

Zastosowania i funkcje geosyntetyków w budowie dróg, cz. 1

# Dobrze dobrany geosyntetyk ma właściwości adekwatne do funkcji

Jacek Alenowicz<sup>1</sup>



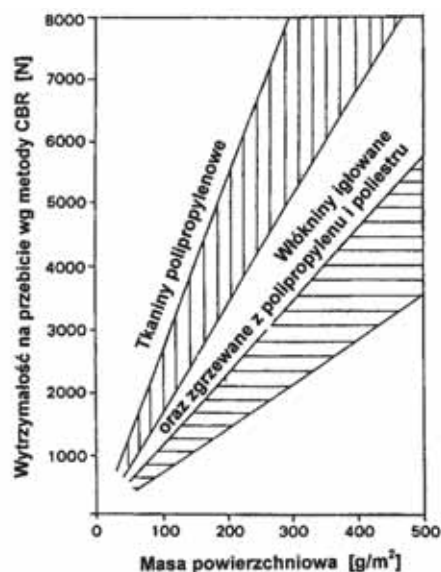
Ryc. 1. Wbudowanie warstwy kruszywa na warstwie separacyjnej z geowłókniny, fot. J. Alenowicz

Z roku na rok rośnie zastosowanie geosyntetyków w budownictwie, w tym w szczególności w budowie dróg. Pierwsze zastosowania geosyntetyków miały miejsce w latach 60. XX w. Od tego czasu nastąpił intensywny rozwój technologii produkcji i różnicowanie geosyntetyków, znacznie poszerzył się też wachlarz możliwości ich zastosowania.

Geosyntetyki stały się obecnie grupą materiałów, które są atrakcyjne dla projektantów, inwestorów i wykonawców ze względu na możliwość uzyskania oszczędności w stosunku do tradycyjnych rozwiązań inżynierskich.

Należy jednak pamiętać, że nie w każdej sytuacji zastosowanie geosyntetyku stanowi korzystną alternatywę. Potencjalne zastosowanie musi więc być zawsze wnikliwie przeanalizowane i ocenione pod kątem technicznym i ekonomicznym.

Analiza celowości zastosowania geosyntetyku w konstrukcji inżynierskiej jaką jest nasyp, nawierzchnia drogowa, drenaż czy ściana oporowa



Ryc. 2. Przybliżona zależność wytrzymałości na przebicie według metody CBR od masy powierzchniowej geowłóknin i geotkanin [4]

wymaga wiedzy na temat funkcji, jaką mogą w niej pełnić geosyntetyki, znajomości zasad projektowania oraz umiejętności określenia kluczowych parametrów geosyntetyku, decydujących o późniejszej bezpiecznej eksploatacji obiektu. Za coraz szerszym wykorzystaniem geosyntetyków nie nadąża, niestety, znajomość ich podstawowych właściwości, ważnych ze względu na pełnienie przez geosyntetyk założonej funkcji. Chociaż można zauważyć poprawę w stosunku do sytuacji sprzed kilku lat, to nadal spotyka się specyfikacje techniczne, w których pominięto istotne parametry lub są one wymieniane na równi z parametrami nieistotnymi albo zbędnymi.

W ostatnich latach w polskich czasopismach technicznych opublikowano wiele artykułów, w których przedstawiono zakres stosowania geosyntetyków w budowie dróg. Biorąc to pod uwagę, autor skupił się na omówieniu funkcji geosyntetyków w budowie dróg i ich parametrów o kluczowym znaczeniu dla prawidłowego pełnienia przez geosyntetyk założonej funkcji.

## 1. Funkcje geosyntetyków

Według definicji podanej przez *International Geosynthetics Society* geosyntetyk to płaski materiał wykonany z polimeru, stosowany w budownictwie w kontakcie z gruntem, skałą lub innym materiałem geotechnicznym [1].

Geosyntetyki mogą pełnić w budownictwie wiele funkcji. Mogą być stosowane jako [1, 2, 3, 4, 5]: warstwa separacyjna, warstwa filtracyjna, dren, warstwa przeciwoerozyjna, warstwa zbrojąca (wzmacniająca), warstwa szczelna, warstwa ochronna.

