



Fot. Tadeusz Mudlaff

Zarządzanie jakością otworu wiertniczego

Robert Osikowicz
ROE

W artykule zaproponowano ocenę realnie wykonanych projektów, przypisując im konkretne cechy jakościowe i wyceniając wagę oraz istotność poszczególnych cech. Dokonano też korelacji pomiędzy wymaganym minimalnym wskaźnikiem jakości otworu a stopniem trudności analizowanego projektu.

Definicja

Nie istnieje ogólnie przyjęta i akceptowalna definicja jakości. Można traktować ją jako pewien stopień doskonałości. Doskonałość z kolei to symbol zastosowania zestawu bezkompromisowych, powszechnie akceptowanych standardów technicznych, a także wdrożonych właściwych procedur monitoringu, kontroli i weryfikacji. Cechy charakteryzujące jakość mogą ulegać modyfikacjom w czasie, może też zmieniać się ich hierarchia ważności. W kontekście działalności wiertniczej termin „jakość” można odnieść zarówno do projektu (planu działania), usługi (wdrożonych procedur), jak i do produktu, jakim jest otwór wiertniczy.

Artykuł podaje metodykę postępowania dla uzyskania przybliżonej oceny jakości otworu HDD. Ocenę można przeprowadzać zarówno na etapie prowadzenia prac wiertniczych, jak i po zakończeniu instalacji. Model może być użyteczny dla spółek wiertniczych, firm projektowych oraz podmiotów je nadzorujących

Ocena jakościowa i ilościowa

W dotychczasowej praktyce określania jakości otworów HDD stosowano ocenę jakościową, polegającą na szacowaniu właściwości produktu, jakim jest otwór wiertniczy w skalach relatywnych: doskonały, bardzo dobry, dobry, dostateczny, słaby, niedostateczny.

Ocena taka była preferowana ze względu na trudność oszacowania liczbowego. Tym niemniej, ocena jakościowa może być wstępem do próby analizy ilościowej. Kładziemy w niej nacisk na wartość użytkową otworu i jego przydatność w obliczu kolejnych operacji wiertniczych. Można przytoczyć tutaj dokumenty, które mogą stanowić poziom odniesienia, takie jak specyfikacje wymaganego sprzętu i procedur, bazowa dokumentacja geotechniczna, projekt wykonawczy, specyfikacja zamówienia, uzgodniony harmonogram prac. Mierzenie stopnia zgodności z dokumentem referencyjnym daje szansę na próbę oceny, a ponadto może prowadzić do zwiększenia bezpieczeństwa projektu. W większości przypadków dostosowanie się do zapisów zawartych

w kontraktach powinno oznaczać spełnienie lub nawet przewyższenie wymagań klienta. Jeśli jednak specyfikacja zamówienia nie istnieje lub też jest określona zbyt ogólnie, nie daje to możliwości precyzyjnej oceny produktu. Oczywiście klienci oczekują, że zamówiona instalacja znajdzie się w określonym czasie i miejscu pod ziemią. Rzadko jednak posiadają instrumenty pozwalające im na obiektywną ocenę zadania. Tym bardziej że dla nich najważniejszy jest rurociąg zainstalowany. Mniejszą wagę przywiązują do otoczenia rurociągu, a więc do przygotowanego otworu wiertniczego. Niesłusznie, bowiem to jego stan determinuje powodzenie projektu i długą, bezproblemową eksploatację instalacji.

Rola stron w procesie inwestycyjnym

Klienci zamawiający wykonanie podziemnej instalacji metodami bezwykopowymi powinni stworzyć system kontroli jakości i wdrożyć go we współpracy ze swoimi partnerami. Biura projektowe i inspektorzy nadzoru działający w imieniu zamawiającego powinni posługiwać się czytelnymi dla wszystkich stron wytycznymi technicznymi, normami branżowymi i uzgodnionymi procedurami kontrolnymi. Metody kontroli powinny być znane zarówno zamawiającemu jak i generalnemu wykonawcy. Także jego podwykonawcy powinni respektować zaaprobowane i zapisane w kontrakcie metody oceny.

Firmy wiertnicze działają jako wysoko specjalistyczne podmioty zajmujące się wykonywaniem instalacji rurowych i kablowych metodą horyzontalnego wiercenia kierunkowego (HDD). W projekcie zajmują zwykle pozycję podwykonawcy. Są odpowiedzialne za realizację wycinka całej inwestycji. Ze względu na specyfikę zawieranych z generalnym wykonawcą umów, ich działania powinny odbywać się w ścisłej z nim współpracy. Poza samą wartością usługi wiertniczej, mamy zapisane w kontrakcie ramy czasowe (harmonogram) oraz zakres czynności i odpowiedzialności. Nieodzownymi punktami kontraktów są także zapisy o warunkach odbioru instalacji, gwarancjach i ewentualnych karach za odstąpienie od umowy, znaczące opóźnienia lub wady instalacji wynikające z niskiej jakości usług.

Jak sprawa ta wygląda w praktyce? Spółka wiertnicza wycenia swoją usługę na podstawie przedłożonego jej projektu wykonawczego. Projekt bazuje na dokumentacji geotechnicznej. To z tych dokumentów spółka wiertnicza wnioskuje o stopniu złożoności zadania i stara się je wycenić. Warto się jednak w tym miejscu zastanowić: czy zamawiający rozumie specyfikę, wymagania i ryzyka projektu który zleca? Czy projektanci korzystają z zaaprobowanych i przyjętych przez przemysł wytycznych? Czy inspektorzy nadzoru posiadają procedury do weryfikacji prowadzonych prac i czy dysponują nieodzownym doświadczeniem w tym zakresie? I w końcu, czy wykonawcy mają plan działania adekwatny do wymagań projektu i czy mają do dyspozycji środki materialne i technologiczne dla zapewnienia wystarczającej jakości produktu?

