

**ФИНАНСОВИ АСПЕКТИ НА
РЕХАБИЛИТАЦИЯТА****6.1. Въведение**

Съществува силна връзка между околната среда и икономиката. Взаимното взаимодействие на икономиката и околната среда се проявява в икономическите системи, създадени от потреблението и производството, като изчерпване на ресурсите, изхвърляне на отпадъци в екологичните зони, промяна на естетическата функция и придобиване на нова форма на глобалния живот. При това взаимодействие процесът на управление и формата на икономиката променят околната среда, а характеристиките на околната среда играят ключова роля за успеха на икономиката (Erturk, 1998; Marangoz et al., 2015). Връзката между околната среда и икономиката днес е придобила още по-голямо значение. Дискусиите обикновено се фокусират върху внимателното използване на ресурсите и компенсирането на причинените щети и разходи. В този контекст връзката се оформя основно в две точки. Първата са разходите, направени за опазване на околната среда и екологичните ценности, а втората са разходите, които икономиката трябва да предприеме и да понесе, за да отстрани екологичните щети (Marangoz et al., 2015; Keleş et al., 2005).

Санитарното депониране е най-разпространеният и безопасен за околната среда, метод за обезвреждане на остатъците от твърдите битови отпадъци (ТБО), които не могат да бъдат намалени, рециклирани, компостирани, изгорени или преработени. Откритото изхвърляне на ТБО, практикувано от приблизително три четвърти от страните и регионите в света, е примитивен етап от развитието на депата за отпадъци (Rushbrook, 2001; Joshi et al., 2007). Откритите нерегламентирани сметища и нехигиеничните депа за отпадъци причиняват влошаване на състоянието на околната среда, тъй като те са податливи на изгаряне на открито и са изложени на въздействието на животни хранещи се с мърша и преносители на болести. В много случаи сметищата са лошо разположени и се експлоатират от технически неопитен персонал (Kurian et al. 2005).

Откритите нерегламентирани сметища са свързани с редица значителни рискове и въздействия върху околната среда. Инфилтратите, образувани в резултат на разлагането на отпадъците, замърсяват повърхностните и подземните водни ресурси. Замърсяването на въздуха от горенето на открито, опасността от пожари и експлозии не само създава рискове за общественото здраве, но и увеличава емисиите на парникови газове (метан и въглероден диоксид). Разпръскването на отпадъците от вятъра и събирането им от птици, животни и събирачи на отпадъци създава естетически дискомфорт. Лошата миризма, генерирана от разграждането на отпадъците на сметището, ограничава развитието на земеползването, тъй като намалява икономическите и социалните ценности в околната среда. Липсата на постоянно покритие на сметището привлича животни, както и лица, които влизат и събират отпадъци без разрешение.

Процесът на рекултивация от нерегламентирано сметище в устойчиво депо за отпадъци може да се извърши постепенно, в зависимост от риска, който представлява депото, и от финансовите му аспекти. Основният елемент за осъществяване на такава промяна е въвеждането на постепенни подобрения в стандартите за депониране, в съответствие с настоящите научни познания и наличните финансови ресурси (Rushbrook, 2001; Rushbrook, 1999). В следващите раздели на тази глава са представени финансовите аспекти на откритите нерегламентирани сметища и тяхното възстановяване с инженерни приложения.

6.2. Стабилност на склоновете и изграждане на насипи

Стабилността на склона и изграждането на насипи са едни от важните финансови параметри за рекултивацията на откритите нерегламентирани сметища. Факторите за стабилност на депото включват цялостната стабилност на масата на депото (т.е. способността на депото да се самозадържа), стабилността и разположението на покриващата почвена система. Стабилността на депото се влияе от вида на отпадъците, начините на уплътняване, дълбочината на обратната засипка и стръмнината на страничните склонове. Стръмните наклони на депониране на твърди отпадъци и условията на висока влажност на отпадъчната маса предизвикват нестабилност в зоната на депониране на отпадъците. Нестабилността на настилката се влияе от вида на материалите, използвани за образуване на покриващата почвена система, триенето на интерфейса, дренажните свойства на тези материали и приложенияте натоварвания.