W budowie dróg geosyntetyki są wykorzystywane przede wszystkim jako warstwa separacyjna i jako zbrojenie. Obserwuje się wzrost zastosowań geosyntetyków w ochronie przeciwoerozyjnej skarp oraz w elementach odwodnienia wgłębego. Geosyntetyki są ponadto stosowane w warstwach asfaltowych nawierzchni do przeciwdziałania spękanom odbitym.

Geosyntetyk będzie spełniał przypisaną mu funkcję tylko wówczas, gdy projektant prawidłowo określi wymagania materiałowe. Konieczne jest uwzględnienie wszystkich właściwości geosyntetyku, istotnych w przypadku rozpatrywanej funkcji, oraz właściwe określenie minimalnych wymagań w występujących warunkach lokalnych. Wymagania te muszą być zapisane w dokumentacji projektowej w postaci precyzyjnej specyfikacji. Cenne wskazówki dotyczące specyfikowania geosyntetyków można znaleźć np. w podręcznikach [3, 4] i w zaleceniach *International Geosynthetic Society* [5].

## 2. Geosyntetyki jako warstwa separacyjna

Geosyntetyk pełniący funkcję separacyjną jest ułożony na powierzchni styku dwóch materiałów o różnych właściwościach i zapobiega ich mieszanemu się. Często zdarza się, że funkcja separacyjna jest łączona z pełnieniem funkcji filtra lub zbrojenia. Jako separator stosuje się geotekstylia, czyli geowłókniny i geotkaniny. W budowie dróg najczęściej chodzi o oddzielenie

<sup>1</sup> Dr inż., Politechnika Gdańska, Katedra Inżynierii Drogowej, Wiceprezydent Polskiego Stowarzyszenia Geosyntetycznego.

Tab. 1. Niemieckie wymagania dla warstwy separacyjnej z geotekstyliów [6, 7]

Klasa odporności na uszkodzenia	Geowłókniny		Geotkaniny z wąskich pasków folii		Geotkaniny z wiązek włókien	
	Wytrzymałość na przebicie met. CBR [kN]	Masa powierzchniowa [g/m <sup>2</sup> ]	Wytrzymałość na rozciąganie [kN/m]	Masa powierzchniowa [g/m <sup>2</sup> ]	Wytrzymałość na rozciąganie [kN/m]	Masa powierzchniowa [g/m <sup>2</sup> ]
GRC 1	≥ 0,5	≥ 80	≥ 20	≥ 100	≥ 60	≥ 230
GRC 2	≥ 1,0	≥ 100	≥ 30	≥ 160	≥ 90	≥ 280
GRC 3	≥ 1,5	≥ 150	≥ 35	≥ 180	≥ 150	≥ 320
GRC 4	≥ 2,5	≥ 250	≥ 45	≥ 220	≥ 180	≥ 400
GRC 5	≥ 3,5	≥ 300	≥ 50	≥ 250	≥ 250	≥ 550

Wartości parametrów przy 95% poziomie ufności

materiałów wyraźnie różniących się pod względem uziarnienia, np. warstwy podbudowy z kruszywa od podłoża gruntowego (warstwa odcinająca). Obecnie warstwy odcinające z geotekstyliów praktycznie wyparły klasyczne warstwy odcinające, wykonywane z piasku o odpowiednim uziarnieniu. Stało się tak ze względu na niski koszt geotekstyliów i robocizny w porównaniu z rozwiązaniem tradycyjnym, przy jednoczesnym spełnieniu wymagań technicznych.

### 2.1. Wymagania

Aby warstwa separacyjna z geotekstyliów pełniła właściwie swoją funkcję, nie może ulec uszkodzeniom mechanicznym (perforacja, rozdarcia) w czasie wbudowywania na niej warstwy kruszywa oraz w czasie eksploatacji obiektu. Podstawowe wymagania dla geosyntetyku, pełniącego funkcję separatora, to wytrzymałość na rozciąganie i wytrzymałość na przebicie.

Wymagane wartości zależą od wielkości i ostrokrawędzistości ziaren kruszywa, metody jego wbudowania i stosowanego sprzętu oraz od podatności podłoża, na którym ułożony jest separator. W przypadku obecności wody dochodzą dodatkowe wymagania, omówione w rozdziale 3.

Masa powierzchniowa i grubość geosyntetyku ma drugorzędne znaczenie, choć np. w niemieckiej klasyfikacji geotekstyliów pod względem odporności na uszkodzenia [6, 7], znajdują się wymagania w zakresie masy powierzchniowej – inne dla geowłóknin, inne dla geotkanin.