System kontroli jakości

Jakość otworu wiertniczego może być ustalona za pomocą analizy danych uzyskiwanych z bezpośrednich i pośrednich pomiarów parametrów procesu wiercenia. Kontrola jakości służy weryfikacji użyteczności zastosowanych rozwiązań technologicznych. Zdaniem autora, istnieje potrzeba stworzenia uniwersalnego sposobu oceny służącego weryfikacji jakości zastosowanego płynu, konfiguracji urządzeń, osprzętu węgłnego i w końcu – technologii wiercenia. Wdrożone

metody mogą zostać uznane za system wczesnego ostrzegania przed problemami technicznymi. Mogą też wesprzeć działania dotyczące optymalizacji procesów decyzyjnych w trakcie wiercenia. Idąc krok dalej, można wyobrazić sobie stworzenie zintegrowanego systemu dla planowania otworów, raportowania i analizy powykonawczej. Bardzo istotną rolę w procesie decyzyjnym i w ocenie podjętych działań odgrywają raporty wiertnicze. Służą one monitorowaniu i analizie bieżących prac, ale też tworzeniu baz danych, na podstawie których planuje się kolejne zadania. Stroną tworzącą raporty są spółki wiertnicze i ich podwykonawcy, w tym spółki serwisowe. Raporty trafiają do generalnego wykonawcy, a za jego pośrednictwem także do zamawiającego i jego inspektorów nadzoru. Raporty powinny zawierać opis bieżących procedur wiertniczych, rejestrowane parametry technologiczne oraz komentarz do nich. Raporty spółek serwisowych na ogół są bardziej szczegółowe i odnoszą się głównie do obszaru, jaki został powierzony konsultantowi do prowadzenia. Raporty zawierające opis aktualnego stanu prac weryfikowane są pod kątem ich zgodności z projektem wykonawczym, założonym harmonogramem robót, a w szczególnych przypadkach mogą posłużyć do stwierdzenia, czy wdrażane procedury mają uzasadnienie techniczne. Raporty są materiałem źródłowym do ustalania przyczyn komplikacji i awarii wiertniczych. Innym typem materiałów źródłowych są zapisy rejestratorów parametrów wiertniczych, będących na wyposażeniu nowoczesnych wiertnic. W przypadku konieczności rozstrzygnięcia sporów pomiędzy stronami, zgromadzona w ramach realizacji projektu dokumentacja będzie materiałem, nad którym będą pochylić się komisje arbitrażowe, firmy ubezpieczeniowe czy też biegli sądowi. Od rzetelności i jakości tych dokumentów zależeć może sposób rozliczania finansowego projektu w przypadku przekroczenia założonego w kontrakcie budżetu. Uzasadnienie dla wykonanych dodatkowych prac, niestandardowych procedur, w tym likwidacji awarii i komplikacji, powinno wynikać z dokumentów tworzonych w trakcie działań wiertniczych. Zakładamy przy tym, że wszystkie strony mają wolę polubownego rozstrzygnięcia sporów.

Istotne parametry dla oceny jakości otworu

Istnieje szereg cech otworu, które mogą być brane pod uwagę w trakcie oceny jakościowej i ilościowej. Poniżej przytoczono te, które w literaturze przedmiotu zostały wymienione jako bezspornie użyteczne. Niektóre z tych cech są dokładnie mierzalne, inne są możliwe tylko do oszacowania. Istnieje ponadto grupa cech, których ocena wynika z obserwacji parametrów procesu wiercenia i wymaga dodatkowej interpretacji. W tab. 1 dla każdej cechy podano kilka najbardziej istotnych źródeł wpływu, które o niej decydują.

Metodologia postępowania

Dla próby oceny ilościowej wybrano najbardziej istotne cechy otworu pokazane w tab. 1. i poddano analizie. W modelu uwzględniono także jeden ze wskaźników technologiczno-ekonomicznych, jakim jest postęp wiercenia. Zintegrowanie z modelem tempa prowadzenia prac pozwoli na ocenę działań spółki wiertniczej nie tylko w kontekście tworzenia dobrej jakości, stabilnego otworu, ale też w kontekście zgodności z założonym przed projektem harmonogramem. Wśród analizowanych cech znalazły się: trajektoria otworu, obciążenia rejestrowane na przewodzie wiertniczym i w trakcie wiercenia, bilans objętości płynu wiertniczego i bilans masy, obciążenia

cecha	opis	podstawowe źródła wpływu	ocena przydatności
gładkość trajektorii	lokalne i średnie promienie krzywizny	wiertacz, inżynier kierunkowy, formacja	wysoka, parametr mierzalny
kształt otworu	odejście od przekroju kołowego, spiralność	dolny zestaw przewodu, stabilizacja narzędzi, formacja	średnia, parametr trudny do oszacowania
wręby – uskoki	nieregularna ściana otworu, odejście aktualne osi otworu od przebiegu oryginalnego	praktyki wiertnicze, formacja, przewód wiertniczy	średnia, parametr trudny do zmierzenia
kawerny	zmienność pola przekroju poprzecznego, średnica efektywna znacząco większa od nominalnej	praktyki wiertnicze (niski postęp), kierunek działania dysz, płyn wiertniczy, formacja	średnia, parametr mierzalny
nierównomierna praca zestawu wierzącego, utykanie narzędzi	zmienny w szerokim zakresie moment obrotowy, zatrzymywanie obrotu przewodu	praktyki wiertnicze, dolny zestaw przewodu, formacja	wysoka, parametr mierzalny
torque and drag	obciążenia rejestrowane na przewodzie wiertniczym (off bottom) oraz w trakcie pracy narzędzi (on bottom)	trajektoria, praktyki wiertnicze, przewód wiertniczy, płyn wiertniczy	wysoka, parametr mierzalny
zwierciny wytransportowane (pozostawione)	bilans objętości wytransportowanych zwiercin w stosunku do pojemności teoretycznej otworu	płyn wiertniczy, praktyki wiertnicze, hydraulika otworowa	wysoka, parametr mierzalny
jakość cyrkulacji	występowanie zaników wgłębnych, straty objętościowe w stosunku do prawidłowego obiegu płuczki	płyn wiertniczy, praktyki wiertnicze, formacja	wysoka, parametr mierzalny
szczelinowanie formacji	przekroczenie ciśnień dopuszczalnych	formacja, płyn wiertniczy, praktyki wiertnicze, trajektoria, geometria otworu	wysoka, parametr łatwy do opisanego
ciśnienie denne	ciśnienie panujące w przestrzeni pierścieniowej otworu wiertniczego, na ogół identyfikowane z pozycją narzędzi	płyn wiertniczy, praktyki wiertnicze, geometria otworu, trajektoria	średnia, parametr warunkowo mierzalny
stabilność ściany	odporność ściany na pęknięcie, zapadanie się stropu, tworzenie zapadlak	płyn wiertniczy, formacja, praktyki wiertnicze	średnia, parametr możliwy do określenia
docelowa średnica	overcut, stosunek średnicy otworu do średnicy rurociągu	praktyki wiertnicze, trajektoria, parametry rurociągu	średnia, parametr mierzalny
obciążenia kalibracyjne	moment obrotowy i siła ciągnięcia rejestrowane w funkcji postępu i prędkości obrotowej przewodu	dolny zestaw przewodu, praktyki wiertnicze	wysoka, parametr mierzalny
obciążenia instalacyjne	siła instalacyjna statyczna i dynamiczna, stan techniczny izolacji	płyn wiertniczy, praktyki wiertnicze, balastowanie, trajektoria, parametry rurociągu	wysoka, parametr mierzalny