Степента на заземяване и наклонът на площадката на депото могат да окажат значително влияние върху проектирането на покритието, управлението на дъждовните води, управлението на сметищния газ и други подобрения в затвореното депо (Perl, 1998). Отпадъците се утаяват, в сметка на натоварванията, причинени от теглото на отпадъчната маса и разлагането на отпадъците. В продължение на 20 години теглото на газовете и инфилтратите, изхвърляни от депото, може да достигне до 22 % от първоначалното сухо тегло на отпадъците. В крайна сметка, след стабилизирането, насипът за съхранение губи около 10-25 % от първоначалната си височина (Frantzis, 1991 г.). Успешните усилия за рекултивация на площадката трябва внимателно да отчитат стабилността, както и управлението на биогаза и изтичането на инфилтарти (Ayalon et al., 2006).

Наклонът на сметището е от първостепенно значение, тъй като е необходим достатъчен такъв, за да се подпомогне оттичането на повърхностните води, без да се образуват езерца, локви или ерозия на покритието. Наклонът и дължината на терена влияят върху ерозията на склона. Крайните наклони на запълнените части на площадката трябва да бъдат с наклон 2-8 % и не трябва да надвишават горната граница. На фиг. 6.1 е представен процес на изграждане на склон и насип в открито сметище.



(a)



(б)

Фигура 6.1. Наклон на боклука

Устойчивостта на склоновете и изграждането на насипи в процеса на рехабилитация получават между 14% и 16% от общия бюджет. Изкопаването, транспортирането, полагането и компресирането на отпадъците, изкопаването и запълването на откритите нерегламентирани сметища и накрая изграждането на пътища за зоната на рехабилитация са част от стабилността на склоновете и изграждането на насипи.

Разходите за изкопаване, транспортиране, полагане и компресиране на отпадъците са приблизително 1,5 EUR на m³ твърди отпадъци. Разходите за изкопаване и запълване на откритото сметище са приблизително 7 EUR на m³ твърди отпадъци. Разходите за

изграждане на пътища за зоната на рехабилитация са приблизително 5 € на m² (Balikesir Metropolitan Municipality, 2017).

6.3. Система за дренаж на инфилтратите

Инфилтратът от депото се определя като отпадъчна вода с висока концентрация на замърсители и токсични вещества (Bodzek et. al., 2006). Течният отпадък е изключително вреден за околната среда. Едно от най-важните последици от изтичането на отпадъците от сметищата е, че те се смесват с водните екосистеми, като езера и потоци, което води до увеличаване на водораслите и планктона. Количеството на кислорода във водния басейн намалява и с течение на времето животът на водната екосистема се застрашава (Lavrova et al., 2010). Поради високата си токсичност отпадъчните води представляват сериозна заплаха за подземните и повърхностните води. Съдържанието на сметищния отток зависи от състава на отпадъците, климатичните условия, старостта и степента на разграждане на твърдите отпадъци (Vulc, 2006).

Тръбите, които трябва да се инсталират за пречистване на инфилтрата, зависят от различни фактори, като дълбочината, на която се депонират отпадъците, топографията на района, почвата в основата и старостта на натрупаните отпадъци. Инсталирането им е необходимо, ако е икономически и инженерно осъществимо. Източниците на течове на вода, които могат да се появят в района на рекултивацията, трябва да се установят преди процеса на окончателно покриване. Изграждането на канали и канавки може да се прилага за събиране на изтичащите замърсени води.