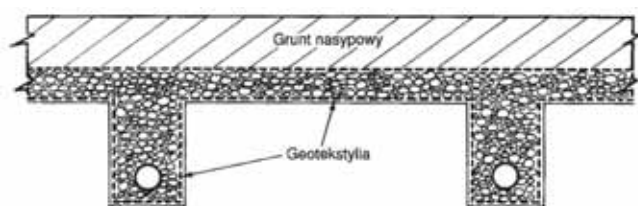
Zróżnicowanie technologii produkcji geotekstyliów (geowłókniny, geotkaniny) sprawia, że geowłókniny wyraźnie różnią się pod względem cech mechanicznych od geotkanin o tej samej ma-

sie powierzchniowej. Ilustruje to wykres na rycinie 2, pochodzący z podręcznika Terry'ego S. Ingolda [4]. Wynika z niego, że pożądaną wytrzymałość na przebicie o wartości np. 2000 N (według metody CBR) zapewnią geowłókniny o masie powierzchniowej 200–300 g/m<sup>2</sup> (zależnie od sposobu produkcji i długości włókien użytych w produkcji) oraz geotkaniny o masie powierzchniowej ok. 100 g/m<sup>2</sup>.

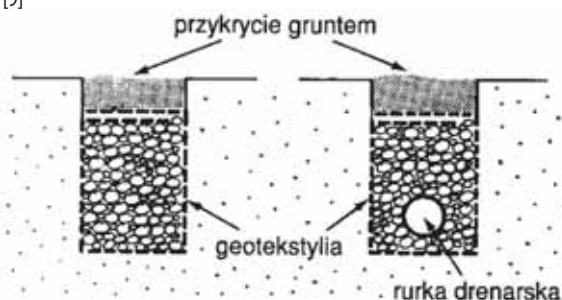
### 2.2. Specyfikacje

W praktyce stosunkowo często można spotkać specyfikacje dla warstw separacyjnych, w których określono zarówno cechy mechaniczne, jak i masę powierzchniową oraz grubość. Nie ma to większego znaczenia, o ile specyfikacje są wewnętrznie spójne, tzn. wymagania w zakresie masy powierzchniowej współgrają z wymaganiami w zakresie cech mechanicznych, które są traktowane jako nadrzędne. Niejednokrotnie jednak tak nie jest.

Autor zetknął się ostatnio ze specyfikacją na warstwę separacyjną z geowłókniny, w której określono, że wymagana wytrzymałość na rozciąganie wynosi 12 kN/m, wytrzymałość na przebicie 1500 N, grubość 3 mm, a masa powierzchniowa 250 g/m<sup>2</sup>. Podane wymagania mechaniczne, które są decydujące w przypadku warstwy separacyjnej, nie są wygórowane. W przypadku geowłóknin dobrej jakości można je spełnić już przy masie powierzchniowej ok. 150–160 g/m<sup>2</sup> i grubości znacznie poniżej 3 mm. Taka geowłóknina spełniłaby doskonale funkcję warstwy separacyjnej, o ile ocena projektanta co do wymaganej odporności mechanicznej była prawidłowa. Skrupulatny nadzór odrzuci jednak taką



Ryc. 3. Warstwa geotekstyliów jako separator i filtr chroniący warstwę drenazową [9]

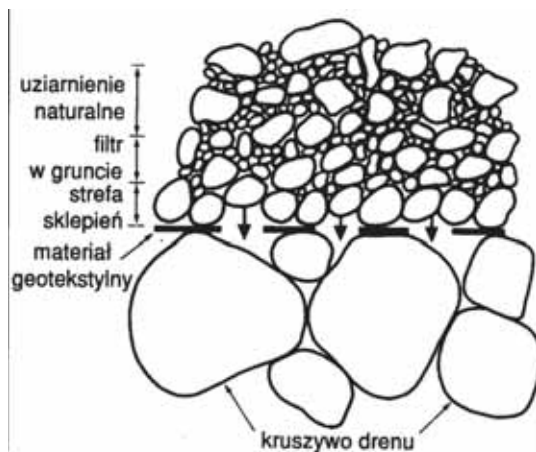


Ryc. 4. Warstwa geotekstyliów jako separator i filtr chroniący dren liniowy [9]



