

Szabó Imre – Szabó Attila – Farkasné Cziel Ivett

**A hulladéklerakók helyzete Észak-Magyarországon, a rekultiváció
műszaki megoldásai**

Bevezetés

Az elmúlt 15 év jelentős változást hozott a magyarországi hulladékgazdálkodás területén, ami értelemszerűen megváltoztatta a hulladéklerakás területén kialakult gyakorlatot éppúgy, mint a törvényi előírásokat. Az 1990-es évek elején készített VITUKI felmérés még 2700 lerakóról számol be, ami azt jelentette, hogy szinte minden önkormányzat rendelkezett egy-egy, némelyik több lerakóval, melyeknek a döntő többsége nem felelt meg a nemzetközi gyakorlatnak, s többnyire védelmi rendszer nélkül kiépített, ún. rendezetlen lerakók voltak.

Az első jelentős lépést a nyugati beruházók megjelenése jelentette, hiszen akkorra Ny-Európában a piac lassan telítődött, új piacok után kellett nézni. Európa számos országában kiépült a sok évre elegendő lerakó-kapacitás. Kezdték előtérbe kerülni a lerakással történő ártalmatlanítás mellett az egyéb, környezetvédelmi szempontból jobb megoldások, másrészt egyre nagyobb hangsúlyt helyeztek a hulladék mennyiségének a csökkentésére, az újrahasznosításra és a visszaforgatásra (recycling), s ez a meglévő lerakók élettartamát meghosszabbította. Mindez szerencsés fejlődést hozott Magyarországon, s emellett lassan hazánkban is kialakult több tökeerős csoport, akik mint magánbefektetők jelentek meg a piacon, felismerve a hulladékban rejlő meglehetősen nagy üzletet.

Az első, az európai normáknak megfelelő rendezett lerakó Debrecenben épült meg 1992-ben három osztrák cég és Debrecen önkormányzatának beruházásában. Az első lerakók –nem lévén hazai szabályozás- még többnyire az osztrák szabvány (ÖNORM) szerint épültek.

Kétségtelen, hogy a hulladékgazdálkodás egy hatalmas, biztos piacot jelentő tevékenység, amely jelentős tőkét igényel, ugyanakkor a megtérülése viszonylag lassú, de a befektetés gazdaságosságát növelte a számottevő állami, majd később az uniós támogatás (ún. ISPA projektek). Mindez összességében jelentős változást hozott, és a '90-es években meglévő Európával szembeni mintegy 30 éves lemaradásunkat kb. 20 évvel sikerült csökkenteni, és ma számos, már korábban is uniós tagállamot sikerült utolérni, sőt megelőzni.

Törvényi háttér

A magyar környezet-politika a fenntartható fejlődést elősegítő - a környezet védelmének általános szabályairól szóló 1995. évi LIII. törvényben rögzített - elveit és céljait a hulladékkal kapcsolatban a hulladékgazdálkodásról szóló, 2001 január 1-én hatályba lépett, 2000. évi XLIII. törvény határozza meg. A törvény messzemenően figyelembe veszi az 1999/31 EU direktíva előírásait is. Ennek megfelelően a természeti erőforrások fenntartható használata érdekében támogatja a hulladékképződés megelőzését biztosító anyag- és energiatakarékos, hulladékszegény technológiák alkalmazását, a veszélytelenebb, kisebb kockázatot jelentő hulladékot eredményező anyagfelhasználást. Másodsorban támogatja a képződő hulladék anyag- és energiataralmának minél teljesebb hasznosítását, végül a nem hasznosuló hulladék környezetveszélyeztetést és egészségi kockázatot kizáró ártalmatlanítását, ezen belül a környezetet hosszú távon is terhelő, hasznos területeket igénybe vevő hulladéklerakás minimalizálását.

A célok elérése érdekében a hulladékgazdálkodási törvény 33.§-a – összhangban az Európai Közösség hulladékra vonatkozó irányelveivel – a Nemzeti Környezetvédelmi Program részeként Országos Hulladékgazdálkodási Terv (OHT) kidolgozását írja elő, amelyet az Országgyűlés fogad el. Az OHT elfogadását 270 nappal követően a Környezetvédelmi Felügyelőségek irányításával a területi tervezési statisztikai (nagy)régiókra kiterjedő területi hulladékgazdálkodási terveknek kell készülniük, amelyeket a környezetvédelemért felelős miniszter rendeletben hirdet ki. A területi tervek kihirdetését 270 nappal követően a települési önkormányzatok kötelesek helyi hulladékgazdálkodási tervet készíteni, és azt helyi rendeletben kihirdetni.

Az átfogó tervezési rendszert megalapozó első Országos Hulladékgazdálkodási Terv a hulladékgazdálkodás célrendszerének megfelelően elemzi a magyarországi hulladékképződés és kezelés mai helyzetét, meghatározza az NKP tervezési periódusához igazodóan a 2003-2008 között elérendő célokat, valamint a célok elérését biztosító intézkedéseket és programokat. Ezek keretében kijelöli a feladatokat mind a különböző hulladék típusokra, mind az egyes gazdasági szektorokra vonatkozóan, illetve meghatározza a feladatok megosztását a hatósági, közigazgatási szervezetek, az önkormányzatok, a társadalmi és gazdasági szervezetek, valamint az ipar, a kereskedelem, a mezőgazdaság és a szolgáltatások területén működők között.

Nagy előrelépést jelentett a 22/2001. (X. 10.) KöM rendelet, amely a hulladéklerakás, valamint a hulladéklerakók lezárásának és utógondozásának egyes feltételeiről szól. Ez a rendelet gyakorlatilag már teljes összhangban van az európai szabályozással, sőt bizonyos vonatkozásokban az azokban előírtaknál szigorúbb követelményeket tartalmaz. A 33/2003 EU direktíva megjelenésével a rendeletet át kellett dolgozni, hiszen megváltoztak a korábbi lerakó kategóriák, s ennek megfelelően újra kellett szabályozni az egyes lerakó típusokban lerakható hulladékok körét, a lerakási- és fogadási kritériumokat, valamint a védelmi rendszer műszaki követelményeit.

A jogszabályok legfontosabb kötelme, hogy 2009-től csak azon hulladéklerakók üzemelhetnek, melyek megfelelnek a 99/31. EU irányelven alapuló, a 22/2001. (X.10) KöM rendelet módosításával létrejövő 20/2006. (IV.5) KvVM rendelet szigorú előírásainak. A hulladéklerakás területén elvégzendő feladatok meghatározására egyértelmű jogszabályi háttérrel és iránymutatást ad a már említett 1999/31/EK tanácsi irányelv a hulladéklerakásról, valamint a hulladéklerakók lezárásának és utógondozásának szabályairól és egyes feltételeiről szóló 20/2006. (IV.5) KvVM rendelet.

Ahhoz, hogy a meglévő lerakó hálózat sorsáról, a végleges, a megmaradó és újonnan építendő lerakókból kialakítandó regionális hálózat kialakításáról dönteni lehessen, ismételten fel kellett mérni a hazai lerakó hálózatot.

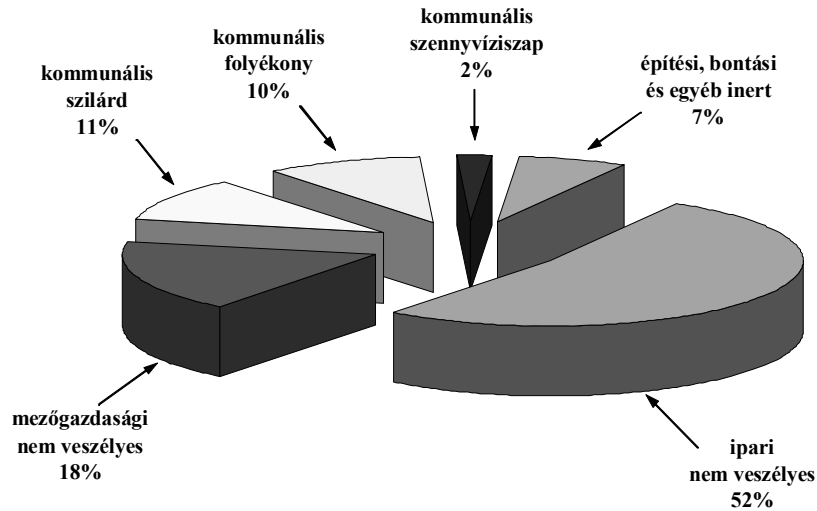
A magyarországi hulladéklerakók helyzetének pontos felméréséhez hazánk az Európai Uniótól kapott segítséget egy Phare program keretében. A munka kivitelezője a holland Royal Haskoning és a magyar CANOR International Kft. által alkotott konzorcium volt.

