



Kawerny solne w prowincji Alberta, Zachodnia Kanada

Salt caverns in Province of Alberta, Western Canada

Piotr KUKIAŁKA

Kukialka Consulting Ltd., 207 Glamorgan Pl SW, Calgary, AB T3E 5B9, Kanada; e-mail: piotr_kukialka@hotmail.com

STRESZCZENIE

Kawerny solne w prowincji Alberta są ściśle związane z przemysłem naftowym. W chwili obecnej czynne są dwa typy kawern solnych: kawerny magazynowe oraz kawerny do składowania odpadów. Kawerny magazynowe służą do magazynowania: gazu ziemnego, skroplonego gazu, nieprzetworzonej ropy naftowej oraz rozpuszczalnika wykorzystywanego w procesie upłynniania wydobytych bituminów. Kolejnym typem są kawerny do składowania odpadów. Kawerny te możemy podzielić na dwa podstawowe typy: komercyjne, służące do składowania różnego rodzaju odpadów oraz kawerny budowane przez firmy naftowe służące do składowania odpadów ściśle związanych z wydobywaniem i oczyszczaniem bituminów przez daną kopalnię. Kawerny zlokalizowane są w dwóch największych formacjach solonośnych: Lotsberg oraz Prairie Evaporite.

Geograficznie, kawerny magazynowe w większości zlokalizowane są na północ od Edmonton, w okolicach miasta Fort Saskatchewan, zaś nowobudowane kawerny do składowania odpadów są ulokowane w sąsiedztwie fabryk wytwarzających te odpady, bądź w tym celu są używane wyeksploatowane kawerny do produkcji solanki.

Słowa Kluczowe: kawerny solne, kawerny magazynowe, kawerny do składowania odpadów, otwory zrzutowe, ługowanie, SAGD, CSS, Kanada, Alberta

ABSTRACT

Salt caverns in Alberta are closely related to the oil industry. At the moment, there are two types of active salt caverns: storage and waste disposal caverns. Storage caverns are used to store: natural gas, liquid gas, crude oil, and solvent used in the liquefaction process the extracted heavy bitumen. An-

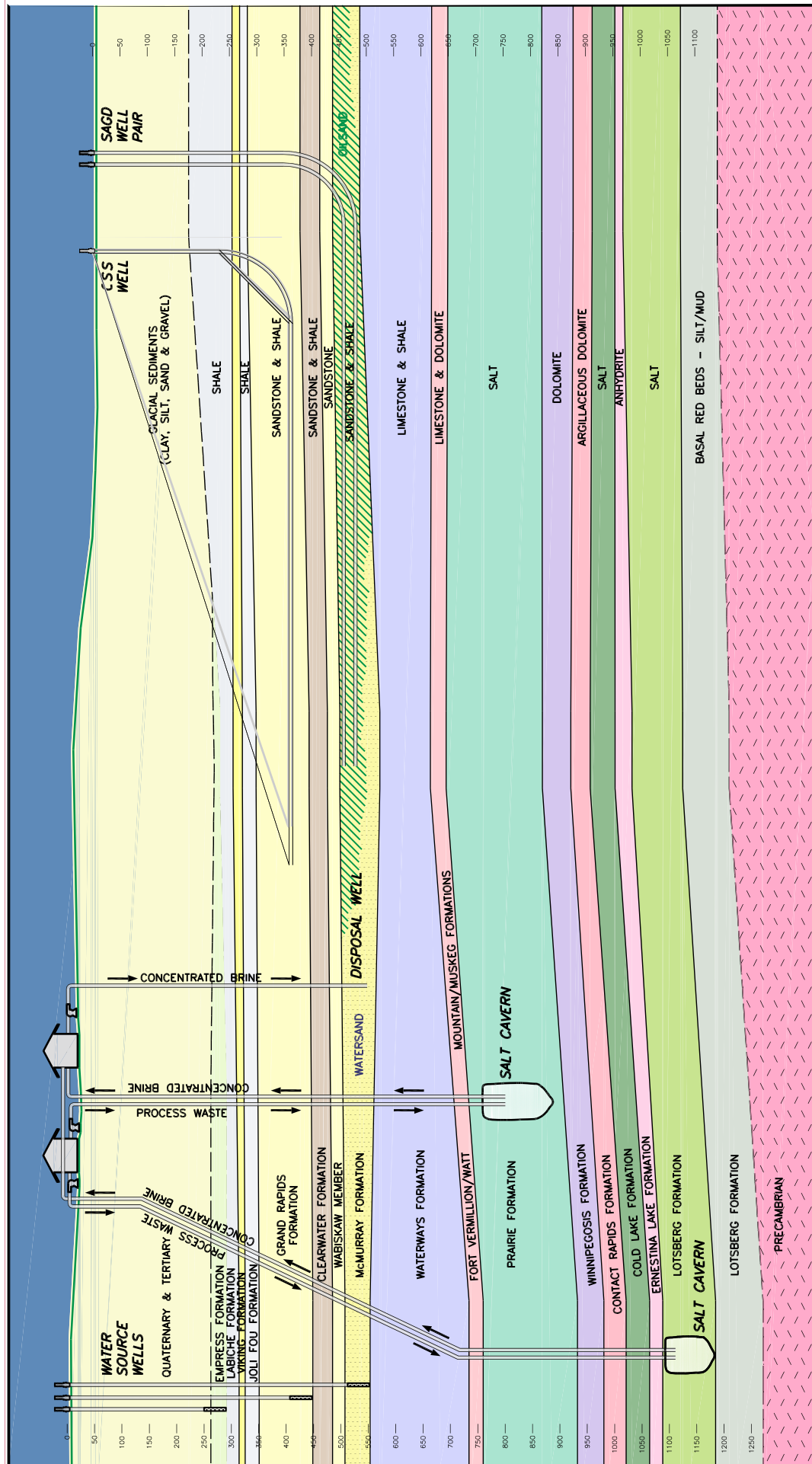
other type are disposal caverns for the storage of waste. These caverns can be divided into two basic types: commercial for storing different types of waste, and caverns built by the oil companies place for the collection of waste closely associated with the extraction and refining of bitumen by a plant. Caverns are located in the two largest salt formations: Lotsberg and Prairie Evaporite.

