

# Warstwa odcinająca z geotekstyliów w nawierzchniach drogowych

## Wymagania i zasady doboru właściwości

W artykule omówiono zagadnienia związane ze stosowaniem geotekstyliów jako warstwy odcinającej w budowie nawierzchni drogowych. Podano wymagania ogólne, jakie stawia się geotekstyliom w omawianym zastosowaniu. Przedstawiono klasyfikacje wykorzystywane w wybranych krajach oraz wymagania stosowane w Polsce. Zwrócono uwagę na czynniki wpływające na prawidłowy wybór właściwości geotekstyliów do wykonania warstwy odcinającej.

Użycie geotekstyliów jako warstwy separacyjnej w budowie dróg należy do jednych z pierwszych zastosowań geosyntetyków w budownictwie. Zauważono, że oddzielenie materiałów wyraźnie różniących się pod względem uziarnienia, na przykład warstwy podbudowy z kruszywa od podłoża gruntowego, daje namacalne korzyści techniczne i ekonomiczne w czasie budowy i eksploatacji nawierzchni. Jako separatory stosuje się geotekstyli, czyli geowłókniny i geotkaniny. Obecnie warstwy odcinające z geotekstyliów praktycznie wyparły klasyczne warstwy odcinające, wykonywane z piasku o odpowiednim uziarnieniu. Przyczyną jest niski koszt geotekstyliów i robocizny w porównaniu z rozwiązaniem tradycyjnym, przy jednoczesnym spełnieniu wymagań technicznych stawianych warstwie odcinającej.

Pomimo powszechności stosowania w Polsce geotekstyliów w omawianej funkcji wydaje się, że zestawienie podstawowych wymagań stawianych geotekstyliom oraz zasad ich doboru może przyczynić się do lepszego wykorzystania tych materiałów w warstwach odcinających nawierzchni. Artykuł składa się z trzech zasadniczych części:

- omówienie cech geotekstyliów istotnych w przypadku funkcji separacyjnej,
- praktyczne zasady wyboru geotekstyliów na warstwę odcinającą w wybranych krajach,
- polskie wymagania w odniesieniu do geotekstyliów stosowanych jako warstwa odcinająca.

### Wymagania ogólne względem geotekstyliów do warstwy odcinającej

Według dokumentu WWiORB [12] warstwa odcinająca to „warstwa stosowana w celu uniemożliwienia przeni-

### Geotextile separation layer in road pavements. Requirements and selection of properties

The article presents issues regarding the application of geotextiles as separation layers in road pavement construction. General requirements for geotextiles used as separators are given. Classifications used in selected countries are presented as well as requirements used in Poland. The conditions which influence the proper selection of geotextiles for the separation layer are pointed out.

#### Keywords:

road construction, separation layer, geotextiles, requirements

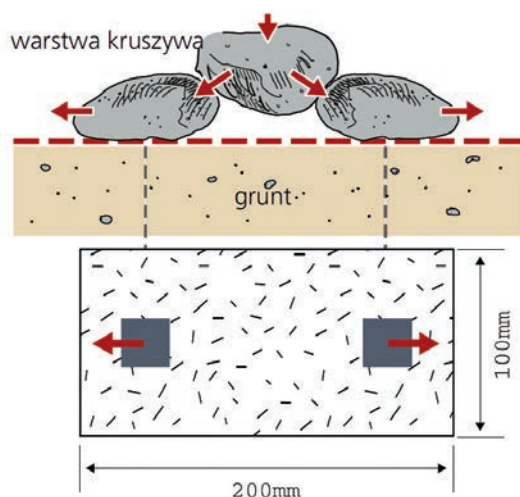
summary

kania cząstek drobnych gruntu do warstwy nawierzchni leżącej powyżej”. Definicja o podobnej treści znajduje się również w *Katalogach typowych nawierzchni*, stosowanych w Polsce.

Warstwa odcinająca z geotekstyliów będzie pełniła właściwie swoją funkcję, jeżeli nie ulegnie uszkodzeniom mechanicznym (perforacja, rozdarcia) w czasie wbudowania na niej warstwy kruszywa oraz w czasie eksploatacji nawierzchni. W związku z tym podstawowe wymagania w odniesieniu do geotekstyliów dotyczą wystarczającej odporności na oddziaływania mechaniczne.