Ryc. 5. Geowłóknina w drenie liniowym, fot. J. Alenowicz





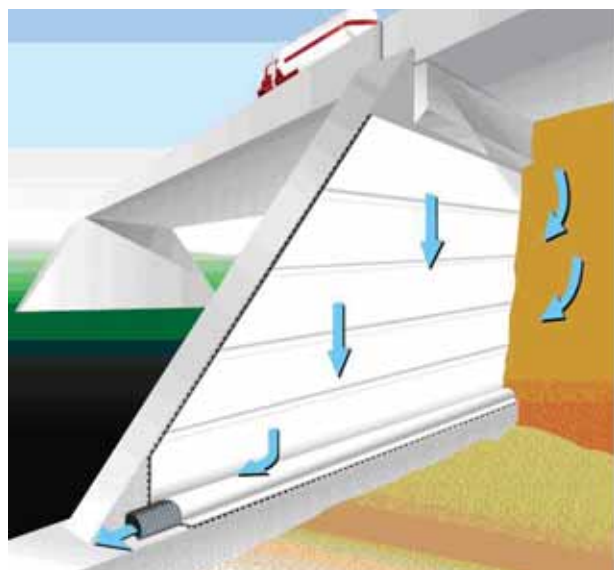
Ryc. 6. Filtr naturalny, ukształtowany w gruncie przylegającym do warstwy geotekstyliów chroniącej dren z kruszywa [9]

geowłókninę jako niespełniającą dwóch pozostałych (masa powierzchniowa i grubość) parametrów wyspecyfikowanych przez projektanta. I nie będzie miał tu znaczenia fakt, że wymagania te są w nieuzasadniony sposób zawyżone, a specyfikacje niespójne. Wspomniana niemiecka klasyfikacja geowłóknin [6, 7] dla wytrzymałości na przebicie 1500 N przewiduje masę powierzchniową ponad 150 g/m<sup>2</sup>; w przypadku masy powierzchniowej 250 g/m<sup>2</sup> geowłóknina separacyjna powinna mieć wytrzymałość na przebicie co najmniej 2500 N.

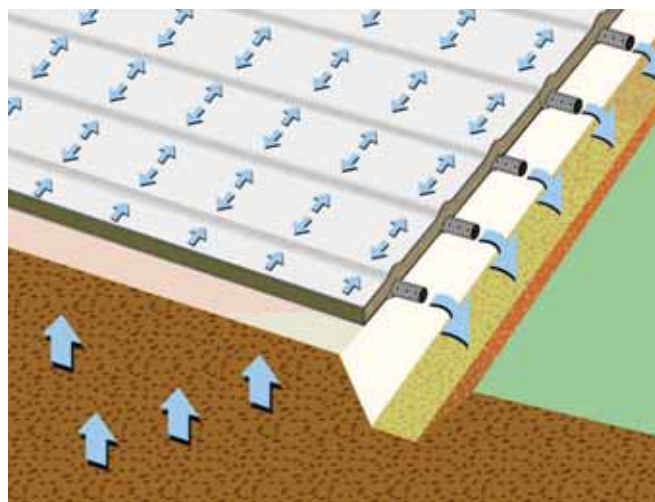
Zastosowanie geotekstyliów do wykonania warstwy separacyjnej w nawierzchni drogowej stało się w wielu krajach rozwiązaniem standardowym. Odzwierciedleniem tego są klasyfikacje geotekstyliów, ułatwiające prawidłowe dobranie separatora w określonej sytuacji. Przykładem są tu przytoczone zalecenia niemieckie [6, 7] oraz np. wymagania amerykańskie [8].

### 3. Geosyntetyki jako warstwa filtracyjna

Geosyntetyki pełniący funkcję filtra działają jak separator, zapobiegając mieszanii się materiałów o różnym uziarnieniu, z tym że musi również umożliwiać swobodny przepływ wody w kierunku prostopadłym do powierzchni geosyntetyku. W budowie dróg filtry z geotekstyliów są stosowane przede wszystkim jako ochrona przed zamulaniem warstw drenażowych (ryc. 3) lub drenów podłużnych (liniowych) z kruszywa (ryc. 4 i 5).



