

12. A LEZÁRT, REKULTIVÁLT LERAKÓK TERÜLETHASZNOSÍTÁSI LEHETŐSÉGEI

Az előző fejezetekben láttuk, hogy egy hulladéklerakó „életében” a hulladéklerakás folyamatát a lezárás és az utógondozás követi. A lezárással a hulladéktestben lejátszódó folyamatok nem szűnnek meg, illetve nem csökkennek le olyan mértékig, hogy a környezet számára ne jelentsenek veszélyt. Tehát a megtelt lerakók bezárásuk után - több tíz évig - rendszeres ellenőrzést, gondozást igényelnek. A depóniagáz emissziók időtartama még legalább 30-40, a csurgalékvíz emisszióké esetleg 200 év (?) is lehet. Felmerül a kérdés, lehet-e prognózist készíteni ilyen időtávra? A káros környezeti hatások elleni védekezés különösen nagy jelentőségű, ha az adott terület további hasznosítását tervezik. A depóniaterület hasznosítására ma már számos példa ismert, a megvalósításuk országoként, esetleg egy országon belül tartományoként (pl. Németország), államoként (pl. USA) is igen eltérő. A következőkben összefoglaljuk az eddigi tapasztalatokat, ismertetjük a lehetőségeket, az általánosítható következtetéseket, hangsúlyozva, hogy ezen a területen minden megoldást egyedileg kell vizsgálni, nem hagyva figyelmen kívül a már meglévő ismeretanyagot. Ma már nyilvánvalóvá vált, hogy a területhasználásnak kialakult a környezetvédelmi feltételrendszere, számos műszaki megoldási lehetőség ismert, alkalmazásra is került, de továbbra is vitatott és nem teljesen egyértelműek a gazdaságosság kérdései, és mindezek mellett a területhasználásnak vannak lerakóspecifikus feltételei is.

Az eddigi megvalósult hasznosításokat alapvetően öt nagy csoportba sorolhatjuk:

- kereskedelmi, ipari hasznosítás;
- emberek által lakott, használt épületek;
- mezőgazdaság, erdőgazdálkodás;
- szabadidő, sport, rekreáció;
- alternatív energetikai hasznosítás.

Ismert még a hulladék újrafeldolgozásán, hasznosításán alapuló forma is az ún. „hulladékbányászat”, de itt anyagában történő eljárás-technikai és nem a területhasználásról van szó. Ezekkel a kérdésekkel nem foglalkozunk, bár kétségtelen, hogy a nemzetközi gyakorlatban ezek a megoldások, eljárások is dinamikusan fejlődnek és egyre jobban terjednek.

12.1. A lezárás utáni területhasználás környezetvédelmi kérdései

Egy lezárt hulladéklerakó más célú felhasználásra történő kialakítása során az első lépés minden esetben a hulladék jellemzőinek, illetve a környezetre gyakorolt hatásának megismerése kell, hogy legyen. Ennek érdekében az alábbi - emberre, a környezetre és a tervezett területhasználat megvalósítására esetlegesen veszélyt jelentő tényezők igényelnek folyamatos megfigyelést, ellenőrzést, éspedig:

- a depóniagáz (mennyisége és összetétele),
- a csurgalékvíz (mennyisége és összetétele),
- a talajvíz (összetétele és minősége),
- a süllyedések (lerakó alján és a felszínén),

- a rézsűk, oldalfalak állékonysága,
- a lerakó aljzat- és zárószigetelésének állapota, működésük hatékonysága,
- a csurgalékvízgyűjtő rendszer és a szivárgórendszer állapota, működésük hatékonysága,
- a gázmentesítés hatékonysága, a depónián kívülre történő gázmigráció lehetősége,
- a tűz és robbanásveszély, valamint
- a korróziós hatások.

A fenti kérdésekkel a korábbi fejezetek kellő részletességgel foglalkoztak, azaz a lezárt lerakó veszélyeztető potenciálja megítélhető. Mindamelllett az utólagos hasznosítás számos egyedi problémát is felvet. Egy utólagos hasznosításnál nem elegendő annak vizsgálata, hogy a meglévő, rekultivált lerakó okozott-e valamilyen környezetszennyezést a talajban illetve a talajvízben, hanem azt is vizsgálni kell, hogy az utólagos hasznosítás során a különböző szennyezésterjedési útvonalakon megvan-e a káros szennyeződésnek az élőlényekhez, azon belül is végső soron az emberhez való eljutásának a lehetősége. Ehhez különösen fontos a következő terjedési útvonalak vizsgálata:

- talaj – ember (direkt kontaktus)
- talaj – ember (levegőn keresztül)
- talaj – talajvíz/rétegvíz
- talaj – talajvíz/rétegvíz – ember
- talaj – növényzet
- talaj – növényzet – ember
- talaj – növényzet – állatvilág
- talaj – állatvilág (direkt kontaktus)
- talaj – állatvilág (levegőn keresztül)
- talaj – állatvilág – ember

A hulladéklerakók *gázkibocsátása* kritikus kérdés a bezárását követő hasznosítás megvalósítása során. A depóniagáz egészségkárosító hatású, éghető, robbanásveszélyes és kellemetlen szagú, ezért összegyűjtéséről és kezeléséről gondoskodni kell. A depóniagáz környezetkárosító hatásai ellen való védekezés célja: a gázok értékes szerkezetek és építmények alatt történő akkumulációjának megakadályozása, az áramló gázok összegyűjtése és kitermelése.

Amennyiben a hasznosításnak környezetterhelési szempontból nincs akadálya, további speciális problémát jelent az építéstechnikai, geotechnikai kivitelezhetőség. A technika mai fejlettségi szintjén a kérdések építéstechnikailag, geotechnikailag megoldhatók, azonban nem biztos, hogy a megoldás gazdaságos is. Mindamelllett ezen utóbbi megoldásoknál lényeges problémát jelent, hogy nem ismerjük pontosan – a geotechnikai tervezésben megkívánt pontossággal – a hátramaradt hulladéktest geotechnikai tulajdonságait, paramétereit, teherbírását és várható viselkedését. Tovább nehezíti a problémát, hogy a hulladék fizikai paramétereit a lebomlási fázis során időben gyorsan változnak, ami azt jelenti, hogy egy esetleges építészeti hasznosításnál a mindennapi tervezési gyakorlatban megszokottnál lényegesen nagyobb biztonsággal kell dolgoznunk, illetve a megvalósítás jelentős többletköltséget fog jelenteni.

A lerakó geotechnikai értékelésének sajátos kérdései a következők:

- A szennyezőanyagok eloszlása a depóniatesten belül nagyon inhomogén, és akár még egy egyenletes, hálószerű feltárás mellett is nagy a kockázata, hogy feltáratlan szennyezőanyag-foltok maradnak. Különösen veszélyesek lehetnek a rossz csurgalékvíz elvezetés, alkalmatlan (vízzáró) ideiglenes takaróréteg beépítése miatt visszamaradó, „csapdázódott” csurgalékvíz-lencsék.
- A lerakott hulladék jelentős szervesanyag tartalma következtében nagy a veszélye annak, hogy a lebomlás során keletkező gázok az építmény pincéjében, aknában, vezetékek munkaárkaiban felhalmozódhatnak, feldúsulhatnak, és robbanóképes elegyet képezhetnek vagy mérgezőek.
- A szokásosnál lényegesen nagyobb mozgásokkal, egyenlőtlen süllyedésekkel kell számolnunk, amelyek ellen megfelelő alapozási móddal (pl. mélytömörítés, mélyalapozás, a süllyedések kompenzálására képes alaptest stb....) védekezni tudunk, azonban ezek jelentős többletköltséggel járnak.
- Lényegesen nagyobb a műtárgyakra ható korrózió veszélye (beton-, acélkorrózió), mint hagyományos esetekben.