Tab. 1. Zestawienie atrybutów kierunkowego otworu wiertniczego mogących mieć znaczenie dla oceny jego jakości

lp.	parametr – cecha	dane brane pod uwagę	faza prac				
			otwór pilotowy	poszerzanie I	poszerzanie II	kalibracja	instalacja
			udział procentowy w ocenie				
1	wydajność wiercenia	postęp prac w kontekście harmonogramu lub podobnych projektów	20	20	20	20	20
2	jakość profilu	średnia wartość promieni krzywizny, odchylenie od punktów referencyjnych	20	20	20	20	20
3	analiza T&D (moment i siła osiowa na przewodzie)	współczynnik tarcia	10	10	10	10	10
4	analiza T&D (zachowanie się narzędzi)	stabilność pracy na spodzie, zaciąganie w trakcie prac wyciągowych i kalibracyjnych	10	10	10	10	-
5	jakość cyrkulacji w otworze	szczelność otworu, bilans objętości	10	10	10	10	10
6	ocena stabilności ściany otworu	szczeliny, wręby, kawerny, zapadliska na powierzchni	10	10	10	10	-
7	stopień oczyszczenia otworu	bilans masy	20	20	20	20	20
8	obciążenia instalacyjne	siła instalacyjna statyczna i dynamiczna, utykanie rurociągu	-	-	-	-	20
Razem			100	100	100	100	100

Tab. 2. Procentowy udział kluczowych parametrów w kontekście oceny ilościowej

lp.	parametr – cecha	proponycja oceny	punktacja
1	wydajność wiercenia	Ocena postępu wiercenia w kontekście przyjętego harmonogramu (powyżej lub poniżej oczekiwań) lub też w kontekście podobnych zrealizowanych projektów. Ocena musi uwzględnić możliwości techniczne urządzenia wiertniczego, systemu płuczkowego oraz typ formacji.	30% szybciej – 10 20% szybciej – 9 10% szybciej – 8 zgodnie z harmonogramem – 7 120% założonego czasu – 6 150% założonego czasu – 5 200% założonego czasu – 4 250% założonego czasu – 3 300% założonego czasu – 2 ponad 300% założonego czasu – 1 projekt nieukończony – 0
2	jakość profilu	Ocena wykonanego profilu w kontekście uzgodnionych założeń projektowych i standardów przemysłu. Zakładana jest poprawność i wykonalność profilu. W trakcie wiercenia pilotowego brane są pod uwagę lokalne i uśrednione promienie krzywizny, odejście od planowanej osi, punktów referencyjnych i zakładanego celu. W kontekście poszerzania i kalibracji otworu ocenia się możliwe deformacje osi otworu na skutek przyjętej strategii postępowania.	profil idealny – 10 profil korzystniejszy niż w projekcie – 9 profil zgodny z projektem – 8 nieznaczne odchylenia od projektu – 7 umiarkowane odchylenia od projektu – 6 średnie odchylenia – 5 znaczące odchylenia nie rodzące komplikacji – 4 znaczące odchylenia rodzące komplikacje – 3 znaczące odchylenia rodzące awarie wiertnicze – 2 bardzo duże odchylenia rodzące zagrożenie nieukończenia projektu – 1 projekt nieukończony z powodu wad profilu – 0
3	analiza T&D (moment i siła osiowa na przewodzie)	Ocena uśrednionego współczynnika tarcia rejestrowanego przy pchaniu/ciągnięciu i obrocie przewodu.	(do 0,35) – 10 (0,35–0,40) – 9 (0,4–0,5) – 8 (0,5–0,6) – 7 (0,6–0,7) – 6 (0,7–0,8) – 5 (0,8–0,9) – 4 (0,9–1,0) – 3 (1,0–1,2) – 2 (1,2–1,5) – 1 (powyżej 1,5) – 0
4	analiza T&D (zachowanie się narzędzi)	Jakość pracy narzędzi na spodzie, zaciąganie w trakcie zapuszczania do otworu, wyciągania z otworu i marszach kalibracyjnych, utykanie na przeszkodach, we wrębach, uskokach i innych deformacjach. Ocena musi uwzględnić aktualny poziom obciążeń, wynikających z obecności w otworze przewodu wiertniczego.	Progresywna skala 0 – 10, przy czym 0 oznacza zaciąganie i utykanie narzędzi w otworze w stopniu uniemożliwiającym uzyskanie postępu wiertniczego, natomiast 10 oznacza brak oznak niestabilnej pracy i bardzo małą zmienność momentu obrotowego w trakcie operacji wyciągowych.
5	jakość cyrkulacji w otworze	Ocena stopnia zaników wglębnych w stosunku do ilości zatłoczonej do otworu płuczki. W analizie nie bierze się pod uwagę objętości płuczki niezbędnej do wypełnienia otworu i strat ponoszonych w systemach separacji faz.	strata do 2% – 10 strata od 2 do 5% – 9 strata od 5 do 10% – 8 strata od 10 do 15% – 7 strata od 15 do 20% – 6 strata od 20 do 30% – 5 strata od 30 do 40% – 4 strata od 40 do 50% – 3 strata od 50 do 60% – 2 strata od 60 do 80% – 1 strata powyżej 80% – 0
6	ocena stabilności ściany otworu	szczeliny, wręby, uskoki, stopień rozkawernowania, tworzenie zapadłisk na powierzchni, migracja wody gruntowej do otworu, cyrkulowanie płuczki do punktów niewłaściwych	Progresywna skala 0 – 10, przy czym 0 oznacza otwór całkowicie niestabilny, niezdalny do wykorzystania, natomiast 10 otwór wyjątkowo stabilny, bez obserwowanych negatywnych cech.
7	stopień oczyszczenia otworu	bilans masy odseparowanej i trwale zawieszanej o granulacji poniżej skuteczności systemu separacji	od 95 do 110% – 10 (90–95% oraz 110–130%) – 9 (80–90% oraz 130–150%) – 8 (70–80% oraz powyżej 150%) – 7 (60–70%) – 6 (50–60%) – 5 (40–50%) – 4 (30–40%) – 3 (20–30%) – 2 (10–20%) – 1 (poniżej 10%) – 0
8	obciążenia instalacyjne	Siła instalacyjna wyrażona w kG odniesiona do 1 m ² poboczniczy instalowanej rury. Decydujące znaczenie dla oceny będzie miała finalna siła instalacyjna, wykluczająca opory wynikające z obecności narzędzi i przewodu wiertniczego w otworze.	(do 15) – 10 (15–20) – 9 (20–30) – 8 (30–40) – 7 (40–50) – 6 (50–60) – 5 (60–80) – 4 (80–100) – 3 100–150 – 2 (powyżej 150) – 1 trwale utknięcie rurociągu – 0

Tab. 3. Zestawienie skali ocen przyznawanych dotyczących poszczególnych parametrów

kalibracyjne i instalacyjne. Każdemu z ośmiu wytypowanych parametrów przydzielono wagę (procentowy udział) w ocenie ogólnej.