W ocenie odporności mechanicznej geotekstyliów stosuje się w Europie badania:

- wytrzymałości na rozciąganie, określonej na próbkach o szerokości 200 mm (EN ISO 10319); wynikiem badania jest maksymalna siła, odniesiona do 1 m szerokości wyrobu [kN/m] oraz wydłużenie przy sile maksymalnej;
- wytrzymałości na przebicie statyczne CBR (EN ISO 12236); wynik to wartość siły [kN] w chwili przebicia próbki oraz odpowiadające tej sile wydłużenie;



Rys. 1. Schemat badania „grab” (źródło: „Geotekstylija Typar SF”, Du Pont)

- ▶ • odporności na przebicie dynamiczne (EN ISO 13433); wynik badania to średnica [mm] otworu wywołanego przez normowy stożek zrzucony z wysokości 0,5 metra.

Poza Europą (USA, Australia) również stosuje się badania odporności geotekstyliów na przebicie, natomiast odporność na działanie siły rozciągającej ocenia się na podstawie:

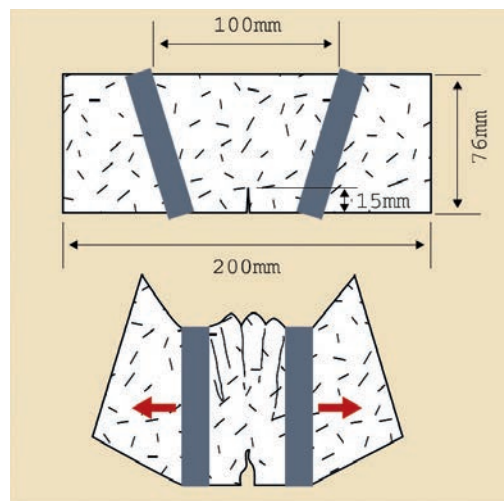
- wytrzymałości na rozciąganie metodą „grab” (ASTM D4632) – badanie symuluje rozciąganie spowodowane oddziaływaniem pojedynczych ziaren kruszywa przemieszczających się w przeciwne strony (rys. 1); wynik to wartość siły [N] w chwili zerwania próbki oraz odpowiadające tej sile wydłużenie;
- wytrzymałości przy rozdieraniu (ASTM D4533), wynik badania to wartość maksymalnej siły [N] notowanej podczas rozdierania trapezowej próbki (rys. 2).

Poza wynikami pojedynczych badań geotekstyliów w ocenie ich odporności na oddziaływania mechaniczne stosuje się ponadto wskaźniki, obliczone na podstawie wyników badań:

- wskaźnik energii odkształcenia R [kJ/m], będący średnią arytmetyczną iloczynu maksymalnej siły z badania rozciągania i odpowiadającego jej wydłużenia (stosowany m.in. w Skandynawii);

| Klasa odporności na uszkodzenia | Geowłókniny                        |   |
|---------------------------------|------------------------------------|---|
|                                 | Wytrzymałość na przebicie CBR [kN] | Masa powierzchniowa [g/m <sup>2</sup> ] |
| GRC 3                           | ≥ 1,5                              | ≥ 150                                   |
| GRC 4                           | ≥ 2,5                              | ≥ 250                                   |
| GRC 5                           | ≥ 3,5                              | ≥ 300                                   |

Tab. 1. Niemiecka klasyfikacja geowłóknin do wykonania warstwy separacyjnej [3, 11]. Wartości parametrów przy 95-proc. poziomie ufności



Rys. 2. Schemat badania wytrzymałości przy rozdieraniu (źródło: „Geotekstylija Typar SF”, Du Pont)

- wskaźnik oceny G, łączący w sobie wyniki badania odporności na przebicie statyczne i dynamiczne (Australia).