A fentiek alapján egyértelművé válik, hogy az eddigi *lerakóterület-hasznosítások elsősorban felületi hasznosítás jellegűek, és egyelőre kevesebb olyan példával találkozunk, ahol a hasznosításba a depóniát magát, mint teherviselő közeget is bevonták.*

A várható hatásokat azonban nemcsak a depónia várható viselkedésének oldaláról kell értékelnünk, hanem meg kell vizsgálni azt is, hogy a tervezett hasznosítás hogyan befolyásolja a depónia viselkedését.

- A többletterhelés következtében többletmozgások következhetnek be a depóniatestben, annak zárószigetelő-rendszerében, ami esetleg korábban nem várt gáz-migráció irányokhoz vezethet, és ilyenkor a depóniagáz olyan helyekre is eljuthat, amivel a tervezés során nem számoltak.
- A többletterhelés hatására állékonysági problémák is felléphetnek.
- A hasznosítás károsíthatja a lerakó zárószigetelő-rendszerét. Ilyen hatása lehet például a fák telepítésének (erdőgazdálkodás, park-, szabadidő hasznosítás), nagyterhelésű munkagépek mozgatása a felszínen (parkoló, átrakóállomás). Fák telepítésénél alapvető követelmény, hogy a gyökérlehatolási mélység ne érje el a szigetelőrendszert, mert ellenkező esetben azon áthatolva károsítja azt.
- Úgyis károsítja a szigetelőrendszert a speciális alapozás (pl. cölöp), amikor a zárószigetelő-rendszer többnyire átvágásra, áttörésre kerül. Ilyen esetekben elkerülhetetlen az áttörések helyén a szigetelés javítása, a gázzárás utólagos biztonságos kialakítása, és fokozott ellenőrzése.
- A mezőgazdasági hasznosításnál, parkosításnál elkerülhetetlen az időszakos öntözés, ami olyan többletvíz bejutásához vezethet, ami befolyásolja a hulladék lebomlási folyamatát, és megnöveli a csurgalékvíz mennyiségét.
- Golfpályák építésénél a pálya tartozéka a homokcsapda és a vízakadály. Mindkettő intenzív vízbejutási hely lehet, ha nem történik megfelelő intézkedés (megemelt rekultivációs rétegvastagság, erősített – pl. geoműanyag – lezárás, többletszigetelés).

- Nagy, lezárt felületek esetében (parkoló, szabadidő hasznosítás) megnövekedhet a lefolyó csapadékvíz mennyisége és sebessége, ami eróziót okozhat.
- Egyes hasznosítási módok (ipari, üzemi, mezőgazdasági) többletszennyezést is okozhatnak a termelés során keletkező anyagok kijutása, havária, permetezés, trágyázás, stb. révén.

Az egyes hasznosítási módoknál meglévő, fellépő veszélyes, hátrányos adottságokat, tulajdonságokat és azok lehetséges megoldásait a **12.1. táblázat** foglalja össze, míg az utólagos hasznosítás lehetőségének a műszaki, környezetvédelmi szempontokat mérlegelő döntési folyamatát a **12.1. ábra** szemlélteti.

12.2. A hulladéklerakó-kategória és a területhasznosítás

Mint tudjuk, a jelenlegi jogi szabályozás szerint hazánkban négy hulladéklerakó-kategória engedélyezett: A; B1b; B3 és C kategóriák (lásd 3.1. táblázatban). Megállapítható, hogy hazánkban a B1b kategóriába tartozó lerakó gyakorlatilag még nem épült. A jövőben a szelektív gyűjtés, a válogatás, a szervesanyag tartalmú hulladékok lerakásának törvényi korlátozása (csökkentése) eredményeképpen ilyen típusú lerakókkal korlátozott mennyiségben számolhatunk.

Lakóépületek, lakótelepek, emberi tartózkodásra folyamatosan igénybe vett épületek, sport- és szabadidő parkok, korlátozás nélkül csak az inert hulladékok lerakóján létesíthetők, esetleg korlátozásokkal a B1b lerakók lehetnek még alkalmasak ilyen célú hasznosításra. A korlátozás itt elsősorban a gázemissziók okozta nagyobb veszélyeztető potenciálból adódó veszélyekre értendő, kiegészítő műszaki intézkedések értelemszerűen itt is szükségesek (teherbírás, állékonyság, süllyedések, korrózió). B3 típusú lerakók területén a megnövekedett környezet-egészségügyi kockázatok miatt lakóépületek, lakótelepek gyakorlatilag nem létesíthetők. Sport és szabadidő parkok, szórakozást szolgáló létesítmények ugyan a B3 lerakókon is elképzelhetők, azonban ezeknél is jelentős többletbiztonsági intézkedés és folyamatos monitoring szükséges. Mint látható, a B3 típusú lerakók területén jelentős többletköltség jelentkezik, ami azonban egy közösségi hasznosítás mellett könnyebben elviselhető, sőt esetleges bevételek esetében a nyereség a költségek egy részét fedezheti is.

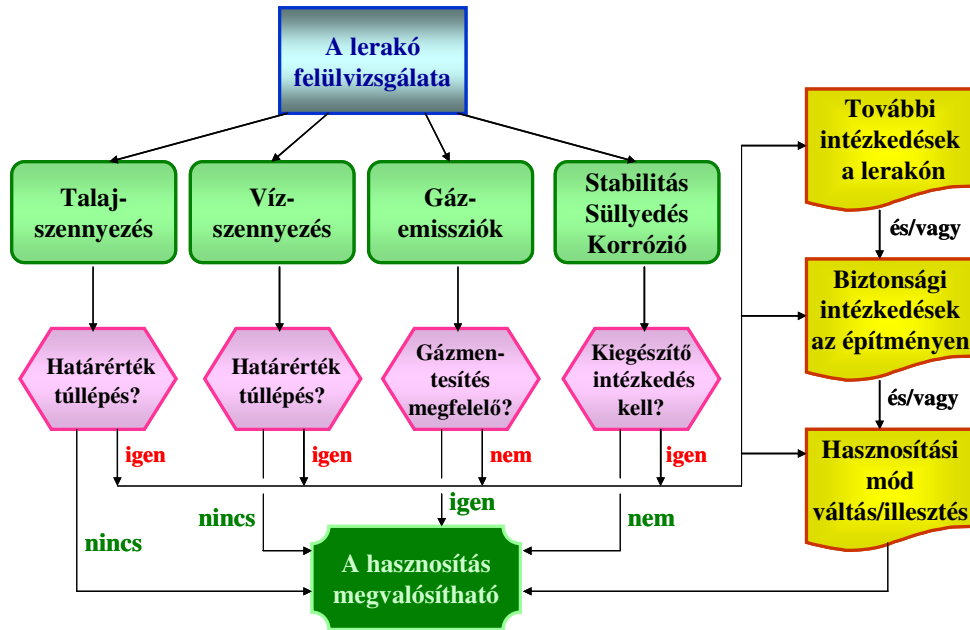
Tároló telepek, átrakóállomások, hulladékfeldolgozó üzemek létesítése, tájképi hasznosítás gyakorlatilag bármelyik kategóriában elképzelhető. Itt alapvetően a jelentős süllyedések okozhatnak gondot, megoldására műszaki megoldások vannak, bizonyos mértékű károsodások elviselhetők. A hulladékfeldolgozó üzemeknél, átrakóállomásoknál a beérkező hulladékokra vonatkozó korlátozó előírásokkal a környezet további terhelése megelőzhető.

