

*Bronisław Barchański**

**BUDOWA NOWEGO SKŁADOWISKA ODPADÓW
NA ZLIKWIDOWANYM STARYM SKŁADOWISKU
ZLOKALIZOWANYM NA TERENIE
BYŁEJ KOPALNI ODKRYWKOWEJ
RUD METALI NIEŻELAZNYCH W RFN****

1. Wprowadzenie

Zagospodarowanie odpadów komunalnych jest nierozdzielnie związane z ochroną środowiska. Kraje wysoko rozwinięte produkują znaczne ilości odpadów komunalnych. Republika Federalna Niemiec rocznie produkuje ok. 44 mln ton odpadów komunalnych. Znaczna część tych odpadów w wyniku wprowadzenia stosownych przepisów jest ponownie zagospodarowywana. W roku 2004 było to ok. 20 mln ton [6, 8]. Pewna ilość odpadów, tj. ok. 10 mln ton [1, 6, 8], została między innymi spalona (poddana obróbce chemicznej). Reszta odpadów komunalnych, tj. ok. 14 mln, została zdeponowana na powierzchniowych składowiskach odpadów komunalnych.

Pod względem zastosowanych rozwiązań technicznych składowiska odpadów komunalnych w RFN dzielą się na [2]:

- stare – uruchomione w latach 70. XX w.;
- współczesne – uruchomione w oparciu o najnowsze osiągnięcia techniki na przełomie lat 80. i 90. XX wieku.

Niniejszy artykuł będzie poświęcony adaptacji tzw. starego składowiska do aktualnego stanu prawnego i techniczno-organizacyjnego, jaki obowiązuje w RFN.

* Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

** Artykuł jest wynikiem przeglądu prac badawczych i utylitarnych dokonywanych podczas realizacji projektu KBN grant nr 18.25.100.923

2. Założenia techniczno-organizacyjne dotyczące składowania odpadów w Horm

2.1. Wstęp

Problem składowania odpadów komunalnych jest bardzo trudny do rozwiązania. Wszyscy odpady „produkują” – nikt nie chce zezwolić na ich składowanie w pobliżu swojej posesji. Podobna sytuacja ma miejsce również w RFN. Typowym przykładem trudności z składowaniem odpadów komunalnych jest land Nadrenii-Westfalii w RFN. Mieszkańcy tego landu „produkują” rocznie ok. 9,5 mln ton odpadów, z czego 2 mln ton jest deponowane na składowiskach odpadów komunalnych. Z uwagi na fakt, że jest to land o jednym z największych stopni zagęszczenia ludności w Europie – ok. 527 osób na km², rozwiązanie problemu składowania odpadów komunalnych nabiera szczególnego znaczenia [1, 8].

Ze względu na ustawiczny brak terenów pod budowę nowych składowisk, podjęto starania umożliwiające modernizację (przebudowę) starych składowisk z lat 70. ubiegłego wieku. Typowy przykład tego typu rozwiązania stanowi składowisko odpadów „Horm” [2].

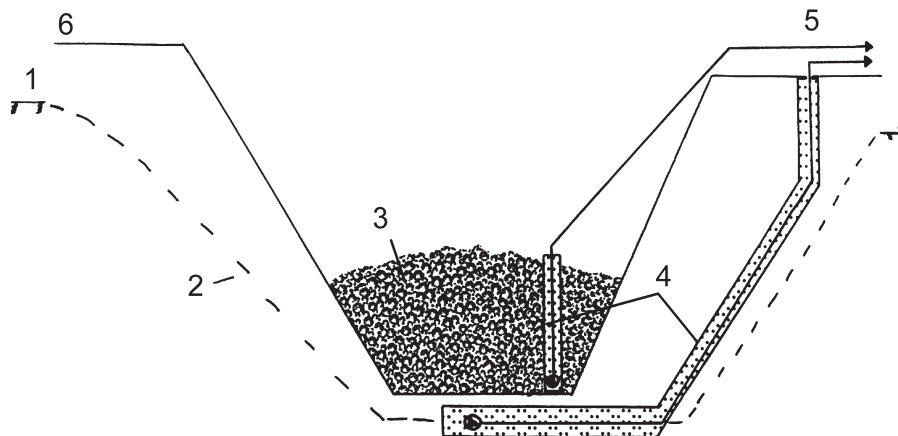
2.2. Sytuacja wyjściowa składowiska „Horm”

Składowisko odpadów komunalnych dla powiatu Düren, który zamieszkuje ok. 270 tys. osób [2], zostało w 1974 r. za zgodą Wyższego Urzędu Górniczego w Dortmundzie oraz odpowiednich instytucji komunalnych i samorządowych [3–5] zlokalizowane na terenie byłej odkrywkowej kopalni rud metali nieżelaznych w miejscowości Horm.