Geographically, the storage caverns are mostly located to the north of Edmonton, near the city of Fort Saskatchewan, while newly built caverns for the storage of waste are located in the vicinity of factories producing the waste, or for this purpose are used exploited brine production caverns.

Key Words: salt caverns, storage caverns, disposal caverns, disposal wells, SAGD, CSS, Canada, Alberta

WSTĘP

Historia budowy i wykorzystania kawern solnych w prowincji Alberta sięga końca lat 50-tych ubiegłego wieku i jest ona ściśle związana z rozwojem przemysłu naftowego. Wiercenie pierwszego otworu (LSD 00/16-33-040-07W4M) pod przyszłą kawernę zostało ukończony w roku 1958. Pierwotnie kawerny były budowane w celu eksploatacji soli kamiennej. Jednak prawdziwy początek rozwoju budowy kawern solnych, nastąpił w początku lat 70-tych. W chwili obecnej (dane z czerwca 2015) w Albercie istnieje 66 kawern magazynowych (część z nich jest już wyłączona z eksploatacji lub znajduje się w fazie budowy) oraz 25 kawern do składowania odpadów. Wszystkie one podlegają prawnie pod Alberta Energy Regulator. Poza tymi kawernami w Albercie, jest czynnych około 6 kawern służących do produkcji solanki. Nie podlegają one pod przepisy Alberta Energy Regulator i z tego powodu nawet nie jest znana ich dokładna liczba.



Ryc. 1. Schemat wydobycia ciężkich bituminiów termalnymi z uwzględnieniem kavern do składowania odpadów (według Canadian Natural Resources)).
 Fig. 1. Conceptual Diagram of heavy bitumen thermal production in terms of waste storage caverns (after Canadian Natural Resources)

EKSPLOATACJA BITUMINÓW CIĘŻKICH

Główną dziedziną przemysłu w Albercie jest wydobywanie ropy naftowej oraz gazu ziemnego. Jednak w przeciwieństwie do większości światowych złóż, w Albercie w dużej mierze złoża tworzą bituminy ciężkie, bardziej podobne do smoły niż do ropy naftowej, o ciężarze właściwym 970-1010 kg/m³ i bardzo dużej lepkości (Baker, 2007). Generalnie mają formę piasków roponośnych, chociaż eksploatowane są również złoża w węglanach leżące poniżej piasków. Piaski roponośne zalegają stosunkowo płytko, praktycznie od powierzchni terenu aż do głębokości kilkuset metrów. Po raz pierwszy zostały one zaobserwowane w wychodniach w dolinach rzecznych. Ze względu na to, że piaski roponośne stanowią mieszaninę luźnego piasku kwarcowego i węglowodorów ciężkich, ich eksploatacja wymaga specjalnej technologii niespotykanej nigdzie indziej na świecie. Bituminy występujące do kilkudziesięciu metrów wydobywa się metodą odkrywkową. Na północ od miasta Fort McMurray, znajdują się gigantyczne kopalnie odkrywkowe. Bituminy zalegające głębiej, wydobywa się metodami otworowymi. Można je podzielić na dwa główne typy:

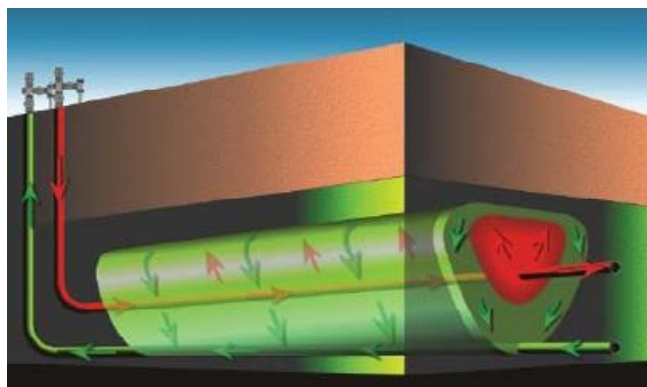
- produkcja „na zimno” (*Heavy Oil*),
- metody termalne (*Thermal*).

