

Magazynowanie skroplonego gazu ziemnego LNG

Typowe warunki fizyczne przechowywania skroplonych paliw gazowych są następujące:

1. Ciśnienie wyższe od atmosferycznego, temperatura równa temperaturze atmosfery (typowe dla propanu i butanu).
2. Ciśnienie wyższe od atmosferycznego, temperatura niższa od temperatury atmosfery.
3. Ciśnienie równe ciśnieniu atmosferycznemu, temperatura niższa od temperatury atmosfery (typowe dla gazu ziemnego).

LNG przechowuje się najczęściej pod ciśnieniem atmosferycznym i w temperaturze wrzenia (LNG jest parą nasyconą mokrą o bardzo niewielkim stopniu suchości, praktycznie jest to ciecz o stanie punktu pęcherzyków).

Zbiorniki do przechowywania LNG można podzielić na dwie zasadnicze grupy:

- zbiorniki naziemne,
- zbiorniki podziemne.

Ze względu na bardzo niską temperaturę LNG (rzędu -162°C), zbiorniki LNG muszą być bardzo dobrze zaizolowane. W praktyce znalazły zastosowanie następujące typy zbiorników:

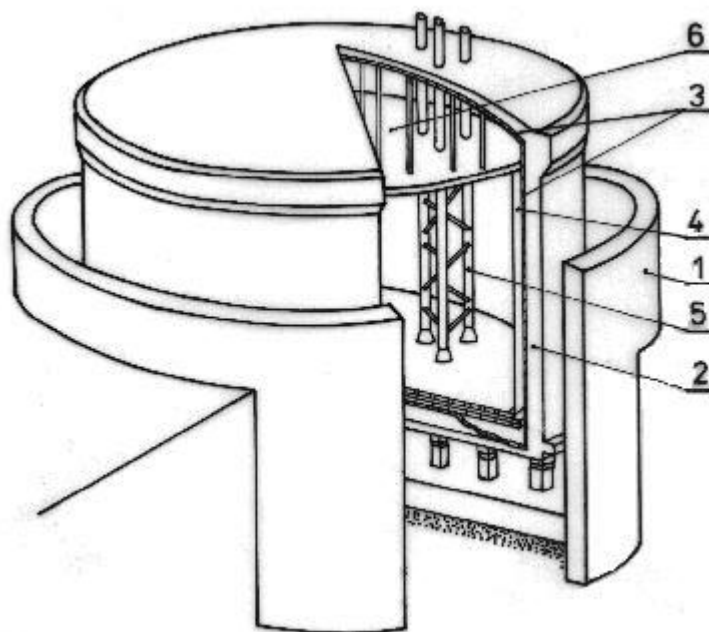
- zbiorniki metalowe,
- zbiorniki ze sprężonego betonu (naziemne i podziemne),
- zbiorniki hybrydowe (sprężony beton i stal),
- zbiorniki podziemne w zamrożonym gruncie,
- zbiorniki w kawernach podziemnych.

Zbiorniki LNG powinny być odporne na naprężenia powstające podczas ich schładzania lub ogrzewania oraz powinny umożliwiać odprowadzanie dużych ilości gazu w przypadku gwałtownego ogrzania płynnego gazu np. wskutek awarii.