Składowisko to ze względu na obecne uregulowania prawne i stosowne rozwiązania techniczne nie powinno funkcjonować, nie posiadało zarówno warstw (barier geologicznych bądź technicznych) uszczelniających dno (spąg), jak i ścian bocznych (ociosy wyrobiska byłej odkrywki). Naturalny poziom wód gruntowych w rejonie byłej odkrywki metali nieżelaznych w Horm zmieniał się pomiędzy 205 m a 180 m nad poziomem morza.

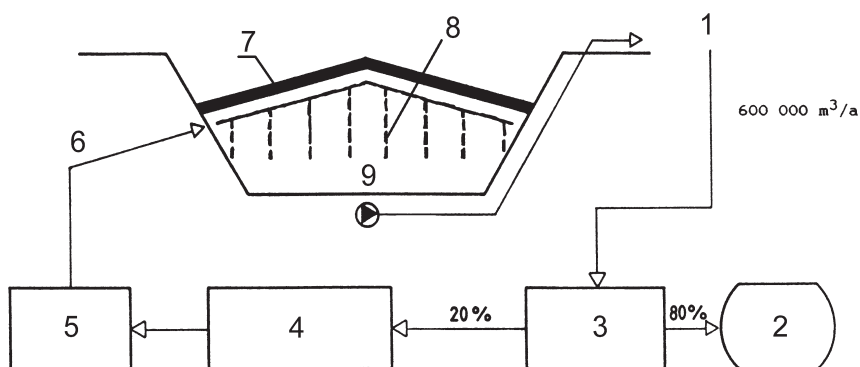
Z uwagi na fakt, że podjęto decyzję o składowaniu odpadów komunalnych w odkrywce na głębokości 118 m nad poziomem morza, konieczna stała się ochrona wód gruntowych przed skażeniem produktami pochodzącymi z rozkładu odpadów. W tym celu podjęto decyzję o stałym odwadnianiu (drenażu) górotworu wokół składowiska (rys. 1). Gospodarkę wodną (uzyskanie leja depresyjnego) oraz zatłaczanie części odpompowanej wody do korpusu „starego” składowiska odpadów przedstawiono na rysunku 2. Do realizacji tego zadania wykorzystano wyrobiska służące onegdaj do odwadniania odkrywkowej kopalni, jak również nowo zbudowane wyrobiska odwadniające. Tak zaprojektowany i wybudowany system odwadniania odpompowuje wodę pochodzącą zarówno z odpadów, jak i z górotworu (wody gruntowe). Rocznie stanowi to ok. 430 000 m³ wody skażonej i ok. 195 000 m³ wody czystej (rys. 3).

Zaostrzenie przepisów dotyczących zasad eksploatacji składowisk odpadów komunalnych spowodowało podjęcie przez decydentów odpowiednich decyzji o zasadniczym znaczeniu dla składowiska „Horm”, gdzie do roku 1986 zdeponowano ok. 3 mln m³ niesortowanych odpadów komunalnych, które tylko mechanicznie zagęszczono.



Rys. 1. Uproszczony schemat leja depresyjnego utworzonego wokół „starego” składowiska: 1 – poziom wód gruntowych, 2 – lej depresyjny, 3 – korpus (odpady) „starego” składowiska, 4 – wyróbiska odprowadzające wodę odpadową i górotworu wokół składowiska, 5 – zrzut wód do komunalnej oczyszczalni ścieków, 6 – poziom terenu (okolicy)

Źródło: [5]



Rys. 2. Schemat gospodarki wodnej w „starym” składowisku odpadów: 1 – woda odpompowywana z rejonu „starego” składowiska, 2 – komunalna oczyszczalnia ścieków, 3 – napowietrzanie wód, 4 – stacja uzdatniania wody, 5 – zbiornik wyrównawczy, 6 – kontrolowane nawodnienie korpusu „starego” składowiska, 7 – warstwa uszczelniająca „stare” składowisko, 8 – rurociągi do nawodniania „starego” składowiska, 9 – korpus (odpady) „starego” składowiska

Źródło: [5]