Ryc. 7. Drenaż ściany przyczółka z zastosowaniem geokompozytu, fot. firma Affitex



Ryc. 8. Warstwa drenażowa z geokompozytu, fot. firma Affitex

Notabene dreny te są błędnie w Polsce nazywane drenami francuskimi. Co prawda, angielska nazwa drenu to *french drain*, jednak nie zadano sobie trudu, aby prawidłowo przenieść tę nazwę do języka polskiego. Powstała nawet teoria o tym, że to angielska nazwa *trench drain* (*trench* – rów) poprzez grę słów (*trench* – *french*) doprowadziła do powstania polskiego terminu „dren francuski” [10]. Tymczasem dren w postaci rowu wypełnionego kruszywem o dużej wodoprzepuszczalności opisał jako pierwszy w 1859 r. w swojej książce dotyczącej odwodnienia terenów rolniczych absolwent Harvardu, prawnik i farmer Henry French. „Dren francuski” to tak naprawdę „dren Frencha”. Prawdopodobnie pozostanie on już jednak w Polsce „drenem francuskim”, biorąc pod uwagę upowszechnienie stosowania tej nazwy.

#### 3.1. Wymagania

Aby geowłóknina lub geotkanina pełniła prawidłowo funkcję filtra, należy odpowiednio określić dla niej dwie następujące cechy: charakterystyczny wymiar porów oraz wodoprzepuszczalność w kierunku prostopadłym do powierzchni materiału. Cechy te muszą być dobrane z uwzględnieniem uziarnienia i wodoprzepuszczalności gruntu przylegającego do geosyntetyku (do drenu). Dodatkowo, szczególnie w przypadku ochrony warstw drenażowych, geotekstylia użyte jako filtr powinny spełniać wymagania co do cech mechanicznych jak dla warstwy separacyjnej, ze względu na oddziaływanie sprzętu zagęszczającego.

W projektowaniu uwzględnia się trzy proste warunki:

**WARUNEK RETENCJI.** Jeżeli wielkość największych porów filtra jest mniejsza od najgrubszych ziaren gruntu, to filtr będzie w stanie utrzymać grunt (retencja). Powstanie strefa przesklepień w gruncie, a bezpośrednio za nią powstanie naturalny filtr z ziaren gruntu. (ryc. 6).

**WARUNEK ODPORNOŚCI NA ZATKANIE.** Jeżeli wielkość najmniejszych porów filtra jest wystarczająco duża, aby pozwolić na przeniknięcie najmniejszych ziaren gruntu przez filtr, to nie dojdzie do jego zatkania. Zjawisko przenikania najdrobniejszych ziaren gruntu musi wystąpić w czasie formowania się strefy przesklepień i naturalnego filtru, jednak nie może być ono nadmierne.

**WARUNEK WODOPRZEPUSZCZALNOŚCI.** Liczba porów w filtrze z geotekstyliów musi być wystarczająco duża, by zapewnić swobodny poprzeczny przepływ wody, nawet jeżeli nastąpi zatkanie niektórych porów. Filtr z geosyntetyku nie może więc stanowić elementu zmniejszającego natężenie przepływu wody wnikającej do drenu. Chodzi o wodoprzepuszczalność w kierunku prostopadłym do powierzchni materiału.



Ryc. 9. Dren liniowy z geosyntetyku, fot. firma Wavin

Warunek retencji i warunek odporności na zatkanie wiążą ze sobą efektywną (umowną) średnicę porów filtra  $O_{95}$  z wielkością  $d_{85}$  i  $d_{15}$  ziaren gruntu, przylegającego do drenu.

Wodoprzepuszczalność geotekstyliów musi być wyższa niż przepuszczalność gruntu, aby nie zmniejszać natężenia przepływu wody, jednak w praktyce wymaga się, by była ona co najmniej 10 razy (a w przypadku grubych geowłóknin 100 razy) większa.

Szczegółowe warunki, konieczne do prawidłowego dobrania filtra z geotekstyliów, stosowane od ponad 10 lat w USA, podaje np. za FHWA Robert D. Holtz i inni [11].

### 3.2. Specyfikacje

W przypadku filtra z geosyntetyku przepływ odbywa się w kierunku poprzecznym i ta wodoprzepuszczalność (*permittivity*) ma znaczenie dla prawidłowego pełnienia funkcji filtra przez geosyntetyk. Dobierając produkt należy ocenić wpływ nacisku gruntu oraz wpływ czasu na zmianę tej wodoprzepuszczalności, jednak zawsze trzeba brać pod uwagę wodoprzepuszczalność w kierunku prostopadłym do powierzchni materiału. Po prostu w tym kierunku woda przepływa przez filtr.