A hulladéktermelés és lerakás jelenlegi helyzete Észak-Magyarországon

Észak-Magyarországon évente közel 10 millió tonna hulladék keletkezik, amelyből 6,3 millió tonna a nem veszélyes, 0,25 millió tonna a veszélyes és 3,2 millió tonna a kiemelten kezelendő hulladék (Észak-magyarországi Statisztikai Régió Hulladékgazdálkodási Terve 2003-2008, 2004.). A keletkező nem veszélyes hulladékok megoszlását az 1. ábra mutatja be.

A területi hulladékmérleg és kezelési arány alapján elmondható, hogy a napjainkban keletkező hulladékok jelentős része lerakásra kerül, és alacsony az égetés illetve az újrahasznosítás aránya. Az Észak-Magyarországon keletkező hulladékok kezelési arányát szemlélteti az 1. táblázat, illetve az 2. ábra.

Ezen a fentiekben felsorolt kedvezőtlen helyzetet lényegesen megváltoztatják az előzőekben említett új jogszabályok. A változás első jelei már érezhetők mind a hulladék kezelés mind a lerakás területén.



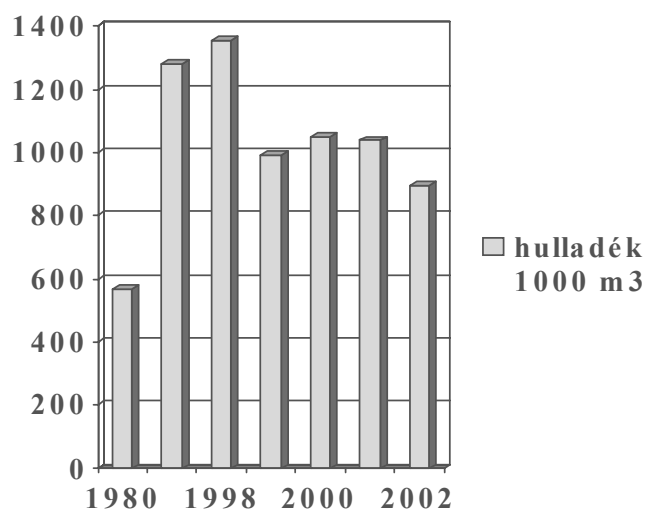
1. ábra: Az Észak-Magyarországon keletkező nem veszélyes hulladékok megoszlása

Forrás: Észak-magyarországi Statisztikai Régió Hulladékgazdálkodási Terve 2003-2008, 2004.

1. táblázat: A területi éves hulladékmérleg és a kezelési arány bemutatása

| | Hasznosítás (%) | Égetés (%) | Lerakás (%) | Egyéb módon kezelt (%) |
|---|-----------------|------------|-------------|------------------------|
| Ipari és egyéb gazdálkodói nem veszélyes hulladékok | 21,2 | 0,2 | 78,6 | - |
| Mezőgazdasági és élelmiszeripari nem veszélyes hulladékok | 90,0 | - | 5,0 | 5,0 |
| Települési szilárd hulladékok | 14,9 | - | 85,1 | - |
| Települési folyékony hulladék | - | - | 28,5 | 38,1 |
| Kommunális szennyvíziszap | 46,5 | - | 53,5 | - |
| Építési, bontási hulladékok és egyéb inert hulladékok | 50,0 | - | 50,0 | - |
| Veszélyes hulladékok | 37,4 | 5,2 | 8,4 | 49,0 |

Forrás: Észak-magyarországi Statisztikai Régió Hulladékgazdálkodási Terve 2003-2008, 2004.



2. ábra: Ártalmatlanított települési szilárd hulladék mennyisége
Forrás: KSH adatok alapján

A települési szilárdhulladék-lerakók országos felmérésének eredménye

A már korábban említett - a holland Royal Haskoning és a magyar CANOR International Kft. alkotta konzorcium által kivitelezett - települési szilárdhulladék-lerakók felmérése során 2002-ben 2667 lerakót térképeztek fel Magyarországon.

A továbbiakban ezen felmérés eredményeinek segítségével kívánjuk röviden összefoglalni a hulladéklerakás területén várható feladatokat hazánk Észak-magyarországi régiójára (Borsod-Abaúj-Zemplén megye, Heves megye, Nógrád megye) vonatkozóan.

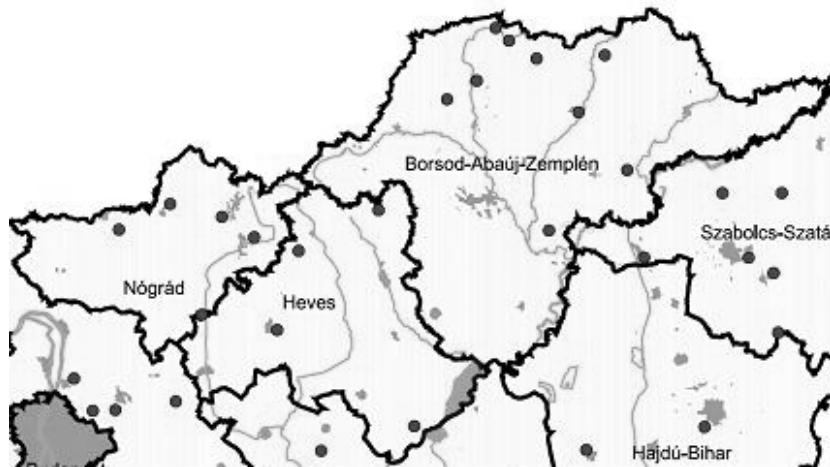
A felmérés során két időszakot különböztettek meg: a jelentől 2008-ig terjedő és a 2009-2020 közötti periódus. Az első, 2008-ig terjedő időszakban a listán szereplő lerakók más további lerakókkal együtt működésben maradnak. A 2009-2020-ig terjedő időszakra készült listán azok a lerakók szerepelnek, melyek Magyarország jövőbeni lerakó-hálózatát alkotják. 2009. júliusát követően az összes megmaradó lerakónak meg kell felelnie az EU direktívában előírtaknak.

A kiválasztási folyamat első lépése a felmért adatokon és a végső környezeti kockázati értékek meghatározásán alapult. A végső kockázati eredmény alapján a lerakók nagy része már bezárt vagy rövid távú bezárása javasolt. Ez a javaslat a műszaki védelem (hiánya), környezet szennyezési kockázat, érzékeny területen való elhelyezkedés stb. kombinációin alapul. Így mindössze 57 lerakó maradt az Észak-magyarországi régióban, mely számításba jöhet a jövőbeni lerakóhálózat megtervezésénél.

A következő lépés a szigetelés nélküli lerakók kiválasztása volt. Ezen lerakók nem jelentenek komoly kockázatot, azonban nem kerülhetnek fel a listára az EU-nak megfelelő színvonalú kialakításhoz szükséges rendkívül magas beruházási költségek miatt. Ez a lépés 26 szigetelési rendszer nélküli lerakót és 31 szigetelési rendszerrel rendelkező lerakót eredményezett.

A megmaradó 31 lerakó megyénként került felsorolásra és kapacitásuk alapján történt az elemzésük. Ezen lerakóknak potenciális kapacitással kell rendelkezniük. A regionális eloszlás szintén része volt az elemzésnek, mivel az alapfelgondolás az volt, hogy minden megyében legalább két, vagy három lerakóra van szükség. Ez a lépés egy 18 lerakót tartalmazó listát eredményezett a 2008-ig terjedő időszakra (3. ábra, 2. táblázat).

Ezen lista összeállításának célja kizárólag az volt, hogy további elemzéssel meghatározható legyen a 2009-2020-ig terjedő időszakra vonatkozó, a jövőbeni lerakó-hálózatot alkotó lista.