След това събраните инфилтрати трябва да се отвеждат в басейна/езерото за съхранение, разположени надолу по течението на реката. Под склона на площадката за депониране може да се изгради предпазна канавка, разделителна стена и събирателни тръби, за да се предотврати подземното движение на инфилтрата. Тези мерки обаче не гарантират, че подземните или повърхностните води около площадката няма да бъдат замърсени. Това са прости и евтини коригиращи мерки, целящи да намалят възможно най-много евентуалното замърсяване. За третиране на инфилтратите могат да се използват биологични или химични методи. Биологичните методи включват оставяне на отпадъчните води да преминат през поредица от езерца за стабилизиране или използване на растения за абсорбиране или разграждане на замърсителите. Химическите методи, от друга страна, се основават на третиране на отпадните води с химикали.

Системата за отвеждане на инфилтратите включва изграждането на басейн за събирането им, процеса на полагане на глинен слой и процесите на полагане и заваряване на геомембрани. Системата за дрениране на инфилтратите, в процеса на рехабилитация, получава дял между 5 и 7 % от общия бюджет за рехабилитация. Цената на басейна за събиране на инфилтратите е приблизително 7 EUR за м³. Разходите за процеса на полагане на глинен слой са приблизително 17 €/м³ и накрая разходите по процесите на полагане и заваряване на геомембрани са приблизително 7,5 € за м² (Balıkesir Metropolitan Municipality, 2017). Разходите за третиране на инфилтратите са извън обхвата на настоящата глава.

6.4. Система за дрениране на повърхностни води

Целта на инсталирането на дренажно съоръжение е да се намали количеството на повърхностните води, които попадат в откритото нерегламентирано сметище. В зависимост от топографията на откритото сметище и заобикалящата го среда дъждът се натрупва на повърхността и може да нанесе щети на сметището. Обикновено количеството на валежите и образуваните повърхностни води са много по-големи от количеството на инфилтрата, образуван в откритото сметище. Ако в района на депото попаднат големи количества повърхностни води, количеството на инфилтрат ще се увеличи значително и по този начин ще надхвърли капацитета на съоръженията за събиране, задържане и пречистване. За да се избегнат такива ситуации, е необходимо да се предотврати навлизането на повърхностни води в зоната за депониране на отпадъци и да се осигури тяхното отделяне. Изграждат се насипи или периферни дренажи далеч от зоните за депониране, а водата се насочва към възходящата страна на зоната за съхранение. Ерозията е важен показател при провеждане на проучвания за отклоняването на водата. Трябва да се полагат грижи за предотвратяване на ерозията. Съоръженията за отвеждане на повърхностни води могат да бъдат разделени на следните категории (<https://www.sprep.org> 2022).

6.4.1. Дренаж на периметъра

Целта на дренажната система по периметъра е да събира дъждовните и повърхностните води и да предотвратява попадането им в зоната за изхвърляне на отпадъци. Периметровата дренажна система отвежда повърхностните води към водохранилището за дъждовни води. След запълването на площадката и създаването на окончателното почвено покритие периметровата дренажна система трябва също така да събира повърхностните води вътре в площадката за депониране. Екологичните дренажи не само отвеждат повърхностните води

от мястото на запълване, но също така имат функцията да предпазват животните и хората, които навлизат на територията на площадката за събиране на материали. (<https://www.sprep.org> 2022).

6.4.2. Повърхностен дренаж на депото

След полагането на крайната покривна почва се инсталират повърхностни дренажи на складираните площи за отвеждане на водите от откритата повърхност на сметището. Повърхностните дренажи се изкопават върху напълно уплътнения окончателен слой на настилката до необходимия наклон (обикновено от 2 до 3 %).

Степента на слягане на почвата е висока на ранния етап след запълването на обекта. Поради това се препоръчва временно да се инсталират прости дренажи, като например открит ров, докато се прекрати слягането на почвата (крайната почвена покривка). След като улягането е почти приключило, може да се изгради постоянна структура, като бетонна канавка.

