

Odwierty dla pomp ciepła jako potencjalne punktowe ogniska zanieczyszczeń wód podziemnych

Boreholes for ground source heat pumps as potential sources of groundwater contamination

Marcin Jarzyński¹, Anna J. Żurek²

Streszczenie: Gruntowe pompy ciepła jako nowoczesne metody ogrzewania ze źródeł odnawialnych znalazły w Polsce powszechne zastosowanie przez użytkowników prywatnych. Ogólnie rzecz biorąc, instalacja pomp ciepła nie podlega żadnym polskim przepisom prawnym. Zakłada się, że technologia otworów wiertniczych dla pomp ciepła jest bezpieczna dla środowiska gruntowego. W rzeczywistości znaczna część instalacji pomp ciepła stanowi potencjalne ogniska zanieczyszczenia wód podziemnych. W artykule przedstawiono regulacje prawne odnoszące się bezpośrednio lub pośrednio do gruntowych pomp ciepła, a następnie dokonano przeglądu stosowanych technologii oraz typowych wad w projektowaniu i realizacji instalacji pomp. Omówiono cztery rzeczywiste przykłady usterek w montażu pomp ciepła z gruntu.

Abstract: Ground source heat pumps as modern renewable heating methods became commonly installed in Poland by private users. In general, installation of heat pumps not be a subject to any Polish legal regulations. It is assumed that the technology of boreholes for heat pumps is safe for groundwater environment. In reality, a significant part of the heat pump installations creates potential sources of groundwater contamination. The paper presents legal regulations which refer directly or indirectly to ground source heat pumps and shortly reviews applied technology and common faults in installation design and realization process. Four practical examples of faults in installation of ground source heat pumps are discussed.

Słowa kluczowe: gruntowa pompa ciepła, ognisko zanieczyszczenia wód podziemnych

Key words: ground source heat pump, groundwater contamination source

WSTĘP

Pompy ciepła to coraz powszechniej stosowane urządzenia wykorzystujące i przetwarzające energię pochodzącą z gruntu, wody lub powietrza, czyli odnawialnych źródeł energii (OZE). Klasyczny układ z pompą ciepła składa się z trzech zasadniczych, ściśle powiązanych ze sobą elementów: tzw. źródła dolnego, jednostki centralnej oraz tzw. źródła górnego. W wielkim skrócie można powiedzieć, że zasada działania tego układu polega na przekazywaniu ciepła z dolnego do górnego źródła przy dostarczeniu pewnej porcji energii elektrycznej z ze-

wnątrz, niezbędnej do prawidłowej pracy całego układu.

O ile w przypadku pomp wykorzystujących wody gruntowe jako źródło ciepła stosuje się zapisy ustawy Prawo wodne, o tyle w sytuacji wykonywania gruntowych kolektorów pionowych zapisy tej ustawy nie obowiązują. Zakłada się, że technologia wykonania odwiertów oraz ich wypełnienia właściwym materiałem nie stwarza zagrożenia dla środowiska wód podziemnych. Praktyka niestety często przeczy temu założeniu i nieprawidłowo wykonane odwierty stanowią niekontrolowane punktowe ogniska zanieczyszczeń wód podziemnych.

W artykule zostały przeanalizowane podstawy prawne obowiązujące podczas wykonania pomp ciepła, ze szczególnym uwzględnieniem sytuacji, gdy wymagane jest zezwolenie na prowadzenie wierceń dla głębokości większej niż 30 m. Omówiono podstawowe rozwiązania techniczne stosowane przy wykonywaniu pomp ciepła

¹ – Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie, Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Gliwicach, Zarząd Zlewni w Gliwicach, e-mail: marcin.jarzynski@wody.gov.pl

² – AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, WGGiOŚ, Katedra Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, e-mail: zurek@agh.edu.pl

i stosowane zabezpieczenia pozwalające na ograniczenie negatywnego oddziaływania na środowisko gruntowo-wodne. Na przykładach wskazano możliwe uchybienia w zalecanej metodyce, powodowane przede wszystkim chęcią obniżenia kosztów inwestycji i stwarzające zwiększone ryzyko przenikania zanieczyszczeń do wód podziemnych. Zaprezentowane zostały pewne sugestie dotyczące monitorowania sposobu wykonania odwiertu na etapie jego realizacji i po jego wykonaniu w celu eliminacji potencjalnego zagrożenia zanieczyszczenia wód podziemnych.