3. ábra: A 2005-2009 között üzemelő lerakók hálózatának területi elhelyezkedése
Forrás: Royal Haskoning – CANOR, 2003

2. táblázat: A 2005-2009 között üzemelő lerakók hálózata

| | Megye | Önkormányzat | Lerakó megnevezése |
|-----|----------------------|-----------------|--|
| 1. | Borsod-Abaúj-Zemplén | Rudabánya | Rudabányai Kommunális Lerakó |
| 2. | Borsod-Abaúj-Zemplén | Tiszalúc | Tiszalúci Körzeti Reg. Hulladéklerakó |
| 3. | Borsod-Abaúj-Zemplén | Bodrogkeresztúr | Regionális Kommunális Szilárdhulladék Lerakó |
| 4. | Borsod-Abaúj-Zemplén | Szendrő | Szeméttelep |
| 5. | Borsod-Abaúj-Zemplén | Gönc | Gönc és térsége kommunális hulladéklerakó |
| 6. | Borsod-Abaúj-Zemplén | Hídvégardó | Hídvégardó, Becskháza, Bódvalenke Szilárd kommunális hulladék lerakó |
| 7. | Borsod-Abaúj-Zemplén | Encs | Encs Térségi Kommunális Hulladéklerakó |
| 8. | Borsod-Abaúj-Zemplén | Krasznokvajda | Krasznokvajda Községi regionális szilárdhulladék lerakó |
| 9. | Borsod-Abaúj-Zemplén | Tornaszentjakab | Tornaszentjakabi szilárdhulladék lerakó |
| 10. | Heves | Bélapátfalva | Kommunális Hulladék Lerakó |
| 11. | Heves | Gyöngyös | Gyöngyösi Szilárdhulladék Lerakó |
| 12. | Heves | Mátraballa | Tardonya Lerakó |
| 13. | Heves | Kisköre | Kisköre Hulladéklerakó |
| 14. | Nógrád | Szécsény | Regionális Hulladéklerakó |
| 15. | Nógrád | Salgótarján | Kótyházai térségi hulladéklerakó |
| 16. | Nógrád | Bátonyterenye | Gyula-aknai hulladéklerakó |
| 17. | Nógrád | Nógrádmargal | Regionális lerakó |
| 18. | Nógrád | Jobbagyi | |

Forrás: Royal Haskoning – CANOR, 2003

A további elemzések eredményeként, a terepi látogatások során kiderült, hogy a Heves megyei Gyöngyösön található Gyöngyösi Szilárdhulladék Lerakót 2009 előtt be kell zárnunk, mivel nem felel meg az EU szabványainak.

Az EU szabványainak való megfelelés egyik legkritikusabb komponense a lerakók aljzatszigetelése. Ennél fogva, ez volt az egyik legfontosabb feladata a helyszíni vizsgálatoknak: a meglévő aljzatszigetelés minősége, valamint a jelenlegi szigetelés fejleszthetőségi lehetőségei. Amely lerakók aljzatszigetelése nem felelt meg az EU szabványoknak, törlésre kerültek a listából (3. táblázat).

Továbbá, számos lerakó esetében előfordult, hogy az aljzatszigetelésük megfelelt az EU szabványoknak, azonban a magyar szabványoknak nem. A magyar törvények szerinti aljzatszigetelésre vonatkozó szabályok sokkal szigorúbbak. Ellentétben az EU szabvánnyal, a magyar törvény előír egy geoszenzort és a 2 mm-es helyett 2,5 mm-es HDPE szigetelést. A magyar törvények követése sok olyan lerakó bezárását eredményezné, amelyek megfelelő környezetvédelmi mérőszámokkal bírnak és megfelelnek az EU által támasztott szabványoknak. Ezen lerakók bezárása környezetvédelmi szempontból nem indokolt. Ezáltal ezen lerakók részeli lesznek a listának.

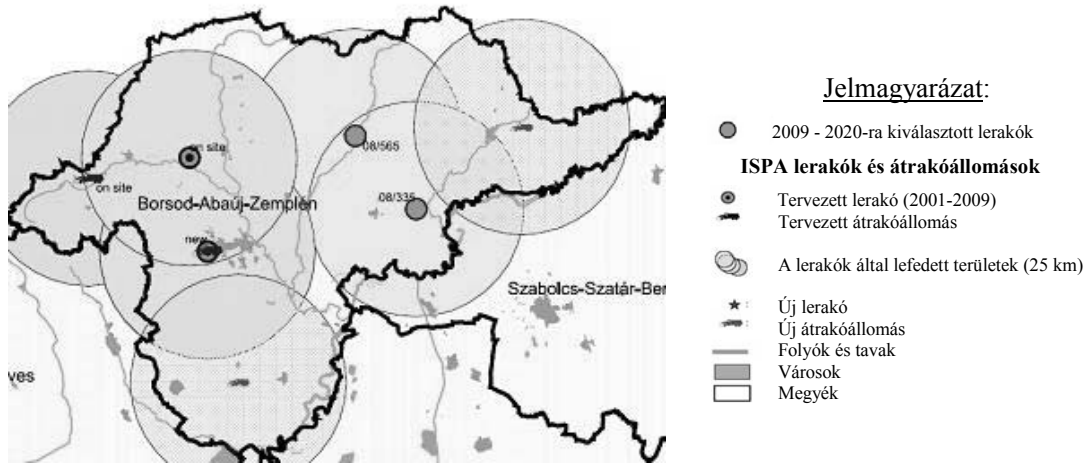
3. táblázat: Megfelelő aljzatszigetelés nélküli lerakók

| | Megye | Önkormányzat | Lerakó megnevezése |
|-----|----------------------|-----------------|---|
| 1. | Borsod-Abaúj-Zemplén | Rudabánya | Rudabányai Kommunális Lerakó |
| 2. | Borsod-Abaúj-Zemplén | Tiszalúc | Tiszalúc , Körzeti Reg. Hulladéklerakó |
| 3. | Borsod-Abaúj-Zemplén | Szendrő | Szeméttelep |
| 4. | Borsod-Abaúj-Zemplén | Gönc | Gönc és térsége kommunális hulladéklerakó |
| 5. | Borsod-Abaúj-Zemplén | Hídvégardó | Hídvégardó, Becskeháza, Bódvalenke Szilárd kommunális hulladék lerakó |
| 6. | Borsod-Abaúj-Zemplén | Tornaszentjakab | Tornaszentjakabi szilárdhulladék lerakó |
| 7. | Heves | Bélapátfalva | Kommunális Hulladék Lerakó |
| 8. | Heves | Mátraballa | Tardonya Lerakó |
| 9. | Heves | Kisköre | Kisköre Hulladéklerakó |
| 10. | Nógrád | Szécsény | Regionális Hulladéklerakó |
| 11. | Nógrád | Jobbagyi | |

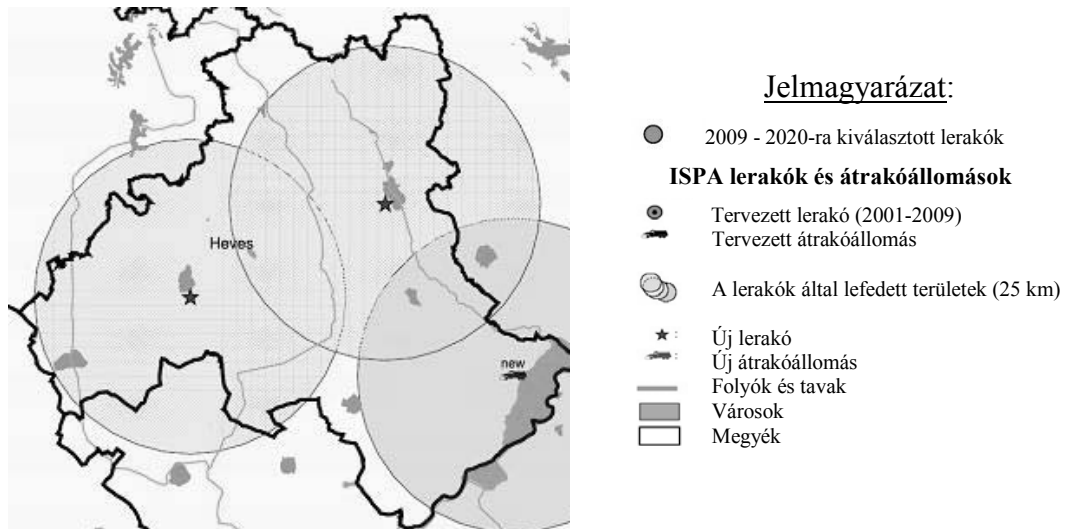
Forrás: Royal Haskoning – CANOR, 2003

A lista véglegesítésének utolsó lépése az engedélyezett kapacitással együttes szabad kapacitás megvitatása volt, ezzel kizárták a nem elegendő kapacitással rendelkező lerakókat.

