

**УПРАВЛЕНИЕ НА СМЕТИЩНИЯ ГАЗ И
ИНФИЛТРАТА В РЕКУЛТИВИРАНИ ОБЕКТИ****4.1. Въведение**

Отпадъците често съдържат органична материя, чиито молекули се разграждат от специализирани бактерии, след като бъдат изхвърлени в депото. Този процес на разлагане освобождава газови смеси, наречени биогаз или метищен газ (LFG) и течност, наречена инфилтрат, която е богата на замърсители, получени главно от разтваряне на вредни вещества от отпадъците, които са се всмукали в повърхностните води.

Газът от сметищата се генерира от химическото и биологичното разграждане на органичния материал, присъстващ в самите отпадъци. Специфичният състав на метищния газ се променя непрекъснато и зависи от много фактори, сред които:

- състав на отпадъците;
- екологични условия на отпадъците;
- време и условия, при които се съхраняват отпадъците.

Очевидно различните видове отпадъци (органични, пластмасови, инертни и т.н.) ще повлияят значително на вида на генерирания метищен газ. Наличието на органична материя, в особено големи размери, ще доведе до високи нива на образуването на газ, докато съдържанието на инертен материал или инхибиращи химикали силно ще ги ограничи.

Размерът на материала играе важна роля; Ако намаленият размер увеличава биореактивната повърхност на материалите - с последващи по-добри условия за образуването на метищен газ - в обратната ситуация, това пък води до по-голямо уплътняване на отпадъците, намаляване на кухините и до увеличаване на плътността на масата, което от своя страна намалява възможността за разпространение на влага, бактерии и отделянето на самия метищен газ. Размерът се влияе силно от всякакви предварителни обработки, на които са

подложени отпадъците, преди да бъдат изхвърлени; раздробяването например намалява размера и смесва материала.

Инфилтратът е течността, която е проникнала през твърдите отпадъци в депото и се е насища с разтворими, разтворени или суспендирани материали. Депата за твърди отпадъци могат да причинят сериозни вреди на околната среда, ако емисиите на инфилтрат и газове не се контролират. Инфилтратът, генериран в общинските депа, съдържа големи количества органични и неорганични замърсители, които могат да проникнат в земята. В резултат на това управлението на депото ще се съсредоточи върху минимизиране на производството на инфилтрат на първо място и след това върху системата за събиране и отстраняване на инфилтрат. Като цяло просмукването на инфилтрата се контролира от механични бариери с ниска пропускливост, работещи с дренажна система, която също отстранява крайните продукти от биоразграждането. Преградите са направени от пластове уплътнена на място глинеста почва. Като алтернатива е възможно да се спазват разпоредбите чрез използването на синтетични геомембрани, които могат да се съчетаят с глинеста почва или да се използват като самостоятелни елементи.

4.2 Управление на сметнищния газ

4.2.1 Състав и основни компоненти на сметнищния газ

Сред факторите на околната среда **влагата** играе централна роля; при повишаване на процента на влага (в определени граници), се регистрира увеличаване на образуването на сметнищен газ. Всъщност наличието на по-големи количества вода създава благоприятна среда за процесите на биологично разграждане. Ето как действа водата:

- повишава активността на микроорганизмите;
- подобрява интерфейса твърдо-течно и действа като вектор за по-добро разпространение на микроорганизми и хранителни вещества.

Ниската влажност (30-40%) не осигурява адекватни условия за протичане на биохимичните реакции за разграждане на органичната материя, докато условията на насищане (или по-лошо „наводняване“) пречат както на производството на газ, така и на способността за преместването му. Наличието на вода в отпадъците идва от:

- ендегенни фактори (например наличието на вода в кухненските и градинските отпадъци е много високо);
- просмукване на дъждовна вода/инфилтрат;
- отток на повърхностни и подземни води;
- рецикулация на инфилтрат (ако е необходимо)

Първото твърдение се отнася до състава на отпадъците и методите за тяхното събиране. Обикновено отпадъците, отиващи на депото, са ненаситени и могат да абсорбират вода до капилярно насищане, след което се образува инфилтрат. Външните входящи ресурси са силно повлияни от методите за управление на депата, като ежедневно покриване на отпадъците и правилното отстраняване на водата от повърхностния отток. Както бе споменато по-горе, първият етап от процеса на разграждане на отпадъците в депото е биологичното разграждане - **разграждането на органичната материя** от микроорганизми, като бактерии.

Биоразграждането се извършва в три етапа:

- аеробен етап
- анаеробен киселинен стадий
- анаеробен метаногенен етап

Аеробната фаза е началната фаза и представлява разграждането на органичните замърсители от микроорганизми, когато присъства кислород; кислородът се взема от атмосферата, от въздуха, включен по време на съхранение, от този, който прониква след затваряне и от този, разтворен във водата, която прониква. Този процес всъщност започва по време на фазата на събиране на отпадъци и (евентуална) фаза на предварителна обработка и във всеки случай продължава, докато има наличен кислород.

Това е същият процес, използван за производство на компост на ниво домакинство, от кухненски и градински отпадъци и на селскостопанско/промишлено ниво от селскостопански отпадъци или органични отпадъци. Аеробният процес има силно екзотермична реакция, може да се достигне дори до 70 °C.

Ако отпадъците се съхраняват и пресоват, този процес може да продължи няколко часа/дни, в противен случай, ако депонирането на отпадъци е неконтролирано и въздухът продължава да циркулира, същият процес може да продължи няколко месеца. Този етап на окисляване включва съответно производство и емисии на CO₂.

Анаеробен (киселинен) стадий: това се случва, когато наличието на кислород е намалено и аеробен процес вече не е възможен. В този контекст аеробните микроорганизми предпочитат да използват други кислородни съединения. На този етап се извършва производството на въглероден диоксид. Има по-малко генериране на топлинна енергия в сравнение с аеробния процес и значително производство на частично разградено органично вещество. По-голямата част от частично разграденото органично вещество се състои от органични киселини. Тези киселини се намират в инфилтратата. На този етап се регистрира съответно производство (емисия) на CO₂, което може да продължи няколко седмици или месеци.

Анаеробна метаногенна фаза: И накрая, анаеробната фаза се активира, когато кислородът е напълно изразходван и се създават благоприятни условия за действието на бактериите, които работят в анаеробна среда, така наречените метаногенни бактерии, тъй като те продължават действието на разграждане, превръщане на органичната материя в метан и CO₂.

Когато са налице подходящите условия, процентът на метан може да достигне до 60% от LFG. Освен това този етап има силно екзотермична реакция, която обаче е по-ниска от тази, която се случва по време на аеробния етап. Обикновено този етап започва няколко месеца след съхраняването на отпадъците и може да продължи десетилетия, с максимално производство през първите години и бавно намаляване до пълното разграждане на органичната материя. Очевидно тази фаза може да продължи, докато съществуват химико-физичните условия, които могат да гарантират биохимичните процеси. Може напълно да се сведе до нула. Понякога, след много години съхраняване на отпадъци, може да се случи те да са непокътнати или малко разградени, например поради липса на влага.

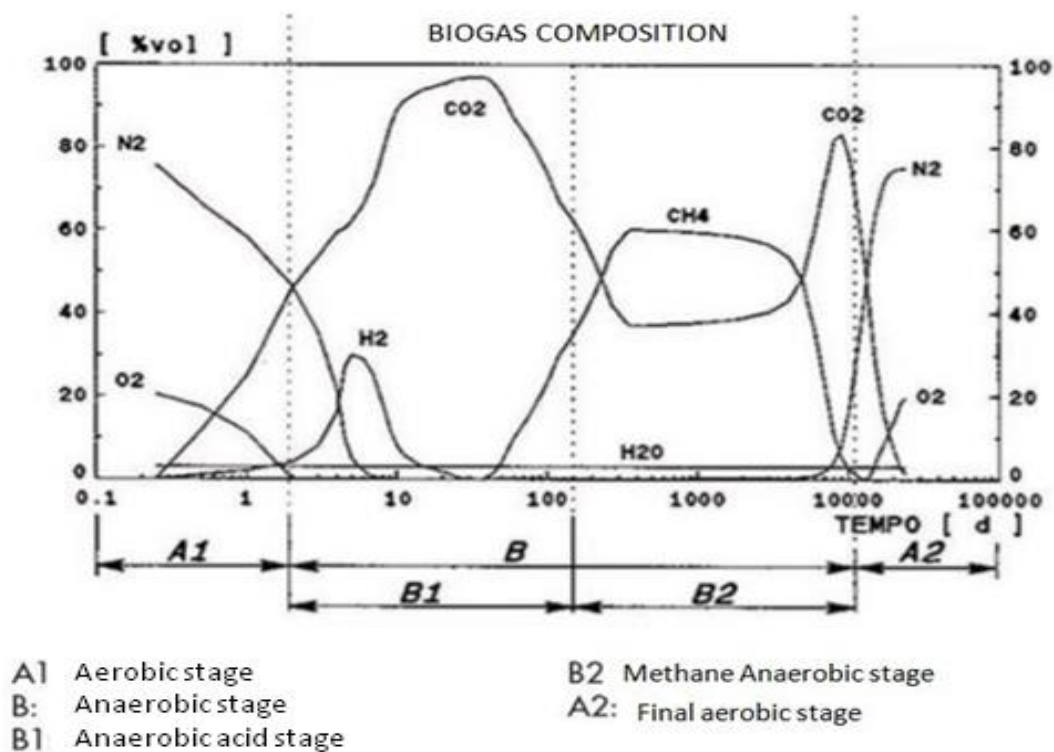
На фигура 4.1 все още можете да разпознаете хартиен билет след 30 години от съхранението му поради недостиг на влага.