PODSTAWY PRAWNE WYKONYWANIA POMP CIEPŁA

Nie ma dotychczas w prawodawstwie polskim jednolitych przepisów dotyczących metodyki wykonania pomp ciepła, ale wykonanie odwiertów jako dolnego źródła dla pomp ciepła wymaga spełnienia pewnej, przewidzianej prawem procedury. Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. 2011 nr 163, poz. 981 z późn. zm.) definiuje głębokość wykonania odwiertów, poniżej której należy uzyskać stosowne zezwolenia, na 30 m p.p.t. Dla odwiertów o głębokości od 30-100 m p.p.t. konieczne jest wykonanie projektu robót górniczych i zatwierdzenie go w starostwie powiatowym. Podczas wykonywania otworów o głębokości przekraczającej 100 m p.p.t. należy do projektu robót górniczych dołączyć plan ruchu zatwierdzony w Okręgowym Urzędzie Górniczym. Odwierty pod pompy ciepła generalnie nie podlegają przepisom ustawy Prawo wodne (Dz.U. 2001 nr 115, poz. 1229 z późn. zm.). Przepisy Prawa wodnego mają zastosowanie jedynie wówczas, gdy wykonanie inwestycji jest planowane w strefie ochrony pośredniej ujęcia wody, w odniesieniu do której w decyzji uzgadniającej wpisano zakaz realizacji tego typu prac. Bezpośrednich wymogów prawnych dotyczących wykonywania odwiertów pod pompy ciepła nie zawiera także Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2001 nr 62, poz. 627 z późn. zm.). Przepisy tej ustawy mogą dotyczyć jedynie ewentualnej odpowiedzialności właściciela lub wykonawcy instalacji w zakresie zanieczyszczenia środowiska wodno-gruntowego. Prawo budowlane (Dz.U. 1994 nr 89, poz. 414 z późn. zm.) narzuca jedynie wymóg zgłoszenia wykonania naziemnej obudowy odwiertów, a Ustawa z dnia 27 marca 2003 r.

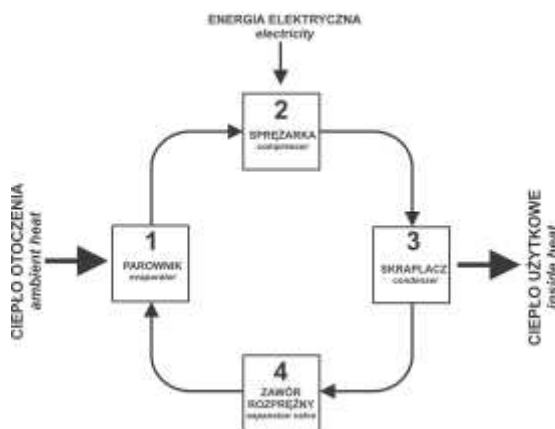
o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz.U. 2003 nr 80, poz. 717 z późn. zm.) odnosi się jedynie do zakazu prowadzenia jakichkolwiek prac ziemnych w niektórych obszarach, np. obszarach chronionych. Pewne prawne możliwości oceny zagrożenia ze strony nieprawidłowo wykonanych instalacji pomp ciepła stwarza Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz.U. 2008 nr 188, poz. 277 z późn. zm.). Niestety w praktyce wykonuje się bardzo mało tego typu ocen oddziaływania na środowisko. Wynika to głównie z tego, że instytucje uprawnione do wykonywania tych ocen nie posiadają żadnych informacji o planowanych bądź zrealizowanych instalacjach tego typu, ponieważ wykonawcy skutecznie wykorzystują istniejące luki prawne.

W odpowiedzi na brak jednoznacznych przepisów Polska Organizacja Rozwoju Technologii Pomp Ciepła opracowała wytyczne stanowiące kompendium przepisów i zaleceń do prawidłowego wykonywania 'dolnych źródeł' w postaci odwiertów (PORT PC 2013).

TECHNOLOGIE STOSOWANE PRZY DOBORZE POMP CIEPŁA

Podstawową zasadą działania pompy ciepła jest pochłanianie ciepła przez odparowanie czynnika roboczego przy stosunkowo niskiej temperaturze i jego ponowne oddawanie na wyższym poziomie termicznym w wyniku skroplenia (Lachman 2015). Ponieważ wymienione przejścia międzyfazowe odbywałyby się przy stałym ciśnieniu, ale bez zmiany temperatury, w celu jej podniesienia należy podwyższyć ciśnienie, wykorzystując do tego celu energię elektryczną (rys. 1).

Prawidłowe działanie pompy ciepła wymaga pozyskania za pomocą wymiennika pewnej ilości ciepła otoczenia z dolnego źródła, którym mogą być woda, powietrze lub grunt. Gdy dolnym źródłem ciepła jest woda gruntowa, konieczne staje się wykonanie dwóch studzien: zasilającej i zrzutowej, usytuowanych prostopadle do kierunku przepływu wody podziemnej. Innym rodzajem dolnego źródła ciepła jest powietrze, które jest zasysane, schładzane w parowniku pompy ciepła, a następnie ponownie odprowadzone do otoczenia (Viessmann 2013). W przypadku bardzo niskich temperatur zewnętrznych



Rys. 1. Schemat działania pompy ciepła
Fig. 1. Operation scheme of heat pump

sprawność tego typu pomp znacznie spada. Osobną grupę pomp ciepła stanowią urządzenia wykorzystujące jako dolne źródło tzw. ciepło odpadowe. Wykorzystuje się wtedy przykładowo zużyte powietrze pochodzące z instalacji wentylacyjnych albo ścieki przemysłowe lub komunalne.