Pierwsza metoda polega na pompowaniu na powierzchnię ziemi ciężkich bituminów, które mają na tyle małą lepkość, że są w stanie płynąć samodzielnie. Wydobyty na powierzchnię urobek, stanowi mieszaninę bituminów i piasku. Metoda termalna polega zaś na zatłaczaniu do formacji roponośnej pary wodnej w celu upłynnienia bituminów. Metoda ta dzieli się na dwa główne typy: *Steam Assisted Gravity Drainage* (SAGD) i *Cyclic Steam Stimulation* (CSS).

Metoda SAGD polega na wierceniu par otworów poziomych w piaskach roponośnych w formacji McMurray

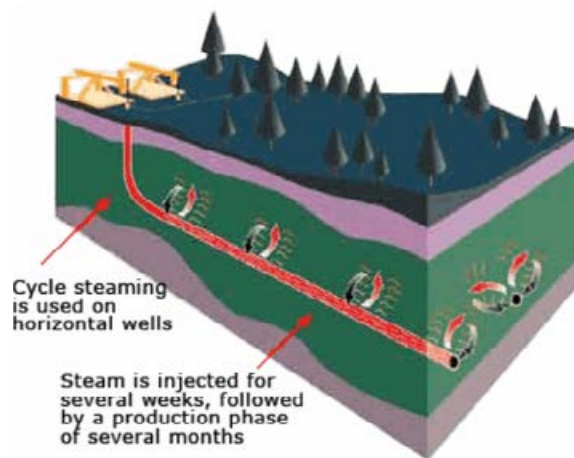
(Ryc. 1). Otwór dolny biegnie tuż nad spągiem pokładu zaś drugi otwór znajduje się 5 metrów powyżej i podąża dokładnie za niższym otworem (Ryc. 2). Górny otwór służy do zatłaczania pary wodnej, która rozgrzewa bituminy, te zaś po upłynnieniu grawitacyjnie spływają ku dołowi i są wydobywane na powierzchnię ziemi za pomocą dolnego otworu. Tam jednak ulegają one ochłodzeniu i ponownemu stwardnieniu. Na powierzchni ziemi, po oczyszczeniu z piasku i resztek wody, w celu możliwości dalszego transportu zostają zmieszane z rozcieńczalnikiem, który jest odpadem podczas procesu osuszania mokrego gazu ziemnego. Metodę CSS stosuje się zaś w celu eksploatacji bituminów z piaskowców leżących powyżej formacji McMurray (Ryc. 1). Piaskowce te są bardziej zwięzłe, z licznymi przewarstwieniami ilowców, gdzie nie ma w miarę swobodnego przepływu pary wodnej, lub gdy formacja ta jest zbyt cienka dla zastosowania metody SAGD. W metodzie CSS używany jest tylko jeden otwór (Fig. 3). W sytuacji kiedy ograniczony jest przepływ bituminów, parę wodną zatłacza się pod zwiększonym ciśnieniem, w celu zeszcelinowania warstw nieprzepuszczalnych. Produkcja podzielona jest na cykle. Każdy cykl zaczyna się od zatłaczania pary wodnej, kolejnym etapem jest wydobywanie na powierzchnię gorącej emulsji zawierającej bituminy, wodę oraz piasek. W wyniku eksploatacji tą metodą, powstaje jeszcze większa ilość odpadów niż w metodzie SAGD.

Ze względu na deficyt wody pitnej w Albercie, do produkcji pary wodnej wykorzystuje się wodę pobraną z warstw wodonośnych za pomocą otworów studziennych (Ryc. 1). Woda ta jest mocno zanieczyszczona i proces jej oczyszczania, oraz dalszej produkcji z niej pary wodnej o odpowiednich właściwościach do wytapiania bituminów ciężkich, powoduje powstawanie dużej ilości toksycznych odpadów (Reed, Greene, 2012). Utylizacja tych odpadów jest bardzo kosztowna, dlatego ścieki te często są zatłaczane bezpośrednio do otworów



Ryc. 2. Koncepcja eksploatacji ciężkich bituminów za pomocą metody SAGD (*Steam Assisted Gravity Drainage*) (według Reed, Greene 2012).

Fig. 2. *Conceptual Diagram of Steam Assisted Gravity Drainage* (after Reed, Greene 2012).



Ryc. 3. Koncepcja eksploatacji ciężkich bituminów za pomocą metody CSS (*Cyclic Steam Stimulation*) (według CNRL).

Fig. 3. *Conceptual Diagram of Cyclic Steam Stimulation* (after CNL website).

zrzutowych, jednak zawarte w ściekach części stałe powodują ich szybkie zatykanie. Kolejnym etapem na którym powstają duże ilości odpadów jest proces oczyszczania wydobytego urobku. Oddzielona zostaje wtedy woda oraz piasek. Pomimo procesu oczyszczania piasku z bituminów, w końcowym efekcie zawiera on wciąż kilka procent bituminów. Powoduje to niemożność składowania tego piasku na powierzchni. Najtańszą i najłatwiejszą metodą jego utylizacji jest zatłaczanie do kawern solnych (Baker, 2007).

KLASYFIKACJA KAWERN SOLNYCH

Kawerny solne w Albercie, ze względu na przeznaczenie można podzielić na trzy podstawowe typy:

- kawerny magazynowe,
- kawerny do składowania odpadów,
- kawerny do produkcji solanki.