Фигура 4.1. Хартиени отпадъци след 30 години отлагане. Източник: ASET Spa, октомври 2016 г

Етапите на разграждане на отпадъците са силно повлияни от различни методи на управление; например, когато огромно количество събрани и непреработени отпадъци в неконтролирани сметища не са адекватно покрити, съществува риск изискуемите условия за следващите етапи на аеробния процес да не бъдат повече изпълнени.

Графиката по-долу, предложена в статия от А. Damiani и М. Gandolla през 1992 г., представлява крайгълен камък в описването на (показателна) тенденция в състава на газовата смес, произведена по време на различните етапи на „ферментацията“ на отпадъците в управлявано и контролирано депо за отпадъци.



Фигура 4.2. Процес на съставяне на биогаз в депо. Източник: Damiani L., Gandolla M., 1992, Управление на биогаз в контролирани сметища, Istituto per l'Ambiente.

Както може да се види от графиката, макрокомпонентите на типичния сметищен газ и неговите обемни концентрации са:

- Метан (CH₄) 30÷50 %
- Въглероден диоксид (CO₂) 35÷70 %
- Кислород (O₂) 3÷5 %
- Азот (N₂) 10÷15 %
- Водна пара 0÷5 %

Всички тези газове са без мирис. Компонентите в по-нисък процент (които могат да бъдат измерени в ppm или mg/m³) са сероводород (H₂S) и амоняк (NH₃), които имат различни и специфични миризливи аспекти. Газът от сметищата е смес от газове в различни проценти, които се променят в зависимост от вида на събраните отпадъци, управлението на инсталацията и времето на депониране на отпадъците. За удобство винаги се прави

препратка – в случай на управление на депото – до депониран газ със съдържание на метан 50% (LFG₅₀).

Множество други газове (включително VOC, PAH, неметанови въглеводороди), също присъстващи в сметищния газ, се генерират от биохимичните реакции, които протичат вътре в отпадъците или които идват директно от синтетичните вещества, съдържащи се в самите отпадъци. Някои от тези газове са токсични и следователно трябва да бъдат адекватно наблюдавани, както за защита на персонала, работещ в завода, така и за тяхното въздействие върху околната среда и здравето на хората.

Особено внимание трябва да се обърне на метана, който е запалим газ. Тъй като метанът е гориво, в присъствието на окислител (кислородът във въздуха) и спусък може да започне горене. За да се осъществи горенето обаче, трябва да има точно съотношение между газовете в сместа. В случай на метан във въздуха има:

- долна граница, равна на 5% от LEL (Долна граница на експлозивност);
- горна граница, равна на 15% от UEL (горна експлозивна граница)

„Запалимият диапазон“ на метан във въздуха е между 5 и 15%. При концентрации под 5% няма достатъчно гориво, докато при концентрации над 15% няма достатъчно окисляване.

Ясно е, че поради ефекта от разрежданията на сметищния газ (с висок % метан), винаги ще има области, които влизат в полето на запалимост; необходимо е да бъдете много внимателни, особено когато може да се създаде натрупване на сметищен газ (в затворени зони): в този случай рискът от пожар се добавя към този от експлозия.

Диапазонът на запалимост във въздуха на биогаза е различен от този на чистия метан, поради наличието на инертни газове (като CO₂ и N₂), които могат да наситят сместа; в действителност, с проценти на инертни газове, по-високи от 20%, продуктът влиза в диапазона на незапалимост поради излишък на инертни газове. За по-добра оценка на тези аспекти, моля, вижте диаграмите за запалимост в ръководствата за управление на запалими газове. (напр. G. Zebetakis 1959 US Bureau of Mines).

4.2.2 Производство и рискове

Както ще видим в следващите параграфи, изчисляването (или по-скоро оценката) на количеството сметищен газ, което ще бъде произведено с времето от самите отпадъци, е

основна дейност за проектирането и оразмеряването на различните компоненти на инсталацията. Това също е от ключово значение за следващите етапи на управление и мониторинг на система за събиране на сметищен газ и пречиствателна станция.

Изчислителните модели разглеждат депото като **биореактор**, в който се развиват различните описани биохимични фази, по-специално анаеробната. Предполагаемата производствена крива се получава, като се сумират ефектите, произведени във времето от всеки отделен тон отпадъци, заедно с припокриването на отделните пластове. Често се наблюдават две тенденции (най-добрият и най-лошият случай), в рамките на които може да се оцени действителната производствена крива. Съществуват различни изчислителни модели, както емпирични, така и теоретични модели, базирани на биохимичната динамика на трансформацията на органичната материя. Във всеки случай е ясно, че производството на сметищен газ е силно повлияно от вида на събраните отпадъци във времето и от химико-физичните свойства на отпадъците. Един тон кухненски отпадъци ще има качествено и количествено производство, различно от един тон текстил, стъкло и метали. Като се има предвид, че най-малко 50% от органичната материя може да се превърне в сметищен газ при анаеробни условия, се изчислява, че един тон органичен материал може да произведе с течение на времето дори повече от 200 m³ сметищен газ.

Така например едно средно голямо депо, което получава 30 000 тона битови отпадъци (с високо съдържание на органичен компонент) за период от 10 години, ще генерира най-малко 50 милиона m³ сметищен газ във времето.

Какъвто и модел за изчисление да се използва, за да се изготви последователна оценка на производството на сметищен газ във времето, е важно да се знае:

- количеството, състава и развитието във времето на събраните отпадъци (особено през последните 10 години);
- възможното наличие на специални (промишлени) отпадъци, които могат да съдържат вещества, които инхибират биохимичните реакции;
- всякаква предварителна обработка на отпадъците (напр. биостабилизация);
- формите на управление (или не) на инсталацията във времето (уплътняване, покритие, възможни модалности на събиране на сметищен газ, управление на инфилтрат и др.);

- конфигурацията на резервоара и външните входове на вода (подпочвени води, термовалежи и др.), за да се оцени нивото на влажност в отпадъците.

Както се вижда от качественото и количествено описание на сметищния газ, липсата на контрол и управление на биогаза във времето включва редица рискове и отрицателни въздействия, които трябва да бъдат взети под внимание. Сред тях със сигурност има риск от пожар и експлозия; силното присъствие в биогаза на горим газ, като метан, неговият широк диапазон на запалимост и високата му подвижност (както във въздуха, така и в земята) могат да създадат много сериозни рискови ситуации, дори на стотици метри от сметището. Всъщност, особено в лошо управляваните сметища, пожарите и свлачищата, предизвикани от експлозии (поради вътрешно горене или в затворени зони), не са необичайни и са причинили големи щети на хора и имущество. Сред въздействията на сметищния газ върху околната среда и здравето може да се подчертае: въздействието на миризливите емисии върху качеството на въздуха, емисиите на парникови газове и фитотоксичността. Най-често срещаното **въздействие върху околната среда**, причинено от депата, е лошата миризма, генерирана от определени вещества (напр. меркаптани, H₂S, амини, РАН и др.), присъстващи в сметищния газ, понякога само като следи; но макро компонентите (метан, CO₂, въздух, водна пара) са по-скоро без мирис. Газът от сметищата, освен източник на миризми, се явява и транспортно средство, веднъж генериран от ферментацията на депонираните отпадъци, той започва да се изкачва към повърхността и да извежда други вещества, които току-що са отделили депонираните отпадъци.

Както бе споменато по-горе, метанът е мощен "парников газ", който е директен причинител на глобално затопляне (т.нар. GWP100) 28 пъти по-висок от този на въглеродния диоксид; липсата на неговото саниране и възстановяване, допринася значително за глобалното затопляне. Депата за отпадъци са вторият/третият най-голям източник (най-малко 15%) за неконтролираните емисии на метан (с антропогенен произход) след нефтената промишленост и животновъдството.

Наличието на ефективна система за събиране и ремедиация на сметищен газ, избягваща свръхналягане в отпадъците и неконтролирани емисии от тях, е от основно значение за намаляване на рисковете и отрицателните въздействия върху околната среда и здравето на хората.

4.2.3 Събиране и транспортиране

Дейността по **събиране на сметищен газ** се състои в разработването и управлението на елементи, които, след като бъдат поставени в пряк контакт с отпадъците, са в състояние да разпознаят току-що произведения от тяхната ферментация газ.

Тези елементи след това ще бъдат свързани с всмукателната система и с обработката на самия газ (виж следващите параграфи). Без тези елементи газът, поради свръхналягането в отпадъците, би се разпръснал в атмосферата по неконтролиран начин, достигайки до повърхността на депото или околната почва през стените на резервоара (ако не е водоустойчив).

Системата за събиране трябва да бъде проектирана от началото на жизнения цикъл на депото, тъй като сметищният газ започва да се генерира веднага, макар и с различни характеристики от тези, които той показва при пълен капацитет. Колкото е по-ефективна системата за събиране на газа, на толкова по-голяма повърхност контактува с отпадъците. Обикновено тя се състои от вертикални кладенци или хоризонтални дренажни канали. В случай на рехабилитация на открити сметища системата за събиране на сметищен газ ще бъде изградена след това, като се следват същите критерии, прилагани за новите депа.