Prowadzenie bieżącej analizy jakości pozwala na ocenę prawidłowości przyjętych założeń projektowych oraz ocenę celowości zastosowanych procedur wiertniczych. Konsekwencją tego może być też ocena stopnia dopasowania zgromadzonego sprzętu, materiałów i przyjętych rozwiązań technologicznych. Bezpośrednim zyskiem płynącym z analizy ilościowej jest trwale obniżenie poziomu ryzyka operacyjnego i możliwość utrzymania racjonalnych kosztów projektu.

Analiza realnych projektów

Poniżej przytoczono dane techniczne trzech przekroczeń zrealizowanych przez polskie spółki wiertnicze w latach 2012-2014. Cechą wspólną wszystkich projektów był cel – instalacja gazociągu wysokiego ciśnienia DN700. Spółki dysponowały urządzeniami wiertniczymi różnej klasy, co pociągało za sobą wykorzystanie przewodów wiertniczych o różnych średnicach. Docelowe średnice otworów, typ płynu wiertniczego oraz konfiguracja obiegu płuczkowego były podobne.

W tab. 4 zamieszczono podstawowe informacje techniczno-technologiczne dotyczące analizowanych zadań.

dane podstawowe			
firma wiertnicza	Nawitel	Hoster	PPI Chrobok
rok realizacji	2012-2013	2013	2014
nazwa projektu	Wisła	Zgłowiączka	Bukowy Las Górkii III
lokalizacja	Włocławek	Lubraniec	Koszalin
magistrala gazowa	Rembelszczyzna-Gustorzyn	Gustorzyn-Odolanów	Szczecin-Gdańsk
rodzaj przeszkody	rzeka	rzeka	tereny leśne
inwestor	Gaz-System S.A.	Gaz-System S.A.	Gaz-System S.A.
spółka rurociągową	PGNiG Technologie	ZRUG Poznań	ZRUG Zabrze
projektant	ILF	Gazoprojekt	ILF
materiał i średnica rurociągu	Stal 711 mm	Stal 711 mm	Stal 711 mm
grubość ścianki	17,5 mm	17,5 mm	17,5 mm
geometria otworu, formacja			
długość	1342 m	465 m	1183 m
wskaźnik trudności otworu HDI	37,576	13,020	33,124
głębokość w stosunku do wejścia	45 m	23 m	30 m
średnie przykrycie	35 m	15 m	28 m
formacja geologiczna	piaski, żwiry, gliny, torfy, węgiel brunatny	namuły, piaski	piaski, gliny, ił
zaangażowany sprzęt			
wiertnica	Prime Drilling	Prime Drilling	Herrenknecht
siła ciągnięcia / pchania	2500 kN	600 kN	1000 kN
moment obrotowy	90 kNm	33 kNm	60 kNm
HWDP	tak	nie	nie
przewód wiertniczy	6 5/8" FH	3 1/2" IF	5 1/2" FH
średnica zewnętrzna zwornika	8 1/2"	5"	7 1/4"
długość przewodu	9-10 m (Range 2)	5 m	9-10 m (Range 2)
ciężar przewodu w powietrzu	750 kN	140 kN	460 kN
casing	nie	nie	nie
pompa płuczkowa	Trinity/Prime Drilling	Weatherford	Schafer&Urbach
wydatek nominalny dla zastosowanego napędu	2500 l/min.	1600 l/min.	2000 l/min.
średnica tulei	7 1/2"	6 1/2"	5 1/2"
system separacji	Normag	Normag	Normag
ilość sit wibracyjnych	3	2	3
	M-I Swaco Mongoose Pro Dual Motion	M-I Swaco Mongoose Pro Dual Motion	NOV King Cobra Venom Dual Motion
baterie hydrocyklonów	Krebs 2 x 15" Krebs 20 x 4"	Krebs 8 x 6"	Krebs 2 x 15" Krebs 20 x 4"
system przygotowania i kondycjonowania	Nawitel	Normag	Normag
materiały, systemy nawigacji, serwisy			
system nawigacji	Paratrack 2 AC Beacon	Tensor	Tensor
pomiar APWD	tak	nie	nie
serwis kierunkowy	Nawitel	HDD Serwis	HDD Serwis
system płuczkowy	Premium Gel R	Premium Gel R	Premium Gel R
serwis płuczkowy	ROE	ROE	ROE
wiercenie pilotowe			
technika wiercenia	jetting	jetting	jetting
typ świda	MT	TCl	MT
średnica świda	14" (355 mm)	8 3/8" (212 mm)	12 1/4" (311 mm)
obciążnik niemagnetyczny	8"	4 3/4"	6 3/4"
czas wiercenia netto	100,8 godz.	17,3 godz.	63,3 godz.
postęp wiercenia netto	13,3 m/ godz.	26,9 m/ godz.	18,7 m/ godz.
wydajność wiercenia	22 l/min.	16 l/min.	24 l/min.
objętość cyrkulacji	7700 m ³	650 m ³	2950 m ³
straty węglębne	2%	12%	18%
finalny moment obrotowy na przewodzie	27 kNm	5 kNm	12 kNm