Separacja to podstawowa funkcja pełniona przez geotekstylię w warstwie odcinającej, jednak należy uwzględnić fakt, że niejednokrotnie mogą one również przejściowo pełnić – jako drugorzędą – funkcję filtracyjną. W związku z tym, poza właściwościami mechanicznymi, ocenie podlega też charakterystyczna wielkość porów oraz wodoprzepuszczalność poprzeczna. Odniesienie do tych cech znajduje się w wymaganiach stosowanych w różnych krajach. Zaznacza się w nich jednak, że podawane wymagania, związane z przepływem wody i wymiarem porów, odnoszą się wyłącznie do warstw odcinających, gdy podstawową funkcją geotekstyliów jest separacja. Jeżeli jest to funkcja drugorzędna, a podstawową jest funkcja filtracyjna, na przykład w elementach odwodnienia wgłębno-nawierzchni, takich jak warstwa drenażowa lub dren liniowy, parametry hydrauliczne należy określać według innych zasad, odpowiednich do takiej sytuacji. Konieczne jest sprawdzenie warunku retencji i warunku odporności na kolmatację, z uwzględnieniem uziarnienia przyległego gruntu oraz intensywności dopływu wody. Zasady projektowania warstw filtracyjnych z geotekstyliów przedstawiono m.in. w polskich publikacjach [2, 7].

| Klasa odporności na uszkodzenia | Geotkaniny z wąskich pasków folii (PP) |   |
|---------------------------------|--|---|
|                                 | Wytrzymałość na rozciąganie [kN/m]     | Masa powierzchniowa [g/m <sup>2</sup> ] |
| GRC 3                           | ≥ 35                                   | ≥ 180                                   |
| GRC 4                           | ≥ 45                                   | ≥ 220                                   |
| GRC 5                           | ≥ 50                                   | ≥ 250                                   |

Tab. 2. Niemiecka klasyfikacja geotkanin PP do wykonania warstwy separacyjnej [3, 11]. Wartości parametrów przy 95-proc. poziomie ufności

Podobna sytuacja występuje, jeżeli warstwa separacyjna pełni również funkcję wzmacniającą. Konieczne jest wówczas przeprowadzenie analizy, której celem jest weryfikacja wymagań wynikających z funkcji separacyjnej pod kątem ich wystarczalności w odniesieniu do funkcji wzmacniającej.

Istnieje zgodność, że geotekstylna warstwa odcinająca może być wykonana zarówno z geowłóknin, jak i z geotkanin. W niektórych krajach obowiązują odrębne wymagania w odniesieniu do geowłóknin i geotkanin. Geowłókniny są uważane za lepszy materiał w sytuacjach, w których następuje częsty i znaczny przepływ wody poprzeczny w stosunku do płaszczyzny geosyntetyku, to znaczy wówczas, gdy podstawową funkcją warstwy geosyntetyków staje się filtracja.

Wymagania stawiane geotekstyliom do wykonania warstwy odcinającej zależą od następujących czynników:

- maksymalnej wielkości ziaren kruszywa układanego na warstwie i ich kształtu (ostrokrawędzistości),
- intensywności oddziaływania sprzętu w czasie wbudowania warstwy układanej na geotekstyliach oraz ruchu pojazdów,
- nośności podłoża pod warstwą odcinającą.

Ze względu na upowszechnienie się omawianego zastosowania geotekstyliów w szeregu krajów zostały opracowane klasyfikacje, uwzględniające odporność mechaniczną geotekstyliów, z uwzględnieniem wymienionych czynników, wpływających na zagrożenie uszkodzeniami. Klasyfikacje takie są podstawą doboru odpowiednich wyrobów na warstwę odcinającą na przykład w Niemczech, Szwajcarii, krajach skandynawskich, a poza Europą – np. w USA i Australii. Zasady obowiązujące w wybranych krajach zostały przedstawione w dalszej części artykułu.

## Szczegółowe wymagania obowiązujące w wybranych krajach

### Niemcy

W Niemczech od szeregu lat obowiązuje klasyfikacja geotekstyliów ze względu na odporność na uszkodzenia

mechaniczne. Jest ona podstawą doboru geotekstyliów na warstwę odcinającą.