6.4.3. Канал за пренасочване на течението

Каналите за отвеждане на водите са необходими в случаите, когато водосборните площи на откритото нерегламентирано сметище и на външните площи са твърде големи и капацитетът на периметровата канализация се счита за недостатъчен за водните притоци. Системата за отводняване на повърхностни води в процеса на рехабилитация получава дял между 5 и 7 % от общия бюджет за рехабилитация. Цената на системата за отвеждане на повърхностните води е приблизително 123 евро на метър (Metropolitan Municipality Balıkesir, 2017).

6.5. Газова дренажна система

Основната функция на съоръжението за вентилация е да освобождава газовете, генерирани от пластове на депото, възможно най-скоро, преди те да окажат въздействие върху околната среда в околните райони. То също така ускорява процеса на стабилизиране на депото в условията на полуаеробна система. Съоръжението за вентилиране на газове трябва да бъде планирано и проектирано така, че да отговаря на тези цели.

Обикновено съоръжението за обезвъздушаване на газ за полуаеробна система за депониране се състои от хоризонтални и вертикални/наклонени тръби за обезвъздушаване на газ. Вертикалната тръба за вентилация на газ се монтира на върха на съединителната яма.

Съединителната яма се използва за свързване на основните тръби за събиране на инфилтрати и разклоненията им. В този случай е направена от бетон, който се поставя на място с помощта на кофраж. Тъй като функцията ѝ е да свързва тръбите и да осигурява пространство за свободно движение на въздуха навътре и навън, може да се направи такава, като се използват други материали, например циментови блокове, тухли, дърво, използвани варели, използвани гуми, насипи от чакъл/скален материал и др. Не е задължително тя да бъде квадратна или със стени (Swarbrick et al., 2011). Типичен газов дренаж и неговата система са дадени на фигура 6.2.



(a)



(б)



(в)



(г)

Фигура 6.2. Примери за инсталиране на система за отвеждане на газовете.

При рекултивацията на откритите нерегламентирани сметища се изграждат газови комини, както е показано на фигура 6, за да се изхвърля сметищният газ от отпадъчната маса. Системата за отвеждане на газа включва газови кладенци, съоръжения с биофилтри и кладенец за наблюдение. Системата за дренране на газа в процеса на рекултивация получава дял между 4 и 6 % от общия бюджет. Разходите за изграждане на газови кладенци и биофилтри са приблизително 1350 EUR за един брой. Разходите за наблюдателен кладенец са приблизително 4250 € за една бройка (Balıkesir Metropolitan Municipality, 2017).