Типичен елемент на системата за събиране на газ е вертикалният кладенец, състоящ се от кръгла колона и централна сонда (тръба с прорези) (фиг. 4.3). Чакълната колона осигурява дренажната повърхност на газа, докато шлицовата сонда осигурява възможността за повърхностна връзка към приемната и транспортната мрежа на сметищния газ.

Кладенецът може да бъде позициониран в основата на резервоара, който ще събира отпадъците (виж Фиг. 4.3); в този случай колоната от чакъл ще бъде защитена от клетка, обикновено състояща се от метална рамка (често се използват спираловидни стоманени армировки на бетонни фундаментни пилоти) и метална ограничителна мрежа. С развитието на депото чакълната колона и централната сонда ще бъдат постепенно повдигани до работното ниво; важно е да се поддържа непрекъснатостта на дренажната колона, дори ако се появят вертикални деформации на колоната.

Металните части се разграждат с течение на времето, но без да причиняват щети, тъй като самото тяло на отпадъците вече ще задържа колоната от чакъл.

За предпочитане е в състава на чакъла (с размер: 40/70) да присъства силиций или базалт (обикновено се използва базалтов баласт за железопътни линии), като се избягва използването на варовикови скали, които са склонни да се и разпадат и биват атакувани от киселините, съдържащи се в газа и инфилтратата. За централната сонда обикновено се използват перфорирани тръби от полиетилен с висока плътност (HDPE) (вижте фиг. 4.3.)



Фигура 4.3. Хоризонтален дренаж и кладенци. Източник: ASET Spa, април 2019 г.

Обикновено кладенците са с диаметър 60/120 cm, докато полиетиленовата сонда е с външен диаметър 20/60 cm (по-големите сонди позволяват поставянето на помпи за изпомпване на инфилтрат). Подобни техники могат да се използват и за направата на коси кладенци с полукръгло сечение (фиг. 4.3) от страната на резервоарите.

В депо за битови отпадъци, както и при открити сметища, "радиусът на влияние" на кладенеца се приема за 25 m. За оптимално събиране, на етапа на проектиране или управление, се препоръчва да оставят около 15-20 метра, за да се припокроят ефектите на мрежата от кладенци. Кладенците, издигащи се от дъното на депото, са особено полезни, тъй като могат да изпълняват двойната функция за събиране на сметищния газ нагоре и дрениране на инфилтратата надолу, където той се отстранява от дренажа на дъното на резервоара.

Има обаче много фактори, които влияят на този механизъм, като например:

- механично действие на транспортните средства и уплътняване на отпадъците;
- утаяване на отпадъци (материали, които се изтеглят надолу чрез триене)
- диференциални напрежения (напр. в кладенците);
- разграждане на материалите (поради киселинни действия);
- налягания и физически условия (температурата в отпадъците може да достигне до 70 °С, с последващо "омекване" на полиетилена);
- запушване на канали; и т.н. Всички тези действия водят до прогресивна загуба на функционалност на тези компоненти, докато станат неизползваеми.

Поради това в жизнения цикъл на депото е необходимо да се осигури периодично обновяване на тези технически елементи, тъй като поддръжката на същите не е възможна.



Фигура 4.4. Сондиране на нов кладенец и таблица със събрани данни за изграждане на нови кладенци. Източник: ASET Spa, юли 2021 г.

Когато възникне необходимост от въвеждане на нови събирателни елементи, е необходимо да се планира строителна кампания на нови кладенци, които да бъдат пробити върху отпадъчното тяло (Фигура 4.4).

Това важи и при рехабилитация на открито сметище. Тази операция трябва да се извършва от специализирани фирми, тъй като има няколко риска при изпълнението на дейността: възможност за попадане в сондажния отвор, издишване на сметищен газ с риск от навлизане в полето на запалимост, неправилно изпълнение на дренажната колона и др. , по време на етапа на оценка преди сондирането е възможно да се събере много информация за химико-физичното състояние на отпадъчното тяло. През този етап трябва да се обърне внимание на следните фактори: влажност, температура, хидравличен напор, състояние на минерализация на отпадъците и др.; Могат да се събират и представителни проби от отпадъци за лабораторни изследвания: динамичен респирометричен индекс, съдържание на остатъчен въглерод, всякакви тестове за биометаниране и т.н., които също могат да

предоставят допълнителна полезна информация чрез сравняване на данни между различните кладенци. (Вижте Фиг. 4.4)

По време на фазата на култивиране винаги е полезно да се създадат субхоризонтални дренажи, които действат като допълнителни събирателни елементи (виж Фиг. 4.3); те се създават на различни височини чрез изкопаване на прости окопи, след което се пълнят с чакъл; ако е необходимо, могат да се вмъкнат и шлицови тръби за увеличаване на газовия поток. Чрез свързването на тези изкопи между един кладенец и друг е възможно да се създаде подземна събирателна мрежа, която надхвърля всякакви прекъсвания, които могат да бъдат генерирани; единствената предпазна мярка е да се осигури подходящ наклон на изкопите към кладенците, за да се позволи на инфилтратата и кондензата, които биха могли да наводнят самия изкоп, да се оттичат към кладенците.

Горната част на събирателната система има функцията да свързва основния елемент на конструкцията с мрежата за транспортиране на депониран газ. Без този свързващ елемент газът би се разпръснал в атмосферата, обезсмисляйки усилията, положени за внедряване и управление на системата за събиране. Главите на кладенци могат да бъдат реализирани по два начина:

- сондата, поставена в кладенеца, може да бъде свързана към глуха тръба (за дълбочина най-малко $2/3$ метра плоска) със същия диаметър като сондата;
- чрез **"камбанна" структура**, която обхваща цялата горна част на дренажната колона, създавайки нещо като камера, към която могат да се свържат инфилтратата и помпените тръби; този метод е за предпочитане. Във всеки случай, за да се избегне изсмукване на въздух от повърхността на депото, от съществено значение е да се осигури перфектно уплътнение между кладенеца и самото покритие на депото.

Като се има предвид, че тези елементи често се намират в работната зона на работещите машини, е необходимо да се гарантира и тяхната адекватна защита, за да се избегнат повреди.

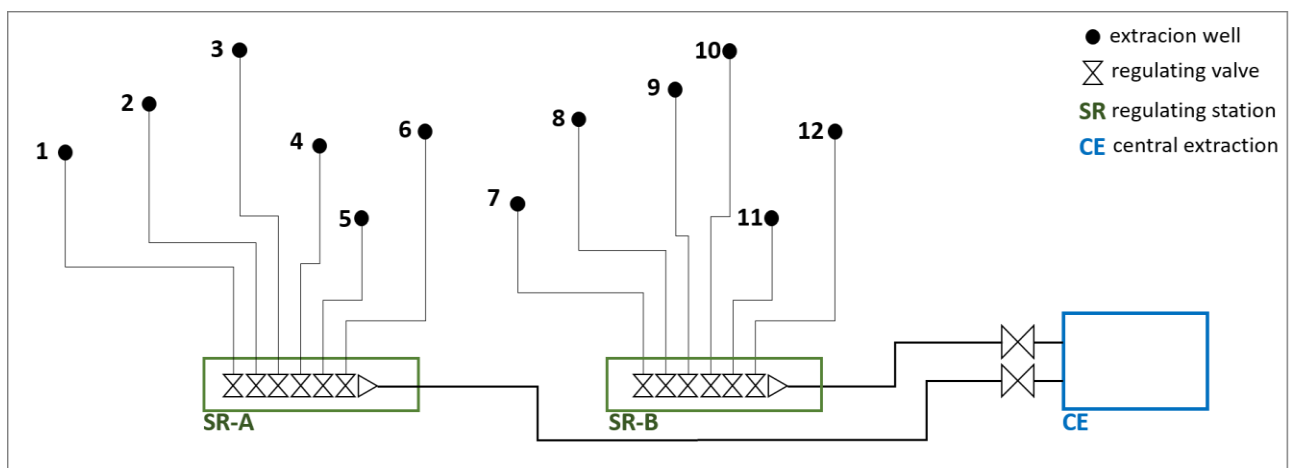
Системата от тръби, която свързва отделните събирателни елементи със станцията за добив и пречистване, представлява системата за транспортиране на депонирания газ.

Поради своята гъвкавост, лекота, устойчивост на химическа агресия и функционалност на управление, транспортната система обикновено се изработва от тръби от полиетилен с

висока плътност (HDPE) с различни диаметри. Когато има десетки кладенци, за да се осигури правилно регулиране, е необходимо да се съберат линиите на отделните кладенци, като се слоят в междинни станции; в тези точки се вкарват и устройствата за регулиране и контрол на събирането; те се наричат още **контролни станции**.

Транспортната система може да бъде разделена на:

- **първични линии** (обикновено с диаметри 180/250 mm), които свързват контролните станции с екстракционната станция;
- **вторични линии** (обикновено се препоръчва да не са под 90 mm в диаметър), които свързват отделните кладенци с **Регулаторните станции**.



Фигура 4.5. Типична структура на транспортна система за депониран газ. Източник: адаптирано от Magnano E., ed. 2010 г. Биогаз от депа, ЕРС.

Фигура 4.5 показва система за транспортиране на сметищен газ с два вида подчертани линии (основните линии са с удебелен шрифт). Газът се движи вътре в тръбите по две причини: (естественото) налягане, упражнявано вътре в отпадъчното тяло (в резултат на неговата ферментация) и (изкуствената) депресия на всмукателната система; ефектите от двете действия едновременно се сумират, но действието на приема е преобладаващо и има предимството, че може да бъде регулирано.