Obowiązują oddzielne wymagania dotyczące geowłóknin i geotkanin. W przypadku geowłóknin podstawą klasyfikacji jest wytrzymałość na przebicie statyczne CBR, natomiast w przypadku geotkanin – wytrzymałość na rozciąganie. Określono również wartość masy powierzchniowej geotekstyliów, odpowiadającą konkretnej klasie odporności na uszkodzenia. Wymagania niemieckie dotyczące geowłóknin oraz polipropylenowych geotkanin separacyjnych przedstawiono w tab. 1 i 2 [3, 11]. W porównaniu z wcześniej obowiązującymi zasadami, wykluczono w przypadku budowy dróg stosowanie słabszych geotekstyliów – klasy GR1 i GR2, jako niewystarczająco mocnych. Określenie klasy odporności GRC, wymaganej w konkretnym przypadku, odbywa się na podstawie tabeli uwzględniającej warunki lokalne (charakterystyka materiału wbudowanego na warstwie odcinającej, warunki wbudowania). Obliczenia nie są wymagane. Przydatność konkretnego materiału można również udowodnić, wykonując próbę instalacji w rzeczywistych warunkach, bez określania klasy GRC.

Charakterystyczna wielkość porów  $O_{90}$  powinna zawierać się w następujących przedziałach: w przypadku geowłóknin – 0,06-0,20 mm, natomiast w przypadku geotkanin – 0,06-0,40 mm.

### Skandynawia

Zalecenia skandynawskie [8] (tab. 3) nie wprowadzają podziału wymagań związanego z metodą produkcji geotekstyliów, jak to ma miejsce w Niemczech. Uwzględniają szerszy zakres parametrów w porównaniu z klasyfikacjami stosowanymi w innych krajach. Interesujące wydaje się sformułowanie wymogu minimalnego, a nie maksymalnego (jak to często można spotkać w specyfikacjach) odkształcenia przy sile maksymalnej. Oznacza to, że geosyntetyk, charakteryzujący się odpowiednimi właściwościami mechanicznymi, musi zachowywać zdolność dopasowania się do podłoża i odkształcenia bez niebezpieczeństwa przerwania. Minimalne odkształcenie jest tym większe, im wyższe wymagania odnośnie cech mechanicznych. ▶

| Parametr  | Dopuszczalna tolerancja | Klasa wymagań (specification profile) |      |      |      |      |
|---|-------------------------|---------------------------------------|------|------|------|------|
|   |                         | 1                                     | 2    | 3    | 4    | 5    |
| Minimalna wytrzymałość na rozciąganie [kN/m]                              | -10%                    | 6                                     | 10   | 15   | 20   | 26   |
| Minimalne odkształcenie przy sile maksymalnej [%]                         | -20%                    | 15                                    | 20   | 25   | 30   | 35   |
| Odporność na przebicie stożkiem, maks. otwór [mm]                         | +20%                    | 42                                    | 36   | 27   | 21   | 12   |
| Minimalny wskaźnik energii odkształcenia R [kJ/m]                         |                         | 1,2                                   | 2,1  | 3,2  | 4,5  | 6,5  |
| Minimalny wskaźnik przepływu prostopadłego [ $10^{-3}$ m/s]               | -30%                    | 3                                     | 3    | 3    | 3    | 3    |
| Charakterystyczna wielkość porów $O_{90}$ , maks., [mm]                   | ±30%                    | 0,2                                   | 0,2  | 0,2  | 0,15 | 0,15 |
| Maksymalna tolerancja dla masy powierzchniowej                            |                         | ±12%                                  | ±12% | ±10% | ±10% | ±10% |
| Maksymalna tolerancja dla wytrzymałości na przebicie statyczne metodą CBR |                         | -10%                                  |      |      |      |      |

Tab. 3. Skandynawskie wymagania dla geotekstyliów stosowanych jako warstwa odcinająca [8]. Wartości parametrów przy 95-proc. poziomie ufności



Fot. 1. Warstwa odcinająca z geotkaniny (zdjęcie własne)

- Klasa wymagań w konkretnym przypadku jest określana z zastosowaniem odrębnej tabeli, w której uwzględniono nośność podłoża pod warstwą geotekstyliów, jak również warunki wbudowania i uziarnienie materiału układanego na geotekstyliach. W przypadku uziarnienia kruszywa do 63 mm wymagana klasa to „2” lub „3”, w zależności od nośności podłoża. Wyższe klasy są wymagane w przypadku grubszego uziarnienia materiału układanego na geotekstyliach. Klasa 1 wymagań jest dopuszczona jedynie w przypadku dróg o charakterze tymczasowym.