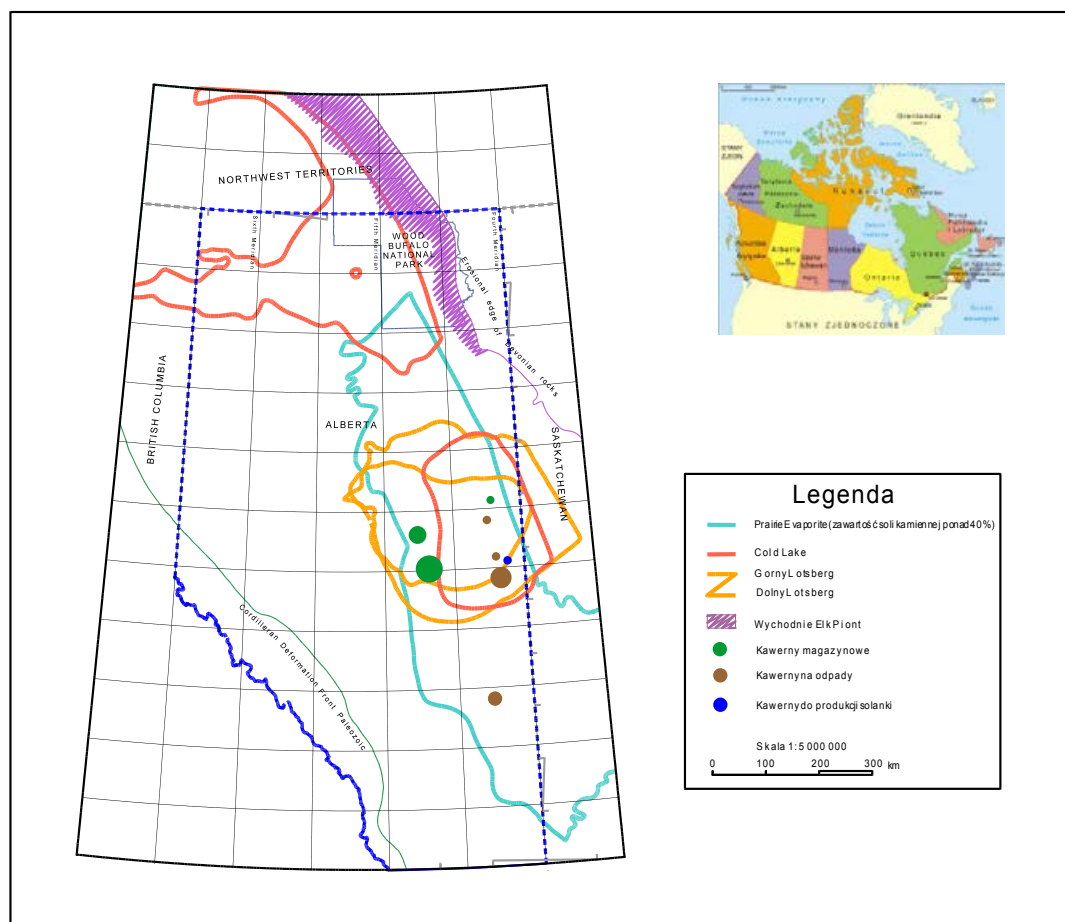
LOKALIZACJA

W prowincji Alberta występują trzy formacje solonośne: Lotsberg (Dolny i Górny), Cold Lake i Prairie Evaporite (Ryc. 4). Wchodzą one w skład dewońskiego basenu solonośnego Elk Point Group będącego częścią dużego basenu sedymentacyjnego zachodniej Kanady. Basen ten zbudowany jest generalnie z niezaburzonych tektonicznie skał osadowych

zalegających bezpośrednio na prekambryjskim podłożu (Grobe 2002). Kawerny w Albercie są zlokalizowane w dwóch głównych formacjach solonośnych: głębszej Lodsberg oraz położonej wyżej Prairie Evaporite (Ryc. 1). Jedynie formacja Cold Lake, ze względu na małą miąższość nie ma znaczenia ekonomicznego.

Formacja Lotsberg charakteryzuje się niezaburzoną budową. Zbudowana jest z dwóch części: Dolnego oraz Górnego Lotsbergu. Są one rozdzielone warstwą czerwonego iłu o miąższości od kilku do nawet kilkudziesięciu metrów. Sole kamienne budujące Lotsberg charakteryzują się strukturą wielokryształiczną oraz bardzo wysoką czystością (ponad 99% NaCl), przy równoczesnym braku siarczanów oraz soli potasowo-magnezowych. Wykazują one przy tym duże zmiany diagenetyczne (Kukiałka 2015).