Tab. 4. Zestawienie danych technicznych referencyjnych projektów wiertniczych

średni moment w czasie wiercenia	28–35 kNm	7–8 kNm	12–24 kNm
maksymalny moment w czasie wiercenia	30–40 kNm	8–10 kNm	16–30 kNm
moment różnicowy	4–15 kNm	2–5 kNm	6–18 kNm
finalna siła pchania	340 kN	100 kN	240 kN
stopień oczyszczenia otworu	85%	80%	85%
poszerzanie I			
typ narzędzia	FC / HO	BR	BR / HO
średnica narzędzia	26" (520 mm) / 20" (822 mm)	36"	36" (278 mm) / 26" (905 mm)
czas poszerzania netto	66,1 h / 32,0 godz.	41,2 godz.	28,4 godz. / 39,7 godz.
postęp poszerzania netto	13,7 m/godz.	11,3 m/godz.	17,3 m/godz.
wydajność wiercenia	58 l/min	117 l/min	98 l/min
objętość cyrkulacji	7850 m ³ / 3150 m ³	2430 m ³	2750 m ³ / 3720 m ³
straty węglębne	1%	1%	3%
moment obrotowy na przewodzie	27 kNm	6 kNm	12 kNm
średni moment w czasie poszerzania	32–45 kNm/ 28–33 kNm	12–18 kNm	16–25 kNm
maksymalny moment w czasie poszerzania	36–65 kNm / 30–37 kNm	16–22 kNm	20–30 kNm
moment różnicowy	18–28 kNm / 6–10 kNm	12–16 kNm	13–18 kNm
średnia siła ciągnięcia	250–350 kN	50–100 kN	80–150
stopień oczyszczenia otworu	100%	85%	95%
poszerzanie II			
typ narzędzia	BR + HO + HO + BR	BR + FC	HO + BR
średnica narzędzia	16" + 32" + 42" + 24"	32" + 42"	42" + 36"
czas poszerzania netto	107,4 godz.	24,1 godz.	82,7 godz.
postęp poszerzania netto	12,5 m/godz.	19,3 m/godz.	14,3 m/godz.
wydajność wiercenia	131 l/min.	73 l/min.	113 l/min.
objętość cyrkulacji	16330 m ³	1660 m ³	8 560 m ³
straty węglębne	1%	1%	nie zaobserwowano
moment obrotowy na przewodzie	32 kNm	6 kNm	10 kNm
średni moment w czasie poszerzania	36–48 kNm	10–18 kNm	16–30 kNm
maksymalny moment w czasie poszerzania	40–65 kNm	15–22 kNm	20–36 kNm
moment różnicowy	16–33 kNm	12–16 kNm	20–26 kNm
średnia siła ciągnięcia	160–320 kNm	50–80 kN	80–140 kN
stopień oczyszczenia otworu	105%	85%	90%
kalibracja			
typ narzędzia	FC + BR	BR + BR	BR + BR
średnica narzędzia	32" + 40"	32" + 36"	30" + 36"
czas kalibracji netto	22,0 godz.	7,8 godz.	9,5 godz.
postęp kalibracji netto	61,0 m/godz.	59,6 m/godz.	124,5 m/godz.
wydajność kalibracji	906 l/min.	876 l/min.	1850 l/min.
objętość cyrkulacji	1070 m ³	530 m ³	700 m ³
straty węglębne	nie zaobserwowano	1%	nie zaobserwowano
moment obrotowy na przewodzie	30 kNm	6 kNm	9 kNm
średni moment w czasie kalibracji	38–52 kNm	8–15 kNm	14–20 kNm
moment różnicowy	8–22 kNm	2–9 kNm	5–11 kNm
średnia siła ciągnięcia	170–230 kN	50–60 kN	70–100 kN
stopień oczyszczenia otworu	110%	90%	95%
instalacja			
typ narzędzia	FC	BR	BR
średnica narzędzia	32"	32"	30"
czas instalacji netto	11,0 godz.	3,5 godz.	7,0 godz.
postęp instalacji netto	122,0 m/godz.	132,8 m/godz.	169,0 m/godz.
wydajność instalacji	807 l/min. instalowanej objętości rurociągu	878 l/min. instalowanej objętości rurociągu	1 117 l/min. instalowanej objętości rurociągu
objętość cyrkulacji	860 m ³	150 m ³	320 m ³
straty węglębne	2%	nie zaobserwowano	nie zaobserwowano
moment obrotowy na przewodzie	30 kNm	5 kNm	9 kNm
średni moment w czasie instalacji	8–40 kNm	5–11 kNm	7–11 kNm
stopień oczyszczenia otworu	115%	95%	95%
średnia siła ciągnięcia	655 kN	149 kN	524 kN
średnia maksymalna siła ciągnięcia	749 kN	192 kN	570 kN
finalna siła ciągnięcia	780 kN	210 kN	650 kN
maksymalna siła statyczna	1050 kN	300 kN	820 kN
średnia siła w stosunku do pola powierzchni bocznej rurociągu	21,8 kG/m ²	14,3 kG/m ²	19,8 kG/m ²

Tab. 4 cd. Zestawienie danych technicznych referencyjnych projektów wiertniczych

finalna siła w stosunku do pola powierzchni bocznej rurociągu	26,0 kG/m ²	20,2 kG/m ²	24,6 kG/m ²
finalna siła w stosunku do objętości rurociągu	139,0 kG/m ³	108,1 kG/m ³	131,4 kG/m ³
szacowanie czasów operacyjnych brutto			
wiercenie pilotowe	146 godz.	53 godz.	134 godz.
poszerzanie I	157 godz.	61 godz.	123 godz.
poszerzanie II	152 godz.	42 godz.	143 godz.
kalibracja	56 godz.	20 godz.	38 godz.
instalacja	26 godz.	7 godz.	24 godz.
zapuszczanie i wyciąganie	87 godz.	29 godz.	130 godz.
kondycjonowanie płuczki	12 godz.	7 godz.	10 godz.
skręcanie i rozkręcanie narzędzi	41 godz.	34 godz.	31 godz.
awarie i komplikacje	203 godz.	14 godz.	197 godz.
inne	72 godz.	85 godz.	194 godz.
razem	952 godz.	352 godz.	1024 godz.
podsumowanie projektu			
pojemność nominalna otworu	1197 m ³	401 m ³	1055 m ³
całkowita objętość przecyrkulowanej płuczki	38420 m ³	5420 m ³	18830 m ³
wskaźnik objętość cyrkulacji: nominalna pojemność otworu	32,1	13,5	17,8
wskaźnik konsumpcja wody: nominalna pojemność otworu	2,25	2,45	1,90
straty węglębne w stosunku do całkowitej objętości cyrkulacji	1,5%	4%	3,5%
suma czasów wiertniczych netto	339,3 godz.	89,1 godz.	230,5 godz.
średnia wydajność wiercenia otworu netto	3,53 m ³ /godz.	4,50 m ³ /godz.	4,55 m ³ /godz.
średnia wydajność wiercenia otworu brutto	1,26 m ³ /godz.	1,14 m ³ /godz.	1,03 m ³ /godz.

Tab. 4 cd. Zestawienie danych technicznych referencyjnych projektów wiertniczych

projekt Wisła we Włocławku										
faza prac	pilot		poszerzanie I		poszerzanie II		kalibracja		instalacja	
parametr	punkty	ocena	punkty	ocena	punkty	ocena	punkty	ocena	punkty	ocena
wydajność wiercenia	8	1,60	6	1,20	8,5	1,70	8	1,60	8	1,60
jakość profilu	9,5	1,90	9,5	1,90	8,5	1,70	8	1,60	8	1,60
analiza T&D (moment i siła osiowa na przewodzie)	8,5	0,85	8,5	0,85	8,5	0,85	8,5	0,85	8	0,80
analiza T&D (zachowanie się narzędzi)	8	0,80	6	0,60	7,5	0,75	7,5	0,75	-	-
jakość cyrkulacji w otworze	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00
ocena stabilności ściany otworu	9	0,90	8	0,80	7	0,70	7	0,70	-	-
stopień oczyszczenia otworu	8	1,60	10	2,00	10	2,00	10	2,00	9,5	1,90
obciążenia instalacyjne	-	-	-	-	-	-	-	-	8	1,60
ocena łączna	8,65		8,35		8,70		8,50		8,50	

