



Temat specjalny

# Wykonywanie przestón przeciwnfiltracyjnych

tekst: **MARIAN KOWACKI**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, zdjęcia: **SOLETANCHE POLSKA Sp. z o.o.**

**GÓRAŹDŹE**  
HEIDELBERGCEMENT Group

**KELLER**

**LIEBHERR**

**SOLETANCHE**

**soley**

Przestony przeciwnfiltracyjne wykonuje się w wielu technologiach, z których większość wywodzi się z technik głębokiego fundamentowania lub wzmacniania gruntów. Wybór technologii wykonania przestony w konkretnym przypadku powinien uwzględniać budowę geologiczną podłoża, a także trwałość i odporność chemiczną materiału przestony. Konieczne jest również wzięcie pod uwagę możliwości zastosowania ciężkiego sprzętu.



Przesłona przeciwfiltracyjna typu *jet grouting*

## Cele i zakres stosowania

Generalnie przesłony przeciwfiltracyjne stosuje się m.in. w celu zamknięcia lub ograniczenia filtracji wody w obrębie i pod budowlami hydrotechnicznymi, takimi jak wały przeciwpowodziowe, zapory, zbiorniki retencyjne (w korpusie lub w podstawie nasypu). Ich zadaniem jest poprawa stateczności tych budowli, co jest szczególnie istotne w przypadku obiektów ochrony przeciwpowodziowej. Przesłony przeciwfiltracyjne służą także do zabezpieczenia suchych wykopów szerokoprzestrzennych, umożliwiając prowadzenie robót fundamentowych w głębokim wykopie w tradycyjny sposób. Kolejnym celem ich stosowania jest zabezpieczenie składowisk odpadów. Przesłony pełnią wówczas funkcję barier zabezpieczających przed przenikaniem do gruntu i wód gruntowych szkodliwych substancji oraz niebezpiecznych toksyn. Przesłony przeciwfiltracyjne przyczyniają się do likwidacji zjawisk sufozycznych, które powstają na skutek wieloletniego użytkowania obiektów. Ponadto stosuje się je w budowlach, gdzie jest to wymagane i istnieje potrzeba izolacji przepływu wód gruntowych, oraz do tymczasowego uszczelnienia na okres budowy lub remontu innego typu uszczelnień [1].

## Rodzaje przesłon i wybrane technologie wykonania

Podstawową formą zabezpieczeń przeciwfiltracyjnych są pionowe lub poziome przesłony hydroizolacyjne. W zależności od przeznaczenia wykonuje się przesłony zupełne – dogłębione do naturalnej warstwy nieprzepuszczalnej, lub niezupełne – zawieszane, wydłużające drogę filtracji wód podziemnych.

Poziome przegrody przeciwfiltracyjne często buduje się w sytuacji braku możliwości wykonania klasycznego odwodnienia w trakcie realizacji głębokiego wykopu. Dzięki nim ograniczany jest dopływ wody do wykopu bez konieczności obniżania zwierciadła wody poza wykopem. W zależności od warunków gruntowych i geometrii wykopów stosuje się różne warianty poziomych przesłon przeciwfiltracyjnych – jako przesłonę grawitacyjną, ciężki korek betonowy, korek kotwiony czy przesłonę w kształcie sklepienia [2, 3].

Przesłony przeciwfiltracyjne wykonuje się różnymi metodami, które stale ewoluują. Udoskonalanie technologii przekłada się na wzrost wydajności pracy oraz poprawę procesu mieszania i szczelności wykonywanych przesłon.

Jedną metodą wykonywania przesłon przeciwfiltracyjnych jest wynaleziona w Japonii technologia **DSM** (*deep soil mixing*). Polega ona – w zależności od wymogów stawianych przesłonie w zakresie wytrzymałości i szczelności – na mieszanii *in situ* gruntu z zaczynem cementowym lub cementowo-bentonitowym. Mieszadło w postaci końcówki wiertniczej o specjalnym kształcie wprowadza się w grunt i jednocześnie podaje gotowy zaczyn. Osiągnąwszy przewidzianą głębokość, przystępuje się do właściwej fazy mieszania wgłębnego. Polega ona na podciąganiu mieszadła do góry i podawaniu zaczynu. Do zalet formowania tą metodą kolumn gruntowo-cementowych lub gruntowo-cementowo-bentonitowych należą m.in. możliwość wykonania przesłony o znacznej grubości (do ok. 0.80 m) przy użyciu lekkiego sprzętu, bez wibracji, wykonanie przesłony jako elementu oporowego (np. przy zastosowaniu profili stalowych),

Jakie warunki należy sprawdzić, projektując przesłonę przeciwfiltracyjną, i czy rzutują one na wybór sposobu jej wykonania?