Przeważającą grupę dolnych źródeł stanowią grunto- we wymienniki ciepła (GWC) służące do odbioru energii zgromadzonej w gruncie. Pozyskiwanie ciepła ziemi jest możliwe dzięki zdolnościom akumulacyjnym gruntu. W gruntach zaznacza się wyraźna stratyfikacja temperatury. Do głębokości ok. 5 m p.p.t. temperatura gruntu jest ściśle zależna od pór roku i temperatury powietrza. Wraz ze wzrostem głębokości poniżej powierzchni terenu temperatura się stabilizuje. Praktycznie na głębokości 15 m p.p.t. temperatura gruntu jest stała przez cały rok i w warunkach polskich utrzymuje się na poziomie około 10°C. Wraz z dalszym wzrostem głębokości obserwuje się wzrost temperatury wynikający ze stopnia geotermicznego.

GWC posiadają najczęściej budowę rurową i można je podzielić na: poziome, pionowe oraz koszowe.

Poziome GWC (tzw. kolektory ziemne) to rurowe przewody z tworzyw sztucznych umieszczone liniowo lub spiralnie w gruncie na głębokości od 1,2-1,5 m p.p.t. Tego typu rozwiązania wywołują konieczność zebrania znacznej warstwy ziemi, a dodatkowo po ułożeniu przewodów pojawia się wiele obostrzeń związanych z funkcjonalnym wykorzystaniem terenu, na którym wy-

konano GWC.

Koszowe GWC stanowią alternatywę wszędzie tam, gdzie powierzchnia działki jest zbyt mała na wykonanie kolektora poziomego, a warunki geologiczne i wodno-gruntowe wykluczają możliwość wykonania sond pionowych (Koczorowski 2014). Koszowe GWC układa się w wywierconych otworach o średnicy min. 450 mm i głębokości ok. 5,0 m p.p.t. w ten sposób, aby dotykały dna odwiertu. Następnie wykonuje się obsypkę, najlepiej z piasku gliniastego zawilgoconego. W tym przypadku, podobnie w odniesieniu do poziomych GWC, występują obostrzenia związane z zagospodarowaniem terenu. Szczególnie należy unikać roślinności o silnie rozbudowanym i głębokim systemie korzeniowym.

Pionowe GWC (tzw. sondy pionowe) dzieli się w zależności od konstrukcji na trzy zasadnicze grupy; są nimi: pojedyncza U-rura, podwójna U-rura, GWC współosiowe (koaksjalne) (PORT PC 2013; Stefanowicz, Szulgowska-Zgrzywa 2017). W dwóch pierwszych grupach zazwyczaj stosuje się rury o średnicach od 32÷50 mm, natomiast w rozwiązaniu koaksjalnym operuje się głównie w przedziale średnic rur 63/32 mm lub 50/25 mm. Powierzchnia rury może być gładka lub perforowana w zależności od producenta. Rury wypełniane są medium odbierającym i transportującym ciepło z gruntu, którym najczęściej jest glikol propylenowy lub etylenowy.

TYPOWE BŁĘDY PROJEKTOWE I WYKONAWCZE PIONOWYCH GWC STWARZAJĄCE ZAGROŻENIE DLA WÓD PODZIEMNYCH

Podstawowym błędem przy projektowaniu pionowych GWC w postaci odwiertów w gruncie jest brak rozpoznania budowy geologicznej, która determinuje wielkość podstawowego dla tego typu instalacji parametru, jakim jest tzw. współczynnik przewodzenia ciepła gruntu (λ_g). Parametr ten służy do oceny jednostkowej wydajności cieplnej (q_v), która decyduje o zasadności ekonomicznej projektowanej instalacji. Parametr λ_g można wyznaczyć bezpośrednio – na podstawie testu reakcji termicznej (TRT), lub pośrednio – z opisu profilu geologicznego uzyskanego podczas wiercenia (Koczorowski 2015). W obu tych przypadkach należy wykonać odwiert próbny, którego zrobienie jest bardzo kosztowne