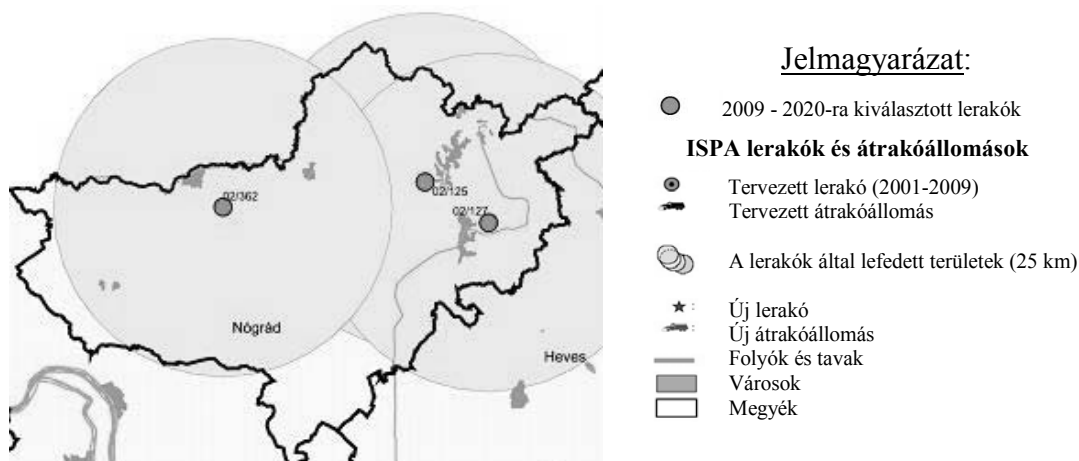
Észak-Magyarország jövőbeni lerakó-hálózatáról a 4.-6. ábrák nyújtanak információt. Az ábrákon az átrakóállomások illetve a tervezett lerakók is megjelenítésre kerültek. A tervezett lerakók, illetve átrakóállomások közül a felmérés óta már több megvalósításra került.



4. ábra: A 2009 utáni végleges hulladéklerakó- és átrakóállomás hálózat B.-A.-Z. megyében
 Forrás: Royal Haskoning – CANOR, 2003



5. ábra: A 2009 utáni végleges hulladéklerakó- és átrakóállomás hálózat Heves megyében
 Forrás: Royal Haskoning – CANOR, 2003



6. ábra: A 2009 utáni végleges hulladéklerakó- és átrakóállomás hálózat Nógrád megyében
 Forrás: Royal Haskoning – CANOR, 2003

Hulladéklerakók lezárása, rekultivációja

Pár éven belül be kell fejezni a hazai regionális lerakó hálózat kiépítését, és a feleslegessé váló lerakókat be kell zárni, a területet rekultiválni kell, illetve biztosítani kell a bezárt lerakók utógondozását.

A hulladéklerakók záró szigetelőrendszerének a feladata és rendeltetése a következő:

- az infiltráció megakadályozása, ill. a minimálisra csökkentése;
- növeli a biztonságot az aljzatszigetelőrendszer esetleges meghibásodása esetén;
- biztosítható a gázemisszió teljes kontrollja;
- megakadályozza a depónián lefutó csapadékvizek érintkezését a hulladékkal, s ezáltal a környezet felszíni, felszín alatti szennyeződését;
- megakadályozza a szennyeződés szél általi továbbszállítását;
- megakadályozza a hulladék közvetlen kapcsolatát az állatokkal és az emberekkel;
- csökkenti a depónia felületén az eróziót, elősegíti a rekultivációt;
- csurgalékvíz képződésének (és kezelésének) lehetőség szerinti csökkentése, továbbá a környezetbe való potenciális kijutásának megelőzése.

A depóniák végleges lezárására túlnyomórészt természetes- és mesterséges anyagú szigetelőrétegek jönnek számításba.

Általánosan elmondható, hogy a zárószigetelő-rendszernek a következő elemei vannak (a hulladéktól a felszín felé haladva):

- kiegyenlítő réteg,
- gázelvezető (gázmentesítő) réteg,
- szigetelő rétegek:
 - természetes anyagú,
 - mesterséges anyagú,
- szivárgó paplan,
- szűrő réteg,
- rekultivációs réteg,
- termőtalaj.

Figyelembe véve az 1999/31/EK irányelvet és az érvényes hazai szabályozást a hulladéklerakók lezárásának szabályozását a 7. a. és b. ábra foglalja össze.

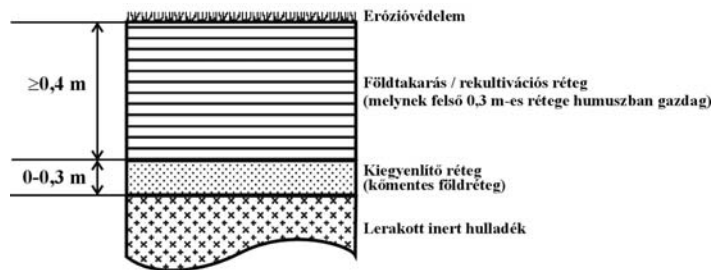
A B1b ill. B3 típusú lerakóknál a végső záró-szigetelő rendszer felépítése azonos, azonban a B3 típusnál célszerű a szigetelőréteg alá egy monitoring rendszer beépítése. A nemzetközi gyakorlat egyre inkább a zárószigetelés monitorozását részesíti előnyben az aljzatszigetelésével szemben, mert egy esetleges meghibásodás során a zárószigetelés javítása egyszerűbben gazdaságosabban oldható meg. Monitoring rendszer alkalmazásával számításba jöhetnek a hidraulikailag egyenértékű, de esetleg sérülékenyebb, gazdaságosabb alternatív zárószigetelő megoldások is.

A természetes anyagú szigetelőréteg amennyiben előírás (B1b; B3; C típusú lerakók) 2×25 cm vastagságban építendő be, a szivárgási tényező megkívtant értéke B1b és B3 típusú lerakók esetén $k \leq 5 \times 10^{-9}$ m/s, C típusú lerakó esetén $k \leq 10^{-9}$ m/s.

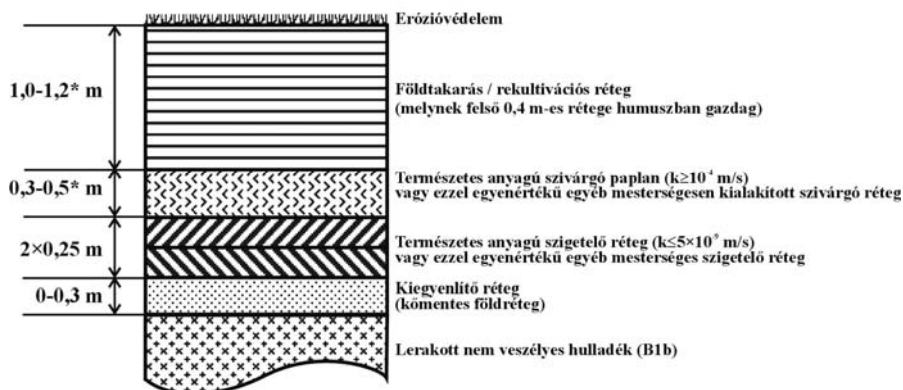
A geomembrán megkívtant vastagsága végleges lezárásnál a C típusú lerakóknál 2,5 mm. Megfelelő anyagválasztás és beépítés esetén élettartamuk mai ismereteink szerint a 100 évet meghaladja.

A szigetelőréteg fölé a nem veszélyes hulladékok lerakóinál (B1b; B3) $k \geq 10^{-4}$ m/s, a veszélyeshulladék-lerakóinál (C) $k \geq 10^{-3}$ m/s szivárgási tényezőjű, 30-50 cm vastagságú szivárgó paplan kerül, anyaga mosott kavics. A réteg vastagságát a lerakó vízháztartási vizsgálata alapján kell meghatározni hazai csapadékviszonyok mellett a 30 cm-es vastagság a lerakók többségének elegendő.