Ipari, üzemi tevékenység az „A” kategórián kívül korlátozásokkal elképzelhető a B1b és B3 lerakókon is. Itt elsősorban a hasznosítás jellegéből adódó nagy terhelés okozta süllyedések, valamint a zárószigetelő-rendszer sérülése jelenthet elsődlegesen gondot. Számolni kell a megnövekedett korróziós veszéllyel (mélyalapok, vezetékek), valamint a depóniagáz emisszió okozta (B3 kategória) egészségügyi kockázattal, tűz- és robbanásveszéllyel is.

12.1. táblázat

Veszélyes és hátrányos adottságok és azok megoldási lehetőségei a különböző hasznosítási módok esetében		
Hasznosítási mód	Lehetséges veszélyek, hátrányok	Lehetséges megoldások
<i>Parkoló, út Átrakóállomás Felszíni tárolás Hulladékfeldolgozó mű</i>	Nem megfelelő teherbírás Jelentős és egyenlőtlen süllyedések Beton- és fémkorrózió Állékonysági probléma	Speciális alapozás Mélytömörítés Teherbírás növelés (georács, geocella) Korrózióálló anyagok alkalmazása Folyamatos javítás
<i>Lakóépület Ipari létesítmény Üzemi épület</i>	Nem megfelelő teherbírás Jelentős és egyenlőtlen süllyedések, beszakadás Gázemisszió és abból eredő tűz- és robbanásveszély, mérgezés, fulladás Beton- és fémkorrózió További szennyezés*	Speciális alapozás, cölöpök Mélytömörítés Teherbírás növelés (georács, geocella) Korrózióálló anyagok alkalmazása, védőbevonat Gázzáró réteg beépítése Gázbejutás kizárása, speciális szigetelés, tömített közmű ki- és bevezetés, csatlakozás Szikrabiztos kapcsolók, elektromos csatlakozások Aktív-, passzív gázmentesítés Folyamatos monitoring Folyamatos javítás
<i>Mező- és erdőgazdálkodás Élelmiszer és takarmánytermelés Kertépítés</i>	Az élelmiszer és takarmány szennyezőanyag terhelése A depóniagáz növekedés, fejlődés károsító hatása Szigetelőréteg károsítása a gyökérszóna által* Szigetelőréteg károsítása a munkagépek által* Többletsurgalékvíz (locsolás hatására)* További szennyezés (permetezés, trágyázás)*	Talajcsere Megnövelt rekultivációs réteg vastag, evapotranspirációs lezárás Megfelelő gyökérlehatolású növények telepítése Aktív-, passzív gázmentesítés Gázzáró réteg beépítése Monitoring a gyökérszónában is
<i>Park Szabadidő Rekreáció Sport</i>	Gázemisszió A depóniagáz növényi növekedést, fejlődést károsító hatása Szennyezőanyag felvétel beléggzéssel, bőrön keresztül Porképződés Sérülésveszély Szigetelőréteg sérülése* Többletsurgalékvíz (golfpályáknál homok- és vízakadály, növények locsolása)*	Talajcsere Megnövelt rekultivációs rétegvastagság, evapotranspirációs lezárás Megfelelő gyökérlehatolású növények telepítése Többletszigetelőelem (geomembrán) beépítése Teherbírás növelés (georács, geocella) Aktív-, passzív gázmentesítés Gázzáró réteg beépítése Folyamatos monitoring
<i>Energetikai</i>	Nem megfelelő teherbírás Jelentős és egyenlőtlen süllyedések Beton- és fémkorrózió	Speciális alapozás Mélytömörítés Teherbírás növelés (georács, geocella) Korrózióálló anyagok alkalmazása Flexibilis (Uni Solar) cellák alkalmazása

Megj.: * A hasznosításból adódó veszély, hátrány



12.1. ábra
A hasznosítás lehetőségének a műszaki, környezetvédelmi és geotechnika szempontokat mérlegelő döntési folyamata

Mező- és erdőgazdasági hasznosítás az A és B1b lerakókon gyakorlatilag korlátozás nélkül megengedhető. A B3 típusú lerakóknál potenciális veszélyt jelent a lerakott hulladékból az esetleges szennyezőanyag-kijutás és a gázemisszió. A B2 és B3 típusú lerakóknál problémát jelent ezen hasznosítási forma esetében a szigetelőrendszer sérülésének veszélye - a telepített növények gyökérszónájának túlzott lehatolása miatt –, amikor is a szennyezőanyagok kijutásának és a gázemisszióknak a veszélye is megnő. A telepítendő növények gyökérlehatolási mélységének az ismeretében a rekultivációs réteg vastagságának a növelésével a veszély csökkenthető, kivédhető. Felmerülhet ezen hasznosításnál a kijutó szennyezőanyagok gyökérszóna általi megkötése, felvétele, de ez túlságosan kockázatos. Veszélyt jelenthet még ezen hasznosításnál a munkagépek terheléséből adódóan a szigetelőréteg sérülése is. A fenti kockázatok figyelembevétele mellett az erdőgazdálkodási hasznosítás a veszélyeshulladék-lerakókon (C kategória) is elképzelhető.

Alternatív energiahasznosítás (napelemek, szél erőművek) területként mindegyik lerakótípus visszamaradó felülete alkalmas lehet, mivel ebben az esetben az egészségügyi kockázat az ideiglenes, rövid idejű emberi jelenlét miatt kisebb. Gondot okozhat azonban a terhelés következtében fellépő süllyedés, süllyedéskülönbség, különösen a szél erőműveknél és a hagyományos napelemes hasznosításnál. Megfelelő alapozással a probléma kezelhető. Különösen kedvező hasznosítási lehetőség ezen a területen a flexibilis cellákkal (ún. Uni Solar) történő energiatermelés, mert ekkor a süllyedések nem

okoznak gondot és az alkalmazott napelemek integrált részei lehetnek a zárószigetelő-rendszernek, különösen az átmeneti lezárás időszakában.