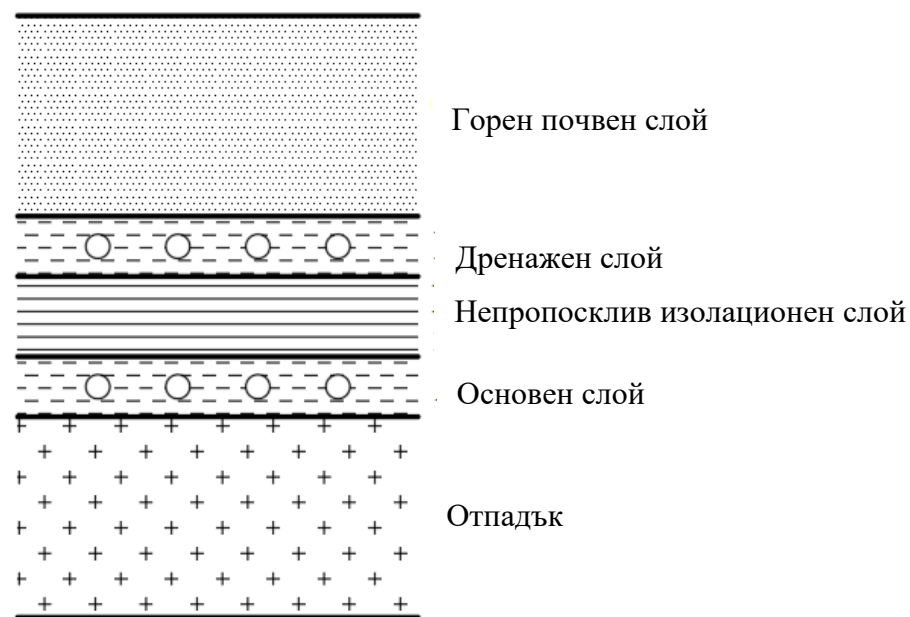
6.6. Крайно покритие

Генерирането на инфилтрат продължава както в откритото нерегламентирано сметище,

така и в санитарните депа. Санитарното депо и откритите сметища трябва да бъдат покрити с крайно горно покритие, за да се предотврати увеличаването на количеството на инфилтрат вследствие на валежите на площадката. Това покритие трябва да бъде от достатъчно непрониклив материал и да има подходящ наклон. Следва да се постави на площадката след приключване на процеса на съхранение (и след като в депото е настъпила най-голямата депресия). Крайното горно покритие предотвратява изтичането на вода от валежите в зоната за съхранение и трябва да се състои от 4 слоя;

- Основен слой
- Непрониклив изолационен слой
- Дренажен слой
- Покритие от горния почвен слой

Схематичната илюстрация на крайното покритие е дадена на фигура 6.3 (Министерство на околната среда, урбанизацията и изменението на климата на Република Турция, 2014 г.).



Фигура 6.3. Схематична илюстрация на крайното покритие

6.6.1. Основен слой

Качеството на крайната изградена покривна система зависи до голяма степен от здравината на поставения върху нея основен слой. Върху последния поставен слой отпадъци трябва да се постави слой почва (дебелината му трябва да е около 30 cm, в зависимост от размера на съхраняваните отпадъци).

Целта на това е да се предотврати повреждането на горната изолация. Този капак може да бъде направен от естествен пясъчен материал, който позволява отвеждането на образувания

сметищен газ, или от груби материали от строителни площадки или от отпадъци от тухларската промишленост. С помощта на газопреносната система, разположена в този слой, събраният в долния слой газ от депото се изпуска във въздуха.

6.6.2. Непропусклив изолационен слой

Непропускливият изолационен слой трябва да бъде поставен върху основния слой. Този слой трябва да бъде изработен от гъвкав материал или комбинация от материали, които са непропускливи на газ и вода.

По принцип изолационният слой, изработен от пластмасово фолио, е напълно непропусклив на вода. Въпреки това трябва да се има предвид възможността за локални течове, дължащи се на грешка по време на монтажа или претоварване. Ако пластмасовото уплътнително покритие трябва да се използва като непропусклив слой, то трябва да се проверява на редовни интервали и да се предпазва от течове. По принцип трябва да се обмисли подмяната на покритията на всеки 30 или 40 години, за да се осигурят оптимални условия.

6.6.3. Дренажен слой

За да се отстрани излишната вода от по-високия почвен слой и той да се предпази от силни валежи, върху непропускливия изолационен слой трябва да се изгради дренажен такъв.

Дренажният слой трябва да бъде изграден от пясък с ниско съдържание на хумус и висока пропускливост. Във вътрешността му трябва да се постави дренажна подконструкция. На слоя трябва да се придаде поне малък наклон, така че излишната вода, навлизаща в него, да може да тече гравитационно и да достигне до главните събирателни тръби в краищата. Колекторните тръби изпълняват задачата да отвеждат излишната вода от зоната за съхранение.

6.6.4. Покритие на горния почвен слой

Крайната система за покриване на зоната за съхранение се завършва с полагането на горния слой почва. Целта на този слой е да предпази лежащите под него слоеве от механични повреди, изсъхване и напукване (при растежа на растенията), проникване на растителни корени и ерозия.

Дебелината и качеството на този слой варират в зависимост от необходимото количество вода, планираното отглеждане и предназначението на затворената зона за съхранение. Във всеки случай този слой трябва да бъде с дебелина най-малко 1 m. Ако дървесината ще се използва в озеленяването, ще е необходим по-дебел слой. Не се препоръчва засаждането на дървета с дълбоки корени над зоната за съхранение.