**URSZULA TOMCZAK, główny projektant i ekspert Soletanche Polska Sp. z o.o.**

W geotechnice nie ma jednego słusznego rozwiązania. Ten sam problem można rozwiązać na wiele sposobów i dlatego tak ważne jest doświadczenie oraz innowacyjność. Odpowiedni pomysł przynosi klientowi korzyść w postaci tańszego

rozwiązania lub też zastosowania technologii skracającej czas realizacji przy zachowaniu wymaganego poziomu bezpieczeństwa. Pionowe przesłony przeciwfiltracyjne wykonywane są zazwyczaj ze względu na wysoki poziom wody gruntowej w przypadku wykopów lub jako uszczelnienie wałów przeciwpowodziowych. Głównym kryterium w ocenie skuteczności rozwiązania jest w tym wypadku szczelność. Mając do dyspozycji cały wachlarz technologii, w specyficznych uwarunkowaniach danej budowy możemy wybrać wariant najatrakcyjniejszy cenowo i czasowo, zachowując wysoką szczelność.

Pierwszym, automatycznym skojarzeniem z pojęciem przesłona przeciwfiltracyjna jest *jet grouting*, czyli metoda wysokociśnieniowej iniekcji strumieniowej. Jednak

ze względu na wysokie koszty wykonania, zazwyczaj stosowana jest ona do elementów poziomych. Teoretycznie można ją wykonywać w większości występujących typowo gruntów, ale w gruntach spoistych proces tworzenia kolumny gruntobetonowej jest najbardziej przewidywalny. Dla przesłon tymczasowych alternatywą dla *jet grouting* jest przesłona kopana, zbrojona kształtownikami w przypadku odkopywania, lub niezbrojona w technologii *slurry trench*. Może stanowić także element docelowy, np. w wałach przeciwpowodziowych. W tym przypadku plusem jest niska cena, szybkość wykonania oraz brak ograniczeń głębokości ściany.

Jeśli plac budowy jest odpowiedniej wielkości i można swobodnie operować maszyną, to świetnie sprawdza się technologia TRENCHMIX®. Do jej głównych zalet należy bardzo duże tempo wykonania, stosunkowo duża grubość elementu oraz jednorodność panelu gruntobetonowego, co niweluje ryzyko powstania okien filtracyjnych w przesłonie. Minusem jest ograniczona głębokość wykonania, uzależniona od parametrów maszyny. Tego typu ściany są idealnym rozwiązaniem w pracach liniowych zarówno jako uszczelnienia wałów przeciwpowodziowych, jak i wzmocnienie podłoża dróg czy obudowy dużych wykopów.



Wykonywanie przesłony przeciwfiltracyjnej w technologii TRENCHMIX®



# TRENCHMIX® - TO SIĘ OPŁACA!

Z nami zaoszczędzisz:



CZAS



PIENIĄDZE



Ze względu na liniowy charakter robót oraz prędkość ich wykonania świetnie sprawdza się we wszelkiego rodzaju **inwestycjach infrastrukturalnych** (linie kolejowe, nasypy drogowe, wały przeciwpowodziowe) jak i wzmacnianiu podłoża pod wielkopowierzchniowe obiekty handlowe oraz przemysłowe.



#### Zalety:

- Duże tempo produkcji
- Wysoki stopień homogenizacji struktury
- Brak ryzyka wystąpienia "okien filtracyjnych"

#### Zastosowanie:

- Wzmocnienie gruntu
- Przegrody przeciwfiltacyjne
- Ściany oporowe
- Stabilizacja i zestalanie gruntu

**Chcesz wiedzieć więcej? Zapytaj nas!**

**Oddział Warszawa**  
ul. Powązkowska 44c  
01-797 Warszawa

office@soletanche.pl

**Oddział Gdańsk**  
ul. Orzechowa 5, II piętro  
80-175 Gdańsk

gdansk@soletanche.pl

**Oddział Kraków**  
ul. Wielicka 250  
30-663 Kraków

krakow@soletanche.pl

**Oddział Wrocław**  
ul. Żmigrodzka 244  
51-131 Wrocław

wroclaw@soletanche.pl

[www.soletanche.pl](http://www.soletanche.pl)

Postaw na nas



SOLETANCHE

Build on us

Jakie elementy podłoża należy sprawdzić, projektując przesłonę przeciwfiltracyjną?