12.3. A lezárás utáni területhasznosítás gazdasági kérdései

A területhasznosítás gazdaságossága a leginkább problematikus és mégkevésbé tisztázott kérdés. Tisztán közgazdasági alapon a probléma nem tárgyalható, mert az utólagos hasznosítás többsége önmagában nem gazdaságos. Ugyanakkor az utógondozás is jelentős költségekkel jár, kellő anyagi háttér pedig általában nem áll rendelkezésre, és a költségek egy részét (vagy egészét) fedezheti a hasznosításból származó bevétel. Az is igaz, hogy egy lerakón történő építés egy zöldmezős beruházáshoz képest mindig drágább, a kiegészítő többlet műszaki megoldások többletköltségekkel járnak. Pozitív hozománya a hasznosításnak, hogy a terület hasznosítójának érdekében áll, hogy odafigyeljen a lerakónak a környezetre veszélyt jelentő kibocsátásaira, mert ezek a hatások az ő tevékenységét is veszélyeztethetik. Befolyásolja a gazdaságosságot a visszamaradó területnek, mint építési teleknek az értéke. A lerakók többsége lakott területektől távol esik, tehát bizonyos hasznosítási formáknál (pl. lakótelep) ugyan olcsó területet jelentene, de ezzel szembenáll a nagyobb távolság. Más hasznosításnál (pl. ipari, üzemi) ugyanakkor előny lehet a lakott területtől való nagyobb távolság. Bizonyos hasznosítási formák többletmunkahelyet, adók formájában többletbevételt jelenthetnek. Az adók ellen szól, hogy a területet adókedvezmények nyújtásával lehet vonzóbbá tenni a befektetők számára. A gazdaságossággal összefüggő jogi probléma, hogy lehet-e az utógondozás teljes idejére (ami elérheti akár a 100 évet is) felelősségteljes működtetési szerződést kötni? Az utógondozási idő alatt idővel előre nem látható problémák léphetnek fel, amelyek a tervezett gazdaságosságot, profitot is lényegesen befolyásolhatják. Ki viseli ebben az esetben a költségeket?

Látható, ma még számos tisztázásra váró probléma van ezen a téren, aminek a megoldása nem annyira elméleti-, mint inkább a kevés tapasztalatból adódó gyakorlati kérdés. Annyi megállapítható, hogy általános recept nincs, minden egyes eset gazdaságosságát egyedileg kell vizsgálni, és ésszerű kompromisszumok mellett vállalni a kockázatot. Mai ismereteink szerint bizonyos trendek azért kirajzolódnak, a következőkben ezeket tekintjük át.

Az ipari, üzemi hasznosítási formák jelentősen hozzájárulhatnak az utógondozás költségeinek a csökkentéséhez. Itt közvetlen (területértékesítés, bérlet) és közvetett (adók) bevételi források is lehetségesek. A befektető számára vonzó lehet a viszonylag olcsó telekár, bérleti díj. Többletköltséget jelent a zárószigetelés védelme érdekében szükséges többletráfordítás, valamint az infrastruktúra kiépítése és a folyamatos monitoringgal kapcsolatos kiadások.

A zöldfelületek, a sport-, szabadidő központok kialakítása többnyire nem lesz gazdaságos. Itt jelentősek a többletköltségek (növényzet telepítése, sportlétesítmények, sportpályák kialakításának a költségei, többlet műszaki védelem, monitoring) és bevételt csak egyes nem tömegsportot szolgáló létesítmények (sícsarnok, golf, tenisz), vendéglátóipari létesítmények hozhatnak. Ennek a fajta hasznosítási módnak a környezetvédelmi szempontok mellett elsősorban szociális indítékai vannak.

Lakóépület, lakópark, állandó emberi tartózkodás céljára épített épületek esetében a hasznosítás jelentős többletköltségekkel jár (alapozási, mélyépítési költségek, infrastruktúra kiépítése, gázzárás, tűz- és robbanásveszély elhárítás építési költségei, a zárószigetelő-rendszer megerősítése, állandó monitoring), amelyeket a bevételek csak különleges esetben tudnak kompenzálni (pl. sűrűn lakott terület, igen magas telekár).

A mező- és erdőgazdálkodás lehet gazdaságos, különösen, ha a tevékenység nem hagyományos művelési forma, hanem nagyobb hasznot hozó tevékenység.

Mai ismereteink szerint a leginkább gazdaságos és környezetbarát hasznosításnak az alternatív energiatermelő telepek (szélenergia, napenergia) tekinthetők. Itt az alkalmazás korlátja, hogy rendelkezésre áll-e a megfelelő szél- illetve napenergia. A jelentős süllyedések, süllyedéskülönbségek miatt a szélenergia-nál nagyobbak a beruházási költségek, különösen az alapozási, mélyépítési többletfordítások. A hagyományos napenergia alapozása többletkiadással jár, azonban az utóbbi években feltűnt flexibilis cellák elhelyezése már lényegesen olcsóbb, sőt elemei lehetnek az ideiglenes (esetleg a végleges?) zárószigetelő-rendszernek is, és ekkor már költségmegtakarítást is jelenthetnek. A megtermelt energia hasznosítása tovább csökkenti az utógondozás költségét.

A tárgyalt hasznosítási lehetőségek, koncepciók különböző szempontok szerinti összefoglaló értékelését a **12.2. táblázat** tartalmazza.

12.2. táblázat

<i>A hasznosítási lehetőségek, koncepciók összefoglaló értékelése</i>				
Hasznosítási forma	Az értékelés szempontja			
	Környezeti hatás	A lerakó kategóriája	Többlet műszaki beavatkozás	Gazdaságosság
<i>Tábla illesztés</i>	++	++	++	--
<i>Parkoló, út Átrakóállomás Felszíni tárolás Hulladékfeldolgozás</i>	o	++	-	+
<i>Lakóépület, lakópark, állandó emberi tartózkodás</i>	o	-	--	--
<i>Szabadidő, sport, rekreáció</i>	o	o	-	-
<i>Ipari, üzemi tevékenység</i>	-	+	--	+
<i>Mezőgazdasági tevékenység</i>	-	o	o	+
<i>Erdőgazdálkodás</i>	o	+	o	+
<i>Szélenergia</i>	+	++	-	o; +
<i>Napenergia</i>	++	++	-; +	+; ++
Megj.: ++ nagyon kedvező; + kedvező; o mind negatív, mind pozitív hatás; - kedvezőtlen; -- nagyon kedvezőtlen A műszaki beavatkozás értékelésénél: ++ nem igényel; -- nagyon jelentős többletintézkedés				

12.4. Példák a lezárt hulladéklerakók utólagos hasznosításának lehetőségeire

Az alábbiakban a teljesség igénye nélkül bemutatunk néhány példát a megvalósult utólagos hasznosításra. Ma egyre nyilvánvalóbbá válik, hogy a *megvalósult projektek többsége a zöldfelület kialakítás, szabadidő, sport, rekreációs parkok, illetve az alternatív energiatermelő telepek kialakításához tartozik.*

A **12.2. ábra** a *szabadidő, sport, rekreáció céljait szolgáló hasznosításra* mutat be példákat.