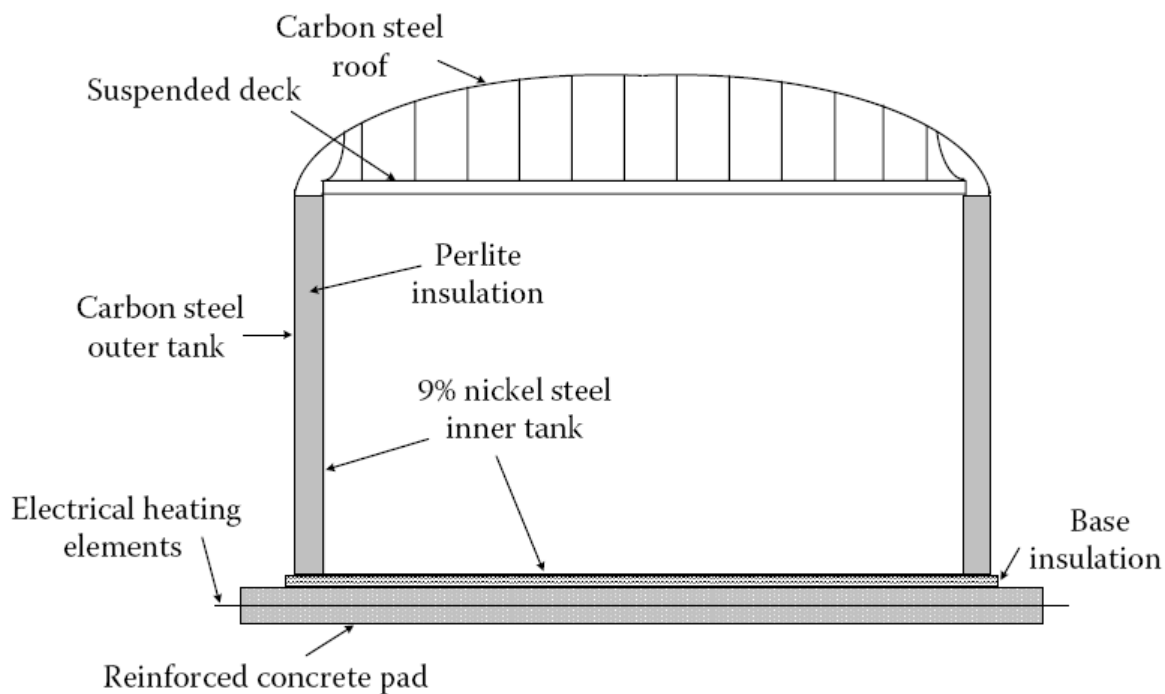
Metalowe zbiorniki LNG

Magazynowanie LNG w zbiornikach metalowych jest najbardziej rozpowszechnione. Pracują one w każdym terminalu przyjmującym i wysyłającym ten produkt oraz w instalacjach skraplania

i regazyfikacji (odparowania) gazu ziemnego eksploatowanych w celu pokrywania zapotrzebowań szczytowych. Uproszczony schemat typowego zbiornika tego rodzaju przedstawia rys. 1. Zewnętrzny płaszcz zbiornika wykonany jest ze stali węglowej, natomiast płaszcz wewnętrzny z metalu, który nie zmienia swoich właściwości w niskiej temperaturze magazynowania LNG. Najczęściej stosuje się stal niklową, stal nierdzewną oraz aluminium i jego stopy. Zbiorniki te są zazwyczaj posadowione na specjalnych palach o długości kilkunastu metrów lub rurach stalowych długości do 30 m. Zadaniem obudowy ochronnej 1 jest zapobieżeniu rozlaniu się LNG na dużej powierzchni, w razie wycieku ze zbiornika, a tym samym zmniejszenie szybkości parowania LNG i ograniczenie możliwości powstania pożaru.