i w przypadku małych obiektów typu domy jednorodzinne takich badań przeważnie się nie wykonuje. Praktyka pokazuje, że za gwarant sprawności pracy pompy ciepła przyjmuje się wielkości parametrów uzyskane metodami szacunkowymi na potrzeby wykonywania wstępnych kosztorysów ofertowych. W metodzie szacunkowej wykorzystuje się informacje z dostępnych map, przekrojów i archiwalnych profilów geologicznych. Na ich podstawie można wyliczyć wartość współczynnika λ_g jako średnią ważoną odniesioną do różnych warstw gruntu. Stosuje się także uproszczenie, że wraz ze wzrostem współczynnika λ_g rośnie jednostkowa wydajność ciepła gruntu – q_v (PORT PC 2013). Niedokładne oszacowanie tych parametrów może doprowadzić do przewymiarowania lub niedowymiarowania pionowych gruntowych wymienników ciepła. Przewymiarowanie skutkuje nieuzasadnionym wzrostem kosztów inwestycji, natomiast niedowymiarowanie powoduje, że pionowe GWC nie będą zapewniały poboru odpowiedniej ilości ciepła z gruntu, co wywołuje znaczne obniżenie temperatury gruntu w obszarze GWC i utratę jego zdolności do regeneracji.

Podstawowe błędy wykonawcze podczas realizacji pionowych GWC związane są z doбором właściwego materiału wypełniającego przestrzeń pomiędzy pionowymi rurami GWC a ścianami odwiertu oraz z procesem jego iniekcji. Materiał ten ma na celu zapewnienie prawidłowej wymiany cieplnej oraz zabezpieczenie gruntowego wymiennika ciepła przed uszkodzeniem. Bardzo istotną funkcją wypełnienia otworu, z punktu widzenia ochrony wód podziemnych, jest jego uszczelnienie na całej długości w celu zabezpieczenia przed przenikaniem zanieczyszczeń z powierzchni terenu.

Proces wypełnienia (zabetonowywania) otworu wraz z umieszczonymi w nim sondami i rurami dokonywane jest za pomocą specjalnie dobranej rury iniekccyjnej, przez którą podawany jest materiał wypełniający i odbywa się zawsze w kierunku od jego dna do powierzchni terenu. Niedopuszczalne jest wlewanie wypełnienia z powierzchni terenu tak, aby siłą ciężkości opadał na dno i wypełniał wolną przestrzeń. W taki sposób nie zapewnimy ciągłości wypełnienia, a co za tym idzie – jego szczelności. Podczas wypełniania otworu należy dążyć do tego, aby na całej jego długości gęstość wypełnienia była zawsze jednakowa. Parametry rury iniekccyjnej dobiera się w zależności od rodzaju materiału wypełniającego i głębokości

odwiertów. Rura ta po wykonaniu iniekcji może być albo pozostawiona w otworze albo z niego usunięta, o czym decyduje zazwyczaj wykonawca na budowie.

Skład mieszanki wypełniającej musi spełniać wiele wymagań, których dotrzymanie zapewni zarówno odpowiednią wydajność cieplną, jak również bezpieczeństwo środowiska wodno-gruntowego. Minimalne wymagania w odniesieniu do masy wypełniającej zawarte są w wytycznych projektowania (PORT PC 2013) i dotyczą między innymi: współczynnika filtracji ($k_{fv} < 10^{-9}$ m/s), współczynnika przewodzenia ciepła ($\lambda_w > 0,8$ W/m K); gęstości ($\rho_w > 1250$ kg/m³), wytrzymałości na ściskanie ($\sigma_w > 2,5$ N/mm² po 28 dniach); mrozoodporności ($t_{wgr} = -10^\circ\text{C}$), odporności na korozję (XA2 zgodnie z PN-EN 206-1:2003); odstoju wody po 24 godzinach ($S_w < 2\%$), braku składników szkodliwych dla wód podziemnych i środowiska.

Stosowanie, z powodów źle rozumianej oszczędności, niewłaściwie dobranego materiału wypełniającego lub stosowanie go w nieodpowiedniej ilości (w ekstremalnych przypadkach jego brak) sprawiają, że w wypełnieniu otworu pojawiają się wolne przestrzenie powietrzne, które obniżają sprawność sond i stwarzają zagrożenie dla środowiska wodno-gruntowego. Źle wypełnione odwierty stwarzają zagrożenia: (I) wypłukiwania się substancji zanieczyszczających z materiału wypełniającego; (II) połączenia różnych warstw wodonośnych oraz (III) przenikania zanieczyszczeń bezpośrednio z powierzchni terenu.

Ze względu na znaczną kurczliwość bentonitu należy do wypełnień stosować mieszanki, które zawierają go jak najmniej lub są go w ogóle pozbawione. Wskazane jest także usuwanie po wierceniu resztek płuczki wiertniczej zawierającej bentonit. Generalnie wypełnianie otworu należy tak przeprowadzić, aby proces wypierania płuczki wiertniczej z otworu przebiegał w sposób kontrolowany, wtlaczany materiał nie ulegał segregacji, a przestrzeń otworowa została szczelnie wypełniona (Koczorowski 2013). W przypadku głębokich otworów wiertniczych konieczne jest stosowanie wypełnień o odpowiednich właściwościach tiksotropowych, gwarantujących szybki proces krzepnięcia po zakończeniu iniekcji oraz zapobiegających przenikaniu materiału wypełniającego do warstw wodonośnych. Do sprawdzenia ciągłości wypełnienia na całej długości otworu stosuje się metody geofi-

zyczne, wymagające dodania do materiału wypełniającego domieszek minerałów magnetycznych oraz piasku cyrkonowego (Mirowski 2016).