A.) Inert hulladékok lerakója

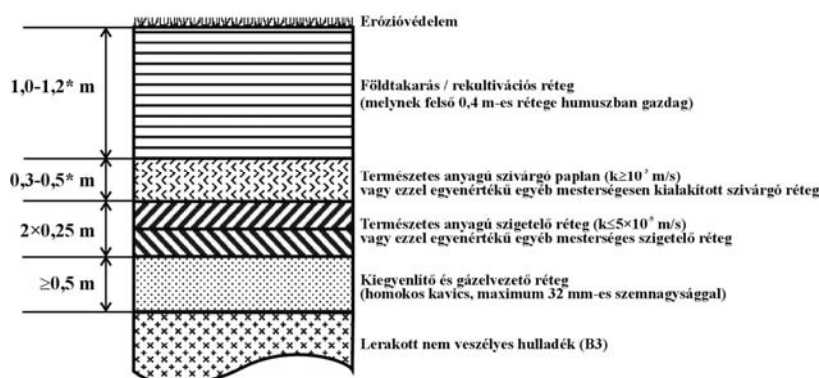


B.) Nem veszélyes hulladékok lerakója (B1b)

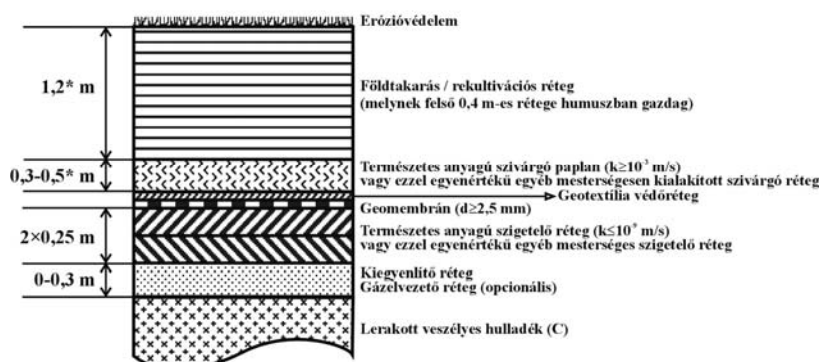


7./a. ábra: A hulladéklerakók felső (lezáró) szigetelésének hazai szabályozása (20/2006. (IV.5) KvVM rendelet)

C.) Nem veszélyes hulladékok lerakója (B3)



D.) Veszélyes hulladékok lerakója (C)



7./b. ábra: A hulladéklerakók felső (lezáró) szigetelésének hazai szabályozása (20/2006. (IV.5) KvVM rendelet)

Amennyiben az egyenértékűség igazolható (hidraulikai), úgy geokompozitok, geodrének beépítése is megengedett.

A szivargó paplan fölül egy legalább 1,0-1,2 m vastag rekultivációs réteg kerül. A rekultivációs réteg anyagának kiválasztásában jelentős szerepet játszanak a helyi adottságok. A lehetőségeken belül figyelembe kell venni, hogy a réteg elsődleges szerepe a csurgalékvíz minimalizálása, tehát azok a talajok jönnek elsődlegesen számításba, amelyek jó víztározó-képességgel rendelkeznek, és az alkalmazott növényzettel együtt jelentős az evapotranspiráció.

A rekultivációs réteg vastagságát a rendelet szabályozza, a szigetelőréteg fölött a szivargó- és rekultivációs réteg együttes vastagságának el kell érnie az 1,5 métert. Ez azt jelenti, hogy ha a szivargó réteg vastagsága 0,3 m (a rendelet szerinti alsó érték) akkor a rekultivációs réteg 1,2 m, ill. 0,5 méternél 1,0 m vastag, és geodrén alkalmazása esetében értelemszerűen 1,5 m!

A rekultivációs réteg vastagságának a csökkentése csak olyan alternatív megoldásként jöhet számításba, amelyeknél a szigetelő funkciót betöltő elem nem időjárás érzékeny. Ilyen megoldás lehet pl. a geomembrán alkalmazása, azonban a nagyobb időjárás-hatásnak való kitétség miatt a membrán alá észlelőhálózat építése szükséges.

A humuszréteg vastagsága ne legyen több, mint 0,3 m, a térfogatsűrűség értéke 1,2-1,45 t/m³ között, a szabadföldi vízkapacitás értéke legalább 200 mm legyen.

Az átszivargó vízmennyiséget tovább csökkenthetjük, ha a rekultivációs réteg alját (a humuszréteg és az altalaj alatt) ún. „gyökérszűrő” réteggént képezzük ki, azaz úgy építjük meg, hogy azon a gyökérszűrőnél nehezebben hatoljon át. Ilyen réteg lehet pl. egy 0,2-0,3 m vastag erősen kötött v. erősen kötőmelékes tömör ($\sigma > 1,8 \text{ t/m}^3$) réteg, vagy számításba jöhetnek a geoműanyagok is.

Alternatív megoldások a záró szigetelőrendszer kialakításánál

Az elkövetkező években több mint kétezer lerakó bezárására kerül sor országos szinten. A törvényi szabályozás mindenképpen a nagy regionális lerakók adottságait veszi figyelembe, s meglehetősen költséges a rendelet szerinti kialakítás megvalósítása, ami alternatív lehetőségek alkalmazásának a szükségességét veti fel. Az alternatív megoldásoknál általános alapelvek, hogy természetes anyagú réteget csak természetes anyagúval, mesterséges műszaki védelmet úgy szintén csak mesterséges, egyenértékű védelemmel szabad helyettesíteni.

Alternatív megoldások számításba jöhetnek mind a szigetelőrendszerrel, mind pedig a szivargó paplannál.

Alternatív megoldások a szigetelőrendszer elemeinél:

Bentonitszőnyeg:

A bentonitszőnyegek elsősorban akkor jöhetnek számításba, ha a depóniánál nagy felszínsüllyedések várhatók. Német ajánlások (LAGA) alapján alkalmazásuk a következő esetekben ajánlott:

- kis veszélyeztető potenciált jelentő lerakók végleges zárószigetelésénél;
- általánosan ajánlott ideiglenes lezárásra, amíg a süllyedések nagy része lejátszódik.

Jelenleg még nem teljesen tisztázott kérdések:

- a geotextília komponens öregedésének a folyamata;
- a kiszáradás, biológiai hatásokkal szembeni hatékony és gazdaságos védekezési módszer.

Polimerekkel javított homok-bentonit keverék:

Előnye a természetes anyagú agyag szigetelésekkel szemben:

- jobb, hatékonyabb szigetelőképeség;
- kisebb megkívtant rétegvastagság;
- kedvezőbb alakváltozási jellemzők;
- jobb ún. „öngyógyuló” képesség;
- rövidebb kivitelezési idő.

További kutatást igényel:

- időállóság, öregedési folyamatok.

Bentonit és ásványi anyagú keverékek:

A lerakók helyén az esetek többségében nem áll rendelkezésre a helyszínen vagy gazdaságos távolságon belül jó minőségű agyag. Ebben az esetben kedvezően alkalmazhatók szemcsés talaj és bentonit megfelelő arányú keverékéből készített keverékek. A keverék szemcseeloszlása akkor a legjobb, ha megfelel a Fuller-görbe kívánalmainak. A keverési arányt előzetes vizsgálatokkal kell meghatározni, a szükséges bentonit mennyiség: 6-12% közötti, a bentonit minőségétől, agyagásványos összetételétől, őrlési finomságától függően.

Előnyei:

- meredek rézsűhajlásnál is alkalmazható, max 1:1,5;
- zsugorodásra kevésbé hajlamos, így kisebb az esélye száradási repedések kialakulásának;
- megfelelő tapasztalatok állnak rendelkezésre már kivitelezett zárószigeteléseknél.

Hátrányok:

- kivitelezése fokozott technológiai fegyelmet, felkészültséget igényel;
- a megkívánt vízzáróság csak szűk víztartalom intervallumban biztosítható, ezért a keverék előállítása speciális keverő-berendezést igényel a helyszínen;
- kivitelezés közbeni erózióérzékenység.

Kapilláris szigetelőrendszer:

A kapilláris szigetelőrendszer egy kétrétegű, eltérő szemcseméretű rétegekből álló rendszer. Alul helyezkedik a durvább szemcseméretű 0,2-0,3 m vastag, (általában kavics, homokos kavics) ún. kapilláris blokk fölé, pedig a 0,4-0,6 m vastag, finom-, középfinom-szemcséjű homok anyagú kapilláris réteg. Telítetlen állapotban a finomszemcséjű kapilláris rétegnek lényegesen nagyobb a kapilláris szívása, mint a durvaszemcséjű kapilláris blokknak, s így a háromfázisú (talaj–levegő–víz) rendszerben a kapilláris réteg szivárgási tényezője lényegesen nagyobb, mint a kapilláris blokkban.

