

Joanna Mołdach

5. WYKORZYSTANIE PRZYPOWIERZCHNIOWYCH WARSTW GRUNTU

5.1 Wprowadzenie

Zasadniczym problemem w wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii jest niezgodność pomiędzy porą zapotrzebowania na energię a możliwością jej pozyskania. Z powyższego powodu fundamentalnego znaczenia nabral problem magazynowania energii cieplnej. Z pośród kilku możliwych metod magazynowania energii cieplnej, w niniejszym rozdziale skupiono uwagę na wykorzystaniu do tych celów podłoża gruntowego. Grunt jest ośrodkiem o skomplikowanej trójfazowej strukturze, na którą składają się ziarna szkieletu mineralnego, woda i gazy. Każdy z tych składników może zostać wykorzystany jako źródło ciepła. Ze względu na złożoność zagadnienia omówiono jedynie możliwość wykorzystania ciepła gruntu pochodzącego z jego przypowierzchniowych warstw. Pozostawiono tym samym nie omówione systemy pozyskiwania ciepła z głębszych warstw litosfery oraz wód gruntowych. Stosowane systemy pozyskiwania energii cieplnej z gruntu można podzielić na dwie grupy:

- systemy pozyskiwania ciepła naturalnego gruntu nazywane także systemami bezmagazynowymi,
- systemy pozyskiwania ciepła uprzednio w gruncie zmagazynowanego w sposób sztuczny nazywane także systemami magazynowymi.

W obydwu grupach w przypadku gruntów nienawodnionych istnieje problem metody pozyskiwania ciepła. W układach termowentylacji i klimatyzacji stosowane są dwa rodzaje wymienników. W przepływowych gruntowych wymiennikach ciepła czynnik roboczy (powietrze) przepływa przez odpowiednie kanały [3]. W wymiennikach bezprzepływowych przepływa ono natomiast bezpośrednio przez złożę [1]. W obydwu przypadkach konstrukcja tworzona jest w gruncie antropomorficznym (o naruszonej w sposób sztuczny strukturze). W układach centralnego ogrzewania wymiennik może mieć różną konstrukcję, w której odbiór lub odpowiednio dostarczanie ciepła zapewniane jest poprzez przepływający w nim czynnik. Konstrukcje wymiennika tworzą pionowe lub poziome układy rur. Układy poziome wykonywane są w postaci ułożonej na niewielkiej głębokości węzownicy. Układy pionowe mogą być zbudowane w dwu postaciach. Pierwszą tworzą pionowe układy wymienników wykonane z węzownicy [12]. Drugą grupę tworzą pojedyncze wymienniki o konstrukcji koncentrycznej lub rury o kształcie litery U. Wymienniki te są najczęściej

zestawiane w zespoły, które połączone ze sobą tworzą baterie [7]. Stosowane są one w układach zasilania centralnego oraz strefowego. Drugi ze sposobów zasilania, pozwalając na selektywne pozyskiwanie i magazynowanie energii cieplnej, ułatwia sterowanie systemem i rozkładem temperatury w podłożu gruntowym.

Typ zastosowanego wymiennika w danym rozwiązaniu technicznym uzależniony jest głównie od warunków geologicznych. Najczęściej stosowane są wymienniki pionowe. Wówczas gdy podłoże gruntowe zbudowane jest ze skał lub gruntów spoistych jest to jedyne rozwiązanie spotykane w warstwach powierzchniowych. Wymienniki pionowe są także najczęściej spotykane w gruntach sypkich (nie spoistych).

5.2 Wymienniki w skale

Do magazynowania ciepła podłoże skalne wykorzystywane jest w praktyce w dwojaki sposób. Pierwszy polega na drążeniu w skale pionowych otworów i umieszczaniu w nich wymienników. W tym wypadku materiał skały tworzy akumulator ciepła. Pewna warstwa gruntu nie spoistego zalegająca z reguły na warstwie skalnej jest izolatorem ciepła. W drugim z rozwiązań wykorzystuje się naturalne, powstałe na skutek działalności krasowej lub wyrzutu gazów i skał, lub sztuczne komory skalne a także wyeksploatowane tunele kopalniane. Utworzone tą drogą zbiorniki, do których wprowadza się wypełniacz, tworzą naturalny akumulator ciepła [6,2]. Materiał skalny oprócz tego, że jest w tym wypadku izolatorem, przejmuje część ciepła podnosząc całkowitą pojemność cieplną zasobnika. Rozwiązania tego typu nie wchodzi jednak w zakres niniejszego opracowania ponieważ nie występują w warstwach przypowierzchniowych. Natomiast przykłady przedstawione poniżej wydają się być w tej grupie najbardziej reprezentatywne.

