

Koszt wykonania otworu geotermalnego na terenie Polski

Cost of drilling a geothermal well in Poland

BOGDAN NOGA

DOI 10.36119/15.2024.1.1

W artykule przedstawiono wyniki analizy kosztów wykonania otworu geotermalnego na terenie Polski. Analizę przeprowadzono na podstawie cen ofertowych złożonych w postępowaniach przetargowych zmierzających do wyłonienia wykonawców poszczególnych otworów geotermalnych. W celu wykonania otworu geotermalnego ogłoszane były dwa przetargi. Jeden z nich dotyczył obsługi geologicznej a drugi dotyczył wiercenia otworu. Koszt wykonania otworu geotermalnego zależy głównie od jego głębokości i zmienia się średnio od 6 649,83 do 20 406,00 zł netto za 1 metr jego głębokości. Na uwagę zasługuje fakt, że koszt wykonania otworu do głębokości 1500 m wynosi średnio 8 255,76 zł/m. Następnie koszt ten maleje w miarę wzrostu głębokości, aby przy głębokości 2500 m osiągnąć 6 649,83 zł/m. Następnie wzrost głębokości wiercenia otworu powoduje wzrost kosztów jego wykonania, aby przy głębokości 7000 m osiągnąć wartość 20 406,00 zł/m.

Słowa kluczowe: geotermia, otwór geotermalny, wiercenie otworu, koszt wiercenia otworu

This paper presents results of an analysis of costs of drilling a geothermal well in Poland. The analysis was made on the basis of bid prices submitted in tenders aimed at selecting contractors for individual geothermal wells. Two tenders were announced for drilling a geothermal well. One was for geological services and the other for drilling the well. The cost of drilling a geothermal well depends mainly on its depth and varies on average from PLN 6,649.83 to PLN 20,406.00 net per metre of depth. It is noteworthy that the cost of drilling a well to a depth of 1,500 metres is on average PLN 8,255.76 per metre. Then the cost decreases as the depth increases to reach PLN 6,649.83 per metre at a depth of 2,500 m. Subsequently, as the depth of drilling increases, the cost of drilling a well increases to reach a value of PLN 20,406.00/m at a depth of 7,000 m.

Keywords: geothermal, geothermal well, drilling a well, cost of drilling a well

Wprowadzenie

Ostatnie pięć lat to intensywny wzrost związany z wykonywaniem na terenie Polski otworów geotermalnych finansowanych ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Są to otwory badawcze, które wykonywane są w celu rozpoznania możliwości pozyskiwania i zagospodarowania wód termalnych, głównie do celów energetycznych. Otwory te wykonywane są przeważnie przez Jednostki Samorządu Terytorialnego, które na ten cel pozyskały dotację w wysokości 100% kosztów kwalifikowanych. Środki te zostały przyznane przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w dwóch etapach. W pierwszym etapie wykonano siedem otworów geotermalnych w miejscowościach: Sieradz, Koło, Sochaczew, Tomaszów Mazowiecki, Łądek Zdrój, Dębica, Sękowa. Drugi etap jest obecnie realizo-

wany w szesnastu miejscowościach: Piasztów, Wołomin, Żyrardów, Łowicz, Trzebnica (Jadwiga T-1), Inowrocław, Gniezno, Głuszyca, Jasienica, Dębno, Wągrowiec, Gąsawa, Otwock, Smyków, Szaflary (Bańska PGP-4), Wiśniowa. Na dzień dzisiejszy nie podpisano jeszcze umowy z wykonawcą wierceń na wykonanie otworu geotermalnego w Gąsawie i Wiśniowiej. Złożone oferty zdecydowanie przekraczają budżet, który jest przeznaczony na sfinansowanie wykonania tych otworów.

Innym źródłem finansowania otworów geotermalnych jest program priorytetowy Geotermia Polska Plus, który również jest finansowany ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. W ramach tego programu przedsiębiorcy mogą wnioskować o dotację (do 50% kosztów kwalifikowanych) oraz niskoprocentowaną pożyczkę. Program ten pozwolił na wykonanie otworów w Dźwirzynie (2 otwory geotermalne –

jeden pionowy i drugi kierunkowy o trajektorii typu „S”), Mszczonowie, Sieradzu (otwór chłonny), Kole (otwór chłonny), Koninie (otwór chłonny, kierunkowy o trajektorii typu „S”), Pieszcach, Chochotowie (otwór kierunkowy o trajektorii typu „S”) oraz Białce Tatrzańskiej.