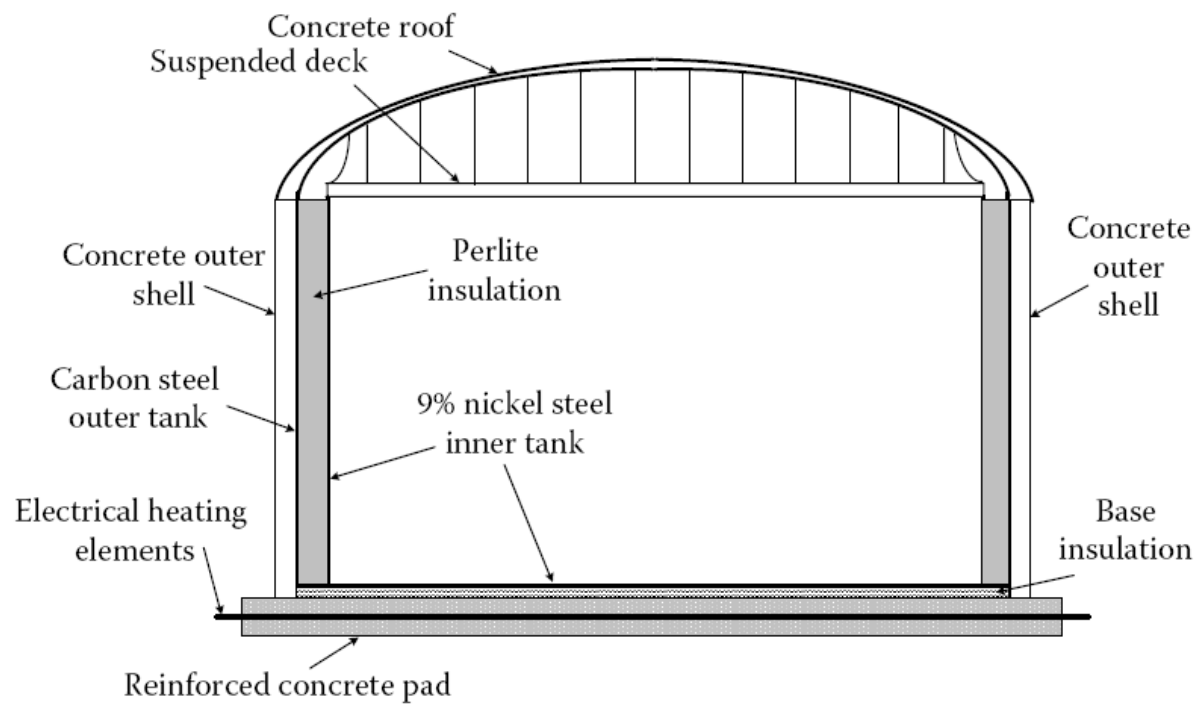


Rys. 1. Uproszczony schemat typowego zbiornika na LNG: 1 – obudowa zewnętrzna – ochronna, 2 – zewnętrzny płaszcz ze stali węglowej, 3 – izolacja specjalna, 4 – wewnętrzny płaszcz ze stopów aluminium lub stali niklowej, 5 – rurociągi do zatlaczania i odbioru LNG (górze zbiornika), 6 – dach wewnętrzny.

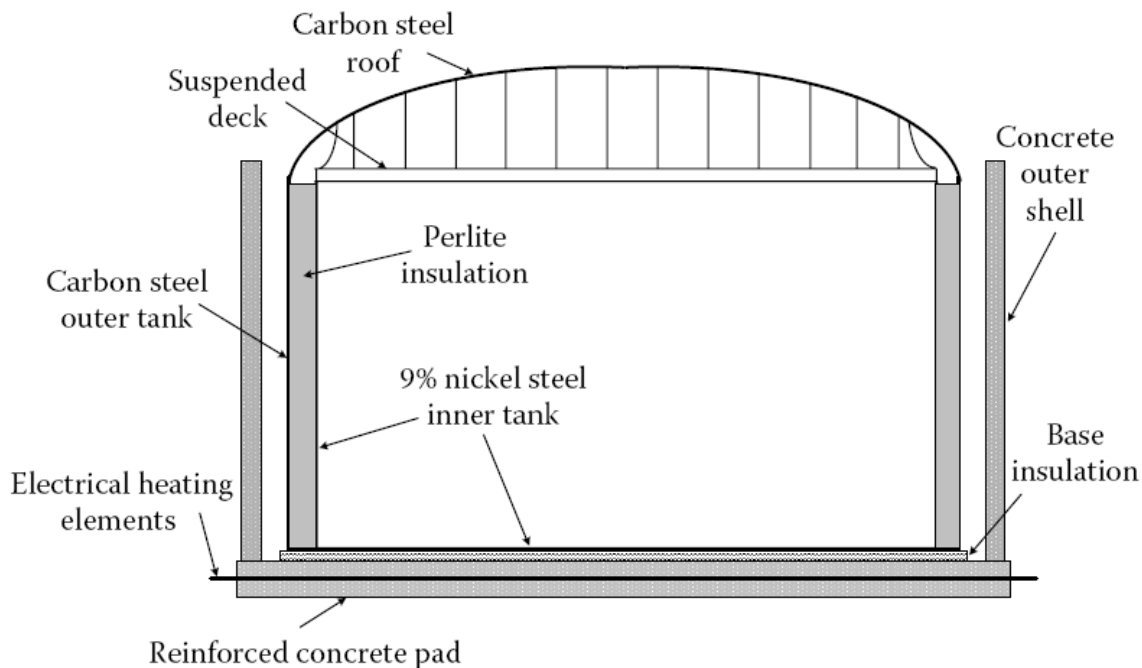


Rys. 2. Zbiornik stalowy bez zewnętrznej obudowy ochronnej.