Z kolei zaś formacja Prairie Evaporite posiada bardziej zróżnicowaną budowę wewnętrzną. Nieformalnie podzielona jest na dwie części, które są oddzielone od siebie iłowcem. Część dolna zbudowana jest z poziomo zalegających warstw soli kamiennej z bardzo licznymi przerostami anhydrytu o miąższości od kilku mm aż do prawie 1m. Na niej zalega kilkumetrowa warstwa szarego iłowca ograniczona od dołu i góry kilkudziesięciocentymetrową warstwą anhydrytu. W górnej części bezpośrednio pod anhydrytem często występuje warstwa zdolomityzowana charakteryzująca się wysoką



Ryc. 4. Mapa zasięgu występowania dewońskich złóż soli oraz lokalizacja kawern w Albercie (według Grobe 2002).
 Fig. 4. Map of salt distribution within the Devonian Elk Point Group and Salt Caverns in Alberta (after Grobe 2002).

twardością. W strefie powyżej, oprócz soli kamiennej występują również sole potasowo-magnezowe. Są one mieszaniną sylwinu i karnalitu. Charakteryzują się ciemno czerwono-cegląstą barwą oraz perłowym połyskiem. Zawartość soli K-Mg nie jest stała i generalnie rośnie w kierunku wschodnim. W rejonie miejscowości Cold Lake, we wschodniej części centralnej Alberta, niedaleko granicy z Saskatchewan, są to ilości śladowe i mają głównie charakter lokalnych przerostów (Kukiałka, 2015).

Lokalizacja kawern w obu formacjach ma swoje plusy oraz minusy.

Lotsberg

Plusy

- wyjątkowo czysta sól kamienna z bardzo małą zawartością części nierozpuszczalnych, w górnej części (Górny Lotsberg) wynosi ona poniżej 1%,
- brak domieszek soli K-Mg,
- brak przewarstwień stanowiących problem podczas ługowania kawerny.

Minusy

- mniejsza miąższość,
- większa głębokość zalegania.

Prairie Evaporite

Plusy

- mniejsza głębokość zalegania,
- większa miąższość.

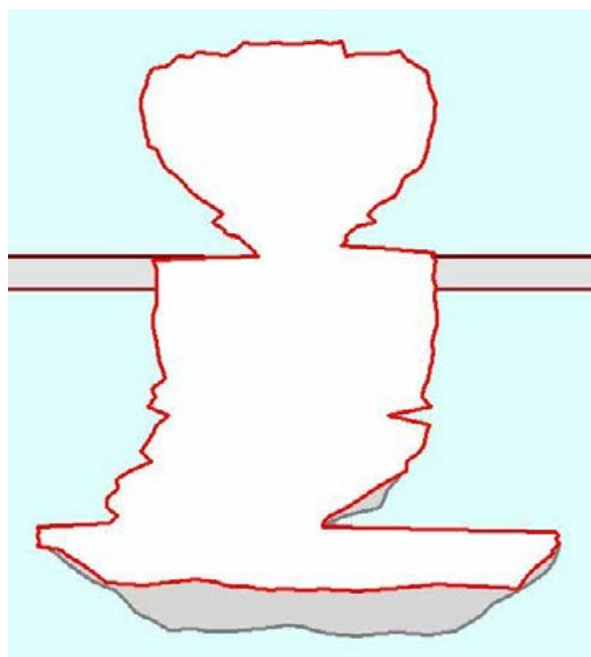
Minusy

- obecność soli K-Mg,
- duża zawartość części nierozpuszczalnych (anhydryt, dolomit oraz ilowce i margle) oraz sposób ich występowania w formie niespękanych przerostów o miąższości od kilku mm do kilku metrów (White Bear Member). Przy użyciu niewłaściwych technologii ługowania mogą stanowić utrudnienie, łącznie z utratą dolnej części złoża (Ryc. 5).

PROCES BUDOWY KAWERN ORAZ PROBLEMY Z TYM ZWIĄZANE

Alberta cierpi na deficyt słodkiej wody i ma to ogromny wpływ na budowę kawern solnych. Pierwotnie większość kawern była zlokalizowana na północ od Edmonton, w okolicach miasta Fort Saskatchewan. Było to uwarunkowane lokalizacją przemysłu rafineryjnego oraz łatwym dostępem do wody z rzeki North Saskatchewan. W chwili obecnej, otrzymanie nowej licencji na pobór wody z rzeki w celu ługowania kawern jest praktycznie nieosiągalne i nowe kawerny, w tym rejonie budowane są przez firmy posiadające już taką licencję lub które zdołały odkupić wystarczającą ilość wody od firm dysponujących taką licencją.

Firmy których kawerny są zlokalizowane z dala od dużych rzek, muszą używać do ługowania kawern wód podziemnych. Ma to swoje odbicie w tempie budowy kawern, ze względu na



Ryc. 5. Przykład nieregularnego ługowania kawerny magazynowej w formacji Prairie Evaporite (Reed, Greene 2012).

Fig. 5. An example of irregular cavern washing in the Prairie Evaporite Formation (Reed, Greene 2012).

bardzo często małą wydajność otworów oraz nierytmiczność dostaw. Innym minusem są koszty wiercenia otworów oraz budowy rurociągów.

Z kolei kawerny które są zlokalizowane w najbliższym sąsiedztwie fabryk produkujących parę wodną potrzebną do wytapiania bituminów z piasków, oraz zajmujących się oczyszczaniem wydobytego urobku, były czasami ługowane za pomocą ścieków poprodukcyjnych powstałych w tychże fabrykach. Obecnie ścieki te wykorzystywane są do operowania tymi kawernami. Innym przypadkiem wykorzystania ścieków podczas procesu ługowania są kawerny do składowania odpadów i zostało to opisane poniżej. Wykorzystanie ścieków fabrycznych wiąże się także z innymi problemami. Ze względu na ich skład chemiczny, często dochodzi do niepożądanych reakcji chemicznych pomiędzy zatłaczaną wodą a minerałami występującymi w formacji solonośnej. Prowadzi to do częstego zatykania rur, zarówno w kawernie jak i rurociągów odprowadzających solankę do otworów zrzutowych. (Ryc. 6) (Reed, Greene, 2012).