**RAFAŁ SOBOCIŃSKI, kierownik pionu produktowego technologii DSM, Keller Polska**

Z praktyki wykonawczej wynika, że na wybór metody wykonania przesłony przeciwfiltracyjnej oprócz projektowanych parametrów użytkowych mają wpływ warunki w miejscu wykonywania prac.

Np. projektując modernizację wału przeciwpowodziowego, należy skontrolować jego geometrię i stateczność pod kątem możliwości bezpiecznego prowadzenia na nim prac ciężkim sprzętem, w tym palownicami, których masa całkowita może przekraczać 50 t. Kolejnym warunkiem są istniejące instalacje podziemne, ich rodzaj i głębokość położenia. W takich przypadkach bardzo często konieczne jest wykonanie doszczelniania przesłony w rejonach przebiegu instalacji, np. w technologii *jet-grouting* (Soilcrete®). Wybór metody prac determinują również ograniczenia wysokościowe i dobór sprzętu pod tym względem. Są to np. linie energetyczne czy konstrukcje mostów nad wałami przeciwpowodziowymi.

Obecnie na rynku mamy szeroki wybór technologii wykonywania przesłon przeciwfiltracyjnych, są to m.in. *deep soil mixing*, *trench soil mixing*, *jet-grouting*, WIPS czy przesłona kopana. Każda z nich ma swoje zalety i ograniczenia, a ich świadomy, poprzedzony analizą dobór jest kluczem do sukcesu w realizacji projektowanego zadania.

możliwość kontroli zużycia materiału oraz brak sedymentacji zawieszin. Z drugiej strony metodę cechuje ograniczona głębokość wykonywania kolumn (do 12 m), brak efektu dogęszczenia podłoża oraz powstawanie urobku.

W metodzie wibracyjnej **WIPS** (wibracyjnie iniektowana przesłona szczelinowa) za pomocą wibracji zagłębia się w podłożo kształtownik stalowy, a wyciągając go, powstają przestrzeń

wypełnia się zawiesziną twardniejącą. Przy użyciu tej metody możliwe jest wykonywanie przesłon o znacznej głębokości (do 20 m), dogęszczenie podłoża oraz likwidacja pustek i rozluźnień w zasięgu do kilku metrów od przesłony. Choć metoda charakteryzuje się dużą wydajnością i niską ceną, to wykonywanie przesłon przy jej użyciu niesie ze sobą ryzyko zaciśnięcia szczeliny i sedymentacji zawiesziny. Ponadto wymaga użycia ciężkiego sprzętu, a pojawiające się wibracje oddziałują na otaczające obiekty. Istnieje również możliwość klawiszowania przesłony, czyli nieuzyskania jej ciągłości wskutek odchylenia od pionu kolejnych zagłębień kształtownika.

Przesłony przeciwfiltracyjne realizuje się także **w wykopach wąskoprzestrzennych**. Jedną z możliwości jest wykonanie wykopu metodą szczeliny ciągłej. Głębi się ją koparką lub tren-czerem (koparka wielonaczyniowa pracy ciągłej) i jednocześnie rurociągiem podaje się do wykopu zawieszinę. Inny sposób to metoda kolejnych sekcji. Wykop wykonuje się i wypełnia zawiesziną sekcjami. W pierwszej fazie realizowana jest co druga sekcja, a w drugiej – sekcje zamykające.

Przesłony przeciwfiltracyjne powstają także w technologii **iniekcji otworowej niskociśnieniowej**. Przy użyciu zaczynów cementowych lub iniektów chemicznych buduje się przesłonę jedno- lub wielorzędową. Otwory iniekcyjne wykonywane są w rzędach, w określonym rozstawie, który następnie zagęszcza się, kontrolując przy tym zasięg rozprzestrzeniania się iniektu z wykonanych wcześniej otworów. Otwory zagęszcza się w rzędach i wykonuje kolejne rzędy przesłony aż do uzyskania ciągłości bariery (w gruntach ziarnistych) bądź uzyskania ograniczonej przepuszczalności strefy przesłony (w skałach).