### Stany Zjednoczone

W USA najważniejszy dokument referencyjny, w którym określono podział geotekstyliów na klasy pod względem ich odporność na uszkodzenia mechaniczne, stanowią specyfikacje AASHTO 288 *Geotextile specification for highway applications*. Zapisy w nim zawarte są uwzględnione w specyfikacjach federalnych [9] oraz stanowych, jak również są przyjęte w specyfikacjach rekomendowanych przez Geosynthetic Institute [10]. W podziale na klasy odporności na uszkodzenia uwzględniono następujące cechy mechaniczne geotekstyliów: wytrzymałość na rozciąganie wg metody „grab” (ASTM D4632), wytrzymałość na roz-

dzieranie (ASTM D4533) oraz wytrzymałość na przebicie statyczne CBR (ASTM D6241). Wymagania w obrębie jednej klasy są zróżnicowane dla wyrobów o wydłużeniu przy zerwaniu mniejszym niż 50% (geotkaniny) oraz większym lub równym 50% (geowłókniny). Podział na klasy i minimalne wymagania podano w tab. 4. Według [9] na drogach federalnych należy stosować geotekstylię klasy 1 lub 2. W klasie 1 wyróżnia się dodatkowo możliwość podania specjalnych wymagań (klasa 1+), nie zostały one jednak dotąd określone [10]. Porównanie z wymaganiami innych krajów sugeruje, że odpowiednikiem klasy 1+ są klasy GR4 i GR5 wg wymagań niemieckich i klasy D i E wg wymagań australijskich.

Poza wymaganiami mechanicznymi w klasyfikacji podano wymagania w zakresie wodoprzepuszczalności poprzecznej (ASTM D4491), charakterystycznej wielkości porów (ASTM D4751) i odporności na oddziaływanie promieniowania UV (ASTM D4355). Wymagania te nie zależą od klasy odporności na uszkodzenia ani rodzaju geotekstyliów w przypadku pełnienia przez nie funkcji warstwy separacyjnej.

### Australia

W stosowanej w Australii klasyfikacji geotekstyliów pod względem ich odporności na uszkodzenia mechaniczne wyróżniono 5 klas materiałów. Podstawą klasyfikacji są: wytrzymałość na rozciąganie wg metody „grab” (AS 3706.2), wytrzymałość przy rozdzieraniu (AS 3706.3) oraz wartość *wskaznika oceny G*. Nie wprowadzono wprost związku wymagań z metodą produkcji geotekstyliów (geowłókniny, geotkaniny), jednak wymagania w obrębie każdej klasy są zróżnicowane ze względu na wartość wydłużenia, odpowiadającego maksymalnej wartości siły w badaniu CBR. Podział na klasy i wymagania podano w tab. 5.

W konkretnym przypadku klasa wymagań jest określana z zastosowaniem tabeli, w której uwzględniono nośność podłoża pod warstwą geotekstyliów oraz uziarnienie ( $D_{85}$ ) materiału układanego na geotekstyliach. Jeżeli  $D_{85}$  nie przekracza 37,5 mm, wymagana klasa to A lub C, w zależności od wartości wskaźnika CBR podłoża pod warstwą separa-

| Właściwość                                   | Klasa 1     |             | Klasa 2     |             | Klasa 3     |             |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|  | wydł. < 50% | wydł. ≥ 50% | wydł. < 50% | wydł. ≥ 50% | wydł. < 50% | wydł. ≥ 50% |
| Wytrzymałość na rozciąganie „grab” [N]       | 1400        | 900         | 1100        | 700         | 800         | 500         |
| Wytrzymałość przy rozdzieraniu [N]           | 500         | 350         | 400         | 250         | 300         | 180         |
| Odporność na przebicie statyczne CBR [N]     | 2800        | 2000        | 2250        | 1400        | 1700        | 1000        |
| Wodoprzepuszczalność poprzeczna [ $s^{-1}$ ] | 0,02        | 0,02        | 0,02        | 0,02        | 0,02        | 0,02        |
| Wielkość porów $O_{90}$ (AOS) [mm]           | 0,60        | 0,60        | 0,60        | 0,60        | 0,60        | 0,60        |
| Odporność na promieniowanie UV [% siły]      | 50          | 50          | 50          | 50          | 50          | 50          |