Трябва да се отбележи, че системата за транспортиране на сметищен газ е в депресия; тъй като е запалим газ, този аспект е в полза на безопасността, тъй като в случай на разкъсвания има най-много всмукване на въздух в мрежата, а не неконтролирано изпускане на биогаз.

Тъй като сметищният газ е горещ и често наситен флуид от водна пара, един от основните проблеми при управлението на транспортните линии за сметищен газ е създаването на конденз вътре в тръбите поради промяната в температурата (охлаждане), която може да възникне по линиите, които минават отвън (особено в студените периоди).

Кондензът намалява или блокира потока на сметищен газ вътре в тръбите; но тъй като не е възможно да се избегне тяхното развитие, е необходимо да се осигури решение за тяхното прочистване; вдлъбнатините, поставени върху линията, обикновено не могат да аспирират всички събрани течности.

Кондензатът се отстранява гравитационно, като се внимава линиите винаги да имат профили, наклонени към кладенците или регулаторните станции; когато това не е възможно, трябва да се осигурят **специални дренажи** за кондензат, за да се гарантира непрекъснатостта на вдлъбнатината (виж фиг. 4.6).

Тръбите, които обикновено минават по повърхността на депото, са подложени на непрекъснати измествания, причинени от утаяването на отпадъците, топлинното разширение на тръбите и т.н., следователно линиите могат да загубят наклона, необходим за осигуряване на оттичането на конденза. Контролът на наклоните и целостта на тръбите могат да бъдат оптимизирани чрез позиционирането им върху скеле с регулируеми съединения.



Фигура 4.6. Газопроводи за вторични сметища, положени върху опори от метални тръби - на преден план изпускател на кондензат - на заден план Регулаторна станция. Източник: ASET Spa, ноември 2020 г.

Както бе споменато в предишните параграфи, сметищният газ - в кладенец - е изправен пред непрекъснати качествени и количествени промени, обусловени от няколко фактора: характеристики на отпадъците, химически и физични условия (повлияни от валежите и атмосферното налягане), запечатване, взаимодействие с други кладенци, и т.н.

Ефективното събиране трябва да вземе предвид тези промени (които се случват няколко пъти на ден) и трябва да въведе **система за регулиране** на скоростта на всмукване. Тази дейност обикновено се извършва ръчно.

Модалностите на регулиране ще зависят и от целите, които трябва да бъдат постигнати: дали се цели максимизиране на оползотворяването на енергията или ако се иска да се събере възможно най-много сметищен газ; очевидно е, че резултатът от такава дейност е доста сложен за реализация; където е възможно, за предпочитане е да се повери на модерни **автоматизирани системи за регулиране** (виж Казус 8 - Италия).

4.2.4 Възстановяване на сметищен газ

Както беше подчертано в предишните параграфи, събраният биогаз не може да бъде изпуснат в атмосферата, той трябва да бъде обработен, за да се намалят възможно най-много отрицателните ефекти върху околната среда.

Обикновено дейностите по оползотворяване/възстановяване на сметищен газ се извършват на едно място, така нареченото **централно извличане**.



Фигура 4.7. Инсталация за добив и оползотворяване на енергия за сметищен газ.

Източник: ASET Spa, 2005 г.

Пренасянето на сметищния газ се гарантира от система за всмукване и компресия, която има двойната функция – да осигури достатъчна депресия на цялата мрежа за улавяне и транспортиране и тази за компресиране на газа към пречиствателните органи (виж по-долу).



Фигура 4.8. Турбо вентилатор - центробежни вентилатори. Източник: ASWM Srl, 2020 г.

Всички права запазени.

Тази работа се извършва от машини, центробежни вентилатори или центробежен вентилатор, които извличат газ и пренасят аспирирания газ към системите за обработка.

За динамиката на флуидите тези съоръжения трябва да гарантират (сравнително) ниски вентилационни налягания, но с висок капацитет; те трябва да бъдат адекватно оразмерени, като се вземат предвид пиковете на производството.

В етапа на засмукване е необходимо да се гарантира вакуум от най-малко 10÷20 mbar до най-отдалечения колектор, докато в компресионния е необходимо да се поддържа тяга от около 1 bar. Що се отнася до скоростите на потока, необходимо е да се имат предвид машини, способни да приемат/компресират от няколкостотин до няколко хиляди Nm³/h сметищен газ. Тези машини са движещата сила на цялата система, работещи непрекъснато (24 часа 365 дни/година). Поради тази причина е важно да се оразмерят правилно, за да

отговорят на нуждите на проекта и да се вземе предвид времето и възможните му вариации, които се случват през целия живот на депото.

Като цяло се предпочита инсталацията да се оборудва с повече машини (може би с по-ниски дебити от пиковите), които могат да работят едновременно, за да се осигури променливост на дебитите и да се гарантира, че системата работи дори в случай на поддръжка на една от тях. Като се има предвид, че центробежните вентилатори са много енергоемки и работят 24 часа, е възможно да се използват машини, оборудвани с инвертори, които гарантират намаляване на консумацията на електроенергия.

На пазара се предлага широка гама от машини с различни характеристики (в последните години и с ATEX защита), за да покрият всички дизайнерски нужди.

Третирането на сметищния газ зависи най-вече от качеството и дебита на самия биогаз. Когато съдържанието на метан е по-голямо от 25 - 30 %, е възможно да се извърши термична обработка чрез изгаряне; но по-скоро по-ниското съдържание на метан не може да гарантира подходяща топлина/топлинна стойност за изгаряне. По-високите нива на метан позволяват по-усъвършенствани и ефективни методики за третиране, за да се гарантира възстановяването на енергията в сметищния газ, докато за сметищния газ с нисък процент на метан биофилтрацията е единственото възможно третиране.

Могат да се прилагат следните обработки на сметищен газ, изброени в нарастващ ред на процентното съдържание на метан:

- (0÷25 %) биофилтрация;
- (> 25%) статични или пламтящи факли;
- (> 30%) горелки с висока температура;
- (> 35%) микротурбина;
- (> 35÷40 %) двигатели с вътрешно горене.

В случай на:

- открити сметища с нешироко уплътнени и/или непокрити отпадъци, където следователно не се активира анаеробната фаза в самите отпадъци;

- в първите етапи на управление на депото;
- или в сметища, затворени от много години; „качеството“ на сметищния газ не може да гарантира обработката чрез изгаряне. В тези случаи може да е полезно да се осигурят на завода биофилтри, които могат да окисляват и биоразграждат много органични и неорганични вещества, съдържащи се в сметищния газ.



Фигура 4.9. Примери за контейнерни биофилтри с органичен материал (подробно).

Източник: ASWM Srl, 2021 г.

Биофилтрите са резервоарни контейнери, пълни с органичен материал (обикновено дървесна кора) с голяма порьозност (фиг. 4.9). Те могат да бъдат статични или подвижни (модулни биофилтри).

В рамките на тази органична маса се активира широк набор от микроорганизми (бактерии, гъбички и др.), способни да разграждат много вещества чрез поредица от биологични реакции.

Веществата в сметнищния газ (метан, сероводород, амоняк, меркаптани, въглеродороди, въглероден окис и др.) се адсорбират до голяма степен през биофилтъра и след това се метаболизират от микроорганизми.

Ефективността на намаляване на емисиите на тези вещества обикновено е много висока, за окисление на метан може да надхвърли 80%.

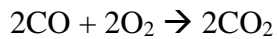
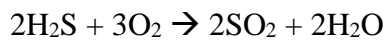
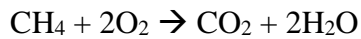
Тази технология се използва успешно за третиране на площи, повредени от инсталации за компостиране и за третиране на отпадни води в продължение на много години.

Реакциите могат да възникнат само ако има специфични химични и физични условия (температура, влажност, рН, време за контакт с газ и т.н.); те обаче могат лесно да бъдат контролирани. Трябва да се обърне внимание, когато сместа метан/кислород навлезе в експлозивния диапазон (5÷15 % метан във въздуха). Дебитът на газовата смес ще осигури оразмеряването на резервоарите, които се характеризират с голяма модулност; също така разходите и дейностите по управление са много ограничени и включват: поддържане на химичните и физически условия на растителния материал, неговата подмяна (обикновено трае години) и контрол на входящите газове и емисии.

Следователно, чрез проста и икономична система, е възможно ефективно да се третират дори големи обеми сметнищен газ с ниско енергийно съдържание.

Когато метанът присъства в сметнищния газ с процентно съдържание, по-високо от 25 %, най-подходящото третиране става **изгарянето**: метанът и други вещества (напр. H₂S) се окисляват, произвеждайки въглероден диоксид, който има намалено въздействие (вижте параграф 1).

Изгарянето (без оползотворяване на енергия) обикновено се извършва в **горелка**, където метанът, присъстващ в сметищния газ, действа като гориво, а кислородът, присъстващ във въздуха, като окислител (докато инертният азот остава непроменен); основните реакции са:



Ако сметищният газ съдържа флуорни, хлорни или серни съединения, неизбежно се образуват флуороводородна киселина (HF), солна киселина (HCl) и серен диоксид (SO₂).

Наличието на азот очевидно също води до екстензивно производство на азотни оксиди (NO_x), особено ако температурите на горене са високи (> 1200 °C).