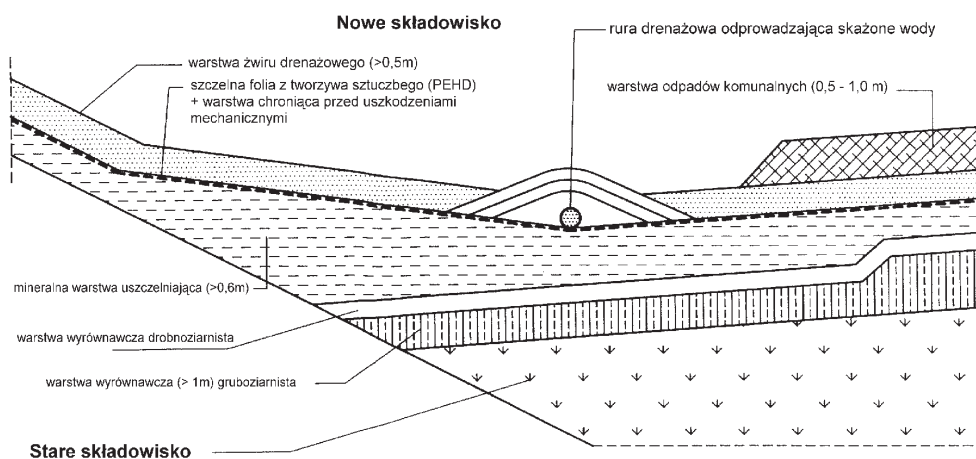
W roku 1986 rozpoczęto prace badawczo-projektowe [7], mające na celu radykalną zmianę zasad funkcjonowania składowiska. W wyniku tych prac ustalono między innymi, że zostanie zaprzestane składowanie odpadów komunalnych wg dotychczasowych (starych) zasad. „Stare” składowisko postanowiono odizolować od biosfery oraz tzw. „nowego” składowiska warstwą gazo- i wodoszczelną (bariera techniczna – rys. 3).

2.3. Założenia techniczne dotyczące likwidacji „starego” i budowy „nowego” składowiska

Warstwa gazo- i wodoszczelna

Warstwa gazo- i wodoszczelna (bariera techniczna), której konstrukcję przedstawiono na rysunku 4, winna spełniać niżej wymienione zadania:

- umożliwić zlokalizowanie powyżej „starego” składowiska „nowego” składowiska na ok. 7 mln m³ odpadów komunalnych (rys. 3);
- ustabilizować „stare” składowisko;
- odciąć migrację gazu ze „starych” odpadów oraz umożliwić kontrolowane ujęcie tychże gazów;
- niedopuszczyć do wymieszania się skażonych wód „starego” składowiska z wodami znajdującymi się w „nowym” składowisku.



Rys. 4. Konstrukcja warstwy gazo- i wodoszczelnej (bariera techniczna)

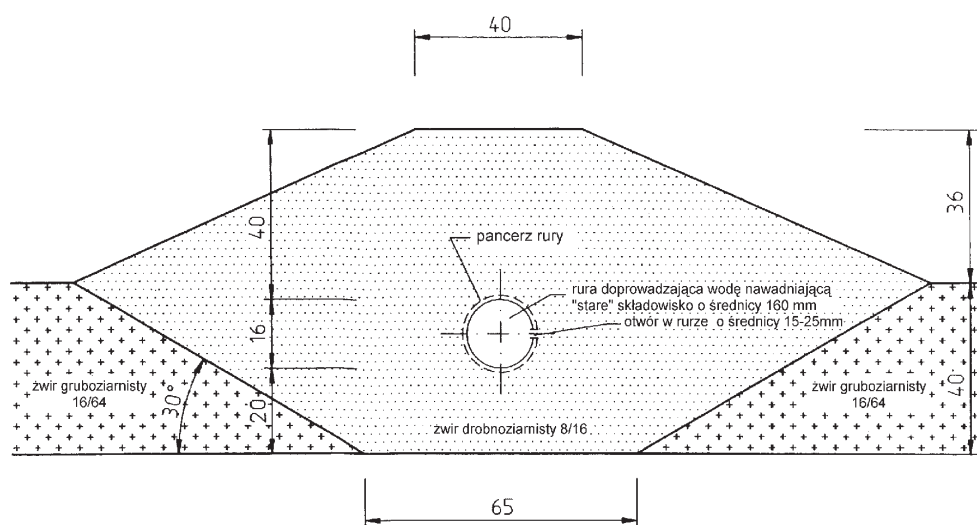
Źródło: [2, 4, 7]

Stabilizacja „starego” składowiska

Proces stabilizacji „starego” składowiska przebiegał w sposób opisany poniżej.

1. Wyrównanie powierzchni zdeponowanych odpadów (stałe nachylenie 1,5%).
2. Naniesienie na wyrównane powierzchnie warstwy żwiru o grubości 40 cm i uziarnieniu 16÷64 mm, lokalnie w rejonie rurociągów nawadniających uziarnienie 8÷16 mm (rys. 5).
3. Ułożenie rur nawadniających „stare” odpady (rys. 6); rury te o średnicy ϕ 160 mm posiadają w dolnej części otwory o średnicy ϕ 15÷25 mm; odległość pomiędzy otworami wynosi 1 m.
4. Nałożenie na ww. warstwie żwiru warstwy gazo- i wodoszczelnej (rys. 4).