W dokumentacjach projektowych w Polsce można spotkać specyfikacje filtrów z geosyntetyków, np. w drenach podłużnych, w których określono dodatkowo wymagania dla wodoprzepuszczalności wzdłużnej (w płaszczyźnie geosyntetyku, *transmittivity*), ponadto dla trzech wartości nacisku. Jest to wymóg zbędny i nie powinien występować w takich specyfikacjach. Odzwierciedla to np. metoda FHWA [11] doboru filtra z geotekstyliów. Wodoprzepuszczalność wzdłużna ma znaczenie dla geosyntetyków pełniących funkcje drenażowe. W drenie podłużnym (ryc. 4 i 5) geosyntetyk pełni rolę filtra, nie ma natomiast funkcji drenażowej. Funkcję tę pełni kruszywo.

### 4. Geosyntetyki jako dreny

Geosyntetyk pełniący funkcję drenu zastępuje kruszywo lub piasek o odpowiednio dobranym uziarnieniu i wodoprzepusz-



Ryc. 10. Końcówki geodrenów pionowo umieszczonych w słabym gruncie w celu przyspieszenia konsolidacji oraz warstwa drenażowa z geokompozytu, fot. firma Affitex

czalności. Geosyntetyki mogą być stosowane jako: warstwy drenażowe, zastępujące warstwy z materiałów kamiennych, dreny liniowe, zastępujące dreny z materiałów kamiennych (ryc. 4 i 5), dreny pionowe, będące alternatywą dla pali żwirowych lub piaszkowych, przyspieszających konsolidację słabego gruntu pod nasypem. Przykłady przedstawiono na rycinach 7, 8, 9 i 10.

### 4.1. Wymagania i specyfikacje

Projektując dren z geosyntetyku należy spełnić te same warunki dotyczące zdolności do odprowadzenia wody i wymaganego natężenia jej przepływu, jak w przypadku drenów z kruszywa lub piasku. Stąd też projektowanie nie odbiega co do zasad od projektu tradycyjnych drenów z materiałów mineralnych.

Spełnienie warunku dotyczącego natężenia przepływu wody umożliwiają jedynie geokompozyty produkowane specjalnie w celach drenażowych. Nawet bardzo grube geowłókniny nie stanowią efektywnych drenów ze względu na stosunkowo niską wodoprzepuszczalność wzdłużną. Ponadto wodoprzepuszczalność ta ulega znacznej redukcji pod wpływem obciążenia.

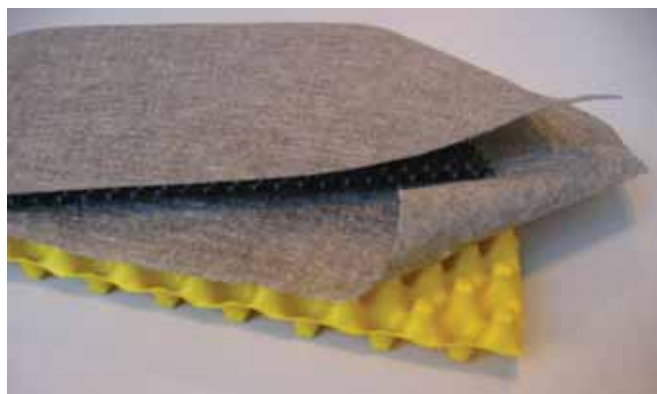
Geokompozyty drenażowe składają się zawsze z dwóch elementów: rdzenia o jak najmniejszej ściśliwości i dużej wodoprzepuszczalności oraz filtra z geotekstyliów, osłaniającego rdzeń. W przypadku warstw drenażowych, podlegających działaniu znacznych naprężeń normalnych, rdzeń musi spełniać wymóg dostatecznej wytrzymałości na ściskanie, aby zapewnić niezmienną wodoprzepuszczalność wzdłużnej. Filtr ma za zadanie ochronę rdzenia (drenu) przed zamulaniem i obniżeniem zdolności do prowadzenia wody z upływem czasu, tak jak w tradycyjnych drenach z materiału mineralnego. Przykład geokompozytu drenażowego przedstawiono na rycinie 11.