Ze względu na wysokie koszty, stal nierdzewna stosowana jest dla niewielkich zbiorników. Duże zbiorniki wykonywane są ze stali niklowej,



Rys. 3. Zbiornik stalowy z zewnętrznym (szczelnym) płaszczem betonowym.

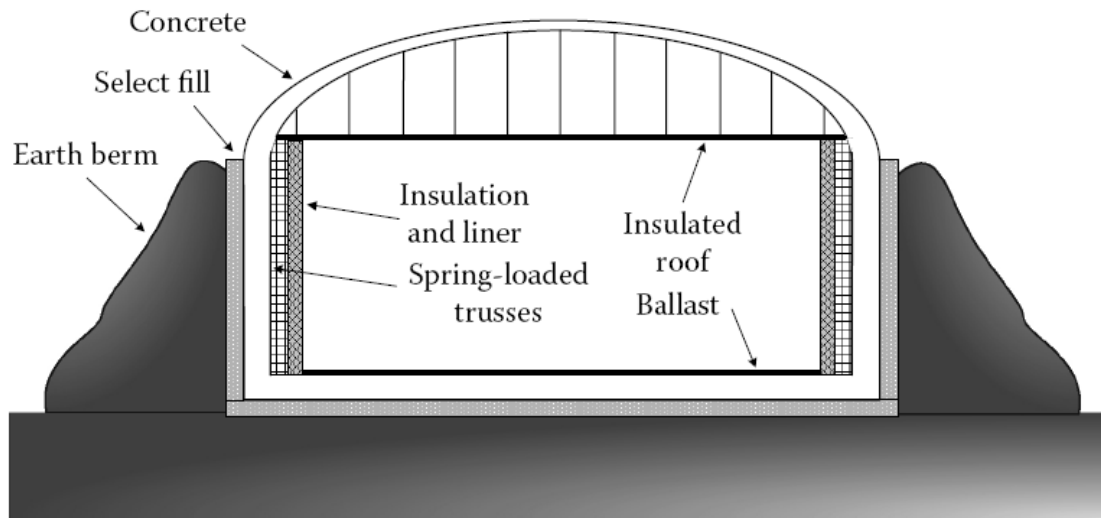


Rys. 4. Zbiornik stalowy z dodatkowym betonowym płaszczem ochronnym.

Zbiorniki żelbetowe LNG

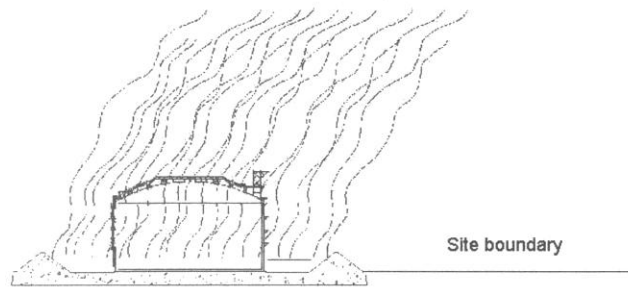
Nowoczesne konstrukcje zbiorników na LNG wykonane są z betonu sprężonego. Zazwyczaj współpracują one z instalacjami do skraplania gazu ziemnego i regazyfikacji LNG.

Typowa konstrukcja takiego zbiornika to korpus i dach w formie kopuły wykonana ze wstępnie sprężonego betonu. Wewnętrzna powierzchnia korpusu wyłożona stalą odporną na działanie bardzo niskich temperatur. Pomiędzy stalą a betonem znajduje się prześwit około 1,3 m wypełniony trzywarstwową izolacją cieplną wykonaną z: waty żużlowej, folii aluminiowej i spienionych tworzyw. Dno zbiornika izolowane gąbczastym tworzywem, a kopuła perlitem.

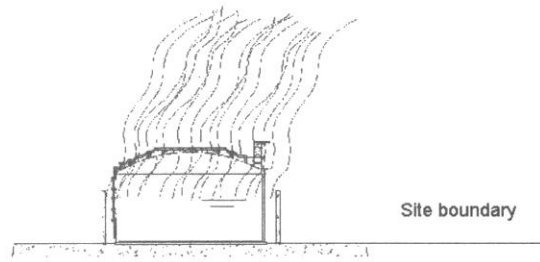


Rys. 5. Zbiornik betonowy o pojemności 95000 m³.