Wszystkie otwory geotermalne współfinansowane ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej wykonywane są przez specjalistyczne firmy, które są wylaniwane w przetargach publicznych zgodnie z ustawą prawo zamówień publicznych. Dla wykonania każdego z otworów geotermalnych ogłoszone zostały dwa przetargi: pierwszy przetarg na wyłonienie firmy zajmującej się obsługą geologiczną, a drugi przetarg na wyłonienie firmy, której zadaniem jest wywiercenie otworu. W poszczególnych przetargach liczba zainteresowanych firm była różna i zmieniała się w zakresie od jednej do czterech.

Przetarg ogłaszany na zapewnienie obsługi geologicznej obejmował swym zakresem następujące prace:

- nadzór i dozór geologiczny podczas wiercenia otworu geotermalnego,
- wykonanie badań laboratoryjnych skał, wody i gazu wydzielającego się z wody termalnej,
- wykonanie i zatwierdzenie dokumentacji hydrogeologicznej będącej dokumentacją powykonawczą wiercenia otworu geotermalnego.

Drugi z przetargów był organizowany na wykonanie otworu geotermalnego, w ramach którego należało wykonać następujące prace:

- opracowanie i zatwierdzenie planu ruchu zakładu,
- wykonanie placu budowy,
- wykonanie zbiornika zrzutowego wraz z niezbędnymi rurociągami,
- montaż urządzenia wiertniczego,
- wywiercenie otworu geotermalnego,
- wykonanie badań geofizycznych,
- wykonanie badań hydrogeologicznych,
- demontaż urządzenia wiertniczego,
- demontaż placu budowy,
- rekultywacja placu budowy.

Koszty wykonania otworu geotermalnego przeanalizowano na podstawie informacji z otwarcia ofert, czyli publikacji, której wymaga ustawa prawo zamówień publicznych. Informacje z otwarcia ofert zebrano z lat 2018 – 2023. Analizie poddano ceny ofertowe obsługi geologicznej dla 25 otworów geotermalnych oraz ceny ofertowe wiercenia 29 otworów geotermalnych. Głębokość analizowanych otworów zmieniała się od 1130 do 7000 m. Otwory są lub będą wykonane na terenie całej Polski – począwszy od pasa nadmorskiego poprzez centralną Polskę, Góry Świętokrzyskie a na Sudetach i Karpatach kończąc. Miejscowość, w której dany otwór został wykonany stanowi część jego nazwy – np. otwór Piastów GT-1 został wykonany w miejscowości Piastów. Jedyńm wyjątkiem jest otwór Jadwiga T-1, który nie zwiera nazwy miejscowości, w której został on wykonany. Otwór Jadwiga T-1 zostanie wykonany w miejscowości Trzebnica znajdującej się w województwie dolnośląskim. Otwór Bańska PGP-4 jest obecnie wykonywany w miejscowości Szafary w województwie małopolskim.

Zestawienie kosztów wykonania otworu geotermalnego

Wykonanie otworu geotermalnego wymaga wielu różnych czynności związanych zarówno z obsługą administracyjną

jak i faktycznym jego wywierceniem. Przed przystąpieniem do wiercenia otworu geotermalnego w pierwszej kolejności należy wykonać projekt robót geologicznych, który następnie jest przedstawiony do zatwierdzenia przez Urząd Marszałkowski właściwy ze względu na lokalizację otworu. Projekt robót geologicznych wykonywany jest przez geologa posiadającego kwalifikacje geologiczne w zakresie kategorii IV.

Mając zatwierdzony projekt robót geologicznych można przystąpić do wykonania otworu geotermalnego. W tym celu w pierwszej kolejności należy sporządzić plan ruchu zakładu wykonującego roboty geologiczne metodą wiertniczą. Dokument ten wykonywany jest zazwyczaj przez firmę wykonującą otwór i musi być on podpisany przez osobę posiadającą kwalifikacje Kierownika Ruchu Zakładu. Plan ruchu zakładu jest następnie zatwierdzany przez odpowiedni, ze względu na lokalizację otworu, Okręgowy Urząd Górniczy.