### 5. Geosyntetyki jako warstwy przeciwoerozyjne

W celu ochrony powierzchni skarp wykopów i nasypów przed erozją wywołaną wodą opadową stosuje się wiele rozwiązań [12]. Spośród geosyntetyków szeroko wykorzystywane są przestrzenne maty syntetyczne (ryc. 12), a także geokomórki. Maty syntetyczne mają przeważnie grubość ok. 2 cm, podczas gdy geokomórki, wypełnione humusem, dają na powierzchni skarp warstwę o grubości od 7,5 do 10,0 cm. W związku z ograniczoną objętością artykułu oraz uwzględniając własne doświadczenie autor skupił się na zabezpieczeniach z mat przestrzennych.

### 5.1. Wymagania

Zastosowanie warstwy przeciwoerozyjnej ma na celu wyłącznie powierzchniowe zabezpieczenie skarpy. Zadaniem maty przeciwoerozyjnej jest więc wspomaganie rozwoju traw w początkowej fazie wzrostu, kiedy humus i ziarna traw są narażone w szczególności na erozję powierzchniową, a także wzmocnienie (można powiedzieć, zbrojenie) sieci korzeni traw i poprawa ich naturalnej odporności na erozję w późniejszym okresie.



Ryc. 11. Przykład geokompozytu drenażowego, fot. J. Alenowicz





Ryc. 12. Widok przestrzennej maty geosyntetycznej, fot. firma Tensar International

Określenie szczegółowych wymagań dla maty nie jest łatwe. Przykładowe wymagania stosowane w USA w odniesieniu do przestrzennych mat przeciwoerozyjnych podano np. w [12]. Obejmują one: masę powierzchniową, grubość, wytrzymałość na rozciąganie, wydłużenie przy zerwaniu, pojemność powierzchni utrzymującej, odporność na działanie promieniowania UV.

Ponieważ maty różnią się między sobą strukturą i skutecznością, bardzo cenne jest doświadczenie pozwalające uwzględnić pewne istotne cechy, trudne do liczbowego określenia, mające jednak kluczowe znaczenie dla powodzenia. Należą do nich: możliwość trwałego wypełnienia maty humusem; dopasowanie się maty do podłoża skarpy, wiotkość, dzięki której możliwe jest utrzymanie pełnego kontaktu z gruntem; efektywność oraz jakość zazielenienia się skarpy, w tym równomierność pokrycia skarpy trawą; utrzymywanie wilgoci na pochyłej powierzchni skarpy, co korzystnie wpływa na kiełkowanie i rozwój roślinności.

### 5.2. Specyfikacje

Chociaż jest oczywiste, że mata stanowi wyłącznie powierzchniowe zabezpieczenie skarpy, można spotkać przykłady specyfikacji, w których od mat przeciwoerozyjnych wymaga się wysokiej wytrzymałości na rozciąganie (i to w okresie 120 lat!), jak dla geosyntetyków stosowanych do zbrojenia skarp. Takie specyfikacje świadczą o całkowitym niezrozumieniu funkcji maty przeciwoerozyjnej i warunków, w jakich będzie pracować. Wymóg wysokiej wytrzymałości na rozciąganie w stosunku do geosyntetycznej maty przeciwoerozyjnej jest błędny z następujących powodów.

- Mata przeciwoerozyjna jest regularnie przytwierdzona do podłoża.
- Przy niekorzystnym założeniu – braku tarcia o podłoże – siły rozciągające, związane z ciężarem humusu wypełniającego matę, są ograniczone co do wartości (pola o powierzchni między punktami mocowania maty), jak i czasu oddziaływania (w okresie kilku miesięcy – do ukształtowania się darniny).
- Po upływie tego czasu rozwinię się system korzeni traw, który połączy matę z podłożem na całej powierzchni.
- Po osiągnięciu takiego stanu siły rozciągające w macie praktycznie zanikną.

Wieloletnie doświadczenia wskazują, że w zakresie wytrzymałości na rozciąganie mata mocowana do powierzchni skarpy musi charakteryzować się jedynie pewną minimalną wytrzymałością (rzędu ok. 2 kN/m), pozwalającą na prawidłową instalację na skarpie. Wymagania wytrzymałościowe wynikają stąd, że nie mogą powstać uszkodzenia w czasie rozwijania maty i obciążenia przez ludzi, którzy ją instalują. Wymagania amerykańskie podane w [12] mówią o wytrzymałości powyżej 1,30 kN/m.