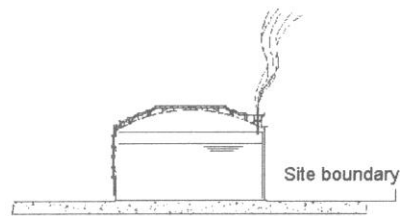
Betonowe ściany zbiornika przedstawionego na rys. 5 są zaizolowane po stronie wewnętrznej pianką poliuretanową.



Single containment tank

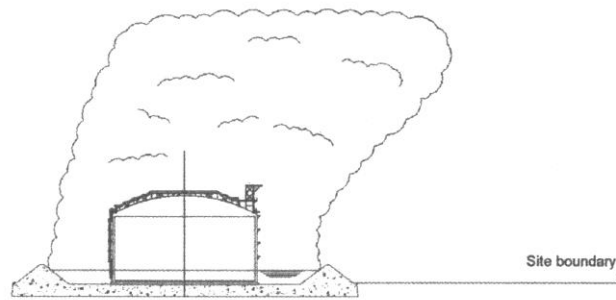


Double containment tank

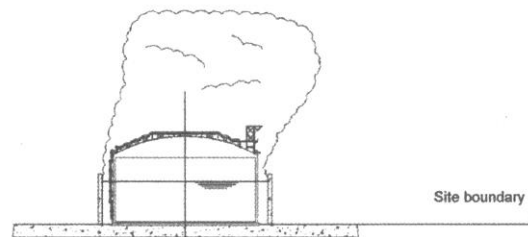


Full containment tank

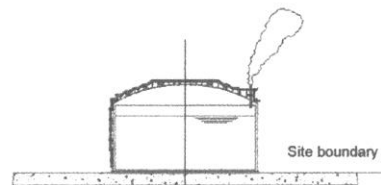
Skutki pożaru różnych typów zbiorników. Rozprzestrzenianie się ognia.



Single containment tank



Double containment tank



Full containment tank

Skutki nieszczelności różnych typów zbiorników LNG. Rozprzestrzenianie się pary.



Zbiornik na płynny gaz ziemny (Malabo, Gwinea Równikowa).



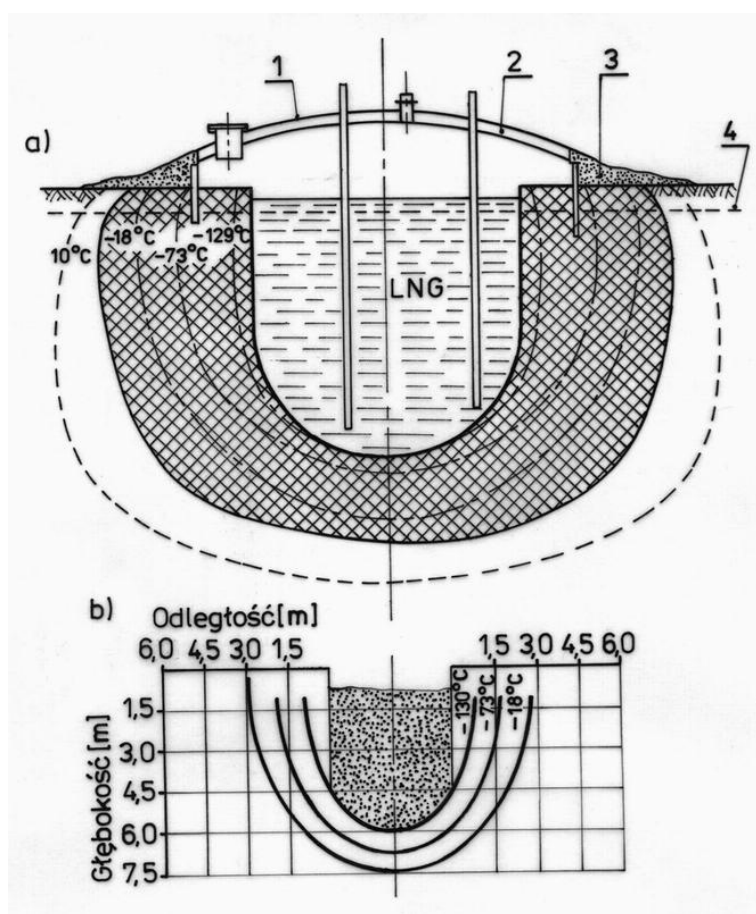
Zbiorniki na płynny gaz ziemny (Katar).