projekt Zgłowiączka w Lubrańcu										
faza prac	pilot		poszerzanie I		poszerzanie II		kalibracja		instalacja	
parametr	punkty	ocena	punkty	ocena	punkty	ocena	punkty	ocena	punkty	ocena
wydajność wiercenia	8,5	1,60	10	2,00	8,5	1,70	8	1,60	8,5	1,70
jakość profilu	7,5	1,50	7,5	1,50	7,5	1,50	7,5	1,50	7,5	1,50
analiza T&D (moment i siła osiowa na przewodzie)	7,5	0,75	8	0,80	8	0,80	8	0,80	8,5	0,85
analiza T&D (zachowanie się narzędzi)	7,5	0,75	9	0,90	8	0,80	8,5	0,85	-	-
jakość cyrkulacji w otworze	7	0,70	9,5	0,95	9,5	0,95	10	1,00	10	1,00
ocena stabilności ściany otworu	7	0,70	9	0,90	9	0,90	9,5	0,95	-	-
stopień oczyszczenia otworu	8	1,60	8,5	1,70	8,5	1,70	9,0	1,80	9,5	1,90
obciążenia instalacyjne	-	-	-	-	-	-	-	-	8,5	1,70
ocena łączna	7,60		8,75		8,35		8,50		8,65	

Tab. 5. Ilościowa ocena jakości analizowanych otworów (HQI - Hole Quality Index)

projekt Bukowy Las Górki III w Koszalinie										
faza prac	pilot		poszerzanie I		poszerzanie II		kalibracja		instalacja	
parametr	punkty	ocena	punkty	ocena	punkty	ocena	punkty	ocena	punkty	ocena
wydajność wiercenia	8	1,60	8	1,60	8	1,60	9	1,80	8,5	1,70
jakość profilu	7	1,40	7	1,40	7	1,40	7	1,40	7	1,40
analiza T&D (moment i siła osiowa na przewodzie)	7,5	0,75	8	0,80	8	0,80	8,5	0,85	8,5	0,85
analiza T&D (zachowanie się narzędzi)	8	0,80	8	0,80	8,5	0,85	8,5	0,85	-	-
jakość cyrkulacji w otworze	6,5	0,65	9	0,90	10	1,00	10	1,00	10	1,00
ocena stabilności ściany otworu	8	0,80	8,5	0,85	8,5	0,85	9	0,90	-	-
stopień oczyszczenia otworu obciążenia instalacyjne	8	1,60	9	1,80	9	1,80	9,5	1,90	9,5	1,90
	-	-	-	-	-	-	-	-	8	1,60
ocena łączna	7,60		8,15		8,30		8,70		8,45	

Tab. 5 cd. Ilościowa ocena jakości analizowanych otworów (HQI - Hole Quality Index)

Komentarz do analizowanych projektów

Jak wspomniano wcześniej, analizie szczegółowej poddano trzy otwory przygotowane przez czołowe polskie spółki wiertnicze. Przekroczenie Wisły we Włocławku należy uznać za najtrudniejszy, jak dotąd, ukończony projekt HDD w Polsce. Trudność wynikała z typu przeszkody oraz bardzo złożonych warunków geologicznych. Otwór pilotowy wywiercono z wykorzystaniem świdra o średnicy 14". Dzięki zastosowanemu systemowi monitoringu ciśnień wgłębnych (APWD) straty wgłębne na etapie pilota nie przekroczyły 2% objętości zatłaczanej do otworu płuczki. Sekcja horyzontalna otworu została poprowadzona w warstwie węgla brunatnych. Na etapie pierwszego poszerzania nastąpił problem ze zwiercalnością formacji ilastej z użyciem konwencjonalnych narzędzi skrawających. Do końca zadania korzystano więc z narzędzi rolkowych typu hole opener. Drugi marsz poszerzający od średnicy 20" do 42" został przeprowadzony przy zastosowaniu czterech narzędzi, w tym dwóch centralizatorów. Końcowa faza projektu została przeprowadzona w trudnych warunkach zimowych. Ze względu na wyjątkowo niskie temperatury, po zakończeniu kalibracji otworu nastąpiła 7-dniowa przerwa w robotach wiertniczych. Pomimo nietypowej dla techniki HDD sytuacji, instalacja przebiegła bez większych problemów. Klasa projektu nakazywała zastosowanie wiertnicy klasy co najmniej 2500 kN, dysponującej momentem obrotowym powyżej 70 kNm. Przyznana ocena jakości otworu wahała się dla poszczególnych faz projektu od 8,3 do 8,7 na 10 możliwych. Otwór charakteryzuje się najwyższym współczynnikiem trudności (HDI) wynoszącym 37576.

Instalacja pod dnem rzeki Zgłowiączka została wykonana przez urządzenie klasy 600 kN. Monitorowana jakość otworu wzrastała stopniowo od fazy wiercenia pilotowego (7,6), poprzez poszerzanie (8,3), aż do instalacji (8,6). Zaproponowany profil wiercenia, w którym głębokość otworu znacząco przewyższała przykrycie pod dnem rzeki, kreował ryzyko szczelinowania hydraulicznego warstw nadległych w rejonie przeszkody wodnej. Mając to na uwadze, spółka wiertnicza wykonała otwarcie otworu w pierwszym kroku od średnicy niespełna 9" aż do 36". Działanie to umożliwiło ustabilizowanie cyrkulacji w otworze i wyeliminowało ryzyko niekontrolowanego przepływu płuczki do warstw namulów i torfów dominujących w górnej strefie. W trakcie instalacji zanotowano bardzo niskie obciążenia, co potwierdza dobrą kondycję

otworu wywierconego w gruboziarnistym piasku i słuszność przyjętych rozwiązań technologicznych, polegających między innymi na selektywnym balastowaniu rurociągu produktowego.

Przekroczenie terenów leśnych w Koszalinie jest pierwszym w Europie przypadkiem instalacji rurociągu stalowego DN700 na dystansie powyżej 1000 m, z wykorzystaniem urządzenia klasy 1000 kN. Jest to zarazem druga, co do długości, instalacja rurociągu DN700 w Polsce. Wykonawca zmodyfikował (przegłębił) profil przekroczenia w stosunku do pierwotnej koncepcji projektowej. Dzięki temu zabiegowi otwór charakteryzował się prawidłowym obiegiem płuczki, a wskaźnik jego oczyszczenia przekroczył 95%. Projekt Bukowy Las odc. 3. uzyskał też najwyższy wskaźnik wydajności wiercenia netto z całej analizowanej trójki. Ze względu na przeważające w profilu warstwy glin i ilów, do prac wiertniczych zastosowano głównie narzędzia rolkowe. Podobnie jak w przypadku Zgłowiączki, jakość otworu wzrastała od etapu pilota do instalacji, osiągając w ostatniej fazie 8,5 punktu.