Számos kedvező tapasztalat áll rendelkezésre a rendszer hatékonyságáról. 1:2,5 lejtőhajlásig problémamentesen kivitelezhető. A kapilláris réteg és kapilláris blokk közé célszerű egy geotextília szűrőréteg beépítése, a finomszemcsék bemosódásának elkerülése érdekében.

A rendszer előnyei:

- viszonylag egyszerű kivitelezhetőség, alacsony építési költségek;
- egyszerű minőségi ellenőrzés;
- kiszáradással szemben érzéketlen;
- nagyobb dőlésszögek melletti alkalmazhatóság.

Alkalmazásánál figyelembe kell venni, hogy szemben a többi „hagyományos” természetes anyagú szigetelőrétegekkel, a kapilláris szigetelő rendszer gázokkal szemben nem szigetel.

Geomembrán szigetelő fólia alkalmazása:

A geomembrán megkívánt vastagsága 2,0 mm. Megfelelő anyagválasztás és beépítés esetén élettartamuk mai ismereteink szerint a 100 évet meghaladja.

A kiválasztás szempontjai, követelmények:

- szigetelőképeség,
- mechanikai ellenállóképesség,
- időállóság,
- kivitelezési tulajdonságok, ellenőrizhetőség, javíthatóság.

A számos geomembrán típus közül a zárószigetelésnél elsősorban a HDPE, LDPE és EPDM fóliák jöhetnek számításba. A HDPE fóliával szemben az LDPE ill. EPDM fóliák alkalmazása sok esetben előnyösebb választásnak tűnik, mivel a várhatóan nagy deformációk esetében lényegesen kedvezőbb többtengelyű alakváltozási tulajdonságokkal-, nagyobb súrlódási szög értékkel rendelkeznek, ami különösen nagyobb lejtőszögek esetében lényeges, ugyanakkor a szennyezőanyagokkal szembeni gyengébb ellenállóképesség zárószigetelésnél nem releváns paraméter.

Aszfalt szigetelés:

Az aszfalt szigetelés számításba jöhet a szigetelő fólia helyett kombinált szigetelőrendszer elemeként, vagy önmagában is a záró szigetelőrendszer kialakításakor. Hazánkban az alkalmazása nem terjedt el.

Alternatív megoldások a szivárgó paplan esetében:

Geoműanyag szivárgók:

A geoműanyagokból felépített szivárgó réteg lehet speciálisan erre a célra előállított drénpaplan, vagy két geotextília közötti georács (geokompozit paplan).

Homok szivárgópaplan:

A rekultivációs réteg-, az esésviszonyok-, a növényi telepítés jó megválasztásával, a zárószigetelés vízháztartásának optimalizálásával esetenként megfontolandó, hogy a felhasználás helyén nagyon sokszor hiányzó szűrőkavics ($k > 10^{-4} - 10^3$ m/s) helyett méretezett vastagságú homokrég kerüljön beépítésre, esetleg akár dréncövek beépítésével segítve a hatékony víztelenítést (Sasse, T. – Biener, E. 2002).

Példák az alternatív szigetelőrendszerek felépítésére:

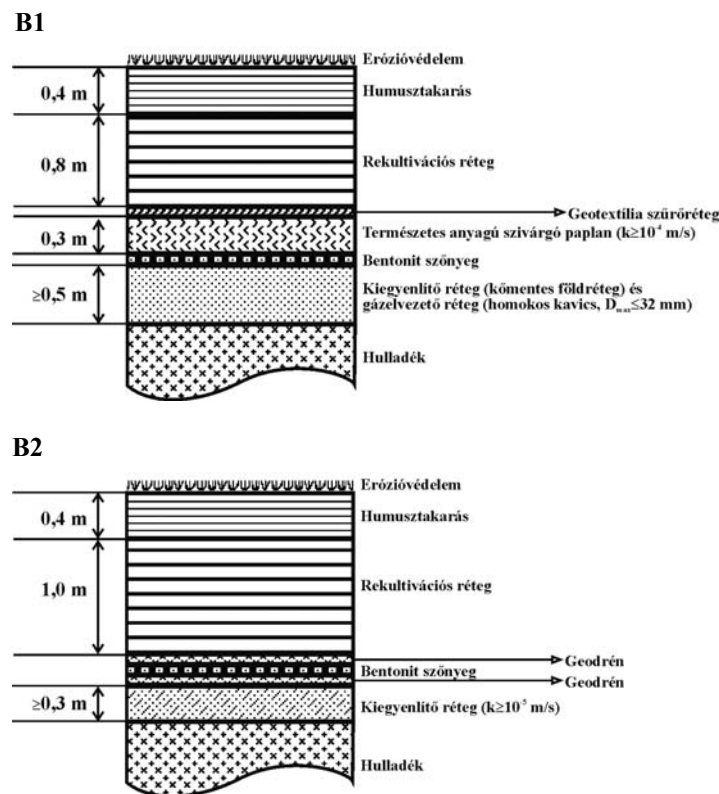
Az alternatív szigetelőrendszerek összehasonlításánál a két legfontosabb paraméter:

- a hatékonyság,
- a költségek.

Az előzőekben tárgyalt alternatív megoldások alkalmazására mutatnak be példákat a 8.-11. ábrák. Az ábrákon feltüntetett rétegekombinációk, méretek összhangban vannak a lerakó rendelet előírásaival, és közülük a helyi adottságok, a lerakó paramétereinek alapján, figyelembe véve a gazdaságossági szempontokat, lehet az optimális megoldást megtalálni.

A bentonitszőnyeg alkalmazásával kialakított rétegrend variánsokat (B1-B2) a 8. ábra szemlélteti. A talajkeverékből (pl. bentonit és talaj) kialakított rétegrendet a 9. ábra szemlélteti.

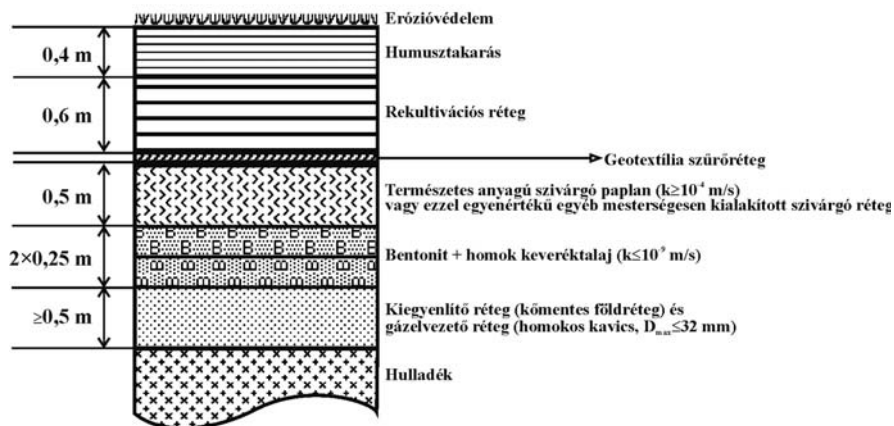
A kapilláris szigetelőrendszer kialakítására mutat be lehetőségeket a 10. ábra. A geomembrán szigetelő fólia alkalmazására mutat be lehetőségeket a 11. ábra.