Po wykonaniu ww. warstw zabezpieczających „stare” składowisko, rozpoczął się proces jego stabilizacji. Pod pojęciem stabilizacji „starego” składowiska projektanci [7] rozumieją jak najszybsze doprowadzenie do stanu inertnego (obojętnego) ok. 3 mln odpadów komunalnych. Aby taki stan osiągnąć, należy w sposób kontrolowany doprowadzić do „starego” składowiska ok. 130 000 m³/rok wody o odpowiednim pH, zmniejszonej zawartości związków wapnia i żelaza (rys. 2–5).



Rys. 5. Warstwa umożliwiająca nawodnienie odpadów „starego” składowiska

Źródło: [2, 4]

Ta ilość wody potrzebna jest do:

- wypłukania szkodliwych składników nieorganicznych znajdujących się w odpadach,
- umożliwienia właściwego procesu rozkładu substancji organicznych znajdujących się w odpadach.

Zabezpieczenie „nowego” składowiska odpadów

Wygradzenie pozostałej części odkrywki na „nowe” składowisko za pomocą warstwy wodoszczelnej (rys. 2–4) stworzyło możliwości zdeponowania ok. 7 mln m³ odpadów komunalnych. Jakość tych odpadów jest nieco inna niż w „starym” składowisku. Do roku 1995 składowano nadal odpady niesortowane. W 1995 roku uruchomiono na miejscu sortownię odpadów (biologiczno-mechaniczną).

Tak przygotowane odpady wydzielają znacznie mniej gazów oraz skażonych wód.

Wprowadzenie w życie przez ustawodawcę w czerwcu 2005 r. zakazu deponowania na składowiskach odpadów komunalnych o zawartości substancji organicznych powyżej 5% w zasadniczy sposób zmienia (wydłuża) żywotność składowisk. Dotyczy to również składowiska w Horm.

3. Zakres robót inżynierskich związanych z przebudową składowiska

3.1. Wstęp

Dla zrealizowania bardzo trudnego procesu adaptacji „starego” składowiska do składowiska nowego typu zaprojektowano, a następnie zbudowano wiele różnego rodzaju budowli inżynierskich oraz różnego typu instalacji (rys. 3).

3.2. Budowle inżynierskie wykonane dla zrealizowania procesu stabilizacji „starego” składowiska

Do odpompowania skażonych wód z rejonu „starego” składowiska służą (rys. 3):

- sztolnie odwadniające,
- pionowy szyb głównego odwadniania, który jest sukcesywnie wznoszony w trakcie przybywania odpadów na „nowym” składowisku.

Oprócz ww. wyrobisk zgłębiono szyb (rys. 3) do odpompowania wód gruntowych (nieskażonych). Wody te są zrzucane do cieku wodnego bez procesu uzdatniania (ok. 195 000 m³/rok).

Uzdatnianie i oczyszczanie skażonych wód

Woda skażona (ok. 410 000 m³/rok) poddawana jest dwóm procesom uzdatniania i oczyszczania:

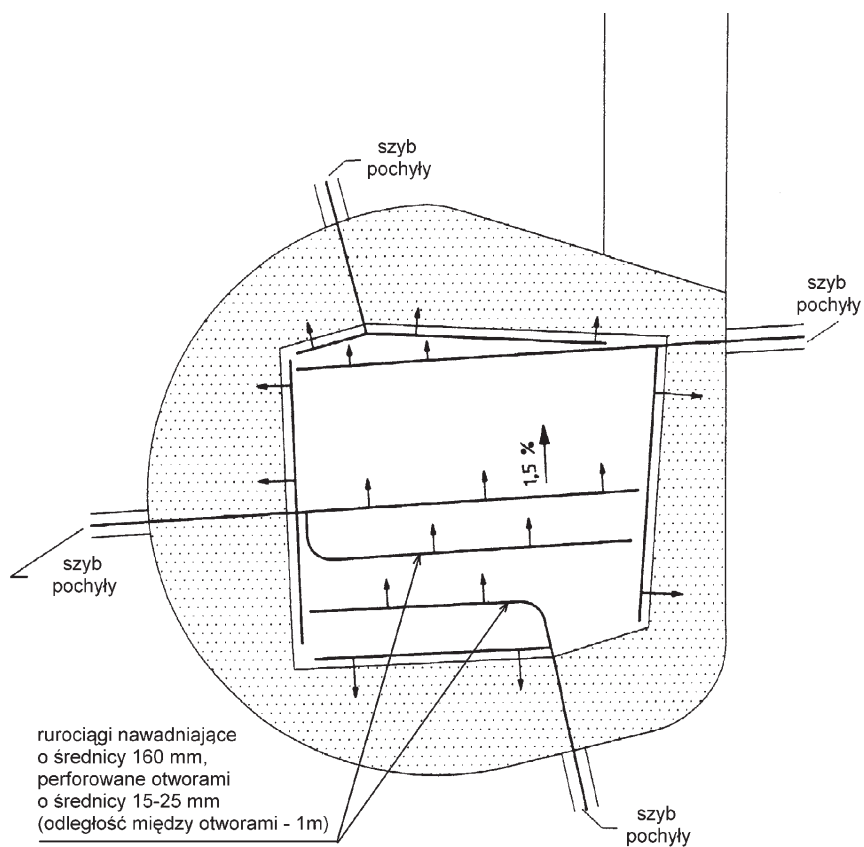
- 1) Ok. 80% wód (rys. 3) kierowanych jest do oczyszczalni, gdzie poprzez intensywne napowietrzanie (sprężonym powietrzem) oraz filtrowanie w specjalnych filtrach „kompostowych” pozbawia się wody skażone głównie nieprzyjemnego zapachu. Tak oczyszczona woda zlewana jest do cieków wodnych.
- 2) Ok. 20% wód (rys. 3) kierowanych jest do stacji przeróbki wód, gdzie wytrąca się wapień i związki żelaza oraz reguluje się wartość pH wód; tak przygotowana woda (ok. 130 000 m³/rok) jest zwracana do „starego” składowiska, gdzie za pomocą odpowiedniego systemu rurowego (rys. 3, 5 i 6) umożliwia zrealizowanie procesu stabilizacji „starego” składowiska (podrozdz. 2.3).

Stację do uzdatniania wód oddano do użytku w 1992 r.

Szyby pochyle

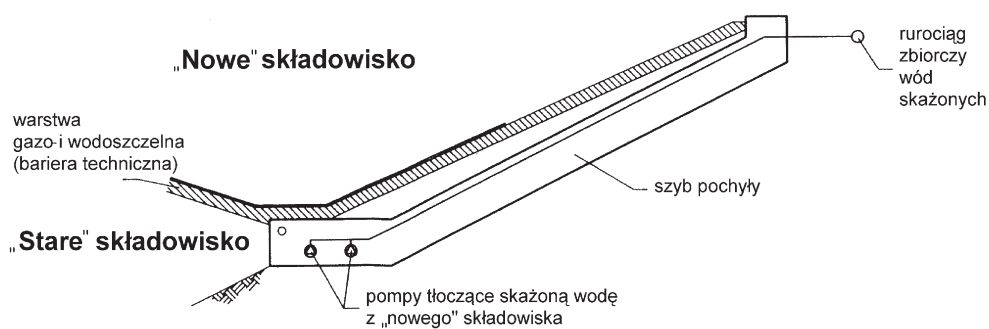
Składowisko posiada cztery szyby pochyle (rys. 3, 6), które zostały zgłębione w otaczającym górotworze klasyczną metodą górniczą. Szyby, wyposażone w wyciągi materiałowe, wentylatory oraz schody, pełnią podwójną funkcję (rys. 3, 6, 7):

- 1) rurociągami (rys. 3 i 7) woda ze stacji przeróbczej (rys. 3), w ilości ok. 130 000 m³/rok doprowadzana jest do „starego” składowiska (rys. 3, 5–7);
- 2) rurociągami (rys. 3, 7) skażona woda z „nowego” składowiska pompowana jest na powierzchnię do oczyszczalni (rys. 3).



Rys. 6. Schemat lokalizacji szybów pochyłych oraz systemu rurociągów nawadniających „stare” składowisko

Źródło: [2, 4]



Rys. 7. Przekrój przez szyb pochyły

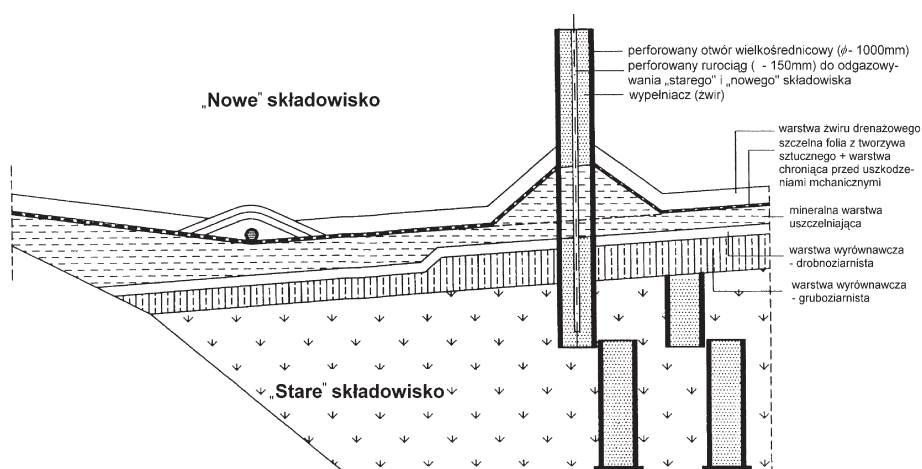
Źródło: [2, 4]