Innym problemem jest utylizacja wydobytej na powierzchnię solanki. Ze względu na bardzo niską cenę soli, stosowanie węglowodorów do izolacji stropu oraz wykorzystanie zanieczyszczonej wody do ługowania, produkcja soli z solanki jest całkowicie nieopłacalna i wydobyta solanka jest w całości zatłaczana z powrotem pod powierzchnię ziemi. Do tego wykorzystywane są różne formacje o odpowiedniej porowatości oraz odpowiednio odizolowane od wód powierzchniowych (Ryc. 1). Często brak tych odpowiednich formacji do zrzutu solanki stanowi kolejną trudnością podczas budowy kawern.



Ryc. 6. Przykład wytrącania się osadów w rurociągu odprowadzającym solankę do otworu zrzutowego (Reed, Greene 2012).

Fig. 6. *Precipitation of Brine/Blowdown Disposal Line Downstream* (Reed, Greene 2012).

Innym problemem jest zatykanie się otworów zrzutowych. W idealnej sytuacji, świeżo wydobyta na powierzchnię ziemi solanka, jest zatłaczana do zbiornika solankowego, gdzie następuje wstępne oddzielenie części stałych, nadwyżek medium stosowanego do izolacji stropu oraz zapewniony jest czas na wstępną krystalizację, w wyniku zmiany ciśnienia i temperatury solanki. Po wstępnym rozdzieleniu frakcji w zbiornikach solankowych, solanka jest filtrowana i dopiero wtedy, jest zatłaczana do otworów zrzutowych. Nie zawsze jednak instalacje naziemne zbudowane są według tego schematu. W wyniku braku zbiornika, bądź filtrów często występuje problem z zatykaniem otworów zrzutowych.

KAWERNY MAGAZYNOWE

W Albercie w największej liczbie wykonuje się kawerny magazynowe. Służą one do magazynowania całej gamy węglowodorów, począwszy od gazu ziemnego oraz nieprzetworzonej ropy (jedynie jest ona wymieszana z rozpuszczalnikiem w celu upłynnienia) poprzez NGL (*Natural Gas Liquids*), aż do gotowych produktów jak skroplony propan. Głównym użytkownikiem kawern są firmy zajmujące się przetwarzaniem gazu ziemnego, oraz zajmujące się jego przesyłem. Inną grupę wykorzystującą kawerny stanowią stricte firmy naftowe, zajmujące się wydobyciem bituminów. W tym przypadku, kawerny służą do magazynowania wydobytego produktu. Jest on zatłaczany w okresach nadprodukcji, oraz w pewnym sensie, służą jako „zawór bezpieczeństwa”. Jak wyżej opisano, w celu upłynnienia wydobytej substancji smolistej niezbędne jest mieszanie jej z rozpuszczalnikiem. Jest on sprowadzany między innymi z Ameryki Południowej. Dla utrzymania ciągłości produkcji, niektóre firmy trzymają jego „żelazny zapas”. To samo dotyczy wydobytego urobku. Jego

transport jest uzależniony od systemu rurociągów i w krytycznych sytuacjach, kiedy następuje przerwa w transporcie, cała produkcja kierowana jest do kawerny. Nie wymaga to wygaszania produkcji, które jest bardzo kosztownym procesem.

Większość firm posiadających kawerny magazynowe, dysponuje również stawami solankowymi, jednak istnieją wyjątki. Są firmy które do operowania kawernami magazynowymi wykorzystują nienasycone w NaCl ścieki fabryczne (Reed, Greene, 2012). Powoduje to niekontrolowany wzrost kawerny głównie w jej dolnej części. Szczególnie widoczne jest to w kawernach, gdzie proces wytlaczania magazynowanego produktu jest dość powolny lub nieciągły, oraz podczas którego to procesu występują okresowe przerwy lub chwilowe wytłoczenie magazynowanego produktu z kawerny. Powoduje to nadmierne rozługowanie dolnej części kawerny i zaczyna ona wtedy przyjmować kształt gruszkowaty. Problem ten zaczyna gwałtownie narastać z każdym kolejnym cyklem magazynowym.

Wielkość kawern magazynowych jest zróżnicowana i w dużej mierze zależy od miąższości pokładu soli. Przykładowo średnia wielkość kawern magazynowych w formacji Lotsberg, waha się od niecałych 90 000 m³ aż do ok. 150 000 m³, chociaż istnieje kilka kawern znacznie większych, o objętości dochodzącej nawet do 270 000 m³. Kawern zlokalizowanych w formacji Prairie Evaporite jest znacznie mniej i ich średnia wielkość waha się w przedziale od 120 do 150 tys. m³.