LEICHENDORF lerakó, Zirndorf, Bajorország

(<http://www.playmobil.com>)

- Helyszín: iparterülethez közeli, hulladékkal feltöltött agyagbánya.
- Lerakott hulladék típusa: kommunális szilárd hulladék, építési-bontási törmelék, az utolsó években égetési pernye.
- Problémát okozó környezeti hatások: kis mennyiségű depóniagáz kibocsátás, csurgalékvíz képződés.
- Műszaki beavatkozás: oldalrészük esése: 1:2,7, a depóniafelszín lejtése 4%, ásványi anyagú szigetelés vastagsága 50 cm, a szivárgóréteg vastagsága 30 cm, rekultivációs rétegvastagság 70 cm, gázmentesítés. A csurgalékvíz talajvízbe való kijutásának megakadályozására a lerakót vízzáró fallal zárták körül.
- Bezárás utáni területhasználat: PLAYMOBIL vidámpark, építés kezdete 1998, nyitás 2000 május.



12.2. ábra

Példák a szabadidő, sport, rekreáció céljait szolgáló hasznosításra

CRACAUER ANGER lerakó, Magdeburg, Sachsen-Anhalt

(<http://www.elbauenpark-md.de/de/park/welcome.html>)

- *Helyszín:* Magdeburg város külterületén, az Elba közelében.
- *Lerakott hulladék típusa:* kommunális szilárd, bontási törmelék (90 millió m³ hulladék, 40 m magasságban lerakva).
- *Bezárás:* 1997.
- *Problémát okozó környezeti hatások:* depóniagáz-képződés, talajvíz-szennyezés, az Elba folyóra gyakorolt káros hatás.
- *Műszaki beavatkozás:* zárószigetelő-rendszer kiépítése, depóniagáz-mentesítés, -hasznosítás (kb. 9 millió m³, 73 gázkút).
- *Bezárás utáni területhasználat:* kertészeti kiállítás (1999), utána az Elba park része, nyári szánkópálya.

GEFRATH-lerakó, Neuss, NRW

(http://www.strassenkatalog.de/poi/deponie_siedlungsabfalldeponie_neuss-gefrath_i.html)

- *Helyszín:* egykori kommunálshulladék-lerakó.
- DÜSSELDORF közelében egy 270 m hosszú és 50 m széles, 13 m belmagasságú sícsarnokot építettek egy korábban hulladéklerakásra használt területen.
- A sícsarnokhoz tartozik még egy főépület is vendéglátó-helyiségekkel, öltözővel, kölcsönzővel stb. Több sílift is üzemel a csarnokban.

BOTTROP salakhányó, NRW

(<http://www.alpincenter.com>)

- 640 m hosszú, a világ leghosszabb alpesi fedett sícsarnoka.

DANEHY Park, Cambridge, Massachusetts

(http://waste360.com/mag/waste_landfills_landfills_second)

- *Helyszín:* 20 ha nagyságú, egykori agyagbánya-gödör feltöltésével kialakított kommunálshulladék-lerakó, jelenleg beépített területen.
- *Bezárás:* az 1970-es évek elején, majd egy épülő alagútból kikerülő talajt helyeztek el rajta 1,5-10 méter vastagságban.
- *Problémát okozó környezeti hatások:* gázemisszió, talajvíz szennyezés.
- *Műszaki beavatkozás:* lezárás, folyamatos monitoring (gázmentesítés nincs).
- *Területhasználat:* városi park, több futball- és softball pálya, 4,2 km sétáló- és kerékpárút, rekreációs terület, 300 gépkocsi számára parkoló terület. A zöldterület 20 %-al növelte a hatodik leg­sűrűbben lakott amerikai város zöldterületét. Megnyitás: 1990.

DYER ROAD lerakó, Palm Beach, Florida (MARTIN – TEDDER, 2002)

- *Helyszín:* közel 50 ha lerakóterület.
- *Lerakott hulladék típusa:* kommunális és építési törmelék
- *Bezárás:* 1990.
- *Problémát okozó környezeti hatások:* gázemissziók.
- *Műszaki beavatkozás:* lezárás PVC geomembránnal, gázmentesítés.
- *Bezárás utáni területhasználat:* szabadidő-, sportcélú hasznosítás: kerékpárutak, labdajátékok, futballpálya, vízisportok. Összes költség 5,6 millió USD. Az építés kezdete: 1996 február, megnyitás: 1997 szeptember.

Lezárt hulladéklerakók *golfpályaként való üzemeltetése* több évtizedes múltra tekint vissza. Így mára már kialakultak a megfelelő technológiák az építésre és az üzemeltetésre vonatkozóan (HAUSER *et al.*, 2000). A lezárt lerakófelület adottságaiból kiindulva ez az egyik legkézenfekvőbb megoldás az utólagos hasznosítás lehetőségei közül. A legtöbb ilyen jellegű megoldás az USA-ból ismert, elsősorban katonai területek lerakóin. A golfpálya hatalmas zöldterületen biztosít sportolási, szórakozási lehetőséget, nem

veszélyezteteti a környezetet, üzemeltetése és karbantartása egyszerű. Az előírások szerint kialakított lezárás mellett a játékosok teljes biztonsággal használhatják a pályát, nem kerülhetnek kapcsolatba a hulladékkal, vagy annak melléktermékeivel. A pálya karbantartása nem okoz további környezetszennyezést, az alkalmazott növényvédő szerek megfelelő használat esetén nem jelentenek veszélyt sem az emberre, sem a környezetre. A golfpályáknál a pálya tartozékát képező homok- és vízakadály (kis tavak) megnövelhetik a depóniatérbe történő csapadékbeszivárgási hányadot, ezért a zárószigetelő-rendszer módosítására van szükség. A depóniagáz gyűjtése és kezelése elősegíti a jó minőségű gyepp fenntartását.

A szabadidő-, sport-, rekreáció célú hasznosításnál a növényzet öntözése, gépek mozgása, építmények terhelése, csapadékvíz bejutását elősegítő objektumok kialakítása (kis tavak, homokos területek, homok- és vízakadály a golfpályáknál, stb.) szükség lehet a zárószigetelő-rendszer módosítására, megerősítésére, a szigetelőképeség fokozására.

Néhány példa a ma már golfpályaként üzemelő – vagy a közeljövőben megvalósítandó – egykori hulladéklerakók közül:

- Beirolas lerakó, Portugáliában, Lisszabon északi területén. A korábbi hulladéklerakót parkká alakították át, melynek egy része a golfpálya.
- Coyote Canyon Lerakó, California.
- Dél-Nevada, kommunális szilárdhulladék-lerakó.
- Phoenix, Arizona, kommunális szilárdhulladék-lerakó.

Magyarországon elsőként a Budafok-Tétényi fennsíkon épült golfpálya hulladéklerakó rekultivációjának eredményeként (**12.3. ábra**). A golfpálya összesen harminckét hektáron terül el, ahol festői környezetben gyakorolhatnak és játszhatnak a golfbarátok. A gyakorló pályák már 2006 májusától, a kilenc szakaszos pálya pedig 2007-től használható. A kényelmet és a szórakozást a pályák mellett megépült klubház, étterem, valamint játszótér is biztosítja.



12.3. ábra
Az első magyar, hulladéklerakón épült golfpálya

Az egyik legelterjedtebb és gazdaságosság szempontjából is kedvező megoldás az *alternatív energiatermelő telepek létesítése a lerakón (12.4.-12.5. ábrák)*.