Fizyczne wykonanie otworu geotermalnego rozpoczyna się od przygotowania placu budowy. Na początek zdejmowany jest humus, który podlega ochronie prawnej. W związku z tym musi on być spryzmowany i odpowiednio przechowywany. Miejsce po zdjętym humusie jest wyrównywane i w przypadku takiej konieczności następuje jego wzmocnienie np. poprzez dowóz i odpowiednie zagęszczenie kruszywa naturalnego. Następnie rozciągana jest odpowiednia membrana, która ma za zadanie zabezpieczyć środowisko naturalne przed ewentualnymi wyciekami płynów roboczych z maszyn wiertniczych. Na koniec plac budowy utwardzany jest poprzez wyłożenie go płytami betonowymi wraz z przygotowaniem podbudowy pod urządzenie wiertnicze. Prace przygotowawcze obejmują również wykonanie zbiornika wraz z rurociągami, do którego będą przepompowywane wody termalne wydobyte podczas próbnych eksploatacji wykonanego otworu. Etap prac przygotowawczych zostanie zwieńczony ustawieniem urządzenia wiertniczego wraz z jego dopuszczeniem do ruchu przez Kierownika Ruchu Zakładu.

Wiercenie otworu geotermalnego realizowane jest zgodnie z projektem robót geologicznych, w którym opracowana została jego konstrukcja. Zazwyczaj otwór geotermalny rozpoczyna się kolumną wstępną o średnicy 20". Jest to kolumna, której zadaniem jest odizolowanie wód gruntowych przed ich ewentualnym zanieczyszczeniem podczas wiercenia otworu. Głębokość posadowienia tej kolumny zależy od głębokości występowania wód

gruntowych. Kolumna ta jest następnie cementowana tzn. cementem jest wypełniona przestrzeń pomiędzy rurami i ściankami otworu.

Po zastąpieniu cementu wiercenie jest kontynuowane do głębokości około 300 m gdzie obsadzone są rury o średnicy 13³/₈". Jest to kolumna przewodnikowa, w której będzie w przyszłości zamontowana pompa głębinowa. Przestrzeń pomiędzy tymi rurami i ściankami otworów jest wypełniana cementem w celu jej uszczelnienia oraz wyeliminowania możliwości migracji wód gruntowych i podziemnych.

Najdłuższą kolumną jest kolumna techniczna, która jest wiercona aż do nawiercenia docelowej warstwy wodonośnej. Jest to zazwyczaj kolumna o średnicy 9⁵/₈", za pomocą której woda termalna będzie płynąć z warstwy wodonośnej aż do komory pompowej. Kolumna techniczna podobnie jak i kolumna przewodnikowa powinny być wykonane z rur odpornych na korozję. Po zacementowaniu kolumny technicznej można przystąpić do przewiercania warstwy wodonośnej.

W koszcie wiercenia otworu geotermalnego ujęte jest również poszerzenie warstwy wodonośnej jej zafiltrowanie oraz obsypanie piaskiem o granulacji dobranej do granulacji skał zafiltrowanej warstwy wodonośnej. Filtr musi być odporny na korozję oraz jego konstrukcja musi być dobrana do warunków hydrogeologicznych panujących w strefie przeznaczanej do zafiltrowania. W warunkach polskich kolumna filtrowa otworów geotermalnych ma zazwyczaj średnicę 6⁵/₈" i wykonywana jest głównie ze stali typu 316 lub 316L.

Wiercenie otworów geotermalnych musi być wykonywane pod nadzorem i dozorem geologicznym. Czynności te muszą być wykonywane przez geologów posiadających odpowiednie kwalifikacje. Nadzór geologiczny może sprawować geolog posiadający kwalifikacje geologiczne w zakresie kategorii IV. Dozór geologiczny może być sprawowany przez osoby posiadające uprawnienia geologiczne w zakresie kategorii IV, XI lub XIII. Zadaniem nadzoru i dozoru geologicznego jest rozpoznawanie przewiercanych warstw geologicznych oraz podejmowanie decyzji co do posadowienia kolejnych kolumn rur. To rolę nadzoru i dozoru geologicznego jest wybór warstwy wodonośnej przeznaczonej do przyszłej eksploatacji.