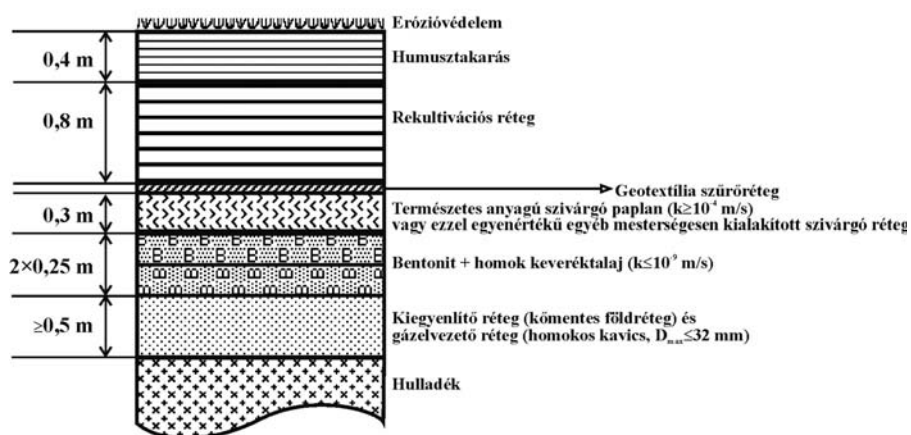
8. ábra: Alternatív zárószigetelő

Forrás: GEOSZABÓ, 2006

HB1

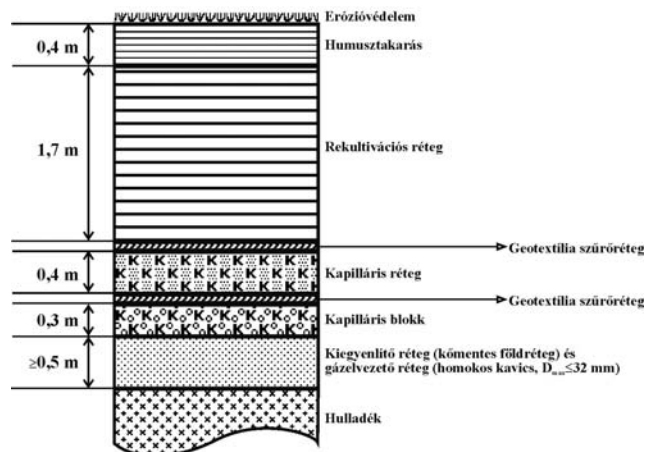


HB2

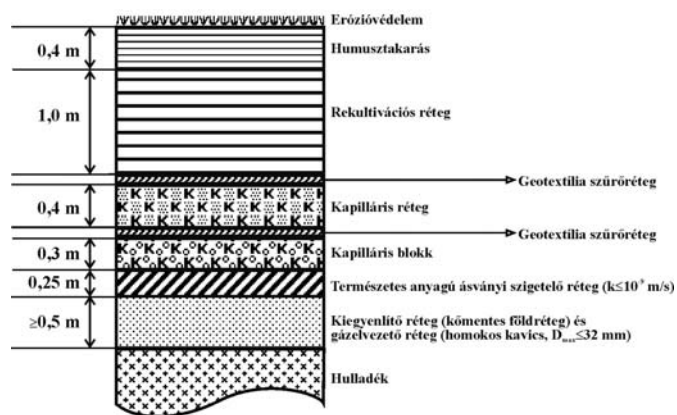


9. ábra: Alternatív zárószigetelő rendszer felépítése talajkeverék felhasználásával
 Forrás: GEOSZABÓ, 2006

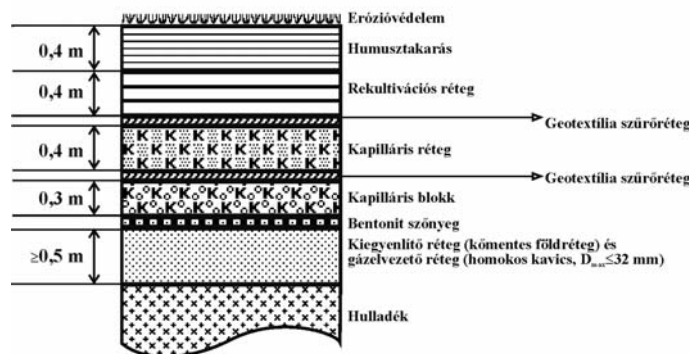
K1



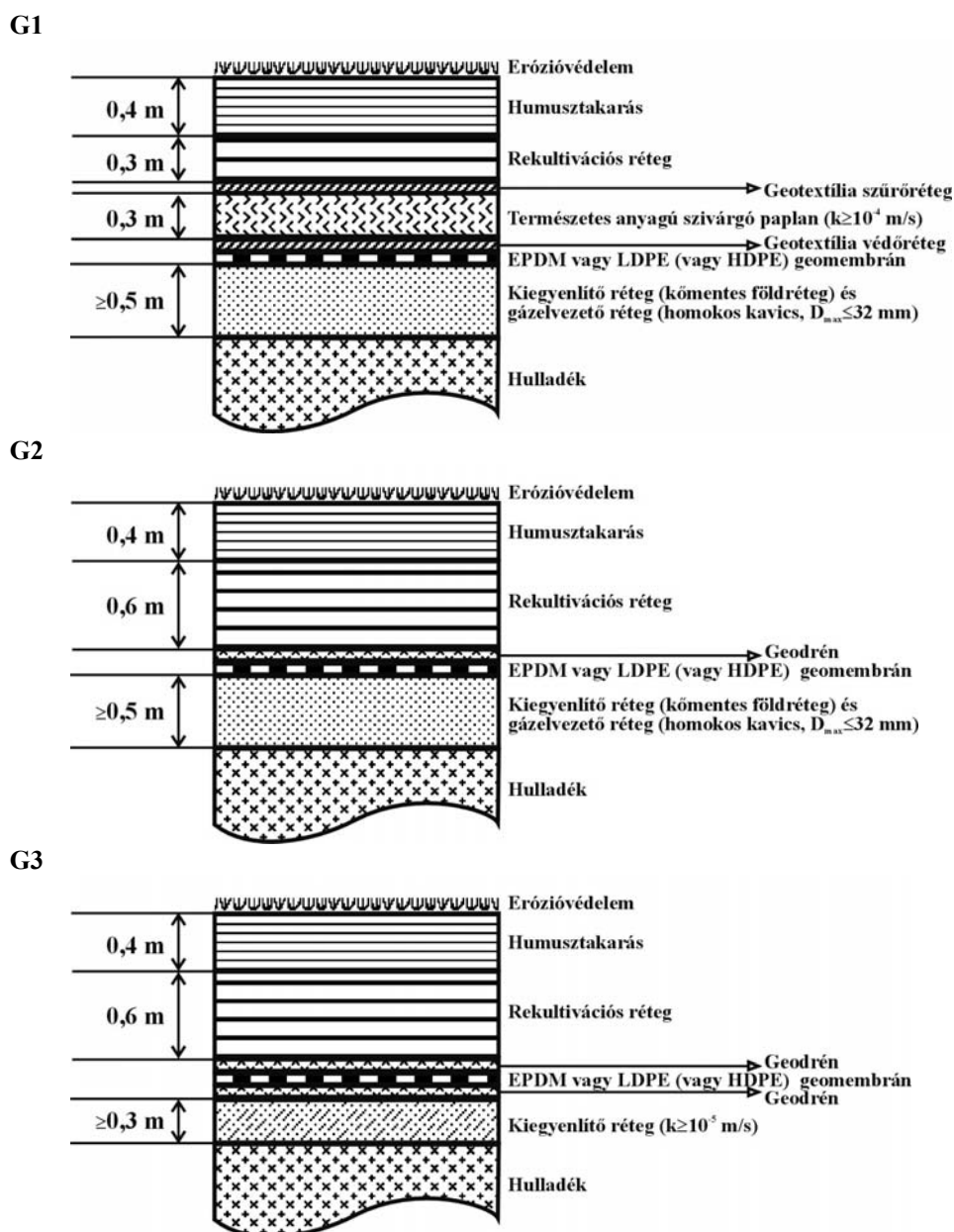
K2



K3



10. ábra: Alternatív zárószigetelő rendszer kialakítása: kapilláris zárószigetelés
 Forrás: GEOSZABÓ, 2006.



11. ábra: Alternatív zárószigetelő rendszer felépítése geomembrán felhasználásával
 Forrás: GEOSZABÓ, 2006

SZABÓ A. (2005) által végzett költségelemzések eredményeit foglalja össze a 4. táblázat, ill. a 12. ábra tünteti fel.