Zróżnicowana jest również liczba otworów wejściowych do kawern; generalnie kawerny mają po jednym do dwóch otworów, ale w ostatnich latach niektóre firmy rozpoczęły wiercenie trzeciego wejścia do kawern w celu jeszcze lepszego usprawnienia procesu zatłaczania oraz wytłaczania składowanych substancji.

Geograficznie, większość kawern magazynowych zlokalizowana jest w pobliżu rafinerii oraz zakładów przeróbki i oczyszczania gazu na północnych obrzeżach Edmonton. Kawerny magazynowe budowane w pobliżu zakładów zajmujących się wydobyciem oraz oczyszczaniem bituminów ciężkich stanowią mniejszość i zlokalizowane są na północ od miasta Cold Lake, niedaleko granicy z prowincją Saskatchewan (Ryc. 4).

KAWERNY DO SKŁADOWANIA ODPADÓW

Kolejnym ważnym i chyba najciekawszym typem kawern, są kawerny do składowania odpadów. Poszukiwanie oraz produkcja ropy w Albercie, ze względu na swoją specyfikę związana jest z powstawaniem dużej ilości odpadów. W większości są one toksyczne. Ich oczyszczanie lub składowanie na powierzchni terenu jest bardzo drogie lub wręcz niemożliwe. Odpady te można podzielić na trzy podstawowe grupy:

- zwierciny z procesu wiercenia otworów oraz płuczki wiertnicze,
- piasek oraz emulsja otrzymane w wyniku wstępnego oczyszczania wydobytej ropy,
- odpady związane z produkcją pary wodnej.

Kawerny tego typu budowane są zarówno przez firmy komercyjnie zajmujące się składowaniem odpadów (Tervita i Newalta) (Ryc. 7) jak i firmy naftowe (Canadian Natural Resources).

Wielkość kawern do składowania odpadów, podobnie jak kawern magazynowych, jest zróżnicowana i w dużej mierze zależy od miąższości pokładu soli. Różnica jednak polega na tym, że przy identycznych warunkach geologicznych, kawerny te mogą być większe, na przykład w formacji Prairie Evaporite, objętość niektórych z nich dochodzi do 500 000 m³ (Longshore, 2012).

Pierwotnie, firmy komercyjne do składowania odpadów wykorzystywały wyeksploatowane kawerny solankowe, ale wraz ze wzrostem zapotrzebowania rozpoczęto ich budowę od podstaw. Ługują one kawerny aż do otrzymania pełnej zadanej wielkości i dopiero wtedy, rozpoczynają proces zatłaczania składowanego materiału (Longshore, 2012). Odpady składowane w tych kawernach, są niejednorodne i pochodzą z wielu źródeł. Głównym składnikiem są odpady pochodzące z procesów wydobywania oraz wstępnego oczyszczania bituminów; są to piaski, różnego rodzaju muły powstałe przy produkcji pary wodnej, nieużyteczne emulsje złożone z bituminów oraz wody, do nich dochodzą również odpady powstałe w procesie wiercenia oraz późniejszych prac przy otworach. Należy tu także zaliczyć odpady stałe i półstałe, niezwiązane z przemysłem naftowym, jak osady z myjni samochodowych, skażona ziemia lub odpady z filtrów przemysłowych. Dostarczony na miejsce materiał jest przesiewany w celu odizolowania za dużych fragmentów i następnie jest mieszany z solanką. Po upłynięciu, następuje zatłoczenie do kawerny. Wydobyta zaś solanka jest kierowana do zbiorników solankowych, a jej nadmiar do otworów zrzutowych (Ryc. 8) (Baker, 2007).

Firmy naftowe wydobywające ropę metoda termalną, budują infrastruktury na terenach objętych koncesją. Są to tereny odległe i dzikie bez żadnej infrastruktury, a ponad to często podmokłe. W związku z tym, kawerny są lokalizowane w najbliższym sąsiedztwie fabryk zajmujących się produkcją pary oraz oczyszczaniem wydobytego urobku. W związku z tym, odpady te można podzielić na dwie główne grupy:

- odpady powstałe przy produkcji pary wodnej, oraz
- odpady z procesu oczyszczania wydobytych bituminów.

Do pierwszej grupy, zaliczamy przede wszystkim ścieki płynne; są one bardzo toksyczne, zawierają dodatkowo do kilku procent części stałych o frakcji ilowo-pyłowej oraz czasami bituminy, które to uniemożliwiają ich bezpośrednie zatłaczanie do otworów zrzutowych. Ścieki te, zatłaczane są do

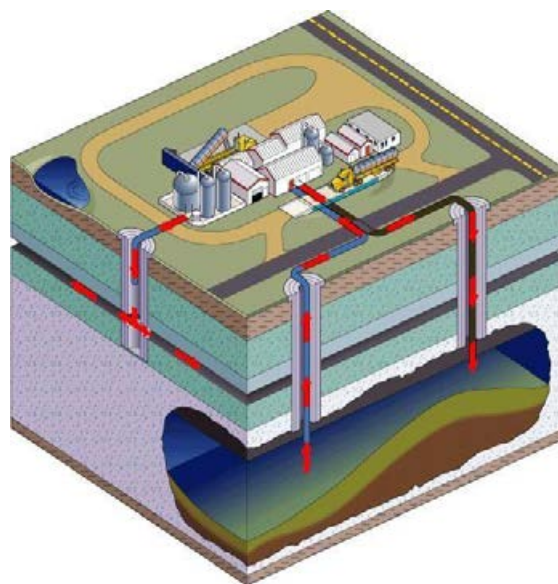


Ryc. 7. Infrastruktura naziemna komercyjnych kawern do składowania odpadów w rejonie Ligbergh firmy Tervita (Baker 2007).