Tab. 4. Amerykańska klasyfikacja geotekstyliów ze względu na odporność na uszkodzenia [9, 10]

cyjną. W przypadku  $D_{85}$  do 75 mm wymagana jest klasa wytrzymałości B lub C.

Poza wymaganiami mechanicznymi zostały w odniesieniu do warstw odcinających określone wymagania w zakresie charakterystycznej wielkości porów  $O_{95}$  oraz wodoprzepuszczalności poprzecznej. Zależą one od wartości  $d_{15}$  i wskaźnika nośności CBR gruntu. Przedstawiono je w tab. 6. Podane wymagania dotyczą przypadków, gdy podstawową funkcją geotekstyliów nie jest filtracja, a separacja.

## Wymagania polskie

W Polsce brak obowiązującej lub zalecanej procedury określania wymagań w odniesieniu do geotekstyliów pełniących rolę warstw odcinających w budowie dróg. Wymagania są podane w OST i WWiORB, jednak zakres informacji należy uznać za niewystarczający do właściwej selekcji materiału na warstwę odcinającą w każdej sytuacji, ponieważ nie uwzględnia się wpływu zróżnicowania warunków stosowania na wymagania. Wydaje się, że w projektowaniu warstw odcinających można wykorzystać klasyfikacje stosowane np. w Niemczech [3, 11] lub krajach

skandynawskich [8]. Informacje na ich temat podano m.in. w polskich pracach [1, 2, 4].

We WWiORB dotyczących wykonania warstwy odcinającej (ostatnia wersja z 22.02.2021 r. [12]) podano wymagania dotyczące geowłóknin do wykonania warstwy odcinającej (tab. 7). Tabela z wymaganiami w niezmienionej formie znajdowała się również we wcześniejszej wersji WWiORB z roku 2019. Wprowadzone obecnie zmiany w tekście dokumentu ograniczają się do punktu dotyczącego kontroli jakości robót – w kilku sytuacjach odesłano do WWiORB D-M-00.00.00, usuwając dotychczasowy tekst. Nie wprowadzono zmian w zakresie wymagań dla geotekstyliów, które w świetle informacji ogólnych i wynikających z praktyki innych krajów, przedstawionych wcześniej w niniejszym artykule, wydają się konieczne.

Konieczność wprowadzenia zmian wynika z następujących przesłanek:

- Nie jest możliwe określenie w jednej tabeli uniwersalnych, właściwych w każdej sytuacji, minimalnych wymagań dotyczących geosyntetyku na warstwę odcinającą. Wymagania zależą od rodzaju materiału układanego ▶

| Klasa wytrzymałości geotekstyliów | Wydłużenie* [%] | Wytrzymałość na rozciąganie „grab” [N] | Wytrzymałość przy rozdzieraniu [N] | Wartość wskaźnika oceny G |
|-----------------------------------|-----------------|--|------------------------------------|---------------------------|
| A                                 | ≥ 30            | 500                                    | 180                                | 900                       |
|                                   | < 30            | 800                                    | 300                                | 1350                      |
| B                                 | ≥ 30            | 700                                    | 250                                | 1350                      |
|                                   | < 30            | 1100                                   | 400                                | 2000                      |
| C                                 | ≥ 30            | 900                                    | 350                                | 2000                      |
|                                   | < 30            | 1400                                   | 500                                | 3000                      |
| D                                 | ≥ 30            | 1200                                   | 450                                | 3000                      |
|                                   | < 30            | 1900                                   | 700                                | 4500                      |
| E                                 | ≥ 30            | 1600                                   | 650                                | 4500                      |

Tab. 5. Australijska klasyfikacja geotekstyliów ze względu na odporność na uszkodzenia mechaniczne [5, 6]

