



Wykonawstwo pali SDP maszyną Bauer BG24H

# Technologie palowe Keller Polska

tekst i zdjęcia: **KELLER POLSKA**

Keller Polska, bazując na wieloletnim doświadczeniu, oferuje sprawdzone technologie geotechniczne, dopasowane indywidualnie do potrzeb klientów. Jednymi z wiodących technologii są metody posadowienia głębokiego przy użyciu pali fundamentowych. Pali wykonywane są nowoczesnymi maszynami przez wyspecjalizowane brygady robocze, a Biuro Projektów Kellera wykorzystuje w projektowaniu specjalistyczne oprogramowanie, oparte na metodzie elementów skończonych (MES) lub klasycznych metodach analitycznych.

Wszystkie maszyny firmy Keller są wyposażone w nowoczesne oprzyrządowanie, które monitoruje kluczowe parametry w trakcie realizacji pali. Cyfrowa rejestracja parametrów wykonania pozwala uzyskać dla każdego pala metrykę wykonania ze szczegółami procesu w formie wykresów, a proces przeprowadzenia i odbioru robót przewiduje szereg nieniszczących badań pali w celu zweryfikowania założonych parametrów produkcyjnych (próbne obciążenia statyczne i dynamiczne, badania ciągliwości, badania wytrzymałości próbek betonu na ściskanie).

**Pale przemieszczeniowe SDP i VDP** są szybką i skuteczną technologią do głębokich, palowych posadowień różnorodnych konstrukcji. Pale wykonuje się za pomocą różnego rodzaju świrdrów przemieszczających grunt na boki w trakcie wkręcania (*screw displacement piles* – SDP) lub rozpychania gruntu przez wwibrowywaną w podłoże rurę (*vibro displacement piles* – VDP). Rozpychanie gruntu podczas wykonania pali powoduje dogęszczanie podłoża w ich rejonie, a tym samym przeniesienie większych obciążeń w stosunku do innych rodzajów pali. Duży

zakres realizowanych średnic – od 270 mm, przez 360, 400, 500, aż do 600 mm – i długościach dochodzących do 40 m pozwala na zróżnicowane zastosowania: posadowienia budynków przemysłowych i komercyjnych, zbiorników, magazynów, obiektów infrastrukturalnych i budynków mieszkalnych.

Wykonanie polega na wkręceniu lub wwibrowaniu w podłoże świrdra lub rury, a następnie zabetonowanie powstałego w ten sposób otworu betonem podawanym pod ciśnieniem od spodu świrdra. Zbrojenie wprowadza się przed zabetonowaniem lub po nim, w zależności od wersji technologii. W trakcie wprowadzania zbrojenia po zabetonowaniu odbywa się to najczęściej przy użyciu wibracji.

Keller Polska oferuje dwa rodzaje pali przemieszczeniowych: SDP wykonywane głowicą przemieszczeniową lub wwiercaną rurą zakończoną traconą podstawą oraz VDP wykonywane przez wwibrowywanie stalowych rur w podłoże za pomocą wibromłotów nasadowych lub przelotowych.

**Pale formowane świrdrem ciągłym** (*continuous flight auger* – CFA lub *cased continuous flight auger* – CCFA) to technologia pali



Pale SDP wykonywane maszyną Liebherr LB24



Pale VDP wykonywane wibromłotem przelotowym



Nachylone pale CFA wykonywane maszyną Fundex F3500

wierconych betonowanych na mokro w gruncie. Pale wierce się i betonuje w czasie jednego ciągłego procesu za pomocą świda spiralnego o długości równej co najmniej długości pala. Zbrojenie jest wprowadzane do świeżo zabetonowanego pala najczęściej przy użyciu wibracji. Oprócz typowego posadowienia głębokiego pale CFA i CCFA stosuje się jako obudowy wykopów i palisady, do zapobiegania osuwiskom i ochrony istniejących budowli w połączeniu z technologiami kotew lub gwoździ gruntowych, jak również w projektach infrastrukturalnych, takich jak budowa tuneli, dróg i mostów, oraz ochronie przeciwpowodziowej. Pale te charakteryzuje możliwość przeniesienia dużych obciążeń ściskających, wyciągających i bocznych.