Typowe błędy projektowe związane są także z doborem rodzaju cieczy krążącej w instalacji. W sytuacji uszkodzenia przewodów zasilania lub powrotu cieczy ta przedostaje się do środowiska wodno-gruntowego. Zgodnie z wytycznymi PORT PC (2013) do stosowania w GWC zaleca się ciecz nisko krzepnącą na bazie wodnego roztworu glikolu propylenowego lub glikolu etylenowego. Ciecze te muszą być atestowane, zawierać inhibitory korozji, stabilizatory, przeciwutleniacze oraz dodatki zapobiegające powstawaniu piany. Aby spełnić wszystkie te wymogi, udział objętościowy glikolu w cieczy nie może być mniejszy niż 25%.

WYBRANE PRZYKŁADY REALIZACJI INSTALACJI STANOWIĄCYCH POTENCJALNE OGNISKA ZANIECZYSZCZENIA

Przypadek 1 – brak rozpoznania warunków geologicznych; nieprawidłowe wypełnienie otworów (rys. 2a).

Inwestor postanowił wykonać instalację centralnego ogrzewania oraz pozysku ciepłej wody użytkowej w budynku jednorodzinny z wykorzystaniem gruntowej pompy ciepła z dolnym źródłem w postaci sond pionowych. Ze względu na dużą kubaturę budynku jednorodzinnego zaprojektowano wykonanie 6 odwiertów o głębokości 100 m, które zgodnie z zaleceniami inwestora zlokalizowano na niewielkim obszarze (odległość między skrajnymi otworami w założonej siatce wynosiła maksymalnie 15 m). Pomimo znacznej głębokości otworów niedopełniony został obowiązek uzyskania stosownych zezwoleń i zgłoszenia planowanej inwestycji do odpowiednich organów. Dążąc do zminimalizowania kosztów, całkowicie pominięto kwestię profesjonalnego rozpoznania budowy geologicznej oraz wykonania odpowiednich symulacji i oszacowań wielkości odzysku ciepła. Liczbę otworów przyjęto jedynie na podstawie doświadczenia wykonawcy odwiertów i analogii do podobnych realizowanych inwestycji. Odwierty wykonywano z użyciem profesjonalnej wiertni, metodą „na płuczkę” oraz metodą udarową. Płuczka i urobek były odprowadzane do cieku powierzchniowego lub do niezabezpieczonego dołu. Podczas wykonywania prac występowały trudności związane ze znaczną zmiennością