Нискотемпературното горене, „кратко време на престой на пламъчно горене“ и лошото смесване на газовете водят до образуването на опасни съединения като диоксини и фурани.

Мониторингът на условията на горене има голямо влияние върху химичните реакции и определя качеството на отработените газове.

За да се гарантира ефективно горене, са необходими следните елементи и действия:

- температури на горене между 850 и 1100 °C;
- време на задържане на газ > 0,3 секунди;
- адекватно смесване на газовете;
- избягвайте внезапно охлаждане на пламъка.

Най-простите устройства са статични горелки или **горелки с открит пламък**.

Те обикновено се захранват директно от свръхналягането на газа, генериран от ферментацията на органичната материя в отпадъците; често те се състоят от една или повече факли, разположени директно върху събирателните елементи в самите отпадъци.

Това представлява икономичното решение за възстановяване на сметищен газ; обаче трябва да се очертаят 2 основни отрицателни аспекта, а именно условията на запалимост, създадени от отпадъците, и тяхната невъзможност да осигурят правилно изгаряне и контрол на отработените газове.

Високотемпературните факли са високоефективен механизъм, защото задържат топлината на пламъка вътре.

Наличието на горивни камери, огнеупорни покрития и други устройства осигуряват оптимални условия на горене, които отговарят на ограниченията за газови емисии в много страни.

Необходимо е да се обърне внимание на максималните нива на производство на сметищния газ, който трябва да се третира, както ако възстановяването на биогаз от депото се генерира изключително чрез изгаряне в горелката, така и ако това се използва само когато използващото енергия устройство (вижте по-долу) е в поддръжка.

Въпреки това, както беше споменато в предишните параграфи, производството на сметищен газ варира значително по време на живота на депото; по този начин също така е важно да се вземе предвид минималното ниво на производство на сметищен газ, като се гарантира, че горелката може да се справи с по-ниски дебити. Размерът на факлата трябва да съобразява обхвата на зоната, в която ще работи.



Фигура 4.10. Горелка с висока температура. Източник: CONVECO Srl, 2021 г. Всички права запазени.

Ако едно устройство не може да покрие този обхват, е полезно да се осигурят два елемента - активирани индивидуално или по двойки - в зависимост от капацитета на системата.

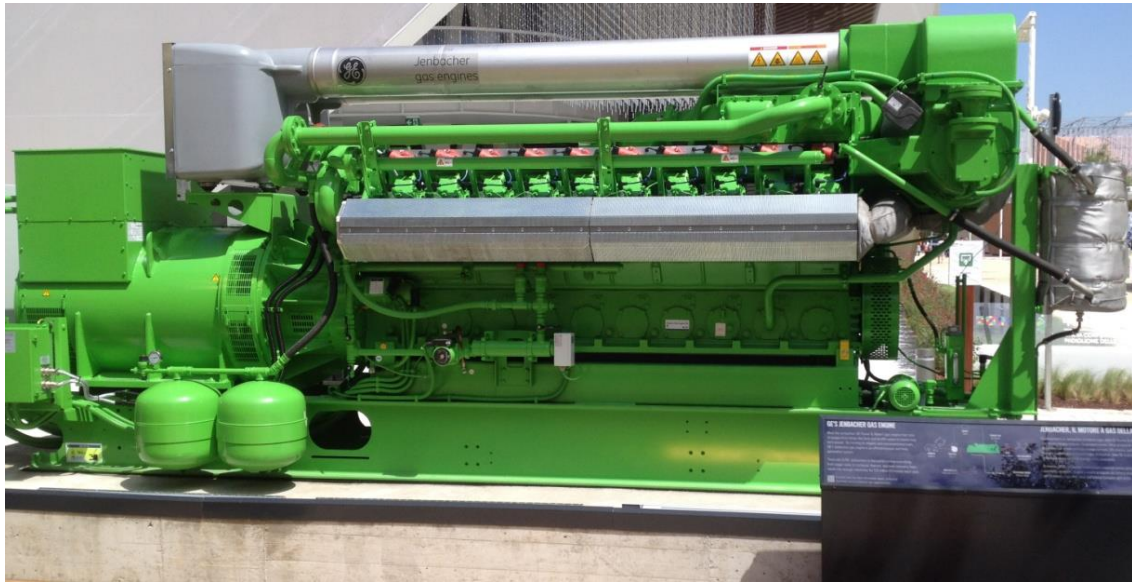
Когато процентът на метан в сметищния газ се увеличи допълнително (най-малко 35%), може да се обмисли неговото енергийно възстановяване; в този случай ще има две екологични предимства: намаляване на емисиите на метан и липса на емисии на CO₂ в атмосферата, които в противен случай биха били генерирани от използването на изкопаеми горива за производството на същото количество енергия. Поради тази причина енергийното оползотворяване на биогаз от депа може да се счита за възобновяем източник.

Потенциалната химическа енергия, присъстваща в сметищния газ, може лесно да се трансформира в **топлинна енергия** (добиви до 90%), докато добивът на **електричество** може да достигне максимум 40%, но се нуждае от допълнителна механична работа (двигатели и алтернатори). Въпреки това, в случай на липса на потребител на топлинна енергия в близост до централата (например оранжерия), производството на електроенергия, лесно транспортируема и използваема дори от отдалечени потребители, е най-подходящото средство за решаване на проблема. Ако топлинната енергия се възстановява от електричество, тогава се извършва процес на когенерация (като последователно генериране на две различни форми на полезна енергия от един първичен енергиен източник, обикновено механична енергия и топлинна енергия). Решение за производство на електроенергия са газовите **микротурбини**, които се характеризират с малък размер и модулност (които позволяват да се използват повече малки машини), но също така и висока първоначална инвестиционна цена.

Най-разпространеният метод за осигуряване на производство на електроенергия от сметищен газ е използването на **ендотермичен двигател**, свързан към генератор на ток. Преобразуването на сметищен газ в електрическа енергия чрез генератор е много по-практично от всеки друг метод.

Газът от сметищата се използва като гориво в двигатели, които поддържат използването на гориво с ниско съдържание на метан (> 35 %) и наличието на инертни газове (N₂ и CO₂). Размерите варират от минимум 100 до максимум 1500 kW_e. Тези двигатели трябва да бъдат оразмерени в съответствие с количеството сметищен газ, което трябва да се третира, и съдържанието на метан в сместа. Ефективността варира в зависимост от горивото и натовареността на машината (в диапазона 30 ÷ 40%).

Захранващото налягане е съвместимо с това, генерирано от турбо вентилатора, използван за засмукване на сметищен газ, поради което не са необходими допълнителни компресори. Възможно е да се модифицира и адаптира карбурацията на двигателя, за да се контролират емисиите, които трябва да отговарят на ограниченията, в зависимост от специфичните национални разпоредби; ако това не е възможно, е необходимо да се комбинира доизгаряне, което допълнително окислява въглеродния окис и неизгорелите въглеводороди.



Фигура 4.11. Газовият двигател Jenbacher на GE, Павилион на САЩ, Експо 2015, Милано, Италия. Източник: sbamueller, CC BY-SA 2.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0>>, чрез Wikimedia Commons.

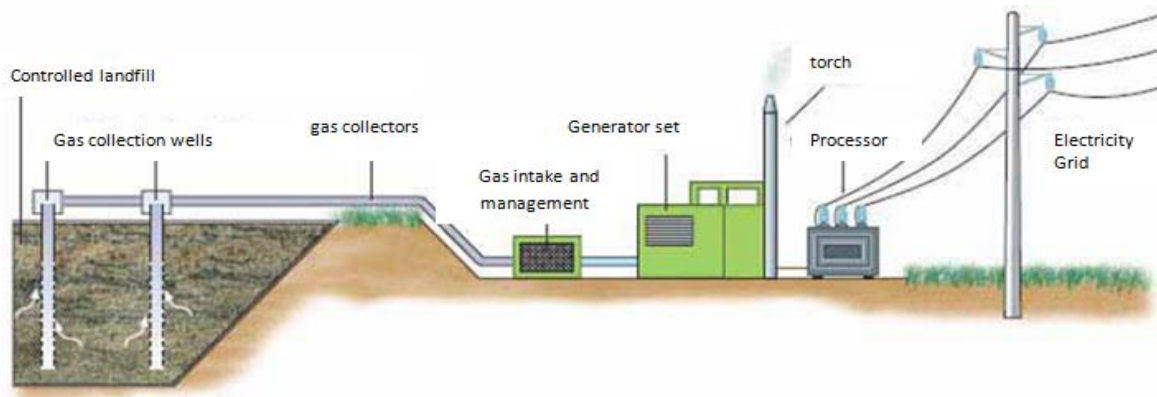
Като цяло е необходимо да се предвиди и известна предварителна обработка на сметищния газ преди влизането му в двигателя. Газът от сметищата пристига в завода често наситен с водна пара, поради което трябва да се изсуши; този процес може да отстрани и други вещества (напр. H₂S), които преминават в разтвора.

Ако наличието на други киселини (солна, флуороводородна) или силоксани (органични съединения на силиций) е значително, ще е необходимо да се използват други форми на предварителна обработка.

Като цяло първоначалната инвестиция за използването на ендотермични двигатели (и свързаните с тях аксесоари) гарантира дълъг експлоатационен живот (дори над 10 години или 100 000 часа), а разходите за поддръжка постепенно се увеличават, но се компенсират от приходите от продажбата на електроенергия ; както беше споменато, всъщност това

производство се счита за възобновяем източник и често се продава на преференциални цени.