Odgazowanie „starego” składowiska

Niesortowane odpady komunalne poddane tylko mechanicznemu zagęszczeniu w wyniku biochemicznych procesów rozkładają się między innymi (zarówno w atmosferze tlenowej, jak i beztlenowej) na CH_4 i CO_2 .

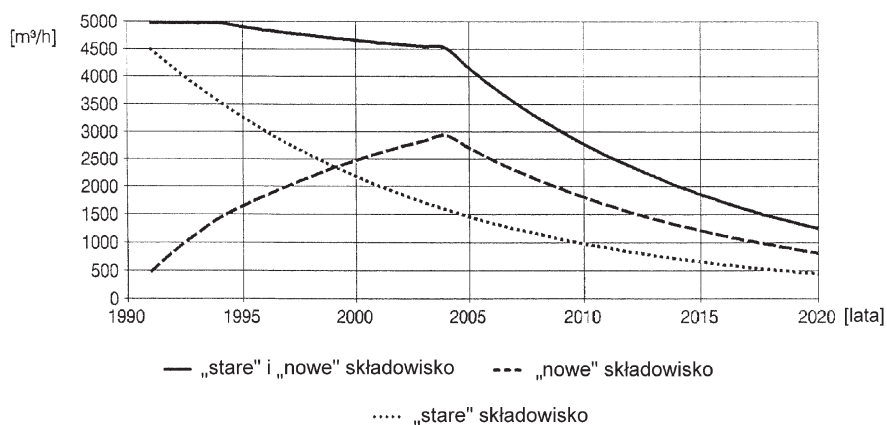
Przykrycie „starego” składowiska warstwą gazo- i wodoszczelną (rys. 3) spowodowało, że ok. 45% wydzielającego się gazu zostaje odpompowanych w sposób kontrolowany przez odpowiednie instalacje odgazowujące (rys. 8).

Teoretycznie ilość gazu, jaką produkuje „stare” składowisko, przedstawiono na rysunku 9. Praktycznie pozyskiwane ilości gazu przedstawiono na rysunku 10.



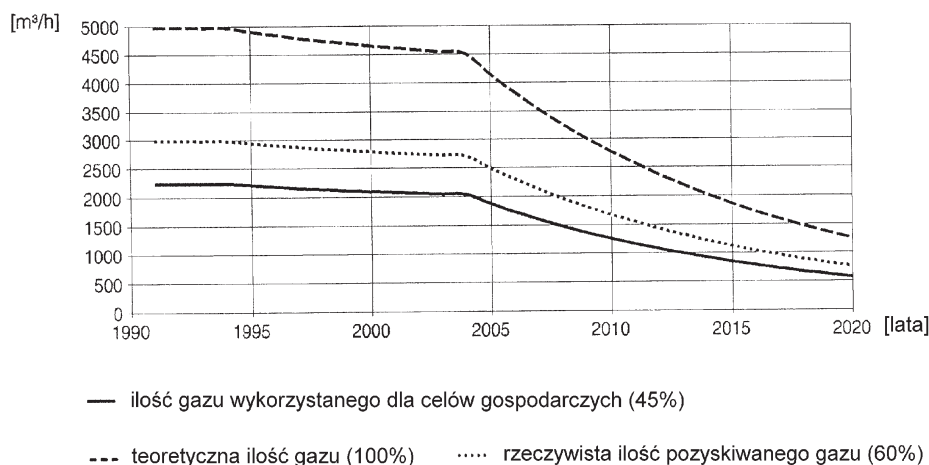
Rys. 8. System odgazowania odpadów składowiska

Źródło: [2, 4]



Rys. 9. Teoretyczna „produkcja” gazu w „starym” i „nowym” składowisku

Źródło: [2]



Rys. 10. Teoretyczna i faktyczna ilość gazu pozyskiwana ze „starego” i „nowego” składowiska
Źródło: [2]

Gaz odpompowywany jest ze „starego” składowiska za pomocą pięciu szybów (otworów wielkośrednicowych) o średnicy ϕ 1000 mm, w których są posadowione rury z tworzywa sztucznego o średnicy ϕ 150 mm. Wydajność pomp ssących wynosi ok. 3000 m³/godz. Pozyskiwany gaz jest wykorzystywany do produkcji energii elektrycznej (21%) i do produkcji ciepła (79%).

