011. Geotechnical issues related to renewable energy. KSCE Journal of Civil Engineering 15, 4, 635-642.