Pale CFA wykonuje się przez wkręcenie w podłoże ciągłego świda o pustym rdzeniu. Po osiągnięciu głębokości projektowej następuje rozpoczęcie podawania betonu pod ciśnieniem od dołu przez rurę rdzeniową z jednoczesnym podnoszeniem świda do góry. Zbrojenie pala jest wprowadzane w świeży beton, z użyciem wibratora lub bez. Zazwyczaj pale CFA wykonuje się jako zbrojone koszem zbrojeniowym lub profilem o długości dostosowanej do potrzeb projektu. Istnieje możliwość zbrojenia pali na całej długości. Wykonuje się pale o długości przekraczającej 30 m o średnicach od 430 do 1200 mm. Można je wykonać w większości warunków gruntowych: w piaskach, glinach, namułach, żwirach oraz miękkich skałach. Niski poziom hałasu oraz brak wibracji czynią je idealnym rozwiązaniem dla obszarów zabudowanych ze słabymi warunkami podłoża oraz wysokim poziomem wód gruntowych. W porównaniu z klasycznymi palami wierconymi wykonawstwo jest bardzo szybkie, gdyż nie ma potrzeby wykorzystania orurowania lub zawieszin stabilizujących.

Technologia wykonania pali CCFA polega na jednoczesnym pograżaniu rury osłonowej i ciągłego świda przy użyciu podwójnej głowicy. Zastosowanie dodatkowej rury zakończonej koroną wiertniczą umożliwia dokładniejsze prowadzenie trzonu pala i przewiercanie się przez sąsiednie pale i przeszkody w podłożu. Są to szczególnie ważne cechy przy wykonywaniu palisad, ścian i tuneli.

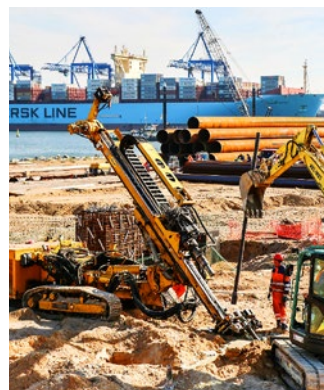
**Mikropale iniekcyjne** najczęściej wykonywane są z samowierzących systemowych żerdzi stalowych, otoczonych zaczynem cementowym. Określenie mikro w nazwie związane jest ze stosunkową małą średnicą wykonanego elementu w porównaniu z jego długością. Najczęściej są stosowane do podparcia i (lub) kotwienia konstrukcji, do podchwycenia, zwiększania stateczności oraz typowego dla pali przeniesienia obciążeń na nośne warstwy podłoża.

Systemowe żerdzie, zakończone koroną wierzącą o średnicy od 50 do 300 mm, wkręca się w podłoże najczęściej za pomocą małych, mobilnych wiertnic. Odcinki żerdzi, zazwyczaj w formie gwintowanego pręta, skręcane są w trakcie wiercenia, a iniekt w postaci zaczynu cementowego o wysokiej wytrzymałości podawany jest do otworu przez dysze zainstalowane w koronie. Nośności mikropali zależy oczywiście od ich wymiarów geometrycznych i warunków geotechnicznych, jednak udało się osiągnąć nośność na wciskanie przekraczającą 5000 kN.

Cechują się wysoką wytrzymałością na ściskanie, rozciąganie i obciążenia boczne. Można je wykonywać w miejscach z ograniczonym dostępem oraz łączyć z innymi technikami, aby spełnić wyjątkowe lub skomplikowane wymagania projektu w sposób optymalny i wydajny.