3.3. Budowle inżynierskie wykonane na potrzeby „nowego” składowiska

Warstwa gazo- i wodoszczelna (bariera techniczna)

Warstwa przykrywająca „stare” składowisko została już częściowo opisana w podrozdziale 2.3. Warstwa ta pełni również pewną rolę w stosunku do „nowego” składowiska (rys. 4).

Podstawowe parametry tej warstwy to:

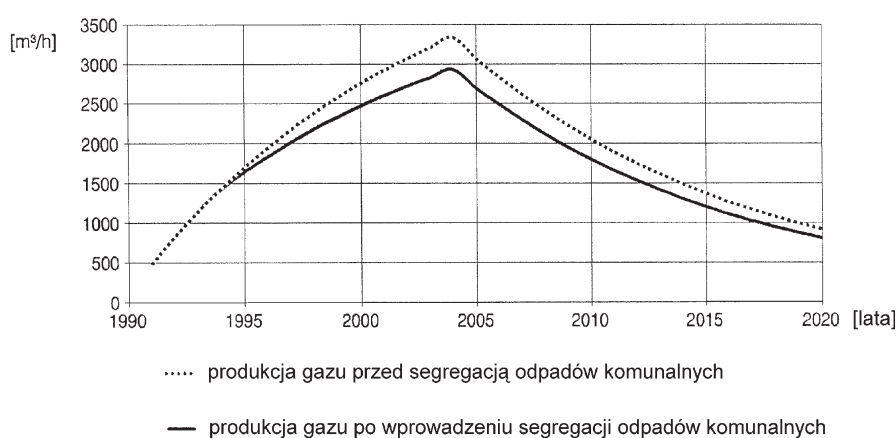
- warstwa mineralna (głina) o grubości ok. 60 cm i współczynnika $K = 1 \times 10^{-10}$ m/s (rys. 4);
- warstwa zgrzewanej folii wodoszczelnej (PEHD) o grubości 2,5 mm łącznie z warstwą tkaniny chroniącej przed mechanicznymi zniszczeniami (Geotextil – 1000 g/m²) (rys. 4);
- warstwa drenażowa (żwir) ok. 50 cm grubości i $K = 1 \times 10^{-4}$ m/s (rys. 4);
- system rur drenażowych z tworzyw sztucznych (PEHD) – średnica zewnętrzna ϕ 355 mm, grubość ścianki – 32,3 mm, na 2/3 obwodu udrożniona szczelinami o szerokości 8 mm; nachylenie rur drenażowych w kierunku szybów pochyłych (rys. 3, 5) wynosi ok. 3%; pompy tłoczą wodę na powierzchnię (rys. 3, 7); w czterech szybach pochyłych są zainstalowane po dwie pompy, każda o wydajności 10 m³/godz. (rys. 7); pompy te pracują przemiennie.

Przedstawiona powyżej warstwa gazo- i wodoszczelna jest tak wykonana, aby mogła spełniać swoje zadanie nawet przy osiadaniu podłoża („stare” składowisko) do ok. 5%.

Odgazowywanie „nowego” składowiska

Do roku 1995, z uwagi na fakt, że w „nowym” składowisku nadal deponowano nie-sortowane odpady komunalne, problem odprowadzania gazu był identyczny jak w „starym” składowisku. Od roku 1995 (zainstalowanie urządzeń do wstępnego sortowania odpadów – przeróbka mechaniczno-biologiczna) ilość gazu wydzielającego się z odpadów ulega zmniejszeniu (rys. 11). Łączna ilość gazu pozyskiwana ze „starego” i „nowego” składowiska oraz ilość prognozowana do 2020 roku zostały przedstawione na rysunkach 9 i 10.

O istniejącej przyczynie zmniejszania się ilości wydzielającego się gazu z nowego składowiska wspomniano już w podrozdziale 2.2.



Rys. 11. Teoretyczna produkcja gazu w „nowym” składowisku

Źródło: [2]

4. Podsumowanie i wnioski końcowe

4.1. Wnioski ogólne

Przedstawiona w niniejszym artykule problematyka przebudowy starych składowisk z lat 70. XX w. jest niezwykle ważna. Sytuacja, jaka miała miejsce w Horm w roku 1973, jest typowym przykładem uciążliwości dla środowiska, jakie niosą ze sobą zaprojektowane i zbudowane w oparciu o ówczesne uregulowania prawne i rozwiązania techniczne składowiska (brak warstw uszczelniających składowiska).