Fig. 7. Tervita Lindbergh Disposal Cavern Facility (Baker 2007).

kawern w celu grawitacyjnego rozdzielania frakcji ciekłych od stałych. Mała wielkość ziaren oraz wysoka temperatura wód ściekowych, sięgająca do 80°C, wymusza zwiększenie odległości pomiędzy butami rur w kawernie. Kolejnym wyzwaniem w tego typu kawernach, są reakcje chemiczne zachodzące pomiędzy zatłaczaną wodą a skałami otaczającymi kawernę. Dochodzi do procesu wzmożonego rozpuszczania dolomitu, anhydrytu, a nawet ilów. Zatłaczanie nienasyconej w NaCl wody, o znacznej temperaturze powoduje ługowanie górnej części kawerny. W rezultacie tego, kawerna na początku eksploatacji musi być stosunkowo wysoka z szerokim rzapiem.

Kolejnym typem materiału składowanego w kawernach przez firmy naftowe, jest piasek będący wynikiem oczyszczania wydobytej na powierzchnię ropy. Nawet po



Ryc. 8. Schemat budowy komercyjnej kawerny do składowania odpadów (Baker 2007).

Fig. 8. Conceptual Diagram of Commercial Disposal Cavern (Baker 2007).

oczyszczeniu zawiera on do kilku procent węglowodorów ciężkich. Z tego powodu, składowanie jego na powierzchni jest niemożliwe. Najłatwiejszym i najtańszym sposobem pozbycia się tego typu odpadów jest zatłaczanie do kawerny solnej. Dodatkową zaletą tego typu składowania jest odzyskanie zawartych w nim bituminów (Longshore, 2012). Po zatłoczeniu do kawerny, oddzielają się one grawitacyjnie od piasku. Ma to jednak też swoje negatywne strony. Przy nieregularnym wyłaczaniu bituminów z kawerny, jej wysokość maleje, nie tylko poprzez wzrost dna, ale również poprzez obniżanie się izolacji stropu. Może to na dłuższą metę prowadzić do nadmiernego wzrostu szerokości kawerny.

Efektywność wykorzystania kawern zależy od typu składowanego materiału i wzrasta ona wraz z wielkością frakcji składowanego materiału oraz jego ciężarem właściwym, dla przykładu efektywność kawern komercyjnych przyjmujących różnorodne produkty wynosi ok 75% (Longshore 2012).

Dodatkową zaletą tego typu kawern jest niższy koszt budowy.

KAWERNY PRODUKUJĄCE SOLANKĘ

W chwili obecnej, w Albercie czynnych jest około 6 kawern służących do produkcji solanki. Jak wspomniano we wstępie nie podlegają one przepisom wydawanym przez Alberta Energy Regulator. Nadzór Alberta Energy Regulator kończy się w momencie zakończenia wiercenia otworu. Wyeksploatowane kawerny zostają w większości zamieniane w magazyny do składowania odpadów.

PODSUMOWANIE

Kawerny solne mają bardzo duże znaczenie dla przemysłu naftowego w Albercie, chociaż nie są w pełni doceniane. Przed nastaniem obecnego kryzysu, związanego z gwałtownym spadkiem cen ropy naftowej, w Albercie widoczny był duży wzrost zainteresowania budową oraz eksploatacją kawern magazynowych oraz do składowania odpadów. W chwili obecnej, nastąpiło gwałtowne załamanie inwestycji w przemyśle naftowym. Firmy naftowe całkowicie wstrzymały nowe inwestycje, a co za tym idzie budowę mających tam istnieć kawern solnych. Trochę inaczej ma się sprawa z kawernami budowanymi i eksploatowanymi przez firmy zajmujące się przeróbką, transportem oraz składowaniem odpadów. W tym przypadku, też widoczna jest korekta w ilości nowo budowanych kawern, ale nie całkowite załamanie rynku. Niektóre firmy, w obecnej chwili, wręcz starają się rozwijać nowe projekty ze względu na znaczący spadek kosztów ich budowy.

LITERATURA

- BAKER, D., 2007, Waste Disposal in Salt Caverns. A Case Study. SMRI Conference Halifax
- CICCHINI, O., MILLER, M., 2007, Report on Solution Mined Salt Caverns in Alberta, Canada
- GROBE, M., 2002, Distribution and Thickness of Salt within the Devonian Elk Point Group, Western Canada Sedimentary Basin. Alberta Energy and Utilities Board.
- KUKIAŁKA, P., 2015, Złóża soli kamiennej w prowincji Alberta, Zachodnia Kanada, Przegląd Solny 2015
- LONGSHORE, D., 2012, Salt Caverns for the Purpose of Waste Disposal, SMRI Conference Bremen
- REED, A., GREENE, D., 2012, Salt Caverns in the Oil Sands, SMRI Conference Saskatchewan