Zbiorniki LNG wyposażone są w aparaturę umożliwiającą pomiar:

- ciśnienia w zbiorniku,
- temperatury w różnych punktach zbiornika,
- gęstości LNG,
- poziomu LNG w zbiorniku

Zbiorniki podziemne.

Zbiorniki podziemne na skroplony gaz ziemny stanowią komory w granitach lub piaskowcach (skałach), do których prowadzi szyb. Komory takie są przykryte stropem betonowym. Wprowadzenie i odbiór LNG odbywa się rurami. Na rys. 6 przedstawiono schemat zbiornika podziemnego LNG w zamrożonym gruncie. Zbiornik taki buduje się zamrażając odpowiednią objętość gruntu przy użyciu zagłębionych w nim rur, przez które przepływa płyn chłodzący, najczęściej wrzący propan. Po zamrożeniu gruntu wykopuje się w nim jamę o kształcie cylindrycznym, którą przykrywa się szczelnie pokrywą (1), wykonaną z aluminium lub stali nierdzewnej, wspartą na pierścieniowym fundamencie betonowym. Głębokość zbiornika wynosi około 50 m, a szerokość 35 m. Zbiorniki tego typu mogą pomieścić po kilkadziesiąt tysięcy m³ LNG. Ze względu na niewielki współczynnik przewodzenia ciepła gruntu, zbiorniki te osiągają stan stacjonarny przez kilka lat.