A **12.4. ábra** három németországi példát mutat be, amelyek közül különösen figyelemreméltó a *Windmühlenberg lerakón* (Karlsruhe) és a *Georgswerdei lerakón* (Hamburg) kialakított szélenergetikai telep (SCHMITZ, 2010; MÜLLERSCHÖN-MAXAU, 2001; WEISLEDER, 2010). A jellemző adatokat a **12.3. táblázat** tartalmazza.

12.3. táblázat

<i>A Windmühlenberg lerakón (Karlsruhe) és a Georgswerdei lerakón (Hamburg) kialakított szélenergetikai telepek jellemző adatai</i>		
	Windmühlenberg	Georgswerde
<i>Depóniamagasság</i>	60 méter	40 méter
<i>Építés ideje</i>	1998-2000	1992-2004
<i>Alapozás</i>	19 m külső átmérőjű körgyűrű, belső mag átmérője 10 m. 3 ^o egyenlőtlen süllyedés-különbségig a mozgások kompenzálhatók.	Előterhelés, 11-16 m átmérőjű nyolcszögletű lemezalap 3% süllyedéskülönbségig a mozgások kompenzálhatók. Talpfeszültség max. 50 kN/m ²
<i>Teljesítmény</i>	3000 kW	2650 kW

Geotechnikailag a legnagyobb kihívás a nagy hulladékvastagságból adódó teherbírási és süllyedési problémák kezelése volt. A nagy vastagság miatt a mélyalapozás nem jöhetett számításba, ezért körgyűrű, ill. nyolcszögletű lemezalappal oldották meg az alapozást (**12.4. ábra**). Mindkét esetben az egyenlőtlen süllyedések három fok ill. 3% lehajlásig kompenzálhatók. A Karlsruhe-i lerakón 2040-ig a süllyedések várható nagysága megközelíti a 3,0 métert, míg a Georgswerdei lerakó első szélgenerátoránál (WKA-1) 1992-2007 között a mért süllyedések nagysága közel 40 cm volt, de előtte a lerakó felszíne 1980-1992 között már 4,4 métert süllyedt.



12.4. ábra
Szélerőművek egykori hulladéklerakó telepeken



12.5. ábra
A Windmühlenbergi és a Georgswerdei lerakón létesített szélerőművek alapozása

A lerakó felszíni kialakításából adódóan az egyik leginkább alkalmazott hasznosítási mód a napelemek telepítése (**12.6. ábra**). Kezdetben hagyományos üveg napelemeket telepítettek, amelyknél problémát jelent a jelentős súly, az alapozás, a süllyedések, a depóniafelület megerősítése, (STIEF, 2001; WEIDEMEIER, 2007; SAMPSON, 2009; BLU, 2011). Az egyik legismertebb ilyen jellegű hasznosítás Németországban az Atzenhofi lerakó (Bayern).

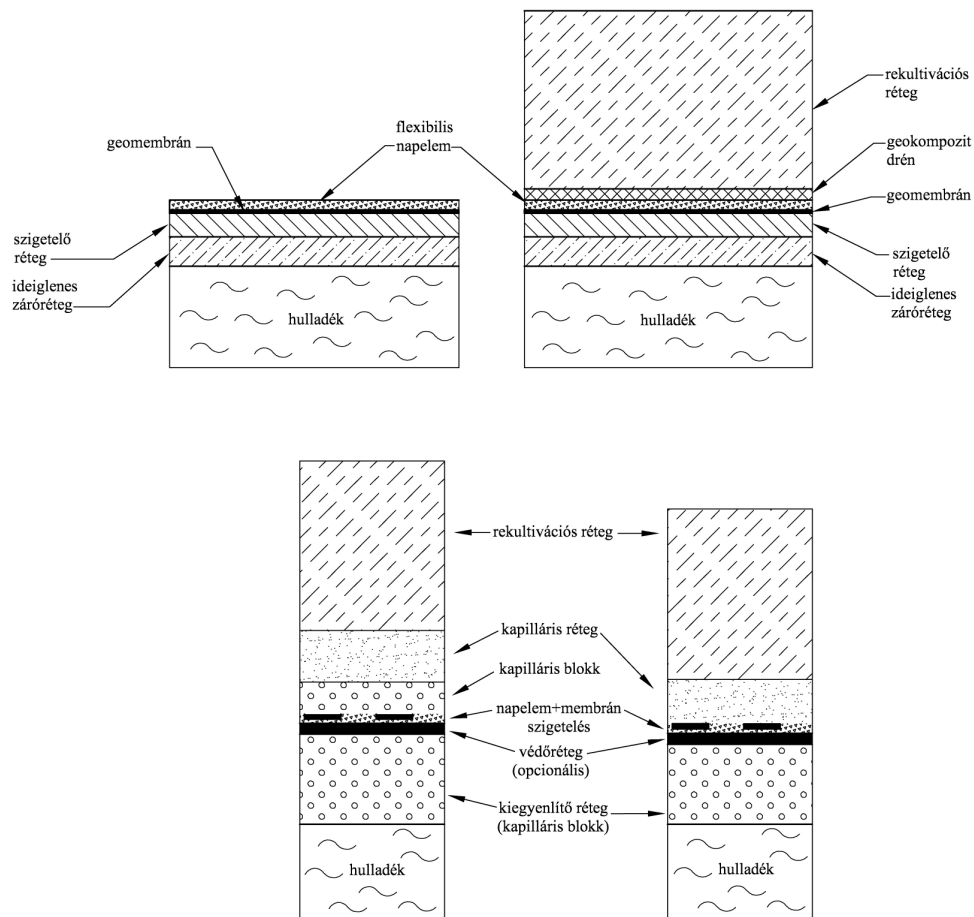
- A lerakott hulladék típusa: háztartási hulladék és kb. 2,5 millió m³ építési törmelék, a lerakó felülete kb. 97 000 m², magassága kb. 60 méter.
- Zárószigetelés kialakítása: 50 cm kiegyenlítő réteg, 3x20 cm ásványi anyagú szigetelés, 30 cm szivárgó réteg, a rekultivációs réteg vastagsága 130 cm.
- A lerakón jelentős mennyiségű gáz képződik, 1991 óta aktív gázmentesítés van, kb. 50 m mély gázkutakat, a zárószigetelés alá gázgyűjtő árkokat építettek. A kinyert gázt kezelik és hasznosítják. A depóniafelszínen a gázok kijutása miatt jelenleg még tilos a nagyközönség általi hasznosítás, még további süllyedések, deformációk várhatók. A 2003/2004-ben üzembe helyezett rendszernél a napelemek felülete 10 000 m², a maximális teljesítmény 1 MW, ami 250 háztartás energiaellátását biztosítja, ez évente 670 tonna CO₂ emisszió-csökkentéssel egyenértékű.
- Számos további hasznosítási példa található HEGEWALD, (2008); SAMPSON, (2009) anyagában.



12.6. ábra
A lerakó felületének hasznosítása napelemek telepítésével

Az elmúlt évtizedben a napelemeknek egy új generációja jelent meg, az ún. *flexibilis cella*, amely a depóniafelület hasznosításához lényegesen jobban illeszkedik (BODENHAGEN, BACHIRI; 2010). A panelek tömege lényegesen kisebb, nincs probléma az alapozásával és a rendszer a depónia szigetelőrendszerébe integrálható.