\*Wydłużenie odpowiadające maksymalnej sile w badaniu wytrzymałości na przebicie metodą CBR

| Właściwość                                     | CBR ≤ 3%               |                     | CBR > 3%               |                     |
|--|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|
|  | $d_{15} \leq 0,075$ mm | $d_{15} > 0,075$ mm | $d_{15} \leq 0,075$ mm | $d_{15} > 0,075$ mm |
| Wodoprzepuszczalność poprzeczna [ $s^{-1}$ ]   | ≥ 0,10                 | ≥ 0,20              | ≥ 0,05                 | ≥ 0,05              |
| Charakterystyczna wielkość porów $O_{95}$ [mm] | ≤ 0,30                 | ≤ 0,60              | ≤ 0,30                 | ≤ 0,60              |

Tab. 6. Wymagania względem geotekstyliów na warstwę odcinającą obowiązujące w Australii [5]

| Właściwość                                     | Wymagania] | Metoda badań wg |
|--|------------|-----------------|
| Masa powierzchniowa [ $g/m^2$ ]                | ≥ 400      | –               |
| Wytrzymałość na rozciąganie [kN/m]             | ≥ 10       | PN-EN ISO 10319 |
| Wydłużenie przy maksymalnym obciążeniu [%]     | ≤ 100      | PN-EN ISO 10319 |
| Przebiecie statyczne (metodą CBR) [kN]         | ≥ 2,5      | PN-EN ISO 12236 |
| Charakterystyczna wielkość porów $O_{95}$ [mm] | ≤ 0,15     | PN-EN ISO 12956 |

Tab. 7. Wymagane właściwości geowłókniny do wykonania warstwy odcinającej [12]

▷ na geotekstyliach (wielkość ziaren, ich kształt, ostrokrawędzistość), sposobu jego wbudowania i nośności podłoża. W krajach, w których stosuje się klasyfikacje, projektant wybiera zazwyczaj spośród dwóch lub trzech zestawów parametrów.

b) Wymagania podane w tab. 7 nie są spójne w zakresie cech mechanicznych i masy powierzchniowej.

- Porównując je z niemiecką klasyfikacją dla geowłóknin, można stwierdzić, że na podstawie wymaganej wytrzymałości CBR ( $\geq 2,5$  kN) zostanie ustalona klasa GRC 4, a jednocześnie wymagana w [12] masa powierzchniowa o  $100 \text{ g/m}^2$  przekracza wartość określoną dla najmocniejszych geowłóknin, klasy GR5.
- Zestawiając wymaganie dotyczące CBR  $\geq 2,5$  kN z przeciętną wytrzymałością na rozciąganie geowłóknin separacyjnych, podawaną w specyfikacjach producentów, stwierdzimy, że wynosi ona około  $15 \text{ kN/m}$ , a nie  $10 \text{ kN/m}$ , jak określono w tab. 7.
- Dobrej jakości geowłókniny o masie powierzchniowej  $400 \text{ g/m}^2$  mają według specyfikacji producentów wytrzymałość na przebicie CBR 4 kN i więcej, a wytrzymałość na rozciąganie rzędu  $25 \text{ kN/m}$ .

c) Podana jako minimalna masa powierzchniowa  $400 \text{ g/m}^2$  eliminuje możliwość zastosowania większości dostępnych geowłóknin separacyjnych. Stosowane w praktyce geowłókniny mają najczęściej masę powierzchniową  $200\text{-}250 \text{ g/m}^2$ .

We WWiORB [12] stwierdza się, że z podanych w tab. 7 wymagań należy korzystać w przypadku braku wystarczających danych, mogą więc one być wykorzystywane jako wzorcowe w wielu przypadkach.

W większości krajów w specyfikacjach dotyczących warstw odcinających masa powierzchniowa nie występuje jako wymagana cecha. Wyjątkiem są Niemcy. W Skandynawii wymaga się jedynie oceny jednorodności masy powierzchniowej. Konkretnie wartości dla poszczególnych klas odporności geotekstyliów nie są tam określone. W większości krajów przyjmuje się, że decydujące znaczenie w ocenie mają parametry mechaniczne geotekstyliów oraz że należy również spełnić podstawowe wymagania dotyczące charakterystycznej wielkości porów oraz wodoprzepuszczalności poprzecznej.