На тази последна фигура (4.12) е представена система за събиране, транспортиране, третиране и производство на електроенергия от сметищен газ.



Фигура 4.12. Рамка на системата за събиране на сметищен газ и енергийна експлоатация на сметищен газ: Източник: адаптирано от Il Gestore Servizi Energetici (Gse) incontra la Regione Emilia-Romagna, regione.emilia-romagna.it, 2011.

4.3 Управление на инфилтратата от сметищата

4.3.1 Характеристики на инфилтратата

Качествените и количествените характеристики на инфилтратата от сметищата зависят от множество фактори, някои от които са трудни за контролиране, като метеорологични условия, хидрологични характеристики, състав на отпадъците и възраст и др.). Всички тези елементи предполагат критични управленски проблеми, които изискват различен системен подход както на европейско, така и на национално ниво.

От **количествена** гледна точка, производството на инфилтрат до голяма степен се дължи на външни входящи фактори (инфилтрация на дъждовна вода, както повърхностна, така и подземна) и вътрешни входящи фактори като нивото на съдържание на влага в отпадъците и водните баланси, свързани с биохимичните реакции при изхвърлянето на отпадъците.

По-специално външните входящи данни се отнасят до:

- Метеорологични и хидрогеоложки характеристики на обекта, особено свързани с валежите, температурите, слънчевата или ветровата експозиция, инфилтрацията на водни тела, както повърхностни, така и подземни.

- Моделът за управление на депото: наличие на дренаж, първична или вторична облицовъчна система, ежедневно разширяване и покриване на резервоара за отпадъци, възможна рецикулация на инфилтратата.

- Характеристики на отпадъците: състав на отпадъците, ниво на съдържание на влага, възможни предварителни обработки, размер, ниво на компактност. Съставът и силата на инфилтратата варира значително от депо до депо, дори в рамките на дадено депо.

Трябва да се отбележи, че дори при отсъствие на външни източници (напр. система за затваряне на депото), анаеробното разлагане на отпадъците и производството на инфилтрат от тях продължава дори след края на жизнения цикъл на депото. Това означава, че управителите на депата трябва да поддържат работещите дренажни и пречиствателни станции, като същевременно гарантират, че околната среда е безопасна от замърсяване, в съответствие с националните закони.

От **качествена** гледна точка е невъзможно да се опише типичен състав на инфилтратата от сметищата, тъй като той се влияе от различни фактори, които конкретно засягат процеса на биоразграждане на отпадъците, като по този начин допринасят за просмукването на различни замърсители.

Основните фактори, влияещи върху напредъка на биоразграждането са:

- Ниво на влажност на депонираните отпадъци
- Количество и естество на органичните компоненти (особено ако са утайки от отпадъчни води, неспецифичен компост)
- Нива на метали и/или токсични вещества от батерии, лекарства, разтворители и др.
- Нива на разделно събиране на отпадъци около инсталацията за депо, което може да варира в зависимост от вида на изхвърлените отпадъци.

Предварителните обработки на отпадъците и поставянето им в депото са други два важни фактора, които имат отношение към водопоглъщащата способност на отпадъчната маса, а

тя от своя страна спомага за миграцията на замърсителите в инфилтратата. Консолидирани проучвания показват, че концентрацията на замърсител в инфилтратата е по-висока през първата година на работа на депото, след което прогресивно намалява през годините. Тази тенденция засяга органичните параметри (ХПК, БПК, ТОС) и основните неорганични соли (тежки метали, сулфати и др.)

Тези органични параметри са:

- БПК = биохимична потребност от кислород
- COD=химическа нужда от кислород
- ТОС = общо съдържание на органично свързан въглерод

Отстраняването на органичен материал на базата на ХПК, БПК и амоний от инфилтратата е обичайната предпоставка преди изхвърлянето на инфилтратата в естествени води.

От микробиологичен аспект, пролиферацията на гъбичките и бактериите се инхибира от обичайните условия на околната среда (високи температури и рН) по време на процеса на биоразграждане. От 70-те и 80-те години на миналия век прилагането на математически модели помага за прогнозиране на характеристиките на инфилтратата и свързаните с тях последици във връзка с водния баланс на депото. Всъщност отпадъчната маса действа като ненаситен елемент в депото, което е замислено като „биореактор“. Тези модели вече са доказали своята ефективност и могат да бъдат полезни в първата фаза на процеса на проектиране на депото заедно с анализ на местни данни.

4.3.2 Отводняване и събиране на инфилтрат

Както бе споменато по-горе, просмукването и дифузията на инфилтратата извън площадката на депото се контролира от защитен слой заедно със системата за събиране и отстраняване на инфилтратата. Очевидно е, че в случай на рехабилитация на открити сметища, използването на дънни и наземни/стенни бариери за инфилтрат е разрешено само когато е възможно да се използват нови резервоари за задържане на отпадъци, изградени на ръба на площадките, които ще бъдат рекултивирани.

Проектираната бариерна система ефективно съдържа отпадъците и нейният най-често срещан състав е:

- Глина
- Пясъчно-бентонитови смеси
- Пясъчно-циментови смеси
- Геосинтетични мембрани

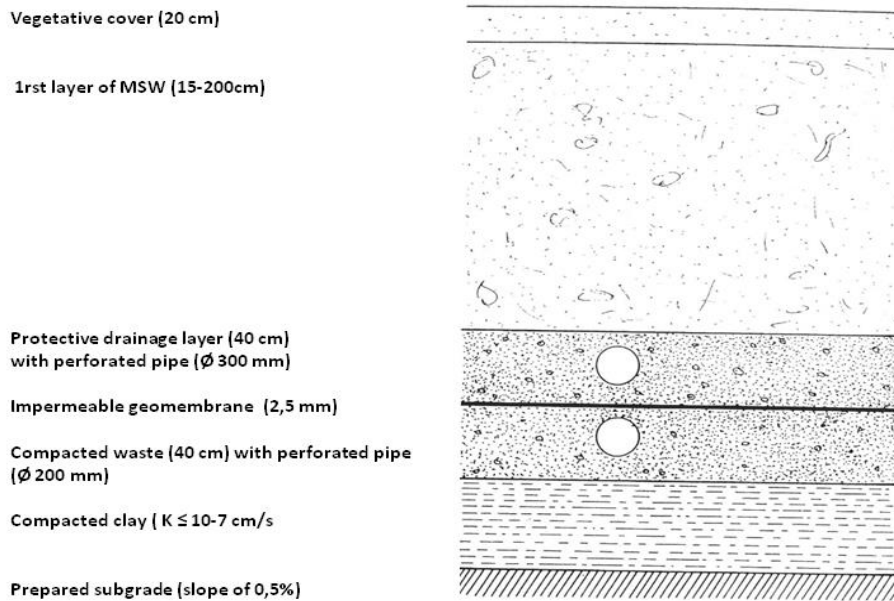
Приблизително през последните 20 години използването на компоненти, произведени от синтетични полимерни материали, наречени геосинтетика, стана обичайно в геотехническото инженерство. Най-често геосинтетичните материали, използвани в инженерни системи за задържане, включват геомембрани, геотекстил, геомрежи и геосинтетични глинени облицовки. Съвременните постижения в технологичния прогрес направиха геосинтетичните продукти по-привлекателни за проектантите на депата, тъй като те могат да изпълняват повече от една функции едновременно (непропускливост, дренаж, стабилност на склона и т.н.).

Освен това тези мембрани имат определени предимства по отношение на рентабилността на съответните количества глинени материали, необходими за постигане на същата техническа производителност, в допълнение към това да не се намалява капацитетът за съхранение на резервоара за отпадъци.

Основните им предимства са:

- Гъвкавост
- Устойчивост, за разлика от преградата от естествени материали
- Висока устойчивост на сцепление и химически и биологични атаки
- Икономични: струват по-малко от естествените си аналози

Комбинираното използване на различни видове продукти (естествени и синтетични) става все по-често срещано, като основната му цел е оптимизиране на особеностите на избрания материал.