Около тези площи трябва да се изградят траншеи и барикади, за да се предотврати попадането на дъждовни и наводнителни води извън депото. Непропускливият горен покривен слой също така предотвратява неконтролируемото отделяне на сметищен газ. Въпреки това може да се наложи да се изгради система за събиране, пречистване или оползотворяване на газа. Като цяло, ако почвата е непроницава в откритите нерегламентирани сметища, прилагането на системата за крайно покритие ще бъде достатъчно, тъй като отпадъците няма да имат връзка с подпочвените води (Turan et al. 2009).

Процесът на окончателно покриване при рекултивация на открити нерегламентирани сметища получава дял между 70 и 74 % от общия бюджет. Той включва изграждане на балансиращ слой, снабдяване с естествена глина, доставка и полагане на чакъл, доставка и полагане на геотекстил за сепариране.

Разходите за изграждане на балансиращия слой са приблизително 4,5 EUR на m³.

Разходите за доставка и формиране на естествена глина са приблизително 17 EUR на m³.

Разходите за доставка и полагане на чакъл са приблизително 8 EUR на m³.

Разходите за доставка и полагане на геотекстил за разделяне са приблизително 1,2 EUR на m².

Приблизителният график на разходите за рехабилитация на откритото нерегламентирано сметище е даден в таблица 6.1, а единичната цена на инженерните приложения е дадена в таблица 6.2 (Balikesir Metropolitan Municipality, 2017).

Таблица 6.1. Финансов аспект на рекултивацията на откритите нерегламентирани сметища.

	ИНЖЕНЕРНИ ПРИЛОЖЕНИЯ	Процент от плащането (%)		ОБЩИ РАЗХОДИ EURO (€)	
Изкопаване, транспортиране, полагане и уплътняване на отпадъци	Стабилност на склоновете насипи и изграждане на	6,1452	15,125	39.631,6	97.547,4
Земни изкопи и запълвания		6,3260		40.797,7	
Изграждане на телени огради		0,5698		3.674,68	
Изграждане на пътища		2,0845		13.443,3	
Дренажна система за отпадни води, басейн за събиране на отпадни води и непроницаемост на басейна за събиране на отпадни води	Система за отвеждане на инфилтратите	6,2063	6,2063	40.025,5	40.025,5
Система за отводняване на повърхностни води	Система за оттичане на повърхностните води	1,4790	1,4790	9.538,05	9.538,05
Изграждане на газови кладенци и биофилтри	Газова дренажна система	3,1623	5,1533	20.394,5	33.234,3
Наблюдателен кладенец		1,9909		12.839,7	
Крайно покритие	Крайно покритие	72,036	72,036	464.574	464.574
		100,00	100,00	644.920	644.920

Таблица 6.2. Единична цена на инженерните приложения за рехабилитация на открити нерегламентирани сметища.

Приложение	Единица	Цена (Евро)
Машини за изкопаване, транспортиране, полагане и уплътняване на отпадъци	m ³	1,49
Изкопни работи и транспорт (транспортиране до запълнени площи)	m ³	1,68
Запълване (от излишния изкопен материал)	m ³	1,18
Запълване (с материал, който трябва да се набави отвън)	m ³	4,15
Строителство на пътища	m ²	5,01
Изграждане на телени огради	m	36,75
Система за окончателно покритие: Изграждане на балансиращ пласт	m ³	4,64
Система за окончателно покритие: Доставка и формиране на естествен глинест материал	m ³	17,27
Система за окончателно покритие: Доставка и полагане на чакълест материал	m ³	7,86
Система за крайно покритие: Доставка и полагане на геотекстил за разделяне, 300 g/m ²	m ²	1,13
Система за крайно покритие: Изграждане на горна покривна почва	m ³	4,64
0,3x0,3x0,9 Канал за отвеждане на повърхностни води	m	9,61
Доставка и полагане на тръба за повърхностни води Ø500	m	114,86
Ø 300 mm Перфорирана SS тръба	m	87,57
Ø 300 mm затворена SS тръбна формация	m	59,83
H=2,25 m Ø 1000 mm HDPE комин	piece	538,55
За басейн за изтичане: Изкопни работи и транспорт (транспортиране до запълнените площи)	m ³	1,68
За басейн за отпадни води: Запълване (от изкопания материал)	m ³	1,18
За басейна за отпадни води: Запълване (с материал, който трябва да се набави отвън)	m ³	4,15
Басейн за отпадни води: Доставка и формиране на естествен глинест материал	m ³	17,27
Доставка и полагане на HDPE геомембрана за басейна за отпадни води	m ²	7,40
Газови кладенци и формиране на биофилтър	piece	1.359,64
Наблюдателен кладенец	piece	4.279,93
Засяване на трева	da	182,46
Напоояване на парковите площи	ha	1,01