Kolejnym sposobem wykonania przesłon przeciwfiltracyjnych jest zastosowanie iniekcji strumieniowej wysokociśnieniowej (**jet grouting**). Za pomocą tej metody można formować w gruncie bryły o dowolnych kształtach. Wstępnie grunt rozluźniany za pomocą silnego strumienia wody lub zaczynu cementowego podawanego przez specjalną dyszę jest w dalszej kolejności mieszany z zaczynem cementowym. W zależności od rodzaju gruntu oraz wariantu zastosowanej technologii zasięg oddziaływania strumienia może dochodzić do 2,5 m. Stworzona tym sposobem struktura cechuje się małą przepuszczalnością. Natomiast uniknięcie nadmiaru urobku ziemnego i możliwość wykonania pod pewnym kątem są przydatne w przypadku izolacji terenu z głęboko zalegającą warstwą gruntów nieprzepuszczalnych [4].

Przesłony przeciwfiltracyjne powszechnie wykonuje się także metodą **CDMM** (*continuous deep mixing method*). Technologia ta polega na zagłębieniu w grunt stalowej prowadnicy, po której z dużą prędkością przesuwa się łańcuch z zamocowanymi na nim płytami uzbrojonymi w narzędzia skrawająco-mieszające (całość nazywana jest mieczem). Z prowadnicą w pozycji pionowej i na założonej w projekcie głębokości maszyna robocza przemieszcza się po powierzchni terenu zgodnie z wytyczoną trasą. Dostarczana do dolnej części prowadnicy zawieszina wodno-cementowa lub cementowo-bentonitowa po zmieszaniu z rodzimym gruntem tworzy panel o założonej głębokości i długości równej pokonanej przez maszynę odległości. Zaprojektowana szerokość (grubość) panelu zostaje osiągnięta dzięki zamontowaniu na łańcuchu roboczym wymiennych płyt o różnej szerokości [5].

Jedną z najnowocześniejszych technologii mieszania gruntu *in situ* stosowanych przy wykonywaniu przesłon przeciwfiltracyj-



Przesłona kopana

nych jest metoda **CSM** (*cutter soil mixing*). W grunt wprowadzane są bębny skrawająco-mieszające, które za pomocą specjalistycznych noży urabiają i mieszają grunt z zainiektowanym zaczynem bentonitowo-cementowym. W efekcie powstają zachodzące na siebie panele – o określonej długości, grubości i projektowanej głębokości – tworzące nieprzerwaną przegrodę przeciwfiltracyjną. Dzięki precyzyjnemu urządzeniu metody CSM i CDMM są pozbawione wady w postaci powstawania okien filtracyjnych [6].

### Kontrola na każdym etapie realizacji

Zgodnie z wymogami, przeprowadza się badania bieżące na etapie wykonania przesłony, a także – decydujące o ocenie jakości wykonania przesłony – badania sprawdzające powykonawcze.

Do sprawdzenia zgodności parametrów fizycznych przesłon z założeniami i wymogami projektowymi można się posłużyć różnymi metodami. Przyjmując jako kryterium ingerencji w strukturę wykonanej przesłony, wyróżnia się dwie grupy metod badawczych: inwazyjne, m.in. odkrywki i wiercenia, pozwalające określić parametry przesłony przez jej destrukcję, oraz bezinwazyjne, m.in. metoda georadarowa czy elektrooporowa.

Wymogi stawiane zarówno w projektach budowlanych, jak i w szczegółowych specyfikacjach technicznych nakazują sprawdzenie parametrów wbudowanej przesłony na podstawie odkrywek oraz wierceń. Takie działania niszczy strukturę wykonanej konstrukcji i pomimo późniejszego zamknięcia wykonanych przewiertów wpływa na osłabienie w caliznie szczelnego i nieprzepuszczalnego z założenia ekranu. Uszkodzenie przesłony wykonanej w celu zabezpieczenia przeciwfiltracyjnego paradoksalnie następuje w wyniku zastosowanej metody badawczej sprawdzającej jakość jej wykonania. Ponadto wymienione metody inwazyjne umożliwiają jedynie wybiórczą, punktową ocenę. Mniej punktów badawczych oznacza mniej precyzyjną kontrolę i większą niedokładność. Z drugiej strony każde zwiększenie liczby punktów badawczych przekłada się na większe uszkodzenia przesłony.