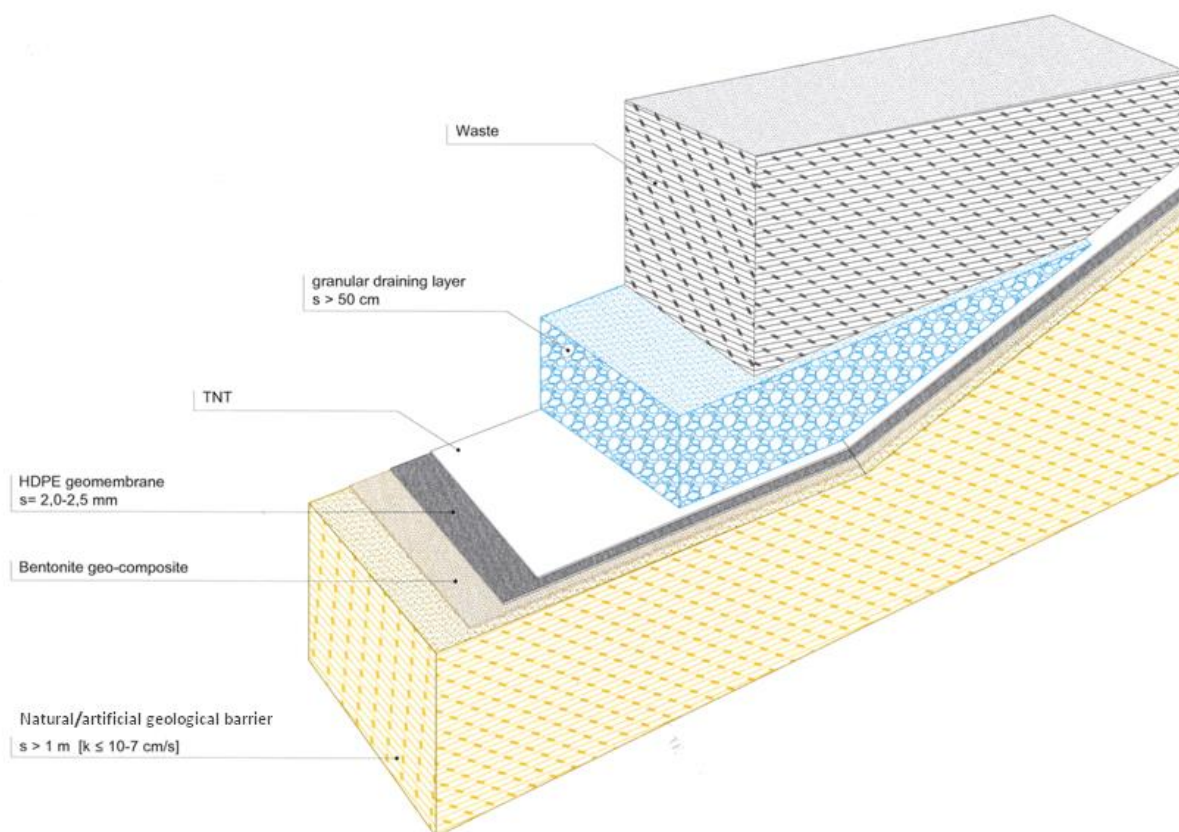


Фигура 4.13. Напречно сечение с традиционен MSWL дизайн. Източник: Gervasoni S., изд. 2000 г., Контролираните сметища, НОЕPLI

Фигура 4.13 показва напречно сечение на MSWL (депо за твърди битови отпадъци) с традиционен дизайн за обекти, характеризиращи се с естествена глинеста почва ($K \leq 10^{-7}$ cm/s) или с обща подложка преди създаването на бариерата.

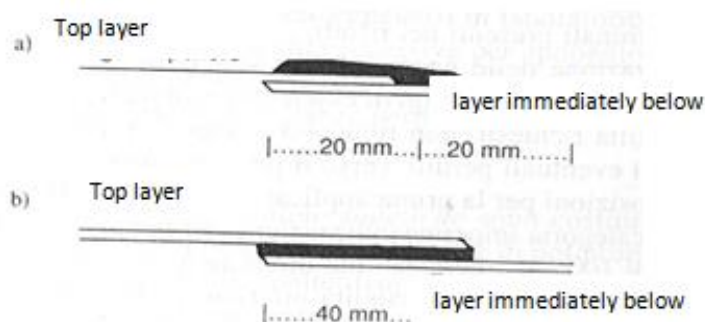
С течение на времето изграждането на дренажни слоеве под водоустойчивата геомембрана постепенно беше изоставено. Те показаха тенденция да се насищат, което доведе до създаването на хидравличен инфилтрат, който след като влезеше в пряк контакт с минералната бариера, създаваше възможност за разпръскването му в подпочвата. Освен това откриването на теч през тръбите, не би позволило неговото откриване, тъй като депонирането на отпадъци е в последния си, завършителен етап.

Днес бентонитовите геосинтетици стават все по-разпространени сред геомембраните. Химичните свойства на натриевия бентонит му позволяват да увеличи обема си до десетки пъти при контакт с инфилтрат. По този начин той е в състояние да защити системата от всякакви течове (фиг. 4.14) и е съвместим с основната минерална бариера.



Фигура 4.14. Пример за различни геомембрани, свързани с геотекстил. Източник: ASET Spa, 2022 г.

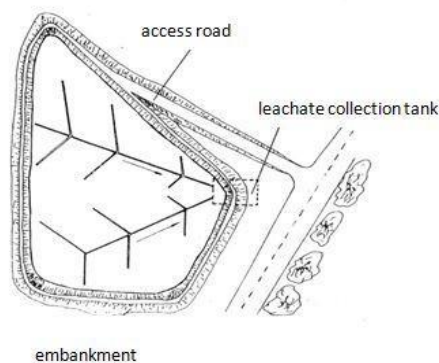
Най-широко използваният материал при производството на синтетични облицовки е HDPE геомембраната с дебелина 2,0–2,5 mm. Геомембраните от HDPE се доставят като листови ролки, които вече се предлагат в различни дебелини, както и с повърхностни покрития, за да подобрят адхезионния капацитет и да направят по-трудно приплъзването им към брега.



Фигура 4.15. Страничен поглед на тип HDPE геомембрана: а) припокриващи се връзки (ръчно), б) вмъкнати връзки (автоматично). Източник: Gervasoni S., ed 2000, The controlled landfills, NOEPLI

Монтажът на HDPE листове, обикновено доставяни на големи ролки (напр. 10x200 m) се извършва чрез полагането им един до друг с подходящо припокриване (минимум 200 mm) и термично заваряване на ръбовете, чиито повърхности трябва да бъдат предварително шлифовани или нагрети. Сега те се монтират благодарение на специална автоматична машина за заваряване, осигуряваща еднаквост на заваръчните шевове (фиг. 4.15). Шевовете и ръбовете са критична точка за отделяне на листовите и могат да причинят прекъсване на водоустойчивата бариера. Има два начина за тестване на целостта на облицовъчните системи на геомембраните, а именно чрез неразрушително и разрушително изпитване. Първият се извършва по цялата дължина на екструзионните заварки, докато другият се извършва чрез изрязване на проби от шевовете.

Събирането на инфилтратата се извършва с помощта на мрежата от тръби с микропукнатини, разположени в дренажния слой, поставен над водоустойчивата бариера на дъното; цялата колекторна мрежа има наклони, способни да насочат инфилтратата към точка, поставена на по-ниска геодезична надморска височина, така че течността да изтича (фиг. 4.16). След това ще се изпомпва в събирателни/изравняващи водоустойчиви басейни и накрая ще се третира.



Фигура 4.16. Типова схема за дренаж на инфилтрат в контролиран. Източник: Контролираните сметища, Gervasoni S., ed 2000, NOEPLI

Както вече беше споменато, в случай на възстановяване на открито сметище, без възможност за прехвърляне на отпадъците в нови хидроизолирани басейни, събирането на инфилтратата може да бъде поверено на специални кладенци, пробити във вече затворената маса. За тази цел могат да бъдат адаптирани вертикалните кладенци за събиране на биогаз показани на фигура 4.3. Чакълната колона гарантира отводняването на инфилтратата - събраният от прорезната сонда инфилтрат се спуска гравитационно към дъното на

кладенеца, където може да бъде засмукан от специфични аксиални помпи, подходящи за инсталиране в тръбопровода.

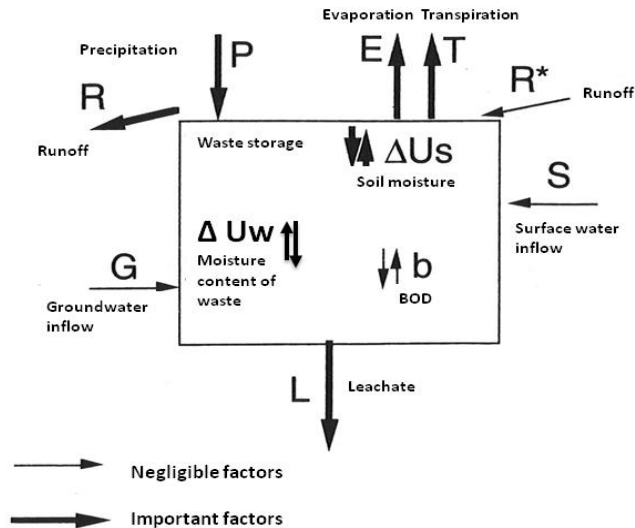
4.3.3 Минимизиране на генерирането на инфилтрат

Образуването на инфилтрат до голяма степен се дължи както на външни входящи източници (инфилтрация на дъждовна вода, повърхностни и/или подземни води), както и в остатъчната фракция на вътрешни входящи количества, създали се от съдържание на влага и водни баланси, следствие от биохимичните реакции в отпадъчното тяло. По този начин, изключително важно е – особено за рехабилитацията на открити сметища – внимателно да се планират всички тези интервенции, насочени към минимизиране на производството на инфилтрат във времето. Впоследствие правилното извличане, третиране и процесите на рециркулация на инфилтрата осигуряват значителен принос за устойчивото депониране, като контролират процесите на биоразграждане и премахват разтворимите замърсители, за да се постигне, за едно поколение, състояние на геоложко съхранение на неорганични вещества и неразградими органични отпадъци за депото.

Необходими са прогнозни модели за генериране на инфилтрат, за да се дефинират, проектират и оразмерят дейностите, които са свързани с всички гореспоменати аспекти.

Разглеждайки депото като затворен и планиметрично дефиниран воден басейн, количеството инфилтрат се влияе от масовия баланс на външните и вътрешни водни потоци около депото, както и от натрупванията и вътрешното производство/потребление.