Литература

- Ayalon, O., Becker, N., & Shani, E. (2006). Economic aspects of the rehabilitation of the Hiriya landfill. *Waste Management*, 26(11), 1313-1323.
- Balikesir Metropolitan Municipality, (2017). The rehabilitation report of Gönen open dump site
- Bodzek, M., Łobos-Moysa, E., Zamorowska, M., (2006). Removal of organic compounds from municipal landfill leachate in a membrane bioreactor. *Desalination* 198, 16–23.
- Bulc, T.G., (2006). Long term performance of a constructed wetland for landfill leachate treatment. *Ecological Engineering* 26, 365–374.
- Ertürk, (1998), Introduction of Environment Science. Uludag University Empowerment Foundation Publications, Bursa.
- Frantzis, I., (1991). Settlement in the landfill Site of Schisto. Proceedings of Sardinia 91 Third International Landfill Symposium, 14–18 October, S. Margarita di Pula (Cagliari), Sardinia, Italy, Vol. 2, pp. 1189–1195.
- Joshi, V. and Nachiappan N.C (2007), “Management of Old MSW Dumps – Challenges and Opportunities”, Proceedings of the International Conference on Sustainable Solid Waste Management, Chennai, India, 5-7 September, pp. 3-9
- Keleş and Hamamcı, (2005). Environmental Policy. İmge Bookstore, Ankara.
- Kurian, J., Esakku, S., Nagendran, R., & Visvanathan, C. (2005, October). A decision-making tool for dumpsite rehabilitation in developing countries. In Proceedings of Sardinia.
- Lavrova, S., Koumanova, B., (2010). Influence of recirculation in a lab-scale vertical flow constructed wetland on the treatment efficiency of landfill leachate. *Bioresource Technology* 101, 1756–1761.
- Marangoz, M., Önce, A. G., & Aydın, A. E. (2015), The importance of e-waste management in terms of environmental economy and sustainable development. In International Conference on Eurasian Economies (pp. 9-11).
- Perl, N., (1998). Development of Rehabilitation of a Waste Disposal Site as an Open Area. Master’s thesis, The Technion, ITT, Haifa, Israel (in Hebrew), 217 pp.
- Republic of Turkey Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change, (2014), The guide of the landfill operation.
- Rushbrook, P., (1999). Getting from subsistence landfill to sophisticated landfill, *Waste Management and Research*, ISWA, Vol.17, pp 4-9.

Rushbrook, P., (2001), “Guidance on Minimum Approaches for Improvements to Existing Municipal Waste Dumpsites”, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark.

Swarbrick, G. E., & Stuetz, M. R. (2010). Handbook for the design, construction, operation, monitoring and maintenance of a passive landfill gas drainage and biofiltration system.

https://www.sprep.org/att/IRC/eCOPIES/pacific_region/14.pdf

Turan, N.G., Çoruh, S., Akdemir, A. and Ergun, O.N., (2009), Country Report, Municipal solid waste management strategies in Turkey, Waste Management, 29 (2009) 465–469