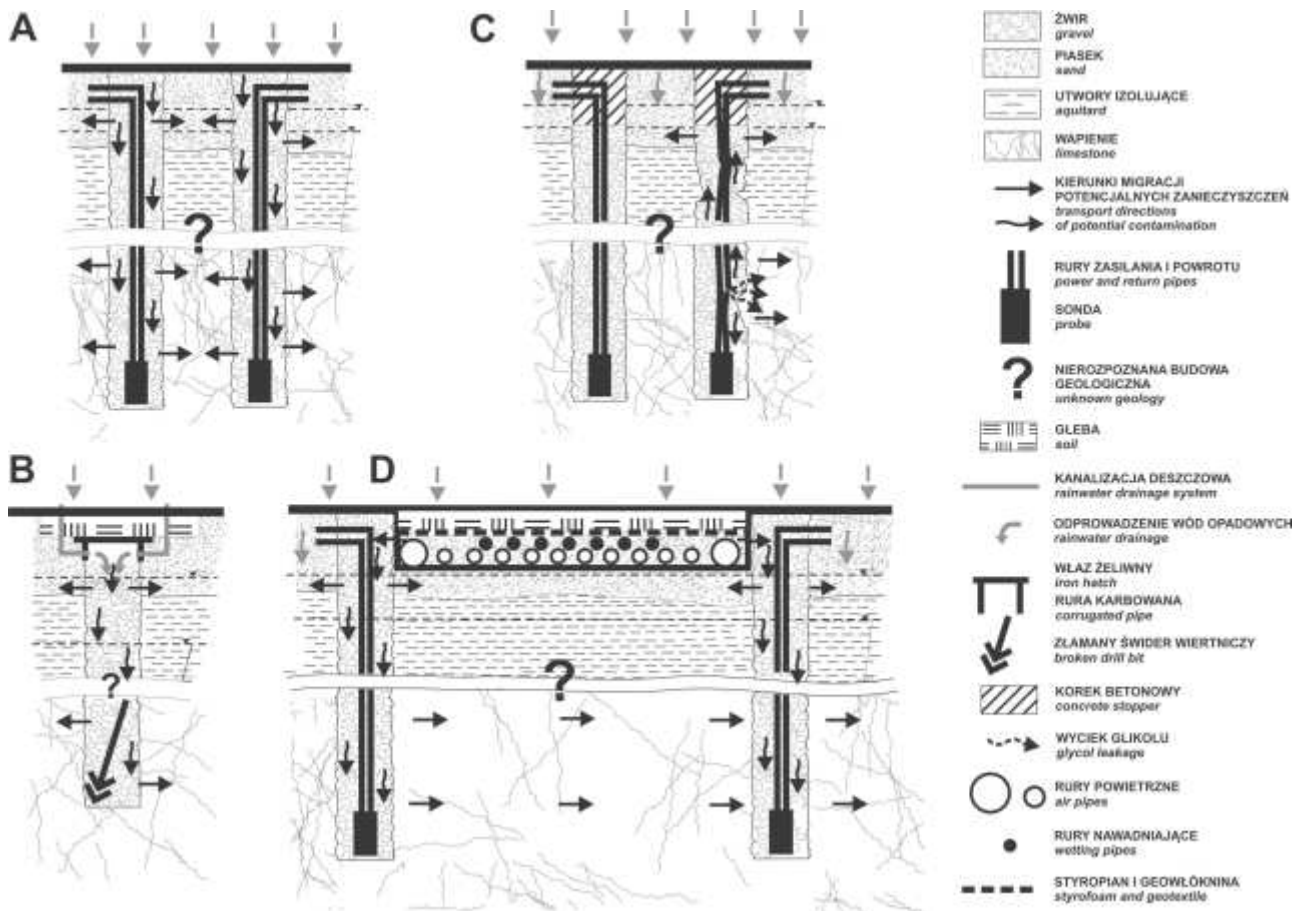
litologiczną przewierczanych utworów oraz naporowym zwierciadłem wód podziemnych. Podczas wykonywania jednego z odwiertów nastąpiła awaria (złamanie) świdra na głębokości ok. 60 m p.p.t. Zdecydowano o likwidacji otworu oraz wyznaczono lokalizację otworu zastępczego. Po wykonaniu wszystkich projektowanych odwiertów i umieszczeniu w nich sond z dwoma rurami (zasilanie i powrót) wszystkie otwory zostały zasypane mieszanką żwirowo-piaskową do poziomu powierzchni terenu.

Wypełnienie otworów mieszanką żwirowo-piaskową powoduje, że stanowią one swego rodzaju by-passy, którymi mogą przenikać zanieczyszczenia z powierzchni terenu bezpośrednio do warstwy wodonośnej z pominięciem strefy aeracji wraz z warstwą glebową, a w przypadku warstwy naporowej – także izolującego nadkładu (rys. 2a).

Przypadek 2 – brak likwidacji otworu po awarii wiertniczej i wykorzystanie otworu jako studni chłonnej (rys. 2b).

W trakcie wykonania odwiertów dla GWC nastąpiła awaria w jednym z nich i otwór został dogłębiony jedynie do 45 m p.p.t. W celu ograniczenia kosztów związanych z prawidłową likwidacją otworu wykonawca zaproponował inwestorowi wykorzystanie takiego niedokończonego odwiertu jako studni chłonna-zrzutowej przykładowo dla wód opadowych i roztopowych. Otwór zarurowano i doprowadzono do niego za pomocą rur kanalizacyjnych system odwodnienia dachu budynku mieszkalnego oraz budynków gospodarczych. Przyłącze wykonane było na głębokości 1,2 m p.p.t., a warstwa nadkładu w postaci gruntu obsianego trawą i ozdobną roślinnością doskonale zakamufłowała nielegalny system odprowadzenia wód opadowych i roztopowych.

Niedokończony otwór wiertniczy zaadaptowany na studnię chłonną stanowi, podobnie jak w przypadku pierwszym, rodzaj by-passów, poprzez które zanieczyszczenia infiltrują bezpośrednio z powierzchni terenu do warstwy wodonośnej. Z zasady wszystkie urządzenia służące do zbierania wód opadowych i roztopowych powinny być wyposażone w systemy wyczystek – filtrów mających za zadanie wyłapywanie stałych zanieczyszczeń organicznych oraz mineralnych, tj. liści, gałęzi piasku, pyłu itp. W opisanym przypadku brak wyczystki powoduje, że wszystkie zanieczyszczenia organiczne