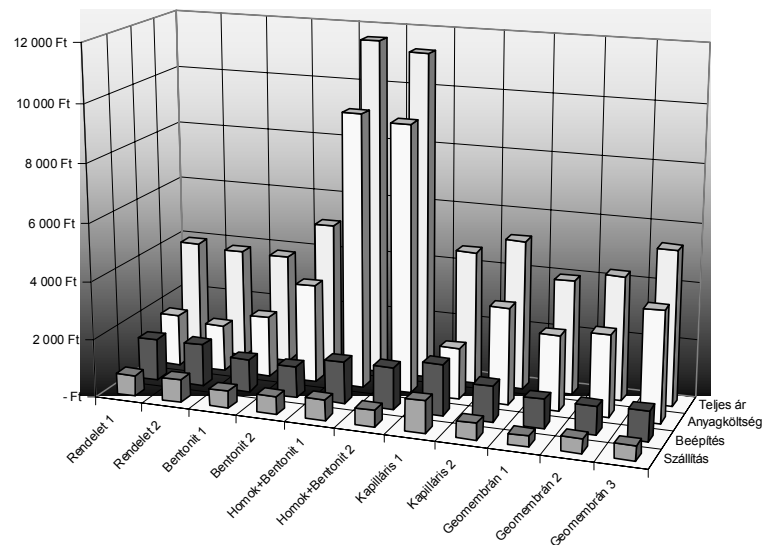
Az egyes lezárási technológiák költségelemzését elvégezve láthatjuk, hogy számos olyan alternatív megoldást találunk, amelynek a kivitelezési költsége versenyképes az agyag szigetelésekkel való összehasonlításban. Természetesen hibát követünk el akkor, ha egy

rendszert kizárólag a bekerülési költsége alapján vizsgálunk. A kivitelezés során számos olyan bizonytalansággal találkozhatunk, amely egy adott rendszer költségét jelentősen megnövelheti, illetve egyes esetekben lehetetlenné teszik az alkalmazását. Elég csupán, ha arra gondolunk, hogy mekkora nehézségekbe ütközik egy meredek rézsűn 50 cm vastagságú agyagszigetelést a kívánt paramétereknek megfelelően elkészíteni. Nem szabad figyelmen kívül hagyunk azt sem, hogy az időjárás a legtöbb technológia esetén nagymértékben befolyásolhatja a kivitelezés időtartamát, minőségét, s ezáltal jelentős költségkihatása van.

4. táblázat: A költségelemzés eredményeinek összefoglalása

| Zárószigetelő rendszer | Anyagár (Ft/m ²) | Szállítás (Ft/m ²) | Beépítés (Ft/m ²) | Teljes költség (Ft/m ²) |
|---------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| Rendelet 1. variáns | 1.790-1.980 | 700-750 | 1.450 | 3.940-4.180 |
| Rendelet 2. variáns | 1.590-1.780 | 780-830 | 1.450 | 3.820-4.060 |
| Bentonitszőnyeg 1. | 2.090-2.830 | 580 | 1.120 | 3.790-4.530 |
| Bentonitszőnyeg 2. | 3.410-4.820 | 600 | 1.060 | 5.070-6.480 |
| Homok-bentonit keverék 1. | 9.440-9.580 | 700-750 | 1.450 | 11.590-11.780 |
| Homok-bentonit keverék 2. | 9.240-9.380 | 580 | 1.450 | 11.270-11.410 |
| Kapilláris 1. | 1.760-2.020 | 1.100 | 1.750 | 4.610-4.870 |
| Kapilláris 2. | 3.370-4.480 | 580 | 1.240 | 5.160-6.300 |
| Geomembrán 1. | 2.590-3.080 | 380 | 995-1.245 | 3.965-4.705 |
| Geomembrán 2. | 2.820-3.530 | 500 | 970-1.220 | 4.290-5.250 |
| Geomembrán 3. | 3.820-4.9305 | 500 | 1.040-1.290 | 5.360-6.720 |

Forrás: Szabó 2005



12. ábra: A hazai lerakórendelet előírásainak megfelelő alternatív zárószigetelő rendszerek költségelemzésének eredménye

Forrás: Szabó 2005

A 12. ábra jól szemlélteti, hogy a homok-bentonit keverékből épített szigetelőrétegeknek kiugróan magas a költségük. Ez a többi szigetelő-rendszerhez képest bonyolult, nagy eszközigényű technológiának tudható be. Az eljárás alkalmazásának magyarországi gyakorlata még nem teljesen kiforrott, a technológiához megfelelő minőségű bentonittal rendelkező bányák anyagelőkészítési rendszere nem kifejezetten szigetelőréteg építési célokra állítják elő a bentonitot. Elképzelhető, hogy külön ezen feladatoknak megfelelő célirányos rendszerek és technológia alkalmazásával ez az anyagköltség olyan szintre is csökkenhet, hogy a többi alternatívával árban versenyképes lehet. Ehhez azonban komoly befektetésre van szükség mind a bányavállalkozó, mind a kivitelező oldaláról, s ugyanakkor a befektetés megtérülésére csak hosszú távon számíthatnak.

A versenyképesség megítélésében elsődleges szerepet kell kapnia az egyes rendszerek időállóságának, amelyről az egyes technológiák esetében eddig kevés tapasztalattal rendelkezőnk. Tekintettel arra, hogy a hulladéklerakók lezárása Magyarországon szinte csak most kezdődik el, így nem hagyhatjuk figyelmen kívül a nemzetközi tapasztalatokat sem.

A zárószigetelés hatékonyságának a vizsgálata, monitoring

A zárószigetelés hatékonyságának az ellenőrzését a lerakó rendelet – szemben az aljzatszigeteléssel – nem írja elő, de abban az esetben, ha a rendeletben szabályozott kialakítástól eltérő szigetelőrendszert alkalmazunk, célszerű annak hatékonyságát ellenőrizni. Különösen vonatkozik ez azokra a rendszerekre, amelyeket ezidáig Magyarországon egyáltalán nem alkalmaztunk, és nemzetközileg is kevés tapasztalattal rendelkezőnk, mint pl. a kapilláris zárószigetelés vagy a HYDROSTAB rendszer.

A gyakorlatban a következő három –megfelelő referenciákkal rendelkező- rendszer terjedt el: a GEOLOGGER rendszer, a TAUPE rendszer és a SENSOR rendszer. A TAUPE rendszer sajátossága, hogy nem az elektromos ellenállás/vezetőképesség mérésén, hanem az ún. dielektromos állandó mérésén alapul, és a víztartalom változását is tudja mérni.

Mindhárom rendszer megközelítőleg azonos paraméterekkel rendelkezik. A GEOLOGGER és a SENSOR rendszer költsége közel azonos $1,5 - 3,0 \text{ Euro/m}^2$, míg a TAUPE rendszer költsége (kb. 5 Euro/m^2), de pontosabb információt nyújt.

Irodalom

- Balázs F. Csöke F. – Szabó A. (2001): Homokliszt és különböző típusú bentonitok keverékének vízzárósága helyszíni és laboratóriumi vizsgálatok alapján. *Geotechnika* 2001. okt. 30-31., Ráckeve, Konferencia Kiadvány, CD ROM
- Fenyvesiné Dr. Szathmáry E. (2005): Borsod-Abaúj-Zemplén megye hulladékgazdálkodási helyzete. *Kör-Kép (Az Észak-magyarországi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség Lapja)* XVII. 2.
- GEOSZABÓ Mérnöki Iroda (2006): Hulladéklerakók lezárása és rekultivációja. Tervezési műszaki segédlet, kézirat.
- Imre S. – Szabó A. - Szabó I. (2003): A HDPE és EPDM geomembránok összehasonlító vizsgálata a környezetvédelmi alkalmazhatóság szempontjából. XVII. Országos Környezetvédelmi Konferencia, Siófok, 2003. szept. 23–25., Konferencia Kiadvány, 487 – 496. o.
- Kovács B. – Szabó I. (2000): The problems of equivalency of alternative barrier systems used as waste deposit liners. *Abfallvermeidung und -verwertung, Deponietechnik und Altlastensanierung, DepoTech, Leoben, Balkema, Rotterdam, 201-206. o.*
- Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium (2004): Az Észak- magyarországi Statisztikai Régió Hulladékgazdálkodási Terve 2003-2008. Budapest.
- ROYAL HASKONING – CANOR LTD. (2003): Investigations on Municipal Solid Waste Landfills, Phare project HU 9911 – 01, 23rd January 2003. (Kézirat)
- Szabó A. (2004): Hulladéklerakók alternatív zárószigetelési lehetőségei. *Mélyépítés, Springer Media Kiadó, 2004. január-március. 36-41. o.*
- Szabó I. (1999): Hulladékelhelyezés. Egyetemi tankönyv, Miskolci Egyetemi Kiadó. 440. o.
- Szabó I. – Péntes E. (1994): Hulladéklerakók vízháztartása. *Geotechnika, 94., Ráckeve, 1994. okt. 25-26. Konferencia Kiadvány*
- Szabó I. (2004): The current state and future plans of closure and remediation of old landfills, as well as construction of new landfills. 2000, *Abschluss und Rekultivierung von Deponien und Altlasten 2004., Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Band 132, Erich Schmidt Verlag, 149-161. o.*
- Szabó I. – Tóth A. (2004): Bentonitszönyegek vizsgálata. *Mélyépítés, Springer Média Kiadó, 2004. november. 22-31. o.*