Tekintettel arra, hogy a napelemek élettartama mai ismereteink szerint 20-30 év, a rendszer alkalmazása gazdaságos lehet a lerakó rekultivációja során az átmeneti szigetelőréteg elemeként való alkalmazásakor is, majd a végleges zárószigetelő-rendszer elhelyezésekor abba beépíthető (12.7. ábra).



12.7. ábra.

Példák a flexibilis napelemnek a zárószigetelő-rendszerbe való végleges beépítésébe (WEIDEMEIER, 2007; SAMPSON, 2009)

Flexibilis panelek alkalmazása ismert amerikai (Tessman Road lerakó, San Antonio, Texas, Hickory Ridge lerakó, Atlanta), német (Leppe lerakó, NRW, pilot projekt) és olasz (Malagrotta lerakó, Róma) lerakókon (12.6. ábra). A Malagrotta lerakónál 21300 m² felületen telepített napelemekkel az energiatermelés évente 1 421 000 kWh, ami évente 1 257 tonna CO₂ emisszió-csökkentéssel egyenértékű.



12.8. ábra
Bezárt lerakók területének ipari, kereskedelmi célú hasznosítása



12.9. ábra
Lerakók felszínsüllyedése által okozott károsodások

A 12.8. ábra a lerakók területének kereskedelmi, ipari célú hasznosítására mutat be néhány példát. Ilyen jellegű hasznosításnál a legnagyobb gondot a felszín gyenge teherbírása, a várható nagy mozgások, süllyedéskülönbségek (12.9. ábra) okozzák. A teherbírás növelhető a hulladék utólagos tömörítésével (pl. mélytömörítéssel), valamint mélyalapozással (cölöpök). A cölöpalapozás korlátja lehet a nagy hulladékvastagság (lásd Georgswerde, Karlsruhe), a betonkorrózió és a negatív köpenysúlrodásból adódó teherbírás csökkenés. További gond a cölöpök áttörésénél a zárószigetelés utólagos kijavítása, a gázzárás biztosítása. Európából egyelőre kevés példát ismerünk, azok is elsősorban ipari jellegű hasznosítások. Floridában ugyanakkor 55 bezárt lerakó területét

hasznosították utólagosan, amiből 56% volt a sporttal, szabadidővel kapcsolatos, 27% a kereskedelmi, 9% a lakások, lakótelepek céljára történő hasznosítás (MARTIN - TEDDER, 2002). Amerikából számos megvalósult projekt ismert, ezek jelentős része régi, még a 60-as 70-es években működő/bezárt lerakókhoz kapcsolódik, ahol a gázképződés már kevésbé intenzív (PIERCE, 2001; LAW, 2007). A **12.8. ábrán** látható Convention Center (Industry Hills, California) például egy 1951-1969 között működő lerakón épült, a lerakott hulladék mennyisége 3,5 millió tonna, a hulladék vastagsága átlagosan 10-12, de van, ahol több, mint 30 méter. A területen egy 400 szobás szálloda, Konvenció Központ, golfpálya, tenispálya és olimpiai méretű uszoda épült. A mintegy 50 gázkútból nyert energiát a medence vizének melegítésére és a szálloda részbeni fűtésére hasznosítják. A Los Angeles-től délre található 75 ha területű Carson lerakón egy 75 ezer m² alapterületű bevásárlóközpontot építettek (Metro Mall), aminek az alapozásához több mint 3000 cölöpöt használtak fel, 12 méteres átlagos hulladékvastagság mellett. Kaliforniában, Floridában több létesítmény van, amelyek már több mint három évtizede működnek probléma mentesen (PIERCE, 2001; MARTIN - TEDDER, 2002), de meg kell jegyezni, hogy ezen projektek több esetben előzetes kármentesítés után, barnamezős beruházásban valósultak meg.

A lakóépületként, állandó emberi tartózkodásra igénybe vett épületeknél a műszaki problémák hasonlóak, mint a kereskedelmi, ipari hasznosításnál, de itt még további gondot okoz a jelentős egészségügyi kockázat, és ebből adódóan az emberekben kialakult egy tartózkodás, óvatosság az ilyen jellegű hasznosítás iránt. A műszaki megoldásokra a következő fejezetben mutatunk be néhány példát.

Erdőgazdálkodási céllal történő hasznosításra a lerakó növényzettel való betelepítésére vonatkozó előírások érvényesek, itt elsősorban a gyökérszóna lehatolási mélysége jelenti a gondot és korlátot, amit a rekultivációs réteg vastagságának a növelésével, evapotranspirációs lezárás alkalmazásával lehet kezelni. A fák miatt megnövelt rekultivációs rétegvastagság legalább 1,5-3,0 méter közötti (DAEHN - SCHULTHEISS, 2005).

A mezőgazdasági hasznosításra ma még kevés ismeretanyag áll rendelkezésre. Probléma az estleges szennyezőanyag kijutás, annak növények általi felvétele. Ezen a területen eredményes kísérletek folynak energianövényekkel való betelepítés révén történő hasznosításra (TUB, 2005; TSCHACKERT, 2011), ami egy jó jövőbeni megoldás lehet. Lezárt hulladéklerakók mezőgazdasági célú felhasználása kockázatos, a gyökérszónába nem juthatnak fel szennyezőanyagok, a záró szigetelőréteg csekély meghibásodása esetén is már kérdésessé válik az adott terület mezőgazdasági termékeinek a felhasználhatósága. Az aktív vagy passzív gázmentesítés mellett gázzáró réteg kialakítására is szükség van, valamint megnövelt rekultivációs rétegvastagság szükséges, annak mértéke a vízháztartási vizsgálatokkal becsülhető.