Dodatkowym utrudnieniem dla okręgu Düren był brak powierzchni pod budowę nowego składowiska odpadów komunalnych. Po długich i kompleksowo prowadzonych pracach projektowo-badawczych podjęto decyzję o przebudowie (adaptacji) „starego” składowiska na potrzeby dalszego składowania odpadów. Zaprojektowane i zbudowane „nowe” składowisko odpadów komunalnych odpowiada zarówno aktualnym wymogom prawa z zakresu ochrony środowiska, jak i najnowszym potrzebom z zakresu aktualnej techniki budowy i eksploatacji składowisk. Bardzo istotny jest również fakt, że do składowania odpadów komunalnych wykorzystano wyrobiska po byłej odkrywkowej kopalni rud metali nieżelaznych.

Ta okoliczność oraz podobne uwarunkowania dotyczące „starych” składowisk w dużych aglomeracjach w Polsce (np. Śląsk) mogą być pomocne przy podejmowaniu decyzji służących do rozwiązywania u nas podobnych problemów. Być może będziemy mogli skorzystać z doświadczeń zgromadzonych przez specjalistów projektujących składowisko Horm.

Na uwagę zasługuje również fakt, że Federalne Ministerstwo Ochrony Środowiska RFN wsparło znaczną kwotą to niezmiernie ważne i interesujące przedsięwzięcie.

4.2. Wnioski szczegółowe

Brak warstw wodoszczelnych w „starym” składowisku odpadów komunalnych w Horm w świetle obecnie obowiązującego prawa oraz znanych rozwiązań technicznych dyskwalifikował to miejsce jako teren pod dalsze składowanie odpadów. Z uwagi na fakt, że pozostała część (niezagospodarowana) byłej odkrywki metali nieżelaznych była „łakomym kąskiem” (7 mln m³ pojemności składowiska), podjęto bardzo odważną decyzję o przebudowie istniejącego składowiska.

Grono decydentów postawiło niżej wymienione warunki, które musiały być spełnione, aby tereny byłej odkrywki metali nieżelaznych mogły być dalej użytkowane jako składowiska na odpady komunalne.

- Zamknięcie (przykrycie) „starego” składowiska warstwą gazo- i wodoszczelną (bariera techniczna).
- Zneutralizowanie odpadów „starego” składowiska poprzez wybudowanie odpowiedniego (najwyższej klasy) systemu odwadniania i odgazowywania „starego” składowiska.
- Zaprojektowanie „nowego” składowiska, w taki sposób, aby można było wykorzystać infrastrukturę „starego” składowiska w trakcie eksploatacji „nowego” składowiska.
- Zaprojektowanie i zbudowanie systemu rejestrowania danych dotyczących pracy „starego” i „nowego” składowiska. System ten musiał gwarantować bezawaryjne zbieranie i magazynowanie wszystkich charakterystycznych danych o emisjach, które mogły być szkodliwe dla środowiska. Zaprojektowanie i zbudowanie systemu wstępnej segregacji odpadów (przeróbka mechaniczno-biologiczna).

Wszystkie ww. bardzo surowe wymogi zostały spełnione. Powiat Düren może nadal składować odpady komunalne, nie zagrażając środowisku.

LITERATURA

- [1] *Barchański B.*: Możliwości i warunki zagospodarowania produktów powstałych przy spalaniu odpadów komunalnych. Komitet Górnictwa PAN, Sekcja Wykorzystania Surowców Mineralnych, Materiały Konferencyjne, marzec 1995
- [2] *Barchański B.*: Sprawozdanie z pobytu studyjnego w RWE Umwelt-Essen. Kraków, AGH 2004 (maszynopis)
- [3] *Damiecki R., Lanzrath B.*: Anpassung einer Hausmülldeponie an den Stand der Technik durch gezielte Stabilisierung. DDG Düren, 1990
- [4] *Damiecki R.*: Anpassung alter Hausmülldeponien an den Stand der Technik durch Zwischenabdichtung Bewässerung und Entgasung, dargestellt an Beispiel der Deponie Horm-FSK Berlin, 1992

- [5] *Damiecki R., Lanzrath B.*: Planungen für die Deponie Horn. Fortschritte der Deponietechnik – Berlin, 1989
- [6] Deponien für Rest – Siedlungsabfälle der Bundesrepublik Deutschland. Umweltbundesamt-Berlin, 5 Auflage 2001
- [7] *Kruse K.*: Anpassung einer Hausmülldeponie an den Stand der Technik durch gezielte Stabilisierung. Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis – Band 30, 1989
- [8] Tatsachen über Deutschland. Informacja Rzecznika Prasowego Rządu RFN Berlin, 2000