O tym, że mata przeciwoerozyjna, nawet o znacznej wytrzymałości na rozciąganie, nie może zabezpieczyć lokalnie niestatecznej skarpy, świadczy przykład przedstawiony na rycinie 13.



Ryc. 13. Maty syntetyczne nie zabezpieczą skarpy narażonej na lokalną utratę stateczności, fot. J. Alenowicz

### 6. Podsumowanie

Intencją autora jest zwrócenie uwagi na konieczność dostosowania wymagań, określanych w specyfikacjach dla geosyntetyków, do pełnionych przez nie funkcji oraz na częste niedociągnięcia i błędy spotykane w specyfikacjach. Dobrze napisana specyfikacja musi być:

- wewnętrznie spójna, co oznacza, że wymagania formułowane w odniesieniu do różnych parametrów, powiązanych ze sobą, nie mogą kolidować lub wykluczać się;
- kompletna, co oznacza, że należy ująć wszystkie, a jednocześnie tylko te parametry, które są ważne dla pełnienia przez geosyntetyk określonej funkcji.

Dobór specyfikowanych parametrów należy do projektanta i nie jest on ograniczony w tym zakresie, np. do zestawu cech wymaganych przez oznakowanie handlowe CE. Musi kierować się swoją wiedzą i osądem inżynierskim.

Zastosowania geosyntetyków jako zbrojenie oraz w warstwach asfaltowych nawierzchni zostaną omówione w drugiej części artykułu.

### Literatura

1. *Recommended descriptions of geosynthetic functions, geosynthetic terminology, mathematical and graphical symbols*. International Geosynthetic Society, 2000.
2. *Geosynthetic functions*. International Geosynthetic Society, [www.geosyntheticssociety.org](http://www.geosyntheticssociety.org).
3. Koerner R.M.: *Designing with geosynthetics*, fourth edition. London, Prentice-Hall 1999.
4. Ingold T.S.: *Geotextiles and geomembranes manual*, Elsevier Advanced Technology. Oxford 1994.
5. *Guide to the Specification of Geosynthetics*. International Geosynthetic Society, August 2006.
6. Wilmers W.: *The revised German regulations for the use of geosynthetics in road construction*. 7<sup>th</sup> International Conference on Geosynthetics. Nice 2002.
7. *Merkblatt für die anwendung von geotextilien und geogittern in erdbau des strassenbaus*. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Köln 1994.
8. *Geotextile specification for highway applications*. AASHTO M 288-00, 2002.
9. *Design guide*. Lotrak geotextiles. Don&Low, 2006.
10. Edel R.: *Odwodnienie dróg*. WKiŁ. Warszawa 2006.
11. Holtz R.D., Christopher B.R., Berg R.R.: *Geosynthetic design and construction guidelines*, FHWA, 1998.
12. Gajewska B., Kłosiński B., Rychlewski P.: *Materiały do ochrony przeciwoerozyjnej skarp drogowych*. VIII Międzynarodowa Konferencja: Trwałe i bezpieczne nawierzchnie drogowe. Kielce, maj 2002.



**Śląskie Towarzystwo Wiertnicze Spółka z o.o.**

41-922 Radzionków, ul. Strzelców Bytomskich 100

tel./fax.: (032) 289-67-39; (032) 289-82-15

www.dalbis.com.pl, e-mail: info@dalbis.com.pl



### **Usługi wiertnicze**

- Wiercenia pionowe oraz poziome – z powierzchni oraz wyrobisk górniczych,
- Budowa studni,
- Wiercenia hydrogeologiczne – poszukiwawcze i rozpoznawcze wraz z obsługą geologiczną,
- Wiercenia otworów inżynierskich dla odwadniania, wentylacji, podsadzania pustek, itp.,
- Wiercenia otworów wielkośrednicowych (do średnicy 2,0 m).

### **Usługi geotechniczne**

- Palowanie (do średnicy 0,5 m),
- Iniekcje cementowe i środkami chemicznymi,
- Kotwienie,
- Zabezpieczanie skarp, zboczy oraz nasypów,
- Wypełnianie pustek poeksploatacyjnych,
- Odwodnienia.

**Oferujemy kompleksowe wykonawstwo robót w/g projektów zleconych lub własnych z zastosowaniem nowoczesnych technologii robót wiertniczych i z wykorzystaniem własnego sprzętu.**