12.10. ábra
Lerakók mező- és erdőgazdasági célú utóhasznosítása

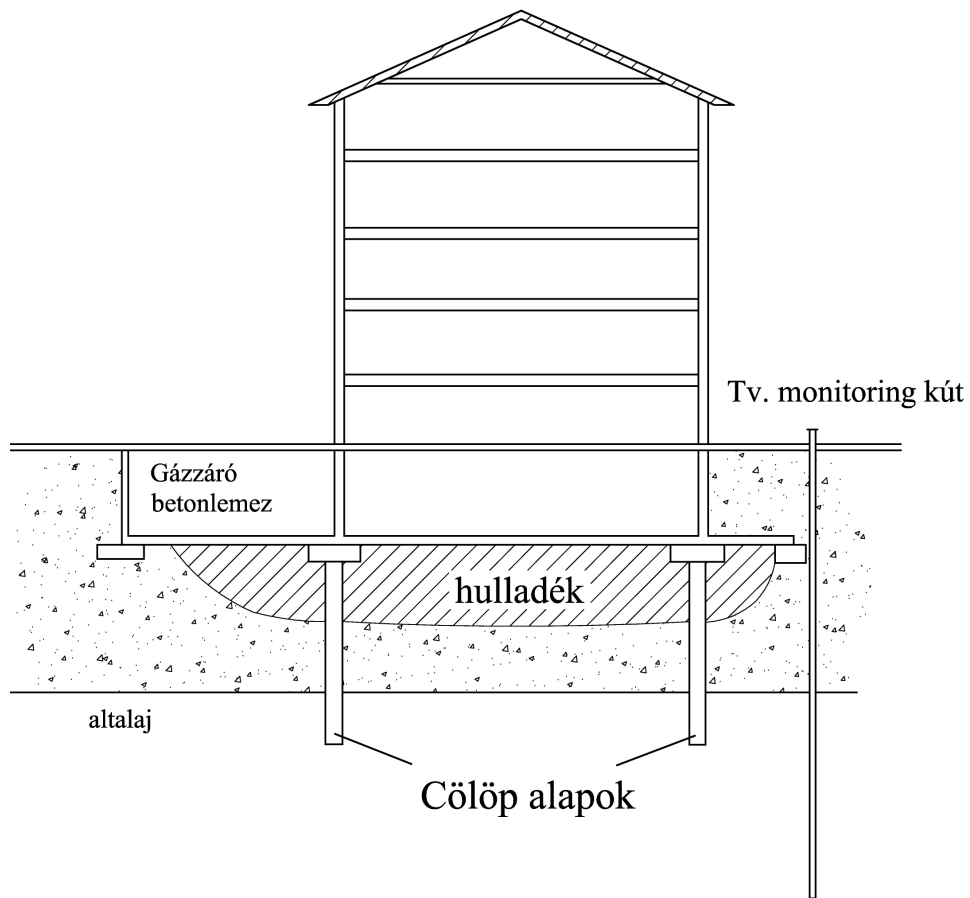
12.5. A lerakón történő építkezés néhány műszaki megoldása

A depóniafelület kis teherbírásából adódóan a süllyedések jelentősek, az alapozási költségek nagyobbak lesznek. Lehetséges megoldások:

- a hulladék mélytömörítése;
- a záró-szigetelő rétegrendszer megerősítése geoműanyagokkal;
- a hulladék előterhelése;
- merev, kis terhelést átadó alapozási mód (pl. lemezalapozás);
- a süllyedések utólagos kompenzációs lehetőségének biztosítása;
- mélyalapozás, cölöpalapozás (12.11. ábra). A cölöpalapozásnál számolni kell a negatív köpenysúrlódás okozta teherbírás csökkenéssel, mert a hulladék várható tömörödése nagyobb lesz, mint a cölöpök süllyedése.

A gázemissziók jelentős veszélyt jelenthetnek, ezért itt is többletintézkedésekre van szükség (LUBW, 1996):

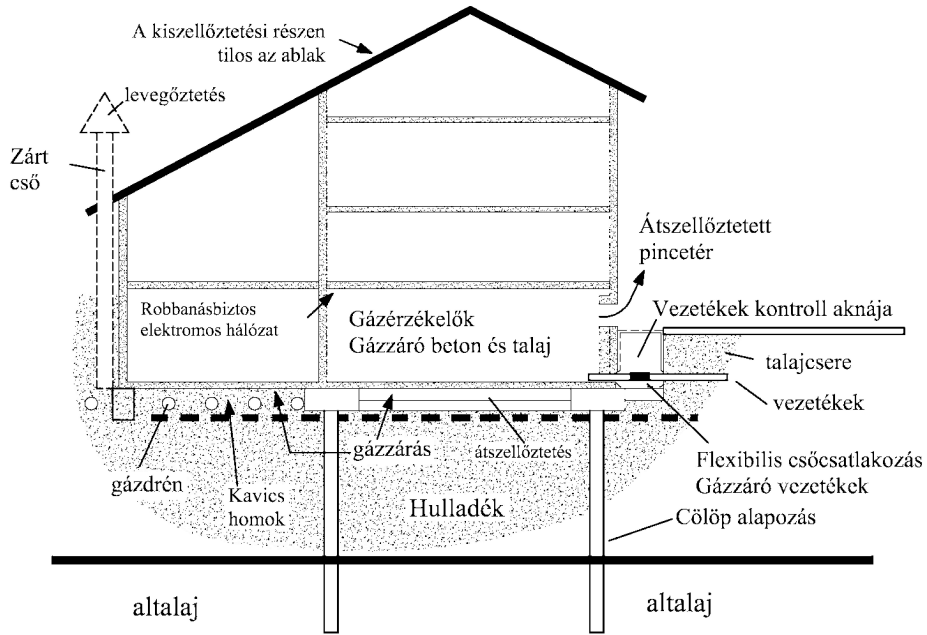
- a depónia szigetelése, gázzáró lezárása;
- gázzáró réteg beépítése az épület alá;
- gázdrének beépítése;
- az épület alatti tér folyamatos átszellőzésének a biztosítása;
- robbanásbiztos kialakítás, a szikraképződés megakadályozása;
- vezetékek, áttörések szigetelése;
- gázérzékelők, riasztók beépítése;
- csövek, vezetékek flexibilis csatlakoztatása az ellenőrző aknában;
- átlevégtető berendezések telepítése.



12.11. ábra
Épület alapozása lerakón

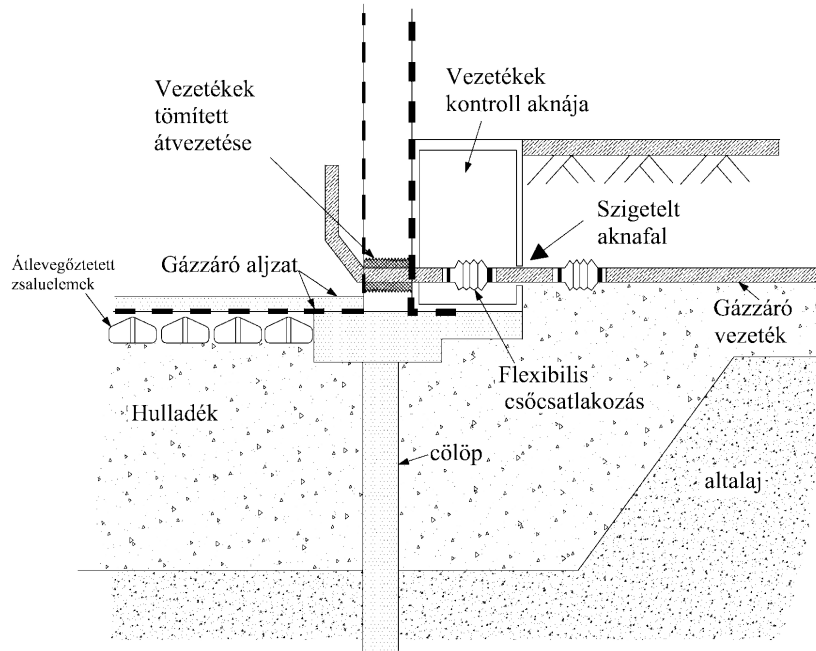
A felsorolt biztonsági intézkedések megoldására a **12.12. – 12.14. ábrák** mutatnak be megoldást.

A műszaki megoldások mellett természetesen nagyon lényeges a folyamatos ellenőrzés, a beépített biztonsági elemek, berendezések hatékony működésének az ellenőrzése.



12.12. ábra

Az épület biztonsági elemei egy gáztartalmú depónia felett



12.13. ábra

Közművezetékek biztonságos, tömített átvezetése a falakon