Praca geologów jest wspomagana przez wykonywanie badań geofizycznych, które są wykonywane przed zarurowaniem kolejnych odcinków wywiercanego otworu. Badania te dokumentują

również stan zacementowania poszczególnych kolumn rur.

W ramach wiercenia otworu wykonywane są również badania laboratoryjne próbek skał pobieranych podczas wiercenia. To na podstawie tych prób geolodzy opisują przewiercane warunki geologiczne i hydrogeologiczne.

Po zafiltrowaniu otworu geotermalnego przeprowadzane są badania hydrogeologiczne, które polegają na próbnym pompowaniu wody z otworu do zbiornika zrzutowego, który zazwyczaj przygotowywany jest w ramach prac przygotowawczych. Badania te mają na celu określenie parametrów przyszłej eksploatacji tj. temperatury i wydajności eksploatowanej wody oraz głębokość do jakiej można będzie obniżyć zwierciadło eksploatowanej wody (depresja).

Wynikiem przeprowadzonych badań hydrogeologicznych będzie opracowanie i zatwierdzenie w Urzędzie Marszałkowskim dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby wód termalnych. Dokumentacja taka jest sporządzana przez geologa posiadającego kwalifikacje geologiczne w zakresie kategorii IV. Jest ona również podstawą do sporządzenia kolejnych dokumentów będących załącznikami do wniosku koncesyjnego na eksploatację wód termalnych.

Zakończenie wiercenia oznacza demontaż urządzenia wiertniczego oraz placu budowy. Teren, na którym był wykonywany otwór geotermalny musi zostać uprzętnięty oraz musi być na nim rozłożony humus, który był spryzmowany przez cały okres wykonywania otworu.

Koszty obsługi geologicznej podczas wiercenia otworu geotermalnego

Koszt obsługi geologicznej podczas wiercenia otworów geotermalnych zazwyczaj nie przekracza kwoty 600 000,00 zł netto (tabela 1). Zwiększone kwoty można zauważyć przy otworze Jadwiga GT-1 (2 oferty powyżej 700 000,00 zł netto), gdzie harmonogram prac był zaplanowany na około 2 lata oraz przy otworze Bańska PGP-4, którego projektowana głębokość wynosi 7000 m. Uwagę należy zwrócić jeszcze przy obsłudze geologicznej prowadzonej na otworze Oława GT-1, gdzie zgodnie z opisem przedmiotu zamówienia oferent miał zapewnić dostarczenie aparatury kontrolno-pomiarowej rejestrującej parametry wiercenia wraz z jej obsługą. Był to jedyny kontrakt, gdzie tego typu aparaturę wymagano w ramach obsługi geologicz-

Tabela 1. Zestawienie kosztów obsługi geologicznej
Table 1. Statement of costs for geological services