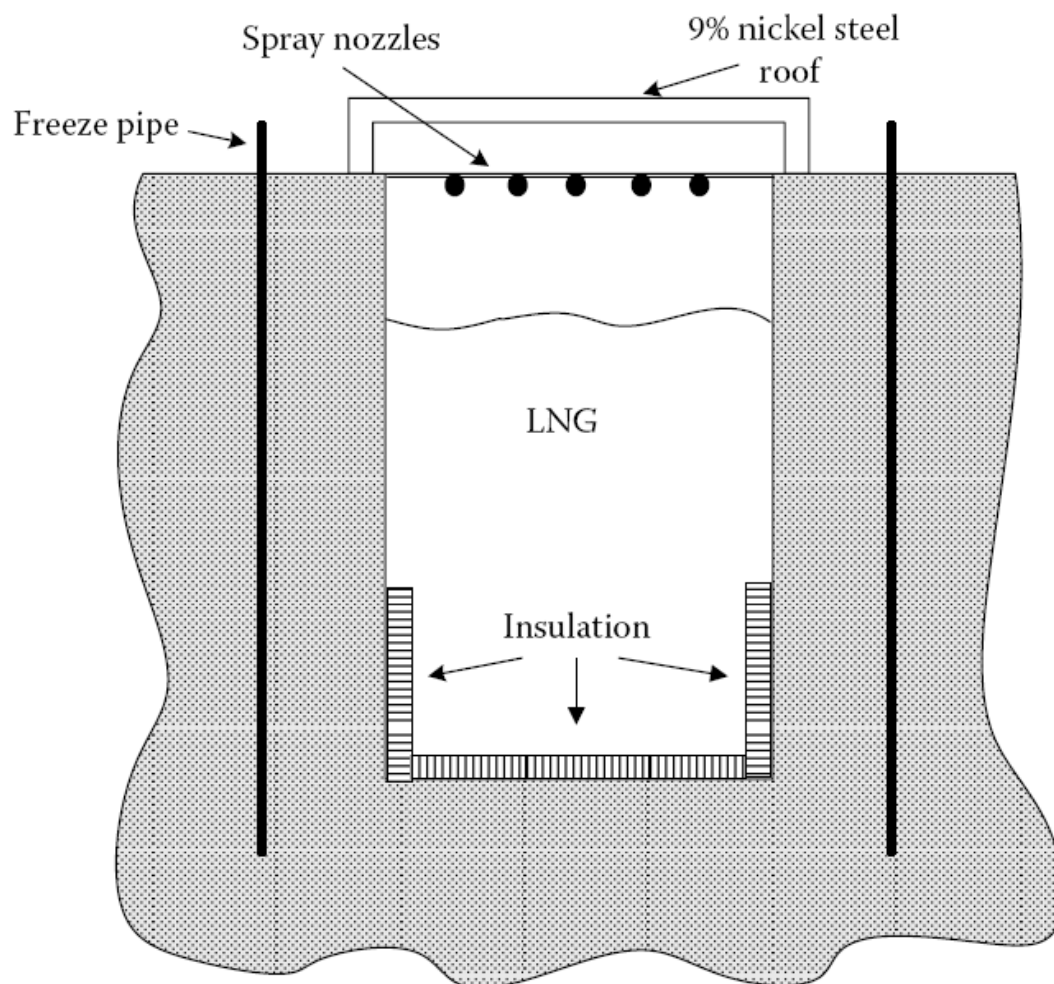


Rys. 6. Schemat zbiornika podziemnego LNG w zamrożonym gruncie: a) schemat zbiornika: b) rozkład temperatury w gruncie po 30 dniach eksploatacji zbiornika. 1) pokrywa, 2) izolacja pokrywy, 3) wał ziemny, 4) poziom wód gruntowych,

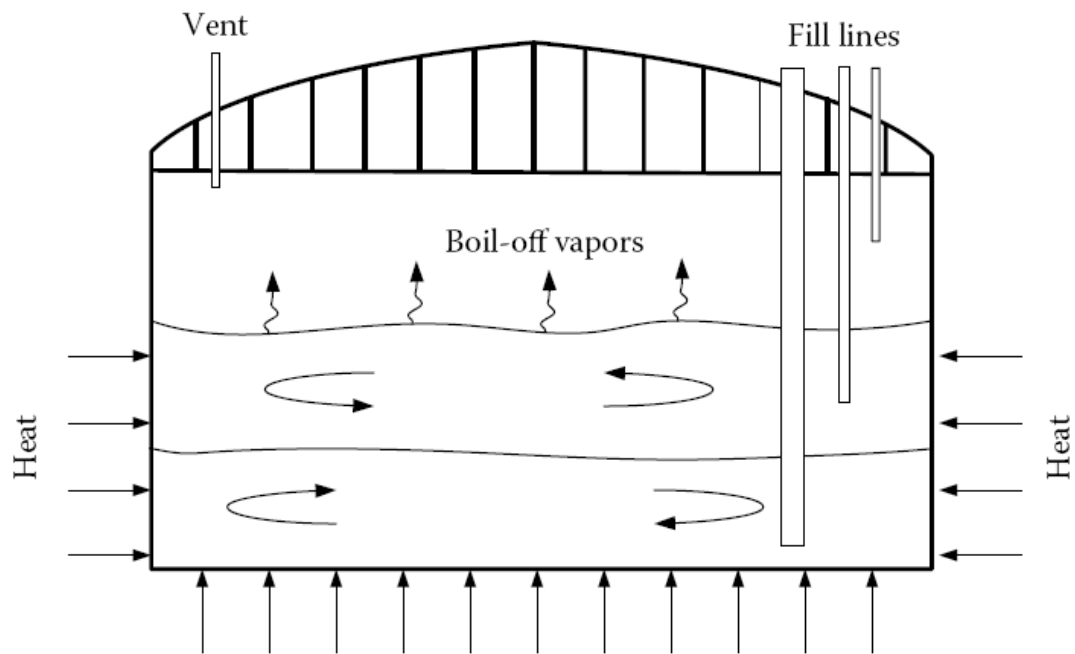
Zbiorniki w zamrożonym gruncie na LNG są rzadko spotykane, ponieważ cechują je następujące wady:

- wysokie koszty zamrażania, zwłaszcza w okresie początkowym,
- znaczne straty gazu przez odparowanie w czasie eksploatacji zbiornika (są one 3-4-krotnie większe niż w zbiornikach metalowych),
- można je budować w gruntach nie przepuszczających wód gruntowych do zbiornika — jednorodnych i spoistych.

Zbiorniki w kawernach podziemnych w skałach wodoszczelnych są mniej odpowiednie do pokrywania szczytowych poborów gazu ze względu na duże straty ciepła. W praktyce są one jednak często stosowane na stacjach odbioru gazu skroplonego dowożonego za pomocą metanowców.



Rys. 7. Zbiornik podziemny w zamrożonym gruncie.



Rys. 8. Zbiornik zawierający dwie warstwy LNG o różnych temperaturach. Wierzchnia warstwa jest chłodniejsza i lżejsza.