Jak widać z przytoczonych przykładów, szacowanie jakości otworu wiertniczego zaproponowaną metodą pozwoliło uzyskać szczegółowy obraz prowadzonych prac wiertniczych. Opisane projekty należy uznać za referencyjne dla poszczególnych klas maszyn. Uzyskane noty powyżej 85% wartości maksymalnej pozwalają wysoko ocenić wysiłki firm wiertniczych, zmierzające do redukcji ryzyka operacyjnego.

Jakość otworu w kontekście jego trudności

Wydaje się oczywiste, że wymagana jakość będzie zależna od stopnia trudności zadania. Istnieje silna korelacja pomiędzy wymaganym stanem technicznym a wskaźnikiem wynikającym z uwzględnienia długości otworu i rozmiaru przewidywanego do instalacji rurociągu. Autor proponuje przyjąć zasadę, że minimalna ocena jakości otworu (HQI – Hole Quality Index) w skali 10-punktowej dla przeprowadzenia bezpiecznej instalacji waha się od 4 do 7. Dla otworów o wskaźniku trudności (HDI – Hole Difficulty Index) poniżej 5000 będzie to dolny zakres tego przedziału, dla otworów o wskaźniku powyżej 50000 będzie to górny zakres przedziału. Należy pamiętać też, że im niższa ocena jakości, tym wyższe prawdopodobne obciążenia instalacyjne, które należy przewyżczyć i wyższe ryzyko operacyjne związane z projektem. Należy traktować zaproponowane wskaźniki jako orientacyjną wy-

	6"	8"	10"	12"	16"	20"	24"	28"	32"	40"
100 m	600	800	1000	1200	1600	2000	2400	2800	3200	4000
200 m	1200	1600	2000	2400	3200	4000	4800	5600	6400	8000
300 m	1800	2400	3000	3600	4800	6000	7200	8400	9600	12000
400 m	2400	3200	4000	4800	6400	8000	9600	11200	12800	16000
500 m	3000	4000	5000	6000	8000	10000	12000	14000	16000	20000
600 m	3600	4800	6000	7200	9600	12000	14400	16800	19200	24000
700 m	4200	5600	7000	8400	10200	14000	16800	19600	22400	28000
800 m	4800	6400	8000	9600	12800	16000	19200	22400	25600	32000
900 m	5400	7200	9000	10800	14400	18000	21600	25200	28800	36000
1000 m	6000	8000	10000	12000	16000	20000	24000	28000	32000	40000
1200 m	7200	9600	12000	14400	19200	24000	28800	33600	38400	48000
1400 m	8400	11200	14000	16800	22400	28000	33600	39200	44800	56000
1600 m	9600	12800	16000	19200	25600	32000	38400	44800	51200	64000
1800 m	10800	14400	18000	21600	28800	36000	43200	50400	57600	72000
2000 m	12000	16000	20000	24000	32000	40000	48000	56000	64000	80000

Tab. 6. Ocena stopnia trudności instalacji HDI (Hole Difficulty Index) w funkcji długości (m) i średnicy instalowanego rurociągu (cale)

tyczną. Wskaźnik HDI nie uwzględnia bowiem warunków geologicznych czy też parametrów trajektorii otworu.

Relacja jakości i kosztu

Z obserwacji projektów, w trakcie których prowadzona była analiza jakości w ujęciu ilościowym, wynika silna zależność pomiędzy wskaźnikiem jakości otworu (Hole Quality Index) a ponoszonymi przez wykonawcę kosztami. Niski wskaźnik HQI oznacza na ogół wysokie koszty, z kolei bardzo wysoki wskaźnik HQI wiąże się z kosztami operacyjnymi powyżej średniej. Stąd domniemanie, że istnieje optymalna wartość HQI, która powiązana jest z najniższymi kosztami. Dane polowe wskazują, że wartość wskaźnika HQI w takim wypadku mieści się w przedziale pomiędzy 6,5 a 8,5.

Zarządzając projektem wiertniczym należy więc dążyć do osiągnięcia wskaźnika na wymaganym poziomie, przy czym im projekt bardziej złożony i ryzykowny, tym wymagana jakość powinna być wyższa. Jakość otworu będzie pochodną po efektywności działania wdrożonego programu wiertniczego. W programie powinny się znaleźć takie aspekty, jak specyfikacja sprzętu wiertniczego, konfiguracja narzędzi dla kolejnych marszy, hydraulika otworowa, parametry płynu wiertniczego, planowany postęp prac i spodziewane obciążenia rejestrowane na przewodzie wiertniczym. Wstępne założenia przyjęte przed rozpoczęciem prac wiertniczych powinny być weryfikowane w trakcie projektu i w przypadku nieosiągnięcia założonych celów pośrednich – modyfikowane. Również w przypadku, kiedy nadarzy się okazja do wzrostu wydajności wiercenia bez spadku jakości, należy rozważyć wdrożenie decyzji optymalizujących proces.

Istotnym elementem jest dostosowanie poziomu jakości do wymagań rynku (klienta). Wyższa jakość niekoniecznie jest rozumiana jako większe zadowolenie klienta, gdyż przekładać się może na nadmierną cenę finalnego produktu (otworu wiertniczego). W przypadku ryczałtowego poziomu wynagrodzenia, konieczność uzyskania bardzo wysokiej jakości może oznaczać spadek zysków wykonawcy. Bywa też jednak tak, że niewystarczająca (zbyt niska) jakość skutkuje komplikacjami wiertniczymi, które mogą oznaczać znaczące przekroczenie zakontraktowanego budżetu.

Wraz ze wzrostem skuteczności wiercenia, obniżeniu ulegają koszty błędów technicznych, których częstotliwość jest funkcją doświadczenia spółki, umiejętnego planowania, stosowania działań prewencyjnych i monitoringu.

Projekt wiertniczy powinno się rozpatrywać w relacji kosztów i uzyskiwanych korzyści. Dla bardzo niskiego poziomu jakości obserwuje się na ogół brak jakichkolwiek korzyści (nieukończenie lub znaczące przedłużenie projektu). Koszty są jednak wyższe od zera. Wzrost poziomu jakości powoduje chwilową przewagę kosztów nad korzyściami. Później tendencja ta ulega odwróceniu w przedziale optymalnym. Skrajnie wysoka jakość może nie przyczyniać się do wzrostu korzyści. Zarówno dla spółki wiertniczej, jak i Klienta, najważniejszy w ujęciu ekonomicznym wydaje się iloraz korzyści (zysków) i kosztów. Istnieje jednak element dodatkowy, obok którego nie można przejść obojętnie – bezpieczeństwo projektu, które wiąże się z identyfikacją i zarządzaniem wszystkimi typami ryzyka.