Nazwa otworu	Proj. głęb. otworu	Kolejna oferta	Średnia ofert	Średni koszt
	[m]	[zł netto]	[zł netto]	[zł netto/m]
Bańska PGP-4	7000	2 329 670,00	2 329 670,00	332,81
Dębica GT-1	3410	651 000,00	651 000,00	190,91
Dębno GT-1	1860	568 000,00	568 000,00	305,38
Głuszyca GT-1	2500	439 000,00	439 000,00	175,60
Gniezno GT-1	2100	420 000,00 317 350,00	368 675,00	175,56
Inowrocław GT-1	2000	480 000,00 481 500,00	480 750,00	240,38
Jadwiga T-1 (Trzebnica)	3000	790 000,00 762 000,00 318 000,00	623 333,33	207,78
Jasienica GT-1	1800	545 000,00	545 000,00	302,78
Koło GT-1	3600	170 000,00 319 900,00 258 000,00	249 300,00	69,25
Konin GT-3	2670	357 000,00 466 400,00	411 700,00	154,19
Lądek Zdrój LZT-1	2500	238 000,00	238 000,00	95,20
Łowicz GT-1	2650	419 000,00 469 800,00	444 400,00	167,70
Oława GT-1	1130	606 300,81 630 000,00	618 150,41	547,04
Otwock GT-1	1645	419 500,00 340 577,01	380 038,51	231,03
Piastów GT-1	1940	590 000,00	590 000,00	304,12
Sękowa GT-1	2500	635 000,00	635 000,00	254,00
Sieradz GT-1	1475	430 500,00 180 000,00 292 000,00	300 833,33	203,95
Smyków GT-1	1220	547 000,00 415 000,00	481 000,00	394,26
Sochaczew GT-1	1400	160 000,00 292 260,00 248 000,00 394 703,25	273 740,81	195,53
Tomaszów Maz. GT-1	2090	595 000,00	595 000,00	284,69
Turek GT-1	2200	295 000,00	295 000,00	134,09
Wągrowiec GT-1	2130	347 200,00 518 000,00 485 000,00	450 066,67	211,30
Wiśniowa GT-1	4750	608 000,00	608 000,00	128,00
Wołomin GT-1	1600	440 880,00 567 000,00	503 940,00	314,96
Żyrardów GT-1	2720	370 000,00 474 900,00	422 450,00	155,31

nej, a nie w przetargu na wiercenie otworu geotermalnego.

Do oszacowania ceny wykonania obsługi geologicznej dla poszczególnych otworów obliczono średnią cenę dla poszczególnych otworów ze wszystkich złożonych dla danego otworu ofert (tabela 1). Wartość ta posłużyła następnie do oszacowania kwoty odniesionej do 1 m głębokości otworu geotermalnego. Średni koszt obsługi geologicznej dla poszczególnych otworów, wykonanych na terenie Polski zmienia się od 69,25 do 547,04 zł netto za 1 metr wiercenia.

Koszty wiercenia otworu geotermalnego

Ceny ofertowe za wykonanie wiercenia otworów geotermalnych na terenie Polski zestawiono w tabeli 2. Są to ceny netto jakie zostały złożone w postępowaniach przetargowych ogłoszonych na wykonanie poszczególnych otworów. W zdecydowanej większości przetargów na wykonanie danego otworu wpływały dwie oferty. Sporadycznie ofertę na wykonanie danego otworu geotermalnego złożyła tylko jedna firma. Jak widać

Tabela 2. Zestawienie kosztów wiercenia otworu geotermalnego
 Table 2. Statement of costs for drilling a geothermal well