W przeciwieństwie do metod inwazyjnych metodą nienaruszającą konstrukcji i niepowodującą uszkodzenia badanego obiektu jest metoda georadarowa. Jej istota polega na penetracji badanego ośrodka falami elektromagnetycznymi. Pomiar przeprowadzane są w sposób ciągły ze stropu lub nad stropem przesłony w jej osi, dzięki czemu można precyzyjnie określić jednorodność przesłony w całej jej objętości oraz głębokość spągu na całej długości przesłony.

Ocenie poddawane są także własności filtracyjne i wytrzymałościowe stwardniałego materiału przesłony. Na próbach pobranych podczas realizacji przesłony przeprowadza się badania laboratoryjne, mające na celu określenie współczynnika filtracji oraz wytrzymałości na ścislenie. Jakość wykonania przesłony przeciwfiltracyjnej przekłada się na skuteczność uszczelnienia konstrukcji i podłoża. Dlatego właśnie proces wbudowywania przesłony podlega kontroli jakości na wszystkich etapach realizacji [7].

Każda z metod realizacji przesłon przeciwfiltracyjnych ma swoje zalety i wady, które należy uwzględnić w procesie projektowania robót geotechnicznych. Uzyskanie zadowalającego efektu końcowego jest tym trudniejsze, im bardziej skomplikowane są warunki gruntowe.

### Literatura

[1] Kowacki M.: *Przesłony przeciwfiltracyjne*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2015, nr 6, s. 68–78.

## Jakie parametry materiału hydroizolacyjnego są istotne przy projektowaniu przesłon przeciwfiltracyjnych?



**KRZYSZTOF SZERSZEŃ, koordynator ds. badań i rozwoju produktów geotechnicznych, Grupa Górażdże**

Przesłony przeciwfiltracyjne realizowane metodą wykopów wąskoprzestrzennych lub metodą głębokiego mieszania wykonuje się z zawiesiny samotwardniejącej.

Przesłony znajdują zastosowanie w przypadku konieczności uszczelnienia budowli ziemnych stale lub okresowo piętrzących wodę oraz ich podłoża, które ma na celu ograniczenie przepływu wody i zapewnienie bezpieczeństwa. Ważny jest dobór odpowiedniej metody realizacji przegrody oraz materiałów do jej wykonania w zależności od rodzaju gruntu, w jakim mają być prowadzone prace. Podstawowymi parametrami decydującymi o jakości przegród przeciwfiltracyjnych, które należy brać pod uwagę już w trakcie obliczeń projektowych, są gęstość, lepkość umowna, odstęp dla zawiesiny płynnej oraz wytrzymałość na ścislenie jednoosiowe i współczynnik filtracji dla stwardniałego materiału. Do wykonywania przesłon zaleca się stosowanie gotowych, atestowanych produktów w stanie suchym, do których dodaje się tylko wodę na placu budowy. Zastosowany produkt umożliwia osiągnięcie docelowych parametrów zawiesiny i przesłony, określonych w specyfikacjach technicznych danego projektu.

- [2] Koda E., Stępień M.: *Zastosowanie pionowych przesłon przeciwfiltracyjnych wokół składowisk odpadów*. IV Międzynarodowe Forum Gospodarki Odpadami Systemy gospodarki odpadami. Poznań – Piła, 27–30 maja 2001.
- [3] Krzywkowski P.: *Poziome przesłony przeciwfiltracyjne*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2015, nr 6, s. 90–93.
- [4] Kledyński Z., Falaciński P., Machowska A.: *Odpadowe materiały mineralne w przegrodach przeciwfiltracyjnych*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2007, nr 6, s. 68–73.
- [5] Sołtysik R.: *Przesłona przeciwfiltracyjna CDMM o grubości 19,0 m wykonana innowacyjnym urządzeniem TWoF*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2018, nr 3, s. 84–85.
- [6] *Metoda CSM (Cutter Soil Mixing) to jedna z najnowocześniejszych technologii mieszania gruntu in situ* (online). DABI Budownictwo Specjalistyczne. Dostępny w Internecie: <https://www.dabi.com.pl/pl/technologie/metoda-csm> (dostęp 6 sierpnia 2019).
- [7] Kuleta K., Szkotak P.: *Trench-Mix – przesłony przeciwfiltracyjne gwarantowanej jakości*. „Inżynier Budownictwa” 2011, nr 4, s. 73–74.