Relacja jakości i ryzyka

Podjęmowane przez spółki ryzyka wykonawcze i określenie ich akceptowalnego poziomu jest skorelowane z osiąganym zyskiem. Parametrem powiązany jest jakość otworu. Ryzyko i jakość, podobnie jak koszt i jakość, są od siebie zależne. Zarówno zapewnienie jakości, jak i zarządzanie ryzykiem, należy zaplanować. Specyfika działalności wiertniczej wymaga, aby zespół zaangażowany w projekt zidentyfikował jak najwięcej zagrożeń, a następnie poddał je ocenie i hierarchizacji. Ustalenie stopnia uciążliwości oraz potencjalnego wpływu na harmonogram i koszty przedsięwzięcia pozwala na aktywne zarządzanie ryzykiem w obszarach, w których potencjalne straty byłyby największe. Powszechnie uważa się, że niska jakość otworu może podnosić ranking niektórych ryzyk i zwiększać prawdopodobieństwo ich wystąpienia. Analizy statystyczne określające prawdopodobieństwo zdarzeń negatywnych przy różnych poziomach uzyskiwanej jakości są cennym źródłem danych, pozwalających na aktywne planowanie i zarządzanie projektami wiertniczymi. Uzyskanie odpowiednio dużej ilości usystematyzowanych i zunifikowanych informacji nie jest sprawą prostą. Zarządzanie ryzykiem jest kosztem, którego wysokość może sięgać kilku procent budżetu projektu. Zapewnienie odpowiednio wysokiej jakości jest także kosztem, którego wysokość jest uzależniona od przyjętych standardów postępowania, metodyki oceny, uznanych za referencyjne wytycznych, norm i kryteriów jakościowych. W każdym przypadku należy opracować plan działania (procedury techniczne) dla sytuacji przewidywalnych, wyjątkowych i zdarzeń losowych. Zarządzanie jakością, ale też i ryzykiem, powinno

uwzględniać zasadę antycypacji czyli przewidywania zdarzeń niekorzystnych i niebezpiecznych z punktu widzenia osiągnięcia celu projektu.

Zarządzanie jakością

Pod tym pojęciem będziemy rozumieli wszystkie działania mające na celu przygotowanie programów technologicznych, planowanie i wdrażanie procedur, kierowanie projektem oraz nadzorowanie realizowanych prac w kontekście jakości. Proces ten obejmuje planowanie jakości, sterowanie jakością, zapewnienie jakości i jej doskonalenie. Wdraża się go mając na celu przygotowanie finalnego produktu na wymaganym przez klienta poziomie. W literaturze wskazuje się kilka podstawowych etapów kreowania jakości: określanie założeń i niezbędnych do uzyskania celów (parametrów), kierowanie i sterowanie procesem wiercenia zmierzające do wytyczonych celów i w końcu ocenę uzyskanych rezultatów. Dodatkowym etapem może być korygowanie zaobserwowanych błędów. Firmy przygotowujące, w ramach podpisanych umów, otwory wiertnicze o jakości przewyższającej średnią dla danego rynku, mogą cieszyć się większym zaufaniem swoich klientów. Zapewniają bowiem wyższe prawdopodobieństwo powodzenia projektu. Ich przewaga nad spółkami konkurencyjnymi będzie wynikała głównie z lepszego planu i ze staranności prowadzonych prac, a nie ze sprzętu wiertniczego, który może być podobny. Działania spółek wiertniczych w obrębie procesu zarządzania jakością mogą być inspiracją dla klientów i biur projektowych. Przewyższanie oczekiwanych standardów jakościowych pozwala planować projekty, których parametry wykraczają poza dotychczasowe doświadczenie rynku. Chodzi tutaj o długość przekroczeń, średnicę rurociągów oraz warunki geologiczne, które dotychczas nie były eksplorowane. Klienci powinni komunikować się z rynkiem i dawać czytelne sygnały o planach inwestycyjnych na najbliższe lata. Pozwoli to lepiej przygotować się spółkom wykonawczym do planowanych zadań, zarówno pod kątem wymaganego sprzętu, technologii, jak i kompetencji w zarządzaniu bardziej złożonymi projektami.

Podsumowanie

Zarządzanie jakością otworu wiertniczego nie jest całkowicie nową koncepcją. Mniej lub bardziej świadome działania prowadzi większość spółek wykonawczych. Jak wynika z obserwacji rynku, polityka zarządzania jakością skupia się zarówno na optymalizacji procedur i programów wiertniczych, ale także równolegle na działaniach kontrolnych i zapobiegawczych, zmierzających w kierunku redukcji błędów. Dzięki zdobywaniu doświadczenia i podejmowaniu się realizacji złożonych zadań, możliwe jest uzyskiwanie coraz wyższej jakości przy coraz niższych kosztach poniesionych na ten cel. Projekty zakończone całkowitym niepowodzeniem należą obecnie do rzadkości. Firmy inwestujące w szkolenia, planowanie, procedury kontrolne, efektywnie zarządzające ryzykiem mają lepszą perspektywę w kontekście stworzenia solidnych podstaw dla zarządzania skomplikowanymi procesami wiertniczymi. ■

Literatura

- [1] Aldred W. i in.: Managing Drilling Risk. Oilfield Review. Summer 1999.
- [2] Duncan E. i in.: Quality in Drilling Operations. Oilfield Review. Spring 1996.
- [3] Duyvestyn G.: Risk Management and Its Role in Trenchless

- Projects. NASTT No-Dig Shor 2014. Orlando, Florida.
- [4] Mason C.: Wellbore Quality Characterization for Drilling and Casing Running in Challenging Wells. SPE Distinguished Lecturer Series.
- [5] Raporty technologiczne firmy Robert Osikowicz Engineering dla projektów: Wisła HDD, Zgłowiączka HDD oraz Bukowy Las Gorki odc. 3 HDD.
- [6] Osikowicz R.: Zarządzanie jakością otworu. Analiza ryzyka w HDD. Seminarium Techniczne ROE w Krakowie. Grudzień 2014.

Robert Osikowicz – (ur. 1966), absolwent Wydziału Wiertnictwa Nafty i Gazu AGH w Krakowie. Zajmuje się technologią wiercenia otworów kierunkowych i praktycznymi aplikacjami płynów wiertniczych w otworach różnego przeznaczenia. Ponadto w kręgu zainteresowań znajdują się: analizy wykonalności, ryzyka, jakości i kosztów dla projektów bezwypokowych. Od 2009 r. pracuje dla firmy Robert Osikowicz Engineering. Jest jednocześnie redaktorem naczelnym magazynu „Paliwa i Energetyka”.