Nazwa otworu	Proj. głęb. otworu	Kolejna oferta	Średnia ofert	Średni koszt
	[m]	[zł netto]	[zł netto]	[zł netto/m]
Bańska PGP-4	7000	182 187 339,00	140 512 326,17	20 073,19
		98 837 313,33		
Chochołów GT-1	3820	24 271 796,75	24 089 505,28	6 306,15
		23 907 213,82		
Dębica GT-1	3410	16 982 400,00	17 582 450,00	5 156,14
		18 182 500,00		
Dębno GT-1	1860	11 111 000,00	11 533 000,00	6 200,54
		11 955 000,00		
Dźwiżyno Haston GT-1	2020	12 536 340,00	13 559 270,00	6 712,51
		14 582 200,00		
Dźwiżyno Haston GT-2K	2395	12 451 766,00	13 799 232,50	5 761,68
		15 146 699,00		
Gąsawa GT-1	3600	51 045 000,00	44 263 548,14	12 295,43
		37 482 096,27		
Głuszycza GT-1	2500	14 333 000,00	14 928 765,04	5 971,51
		15 524 530,08		
Gniezno GT-1	2100	16 567 615,00	13 887 305,00	6 613,00
		12 444 000,00		
		12 650 300,00		
Inowrocław GT-1	2000	11 895 340,00	12 470 798,00	6 235,40
		13 046 256,00		
Jadwiga T-1 (Trzebnica)	3000	37 778 024,00	26 359 938,67	8 786,65
		18 160 000,00		
		23 141 792,00		
Jasienica GT-1	1800	12 117 572,00	12 236 199,00	6 797,89
		12 354 826,00		
Koło GT-1	3600	22 979 920,00	22 979 920,00	6 383,31
Koło GT-2	3050	17 648 675,00	21 209 187,50	6 953,83
		24 769 700,00		
Łądek Zdrój LZT-1	2500	14 647 575,00	17 298 787,50	6 919,52
		19 950 000,00		
Łowicz GT-1	2650	14 805 691,06	14 954 471,54	5 643,20
		15 103 252,03		
Oława GT-1	1130	8 222 000,00	9 800 329,81	8 672,86
		10 406 269,92		
		10 772 719,51		
Otłock GT-1	1645	10 618 500,00	11 018 599,00	6 698,24
		11 418 698,00		
Piastów GT-1	1940	9 815 000,00	11 527 675,00	5 942,10
		13 240 350,00		
Sękowa GT-1	2500	14 895 548,00	15 123 024,00	6 049,21
		15 350 500,00		
Sieradz GT-1	1475	10 253 900,00	10 253 900,00	6 951,80
Smyków GT-1	1220	9 380 000,00	10 498 008,67	8 604,93
		10 668 690,00		
		11 445 336,00		
Sochaczew GT-1	1400	10 433 750,41	10 433 750,41	7 452,68
Tomaszów Maz. GT-1	2090	20 000 000,00	14 933 986,77	7 145,45
		12 389 260,30		
		12 412 700,00		
Turek GT-1	2200	13 180 000,00	13 180 000,00	5 990,91
Wągrowiec GT-1	2130	13 599 070,00	14 244 122,00	6 687,38
		14 889 174,00		
Wiśniowa GT-1	4750	46 800 000,00	50 449 225,00	10 620,89
		54 098 450,00		
Wołomin GT-1	1600	13 878 790,00	14 840 528,00	9 275,33
		14 189 794,00		
		16 453 000,00		
Żyrardów GT-1	2720	19 757 207,10	19 947 006,35	7 333,46
		20 233 500,00		
		19 850 311,95		

z zestawienia prezentowanego w tabeli 2 maksymalna liczba złożonych ofert nie przekraczała trzech.

Koszty wiercenia otworów geotermalnych są tym wyższe im głębszy jest ten otwór. Oferowane ceny zmieniają się od 8 222 000,00 zł netto za wykonanie otworu o głębokości 1130 m do kwoty 182 187 339,00 zł za wykonanie otworu o głębokości 7000 m (tabela 2).

Analizując oferty złożone dla wykonania poszczególnych otworów można zauważyć, iż są one do siebie mocno zbliżone. Istotne różnice można zauważyć przy ofertowaniu wykonania otworów najgłębszych, głównie tych powyżej 4000 m – Wiśniowa GT-1 i Bańska PGP-4 (tabela 2). Dużą różnicę pomiędzy poszczególnymi ofertami można zauważyć również przy otworze Gąsawa GT-1, którego projektowana głębokość wynosi 3600 m.

Dla każdego z otworów wyliczono średnią cenę jego wykonania na podstawie złożonych ofert (tabela 2). Średnia cena za wykonanie otworu geotermalnego o głębokości 1130 m wynosi 9 800 329,81 zł netto, natomiast średnia cena za wykonanie otworu o głębokości 7000 m wynosi 140 512 326,17 zł netto.

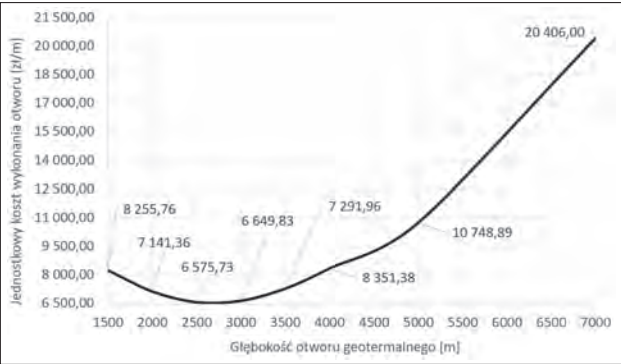
W dalszej części analizy średnią cenę wykonania otworu geotermalnego podzielono przez jego projektowaną głębokość. W ten sposób określono średni koszt wykonania 1 metra otworu geotermalnego. Koszt ten zmienia się od 5 156,14 do 20 073,19 zł netto za 1 metr wiercenia otworu geotermalnego (tabela 2). Na uwagę zasługuje fakt, że kwota 5 156,14 zł/m nie dotyczy naj płytszego analizowanego otworu. Kwota ta dotyczy wykonania otworu Dębica GT-1 o projektowanej głębokości 3410 m. Średni koszt wykonania 1 metra otworu naj płytszego (Oława GT-1 o głębokości 1130 m) wynosi 8 672,86 zł.