Следната схема (Фигура 4.17) обобщава основните компоненти на водния баланс на депото:



Фигура 4.17. Опростена диаграма на водния баланс на депата за ТБО. Източник: Collivignarelli С., ed.1996, Управление на инфилтратата от депото за твърди отпадъци в градовете, С.І.Р.А

Диаграмата показва, че:

$$L_c = L - L_i$$

Където L_c (събраното количество инфилтрат) е равно на общото произведено (L) минус частта, потенциално загубена поради инфилтрация (L_i) на границата (надяваме се, равна на 0)

Не всички елементи имат еднакво значение в уравнението. Преобладаващите фактори са валежите (P), докато факторът БПК (b) е незначителен. Следователно и по-специално в случай на рехабилитация на открити сметища, минимизирането на генерирания инфилтрат трябва да се фокусира върху факторите, които имат голямо влияние върху този процес.

Елементите, които могат да бъдат елиминирани чрез дренаж и операции по

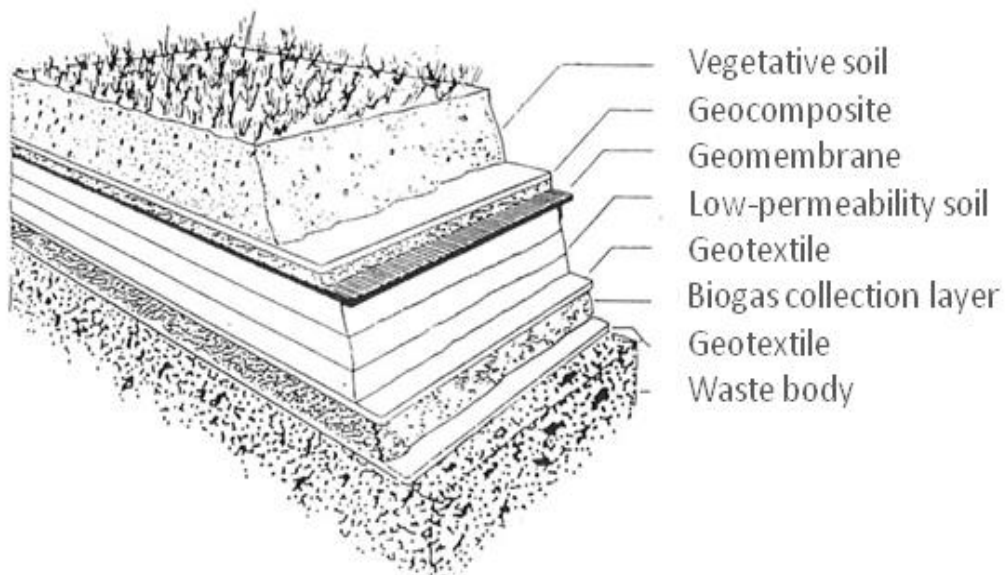
отстраняване, са:

- *Повърхностен отток*
- *Инфилтрация на повърхностни водни тела*
- *Инфилтрация на подземни водоносни хоризонти*

Други елементи могат да се контролират само с ефективни технически операции:

- *Покриващ материал*
- *Наклон на покриващата повърхност*
- *Ниво на компактност*
- *Методи за управление на водите*
- *Възможна рецикулация на инфилтрат.*

По отношение на контролируемите фактори за минимизиране на генерирането на инфилтрат, на системата за затваряне на депата трябва да се обърне специално внимание. Покриването е технология за ограничаване, която образува бариера между замърсената отпадъчна маса и повърхността, като по този начин предпазва хората и околната среда от вредните ефекти на съдържанието им, като ограничава тяхната миграция. Горният изолационен екран трябва да ограничава проникването на повърхностна вода в замърсената подземна повърхност, за да се намали потенциалът за извличане на замърсители от площадката. Тази операция има както екологична, така и икономическа стойност, тъй като разходите за обработка и изхвърляне на инфилтратата са високи.



Фигура 4.18. Пример за система за затваряне на депо. Източник: Управление на инфилтратата от депото за градски твърди отпадъци, Collivignarelli S., S.I.P.A.

Освен минимизиране на генерирането на инфилтрат, системата за затваряне изолира и предотвратява разпространението на замърсяване по още няколко начина чрез:

- *Предотвратяване на издухване на замърсен материал извън обекта от вятъра;*
- *Контролиране на отделянето на газ от отпадъци, съдържащи или произвеждащи „летлив“ химикал;*
- *Предпазване на хора и диви животни от контакт с опасния материал и отстраняване на замърсители извън обекта;*
- *Отглеждане на растителност.*

В този смисъл бариерите с ниска пропускливост (LPB) - които имат за цел да ограничат проникването на дъждовна вода вътре в отпадъчната маса - са толкова важни, колкото и системата за дънна облицовка и следователно заслужават специално внимание при проектирането от страна на проектантите и мениджърите на депата.

Днес най-често срещаното решение за LPB е смесването на естествени и синтетични бариери, а именно HDPE листове и уплътнена глинеста почва. По-специално, капилярните бариери са ефикасен тип уплътнителна система, която може да се използва като окончателно покритие на депа за отпадъци и обекти за възстановяване. Тази система се състои от два наклонени слоя, където се използва финозърнест пясък в капилярния слой, който покрива едрозърнест слой (капилярния блок). Той използва факта, че слой от фин пясък се насищасилно с вода отгоре, предотвратявайки просмукването му надолу в капилярния блок. Вместо това водата се задържа точно над границата между двата слоя и се оттича странично в канавка, която е дренирана в подножието на склона. Инженерният подход е основен и в тази фаза, въпреки че представлява края на жизнения цикъл на депото, от ключово значение е да се гарантира ефективността на горния изолационен екран по отношение на минимизиране на инфилтрацията във времето.

Други контролируеми фактори, насочени към минимизиране на генерирането на инфилтрат, са свързани с обичайните дейности по управление на депата и това са:

- *Ограничаване на разширението на резервоара за отпадъци; може да намали риска от проникване на дъждовна вода ;*

• *Материалът, използван за покриване да има способността да абсорбира, а не да бъде напълно непронпусклив. Биоразграждането се осигурява от наличието на вода, която поддържа определено ниво на влага в отпадъците. Например неспецифичен или друг полупронпусклив лист, който също помага при емисиите на миризма*

• *Рециркулацията на инфилтратата вътре в отпадъчното тяло, чрез подходящи дифузионни системи, може значително да намали количествата инфилтрат, особено когато характеристиките на депото позволяват по-високи нива на изпарение (т.е. специфични метеорологични условия и растителна почва).*

4.3.4 Третиране на инфилтрат

Поради разликите в количеството и качеството на инфилтратата е невъзможно да се предостави обща схема за третиране, валидна за всички видове депа. Всъщност има различни подходи за третиране на инфилтратата, вариращи от химико-физични до биологични обработки, които могат да бъдат както аеробни, така и анаеробни. В зависимост от действащите разпоредби, управителите на депата могат да изберат да приложат едно или комбинация от гореспоменатите видове третиране, според възможностите, налични на място.

- Изхвърляне в повърхностни водни тела;
- Общински пречиствателни станции за инфилтрат;

Едно от най-разпространените, но не и решение е събирането, натрупването и пречистването на инфилтратата чрез резервоари, тъй като се счита за „течен отпадък“. Това се дължи на различни правни тълкувания на компетентните органи в рамките на италианската национална територия.

По подобен начин правната рамка, регулираща рециркулацията на инфилтратата в отпадъчното тяло, зависи от териториалния контекст. Например, не може да се извърши, когато инфилтратът от сметищата се счита за специален вид отпадък, различен от отпадъчното тяло, което го е генерирало. Това предотвратява повторното му разпределяне в депото, където е иззето.

Литература

Arecco F., ed. 2012, *Biogas Energy*. Edizioni Ambiente Publisher (Energia da biogas)

ASWM Srl, <http://www.aswmsrl.com/>

Collivignarelli C., ed.1996, *Leachate management from Urban Solid Waste Landfill*, C.I.P.A. Publisher (*Il trattamento del percolato da discarica RSU*)

CONVECO Srl, <https://www.conveco.com/en/home.html>

Cossu, R., Grossule, V., Lavagnolo, M.C., 2020. *Sustainable Landfill: Role in the Circular Economy and Regulatory Proposals*. CISA publisher (*La Discarica Sostenibile*)

Damiani L., Gandolla M., 1992, *Biogas management in controlled landfills*, Istituto per l'Ambiente Publisher (*Gestione del biogas da discariche controllate*)

Gervasoni S., ed 2000, *The controlled landfills*, HOEPLI Publisher (*Le discariche controllare*)

Il Gestore Servizi Energetici (Gse) incontra la Regione Emilia-Romagna (2011,November,8th), regione.emilia-romagna.it. Retrieved 11:57, March 28th,2022 from https://energia.regione.emilia-romagna.it/leggi-atti-bandi-1/documenti-e-pubblicazioni/eventi/2010/il-gestore-servizi-energetici-gse-incontra-la-regione-emilia-romagna/CREMONA_GSE.pdf.

Magnano E., ed. 2010, *Landfill Biogas*, EPC Publisher (*Biogas da Discarica*)

Vismara R., Malpei F., Centemero M., ed. 2008, *Biogas from Urban Solid Waste*, Dario Flaccovio Publisher (*Biogas da rifiuti solidi urbani*)