Wykonanie palisady z pali CCFA



Wykonawstwo nachylonych mikropali



Wbijanie nachylonych pali prefabrykowanych



Pale prefabrykowane wykonywane maszyną z podwoziem szynowym

**Pale prefabrykowane** – gotowe elementy zagłębiane są w grunt za pomocą kafarów lub palownic wyposażonych w młoty hydrauliczne albo wibromłoty, które mogą być wykorzystywane do wszystkich rodzajów konstrukcji, w szczególności w gruntach agresywnych. Idealnie nadają się w terenie, gdzie warunki są bardzo zmienne, pozwalając na dopasowanie długości w zależności od osiągniętego oporu wbijania. Mogą być stosowane w przypadku dużej miąższości warstw gruntów słabych i (lub) wysokiego zwierciadła wody gruntowej, które bywa kłopotliwe dla klasycznego pała wierconego. Pale o małym przekroju stosuje się do podchwycenia domów i lekkich budowli, miejsc o ograniczonej wysokości i utrudnionym dostępie. Pale o średnim przekroju mogą być używane do fundamentów dla nowych budowli, infrastruktury, płyt fundamentowych i platform transmisyjnych oraz jako boczne podparcie dla budowli oporowych, natomiast pale o dużym przekroju – do posadowienia turbin wiatrowych i pylonów, fundamentów mostów i pirsów, budowli hydrotechnicznych.

Pale prefabrykowane mogą być wykonane z drewna, z betonu zbrojonego, stalowych elementów walcowanych o przekroju H,



Wwibrowywanie pali rurowych pod konstrukcję nabrzeża portowego

pali z elementów ścianek szczelnych lub z rur. W niektórych przypadkach niezbędne do osiągnięcia głębokości projektowej może się okazać wstępne podwiercanie, np. w zagęszczonym podłożu. Pale prefabrykowane można instalować w jednym odcinku lub łączyć za pomocą opatentowanych łączników w celu osiągnięcia większych długości (nawet powyżej 80 m). Dla zminimalizowania hałasu przy wbijaniu używamy również najnowszych młotów hydraulicznych w zamkniętych obudowach.

**Pale rurowe** są odmianą pali prefabrykowanych stosowanych szczególnie często w budownictwie hydrotechnicznym do budowy nabrzeży, podpór pirsów i estakad oraz do posadowienia budowli infrastrukturalnych i w terenie o szczególnie zróżnicowanych, trudnych warunkach geotechnicznych.

W podłożu wwibrowywana i (lub) wbijana jest stalowa rura, najczęściej z otwartym dnem. W przypadku bardzo słabych gruntów stosowane jest zamknięcie rury stalowym ostrzem. W zależności od wymagań rura po wbiciu może być wypełniona kruszywem lub zabetonowana. Podstawową zaletą pali rurowych jest ich szybki montaż i duża nośność. Nie ma również potrzeby usuwania urobku, jak dla pali wierconych i CFA.

**Pale wiercone wielkośrednicowe** to klasyczny sposób wykonania pali, szczególnie dużych średnic, pozwalający na przeniesienie wydatnych obciążeń na głębiej położone nośne warstwy podłoża, zwłaszcza w przypadku konieczności przeniesienia dużych obciążeń różnego rodzaju. Stosowane są w projektach infrastrukturalnych, takich jak budowa tuneli, budowa dróg i mostów, ochrona przeciwpowodziowa oraz do zwiększenia stateczności zboczy lub ochrony istniejących budowli.

Wykonanie polega na wkręceniu w podłożę rury osłonowej i wybraniu gruntu z wnętrza rury za pomocą specjalistycznych wiertel. W przypadku wysokiego poziomu wód gruntowych wewnątrz otworu utrzymuje się nadciśnienie wody w celu zablokowania dopływu wody z zewnątrz, który pogarsza stan gruntów pod podstawą pała. W przypadku wiercenia w gruntach spoiстых zamiast rury osłonowej na całej długości można stosować zawiesziny stabilizujące, podobnie jak w ścianach szczelinowych. Po osiągnięciu głębokości projektowej do wykonanego otworu opuszcza się kosz zbrojeniowy o długości równej głębokości odwiertu, a otwór jest wypełniany betonem od dołu, najczęściej metodą kontraktor, która nie dopuszcza do wymieszania się betonu z wodą. Pale wiercone mogą osiągać ponad 30 m długości, a typowe średnice to 800, 1000, 1200 i 1500 mm.

Pale wiercone cechują się bardzo wysoką nośnością zewnętrzną, osiąganą przy stosunkowo niskim osiadaniu. Można je wykonywać dla różnorodnych warunków geotechnicznych, a małe wibracje w czasie wykonania predestynują je do realizacji również w terenie zabudowanym.



Wykonanie pali wierconych w pobliżu czynnej linii kolejowej

Więcej na [www.keller.com.pl](http://www.keller.com.pl)