Koszty jednostkowe wykonywania otworów geotermalnych

Całkowity koszt wykonania otworu geotermalnego jest sumą kosztu jego wiercenia i kosztu obsługi geologicznej. W tabeli 3 zestawiono całkowite średnie koszty wykonania otworów geotermalnych. Wyliczono również jednostkowy średni koszt wykonania otworu geotermalnego. Jest to średnia wartość wykonania otworu geotermalnego podzielona przez projektowaną głębokość tego otworu. Analizę wykonano dla grup otworów, których głębokość wynosi do 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 5000 i 7000 m (tabela 3).

Tabela 3. Zestawienie jednostkowych kosztów wykonywania otworu geotermalnego
Table 3. Statement of unit costs for drilling a geothermal well

Nazwa otworu	Proj. głęb. otworu	Średnia wartość ofert na wiercenie	Śr. wart. ofert na obsługę geologiczną	Średni koszt wykonania	Jednost. średni koszt wykonania
	[m]	[zł netto]	[zł netto]	[zł netto]	[zł/m]
Wykonanie otworu geotermalnego do głębokości 1500 m					
Olawa GT-1	1130	9 800 329,81	618 150,41	10 418 480,22	9 219,89
Sieradz GT-1	1475	10 253 900,00	300 833,33	10 554 733,33	7 155,75
Smyków GT-1	1220	10 498 008,67	481 000,00	10 979 008,67	8 999,19
Sochaczew GT-1	1400	10 433 750,41	273 740,81	10 707 491,22	7 648,21
Jednostkowy koszt wykonania otworu do głębokości 1500 m					8 255,76
Wykonanie otworu geotermalnego do głębokości 2000 m					
Dębno GT-1	1860	11 533 000,00	568 000,00	12 101 000,00	6 505,91
Inowrocław GT-1	2000	12 470 798,00	480 750,00	12 951 548,00	6 475,77
Jasienica GT-1	1800	12 236 199,00	545 000,00	12 781 199,00	7 100,67
Otłock GT-1	1645	11 018 599,00	380 038,51	11 398 637,51	6 929,26
Piastów GT-1	1940	11 527 675,00	590 000,00	12 117 675,00	6 246,22
Wołomin GT-1	1600	14 840 528,00	503 940,00	15 344 468,00	9 590,29
Jednostkowy koszt wykonania otworu do głębokości 2000 m					7 141,36
Wykonanie otworu geotermalnego do głębokości 2500 m					
Dźwizyno Ha-ston GT-1	2020	13 559 270,00		13 559 270,00	6 712,51
Dźwizyno Ha-ston GT-2K	2395	13 799 232,50		13 799 232,50	5 761,68
Głuszycza GT-1	2500	14 928 765,04	439 000,00	15 367 765,04	6 147,11
Gniezno GT-1	2100	13 887 305,00	368 675,00	14 255 980,00	6 788,56
Łądek Zdrój LZT-1	2500	17 298 787,50	238 000,00	17 536 787,50	7 014,72
Sękowa GT-1	2500	15 123 024,00	635 000,00	15 758 024,00	6 303,21
Tomaszów Maz. GT-1	2090	14 933 986,77	595 000,00	15 528 986,77	7 430,14
Turek GT-1	2200	13 180 000,00	295 000,00	13 475 000,00	6 125,00
Wągrowiec GT-1	2130	14 244 122,00	450 066,67	14 694 188,67	6 898,68
Jednostkowy koszt wykonania otworu do głębokości 2500 m					6 575,73
Wykonanie otworu geotermalnego do głębokości 3000 m					
Łowicz GT-1	2650	14 954 471,54	444 400,00	15 398 871,54	5 810,89
Żyrardów GT-1	2720	19 947 006,35	422 450,00	20 369 456,35	7 488,77
Jednostkowy koszt wykonania otworu do głębokości 3000 m					6 649,83
Wykonanie otworu geotermalnego do głębokości 3500 m					
Dębica GT-1	3410	17 582 450,00	651 000,00	18 233 450,00	5 347,05
Jadwiga T-1	3000	26 359 938,67	623 333,33	26 983 272,00	8 994,42
Koło GT-2	3050	22 979 920,00	b.d.	22 979 920,00	7 534,40
Jednostkowy koszt wykonania otworu do głębokości 3500 m					7 291,96
Wykonanie otworu geotermalnego do głębokości 4000 m					
Chochołów GT-1	3820	24 089 505,28	b.d.	24 089 505,28	6 306,15
Gąsawa GT-1	3600	44 263 548,14	b.d.	44 263 548,14	12 295,43
Koło GT-1	3600	22 979 920,00	249 300,00	23 229 220,00	6 452,56
Jednostkowy koszt wykonania otworu do głębokości 4000 m					8 351,38
Wykonanie otworu geotermalnego do głębokości 5000 m					
Wiśniowa GT-1	4750	50 449 225,00	608 000,00	51 057 225,00	10 748,89
Jednostkowy koszt wykonania otworu do głębokości 5000 m					10 748,89
Wykonanie otworu geotermalnego do głębokości 7000 m					
Bańska PGP-4	7000	140 512 326,17	2 329 670,00	142 841 996,17	20 406,00
Jednostkowy koszt wykonania otworu do głębokości 7000 m					20 406,00