Rys. 2. Schematy przykładowych instalacji gruntowych wymienników ciepła (GWC) stanowiących potencjalne ogniska zanieczyszczeń wód podziemnych: a) przypadek 1 – brak rozpoznania warunków geologicznych; nieprawidłowe wypełnienie otworów; b) przypadek 2 – brak likwidacji otworu po awarii wiertniczej i wykorzystanie otworu jako studni chłonnej; c) przypadek 3 – pęknięcie rury wskutek złej instalacji i wyciek glikolu; d) przypadek 4 – lokalizacja gruntowego wymiennika powietrza w bezpośrednim sąsiedztwie GWC ze żwirowym wypełnieniem otworów. Pozostałe objaśnienia w tekście

Fig. 2. Schematic diagrams of exemplified installation of ground source heat pumps which represent the potential groundwater contamination sources: a) case study 1 – unrecognized geology and improper boreholes filling; b) case study 2 – borehole which was improperly abandoned after drilling accident is used as an injection well; c) case study 3 – a pipe burst as a consequence of improper installation resulted in glycol leakage; d) case study 4 – location of ground-air heat exchanger in the immediate vicinity of GWC with gravel-filled boreholes. Detailed explanations in text

i mineralne trafiają do studni chłonnej. Odprowadzenie wody deszczowej i roztopowej ze znacznej powierzchni dachów kilku budynków do pojedynczej studni chłonnej powoduje powstanie skupionej, a co za tym idzie – bardzo intensywnej infiltracji w okresach opadów i roztopów. Wielokrotnie wyższa od naturalnej, punktowa infiltracja powoduje znaczne przyspieszenie migracji zanieczyszczeń odprowadzonych do studni chłonnej wraz z wodą opadową (rys. 2b).

Przypadek 3 – pęknięcie rury wskutek złej instalacji i wyciek glikolu (rys. 2c).

W przypadku tym na instalację GWC składały się

cztery odwierty o głębokości 90 m p.p.t. Problemy pojawiły się po roku funkcjonowania instalacji i serwisant, analizując cały układ pompy ciepła, stwierdził ubytki ciśnienia medium wypełniającego instalację, co jednoznacznie oznacza wyciek. Wyciek spowodowany był uszkodzeniem rury zasilającej w jednym z otworów. Uszkodzenie powstało z winy wykonawcy, który nie dopełnił podstawowego zalecenia dotyczącego instalacji. Podczas osadzania sondy w otworze rury zasilania i powrotu powinny być wypełnione cieczą, aby dzięki powstałemu w ten sposób ciśnieniu nie doprowadzić do zaciśnięcia rury i jej uszkodzenia. W omawianym przypadku ciśnienie parcjale gruntu zaciśnęło jedną z rur,

która podczas pracy instalacji pękła, a glikol propylenowy z inhibitorami korozji wypełniający instalację wyciekł do żwirowego wypełnienia kolumny, a następnie do ośrodka wodno-gruntowego (rys. 2c).

Przedostanie się medium wypełniającego instalację gruntowego wymiennika ciepła do wód podziemnych stanowi szczególnie przypadek zanieczyszczenia. Ponieważ medium wypełniające (w tym przypadku glikol) znajduje się w instalacji pod ściśle określonym ciśnieniem, w przypadku awarii jednego z przewodów tłocznych (zasilania bądź powrotu) zostaje ono niejako wtłoczone do gruntu i rozprzestrzenia się w warstwie wodonośnej znacznie szybciej niż w warunkach naturalnego przepływu.

Przypadek 4 – lokalizacja gruntowego wymiennika powietrza w bezpośrednim sąsiedztwie GWC ze żwirowym wypełnieniem otworów (rys. 2d).

W omawianym przypadku GWC zostało wykonane jako seria ośmiu otworów po 110 m głębokości każdy. Odwierty po zainstalowaniu sond pionowych wypełniono żwirem. Inwestor równolegle z instalacją pompy ciepła zdecydował się na wykonanie gruntowego wymiennika powietrza na potrzeby systemu wentylacji budynku. Ze względu na duże rozmiary takiego wymiennika został on zlokalizowany w przestrzeni pomiędzy wykonanymi odwiertami dla pompy ciepła. Działanie takiego wymiennika powietrza można porównać do wielkiego odkurzacza wodnego, ale bez możliwości oczyszczenia lub wymiany filtra. Powietrze zasysane do wymiennika zawiera, zwłaszcza w okresie zimowym, dużo zanieczyszczeń, które osadzają się w przestrzeniach międzyziarnowych, a podczas zraszania wymiennika infiltrują w głąb gruntu. Biorąc pod uwagę fakt, że opisany wymiennik powietrza otoczony jest barierą głębokich kolumn żwirowych, zanieczyszczenia te mogą przenikać nawet do głębszych warstw wodonośnych.