Centrum handlowe w Finspong

Skalny system magazynowy zastosowany w Finspong opisany w pracy [10], służy do ogrzewania centrum handlowego "Viberga" o powierzchni 13500 m². W rozwiązaniu tym pionowy wymiennik ciepła umieszczony w podłożu skalnym zbudowany jest z 24 pojedynczych wymienników typu U. Zostały one wykonane z plastikowych rur o jednostkowej długości 110 m umieszczonych w odległości co 4,2 m. W okresie grzewczym ciepło skał poprzez pompę ciepła przekazywane jest czynnikowi cieplnemu krążącemu w układzie klimatyzacji. W procesie tym uzyskuje on temperaturę 35° i służy do podgrzania powietrza nadmuchiwane do wnętrza pomieszczeń.

Przykładowy dom jednorodzinny (Szwecja)

W rozwiązaniu tym przedstawionym w pracy [11] podobnie jak w poprzednim, zastosowano pionowy skalny wymiennik ciepła skojarzony z wymiennikiem powietrznym służącym bezpośrednio do klimatyzacji wnętrza. Magazyn ciepła wykonany został w skale gnejsowej w postaci dwóch pionowych otworów o głębokości 100 m i średnicy 110 mm oddalonych od siebie o 150 m. Wewnątrz otworów umieszczone zostały pionowe wymienniki typu U z rur o średnicy 40 mm. Jako nośnik ciepła w układzie zastosowano solankę.

Centrum uniwersyteckie w Lulei

System do ogrzewania budynków uniwersyteckich w Lulei jest największym systemem wykorzystującym pionowe wymienniki ciepła umieszczone w podłożu skalnym. Odpowiada on zapotrzebowaniu na ciepło stu domów jednorodzinnych. Ze względu na swoje znaczenie został on opisany w kilku pracach, z których cytujemy najważniejsze [7,8,9]. Zapewnienie tak dużych ilości ciepła wymagało zastosowania zarówno odpowiednio dużego zbiornika ciepła jak i wymiennika. Podłoże w miejscu lokalizacji magazynu zbudowane było z gliny do głębokości 2-6 m. Poniżej do głębokości 25 m zalegały średnio ziarniste granity i granitognejsy. Poniżej tej głębokości występował granit. System wymiany ciepła zbudowano ze 120 pojedynczych wymienników koncentrycznych. Otwory w gruncie mają średnicę 1500 mm a ich głębokość wynosi 65-66 m. Umieszczono je na powierzchni o wymiarach 36 na 44 m w odległości co 4 m. Otwory są połączone między sobą. Objętość tak utworzonego magazynu wynosi 100000 m³. Temperatura skał w okresie magazynowania osiąga wartość 80° a w okresie odzysku spada do 10°.

5.3 Wymienniki w gruncie

W przypadku podłoża gruntowego nie spoiściego, konstrukcja wymienników ciepła a tym samym samego magazynu jest bardziej urozmaicona niż w połączonych wyżej przykładach konstrukcji skalnych. Stosuje się tu, oprócz opisanego rozwiązania w postaci systemu rur pionowych, rozwiązania wykorzystujące układy poziome. Ze względu jednak na koszty instalacji są one rzadziej spotykane. Bardziej urozmaicone są także rozwiązania o układzie pionowym. Poniżej przedstawiamy trzy nabrzdziej charakterystyczne.

Układy poziome dla domów jednorodzinnych

Najprostszym przykładem poziomego wymiennika do ogrzewania budynku [5] jest węzownica wykonana z plastikowej rury ułożona na niewielkiej głębokości.

Najczęściej jest ona umieszczana w pobliżu domu choć spotyka się także rozwiązania, w których objętość robocza znajduje się pod budynkiem i jest otoczona pogłębionym fundamentem. Zmniejsza to w pewnym stopniu straty ciepłe zasobnika. Ogólnie należy jednak zaznaczyć, że ze względu na zakres prac ziemnych układy pozicje są spotykane rzadziej i służą do ogrzewania małych obiektów.

System Sunklay

System o nazwie Sunklay z pionowym wymiennikiem ciepła w gruncie przedstawiony w pracy [4] wykorzystywany jest do ogrzewania szkoły. Współpracuje on z kolektorem słonecznym o powierzchni 500 m^2 . Sam magazyn o pojemności 37000 m^3 zbudowany jest z gruntu spoistego - gliny. Umieszczonych jest w nim 600 pojedynczych wymienników pionowych typu U wykonanych z rur polietylenowych o długości 35 m. Krążąca w układzie woda umożliwia podgrzanie gruntu do temperatury 15° podczas gdy normalna temperatura gruntu wynosi 8° . W okresie poboru ciepła z gruntu jego temperatura obniża się do 10° .