Rys. 1. Jednostkowy koszt wykonania otworu geotermalnego
Fig. 1. Unit cost of drilling a geothermal well

Przeprowadzona analiza wykazała, że koszt wykonania otworu geotermalnego do głębokości 1500 m wynosi średnio 8 255,76 zł za 1 metr jego głębokości (rys. 1). Koszt ten maleje do wartości około 7 141,36 zł/m przy głębokości otworu zwiększającej się do 2000 m. Przy głębokości otworu wynoszącej 2500 m koszt jego wykonania zmniejsza się do wartości 6 575,73 zł/m. Przy głębokości otworu zwiększającej się do 3000 m koszt jego wykonania zwiększa się do wartości 6 649,83 zł/m by przy głębokości 7000 m osiągnąć wartość 20 406,00 zł/m.

Podsumowanie

Przeprowadzona analiza wykazuje, że jednostkowy koszt wykonania otworu geotermalnego jest uzależniony od jego głębokości. Jak wykazano jednostkowy koszt wykonania otworu geotermalnego nie jest najniższy przy otworach naj płytszych. Jest on najniższy przy wierceniu otworu do głębokości około 2500 m. Powyżej tej głębokości jednostkowy koszt wykonywania otworu geotermalnego zaczyna wzrastać.

Analizując koszt jednostkowy wykonania otworów geotermalnych podzieleno je na osiem grup głębokościowych. W poszczególnych grupach znalazły się otwory wykonywane w różnych rejonach Polski, czyli są one wykonywane w różnych rodzajach skał tj. skały magmowe, osadowe lub metamorficzne. Otwory w poszczególnych grupach były lub będą wykonywane na równinach, wyżynach lub w górach.

Można zatem uznać, że oszacowane koszty jednostkowe wykonywania otworów geotermalnych są wartościami uśrednionymi do warunków panujących na terenie Polski. Koszty jednostkowe zostały oszacowane dla średnich cen wynikających ze złożonych ofert na wykonanie poszczególnych otworów geotermalnych.

WYKAZ LITERATURY

[1] Noga B.: Aspekty techniczne, geologiczne i formalno-prawne pozyskiwania wód termalnych. Instal 2/2023; DOI 10.36119/15.2023.2.3
[2] Noga B.: Analiza wpływu wiercenia otworów geotermalnych na wody podziemne na przykładzie rejonu łódzi. Instal 9/2023; DOI 10.36119/15.2023.9.4
[3] Noga B.: Przegląd konstrukcji dubletów otworów geotermalnych wykonanych na terenie Polski. Instal 12/2023; DOI 10.36119/15.2023.12.1