W opisanym przypadku, analogicznie jak w przypadkach 1 i 2, wypełnienie głębokich otworów żwirem aż do powierzchni terenu umożliwia bezpośrednią infiltrację zanieczyszczeń. Elementem odróżniającym opisywaną sytuację jest obecność gruntowego wymiennika powietrza umieszczonego w strefie pomiędzy otworami wiertniczymi. Powietrze wprowadzone do wymiennika ulega schłodzeniu bądź ogrzaniu (w zależności od różnicy tem-

peratury powietrze–grunt), oczyszczeniu, zwilżeniu i następnie zostaje przekazane do urządzeń wentylacji mechanicznej (rekuperatora) w budynku. Pozostałe na żwirowym wymienniku zanieczyszczenia, w procesie jego zwilżania wodą, infiltrują do płytkich wód podziemnych, a za pośrednictwem otworów wiertniczych – także do głębszych struktur wodonośnych (rys. 2d).

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Praktyka budowy gruntowych wymienników ciepła (GWC), do których nie stosują się zapisy Prawa wodnego, pokazuje, że technologia ich wykonania często odbiega od zalecanej metodyki i stanowią one potencjalne ogniska zanieczyszczenia. Problem ten nasila fakt, że na polskim rynku regulacji budowlanych brak jest jednoznacznych rozporządzeń czy norm wskazujących, jak prawidłowo wykonywać pionowe odwierty dla pomp ciepła. Kompendium zaleceń i wskazówek dla wykonawców zawierają wytyczne Polskiej Organizacji Rozwoju Technologii Pomp Ciepła (PORT PC 2013). Generalnie nieprawidłowości w wykonawstwie pionowych odwiertów dla pomp ciepła wynikają przede wszystkim z chęci obniżenia kosztów inwestycji. Z tego powodu na etapie projektowania rezygnuje się z wykonania właściwego rozpoznania warunków geologicznych, a na etapie wykonawstwa nie stosuje się odpowiednich materiałów i technik do wypełnienia odwiertów. Przy wykonywaniu pionowych odwiertów dla pomp ciepła należy pamiętać, że ich wypełnienie stanowi najistotniejszy element inwestycji w aspekcie zabezpieczenia wód podziemnych przed zanieczyszczeniem i zawsze należy kierować się zasadą czterech funkcji, jakie muszą spełniać materiały wypełniające: (I) funkcja mechaniczna, czyli stabilizacja odwiertu; (II) funkcja termiczna, czyli transport ciepła; (III) funkcja hydrauliczna, czyli odizolowanie warstw wodonośnych; oraz (IV) funkcja ochronna, czyli ochrona wód podziemnych przed zanieczyszczeniem.

Zasadne byłoby dokładniejsze kontrolowanie głębokości wykonywanych odwiertów w celu zarejestrowania instalacji głębszych niż 30 m i podlegających przepisom Prawa geologicznego i górniczego, a także objęcie monitoringiem wybranych odwiertów w celu przeprowadzenia szczegółowych badań oraz analiz ich bezpośredniego lub pośredniego wpływu na jakość wód podziemnych.

BIBLIOGRAFIA

- Koczorowski J., 2013 – *Wypełnienie odwiertów sond pionowych – reguły i materiały*, InstalReporter, 2013 (11), s. 44-46.
- Koczorowski J., 2014 – *Koszowe GWC w praktyce*. InstalReporter, 2014 (9), s. 34-35.
- Koczorowski J., 2015 – *Dolne źródła ciepła bez kłopotów*. InstalReporter, 2015 (6), s. 39-40.
- Lachman P., 2015 – *Zrozumieć pompę ciepła, czyli o zjawiskach fizycznych tu wykorzystywanych*. InstalReporter, 2015 (1), s. 33-35.
- Mirowski A., 2016 – *Gruntowe dolne źródła ciepła – jak badać ich wydajność cieplną?* InstalReporter, 2016 (2), s. 46-48.
- PORT PC, 2013 – *Wytyczne projektowania, wykonania i odbioru instalacji z pompami ciepła*, Polska Organizacja Rozwoju Technologii Pomp Ciepła, Kraków.
- Stefanowicz E., Szulgowska-Zgrzywa M., 2017 – *Konfiguracje odwiertów oraz obciążenie cieplne i chłodnicze obiektu a parametry pracy dolnego źródła pompy ciepła glikol/woda*. Rynek Instalacyjny, 2017 (3), s. 84-90.
- Viessmann, 2013 – *Podręcznik architekta, projektanta i instalatora. Pompy ciepła*. Viessmann Werke, Alldorf (Eder), s. 139.
- Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze, Dz.U. 2011 nr 163, poz. 981.
- Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko, Dz.U. 2008 nr 199, poz. 1277 z późn. zm.
- Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, Dz.U. 2003 nr 80, poz. 717 z późn. zm.
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska, Dz.U. 2001 nr 62, poz. 627 z późn. zm.
- Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne, Dz.U. 2001 nr 115, poz. 1229 z późn. zm.
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane, Dz.U. 1994 nr 89, poz. 414 z późn. zm.