Osiedle domów jednorodzinnych w Gröningen

System z wymiennikami o układzie pionowym zbudowany w Gröningen [13] dla potrzeb osiedla domów jednorodzinnych, wykorzystuje do celów akumulacji ciepła podłoże z piasków i piasków ilastych. Magazyn ciepła ma interesującą konstrukcję o wysokich walorach użytkowych. Zbudowany jest on z dwóch części - magazynu krótkoterminowego oraz magazynu sezonowego. Magazyn sezonowy ma kształt wielkogabarytowego walca o średnicy 38 m i wysokości 20 m, wewnątrz którego współosiowo umieszczony jest magazyn krótkoterminowy. W płaszczyznach pionowych leżących w osi symetrii zainstalowane zostały pionowe układy wężownic pozwalające ogrzać objętość roboczą do temperatury 60° . Umieszczenie zasobnika ciepła krótkoterminowego wewnątrz zasobnika długoterminowego stanowiącego swego rodzaju płaszcz izolacyjny przyczyniło się do zmniejszenia strat ciepła i w sposób istotny podniosło sprawność systemu.

5.4 Wnioski

Liczba prac poświęconych wymiennikom pionowym dowodzi, że rozwiązanie tego typu jest o wiele bardziej popularne. Wymaga ono mniejszych nakładów inwestycyjnych oraz terenu o mniejszej powierzchni. Rozwiązanie to może być stosowane zarówno w skale jak i w gruncie nie spoistym. Wymienniki w układzie poziomym, oprócz ograniczonego warunkami geologicznymi zastosowania, wymagają

dodatkowo odwodnienia terenu, co jest niezbędne dla rozpoczęcia prac ziemnych. Dodatkowo w trakcie ich użytkowania pojawić się mogą problemy związane z odspajaniem się gruntu od węzownicy spowodowane jego niedostatecznym zagęszczeniem. Z analizy rozwiązań wynika, że systemy wymienników w układzie pionowym instalowane są w różnych warunkach geologicznych a warunki te mają pewien wpływ na kształt rozwiązań. Trudno w tym przypadku ocenić w jakim stopniu kształt danego rozwiązania wynikał bezpośrednio z analizy warunków geologicznych a w jakim był efektem chęci sprawdzenia kolejnej konstrukcji.

Bibliografia

- [1] G.J. Besler i inni: *Badania urządzenia pilotowego pozyskiwania energii gruntu dla celów wentylacji*, Raport 40/82, Inst. Inż. Chem. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1982
- [2] Ch. Brunstrom, C.G. Hillstrom: *The Lyckebo project, solar district heating with seasonal storage in a rock cavern*, Document D20:1987, Swedish Council for Building Research
- [3] H. Foit, S. Majerski: *Przeponowy wymiennik gruntowy i jego zastosowanie w systemach wentylacji*, COW, 7--8, 1986
- [4] G. Hultmark: *Sunklay - operation and optimization*, III ICES for Build. Heat. and Coll., Toronto, Canada, 1985.
- [5] A. Kuchler, M. Szpikowski: *Wykorzystanie podłoża gruntowego i wód gruntowych w systemach pozyskiwania energii do celów grzewczych*, Raport CPBP 02.21-2.21, Warszawa, 1988
- [6] A. Mareske et al.: *Research project on a depressurized long service heat accumulator in Berlin*, Int. Conf. on Subsurface Heat Storage in Theory and Practice, Stockholm, 1983
- [7] B. Nordell: *The borehole heat store in rock at the Lulea University of Technology*, Document D6:1987, Swedish Council for Building Research
- [8] B. Nordell: *The borehole heat store at Lulea, Sweden*, III ICES for Build. Heat. and Coll., Toronto, Canada, 1985.
- [9] B. Nordell et al.: *Leaching of rock fractures. Laboratory and field tests for borehole heat store*, Document D4:1988, Swedish Council for Building Research
- [10] B. Ostensson: *A HWAC system based on seasonal heat storage*, III ICES for Build. Heat. and Coll., Toronto, Canada, 1985.
- [11] J. Tollin: *Heat pump with a hard rock well equipped for thermal recharging*, III ICES for Build. Heat. and Coll., Toronto, Canada, 1985.
- [13] A.J. Wijsman, G.A. Meurs: *Validation at "Duct-Store" models with experimental data from the Groningen project*, III ICES for Build. Heat. and Coll., Toronto, Canada, 1985.
- [14] A.J. Wijsman: *The Groningen project. Seasonal storage at solar heat in the soil using a vertical heat exchanger*, Int. Conf. on Subsurface Heat Storage in Theory and Practice, Stockholm, 1983