Panuje zgodność, że jako warstwy odcinające mogą być z powodzeniem stosowane zarówno geowłókniny, jak i geotkaniny. W niektórych krajach obowiązują dla nich odrębne wymagania. We WWiORB [12] w definicjach wymieniono i zdefiniowano oba rodzaje geotekstyliów, jednak poza tym, w całym tekście, mówi się wyłącznie o geowłókninach. Wymaga to zmiany. Geotkaniny są przeważnie równoprawnym separatorem w porównaniu z geowłókninami. Geowłókniny są lepszym materiałem jedynie w sytuacjach, w których podstawową funkcją jest funkcja filtracyjna. Ewentualne zawężenie rodzaju geotekstyliów

do samych geowłóknin powinien wprowadzać projektant, jeżeli uzna to za konieczne w konkretnej sytuacji. Nie powinno to następować w dokumencie wzorcowym w sytuacji, gdy geotkaniny w wielu przypadkach również spełniają wymagania techniczne w odniesieniu do warstwy odcinającej.

## Podsumowanie

Mając na uwadze fakt powszechnego stosowania warstw odcinających z geotekstyliów oraz praktycznie zastąpienie przez nie tradycyjnych warstw z piasku, istotne jest zwrócenie uwagi na czynniki wpływające na właściwy wybór geotekstyliów oraz wynikające z nich wymagania. W szeregu krajów wymagania dotyczące geotekstyliów separacyjnych zostały usystematyzowane w formie klasyfikacji. Jest to proste i wygodne rozwiązanie, ułatwiające właściwy wybór geotekstyliów. Ponieważ oprócz funkcji separacyjnej geotekstyla w warstwie odcinającej pełnią zazwyczaj również funkcję filtracyjną lub (i) wzmacniającą, zadaniem projektanta jest ocena, która z wymienionych funkcji ma pierwszorzędne znaczenie w konkretnym przypadku. Jeżeli nie jest nią funkcja separacyjna – o wyborze geotekstyliów powinny decydować kryteria związane z filtracją lub wzmocnieniem, przy czym konieczne jest oczywiście jednoczesne spełnienie wymagań w zakresie właściwości mechanicznych, zapewniających skuteczną separację gruntu i kruszywa. □

## Piśmiennictwo

1. Alenowicz J.: *Specyfikacje geosyntetyków stosowanych w podbudowach nawierzchni drogowych*. „Magazyn Autostrady”, 3/2010, s. 80-83.
2. Bolt A., Duszyńska A.: *Kryteria doboru geosyntetyków jako warstw separacyjnych i filtracyjnych*. „Inżynieria Morska i Geotechnika”, 1/1998, s. 1-11.
3. FGSV Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau. *Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Strassenbaus*. „M Geok E, Ausgabe”, FGSV 535, FGSV Verlag, Köln, 2016.
4. Gajewska B., Kłosiński B., Rychlewski P., Grzegorzewicz K.: *Zastosowanie geosyntetyków w budowlach ziemnych. Studium poznawczo-techniczne*. IBDiM, Temat TN/TG-22, Warszawa 2003.
5. *Geotextiles (separation and filtration)*. Specification D&C R63, New South Wales Government, Australia, czerwiec 2020.
6. *Guide to Pavement Technology, part 4G. Geotextiles and Geogrids*. Austroads, Australia, 2018.
7. Miszkowska A., Krzywosz Z., Koda E.: *Kryteria doboru geosyntetyków na warstwy filtracyjne*. „Magazyn Autostrady”, nr 3/2017, s. 30-32.
8. NorGeoSpec 2012: *Nordic system for the certification and specification of geosynthetics and geosynthetic related products. Part two – Quality product specification, function: separation and filtration – road and other trafficked areas*. NorGeoSpec, lipiec 2013.
9. *Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects FP-14*. FHWA, USA 2014.
10. *Standard specification for test methods and properties for geotextiles used as separation between subgrade soil and aggregate*. Geosynthetic Institute, Folsom, USA 2017.
11. *Technische Lieferbedingungen für Geokunststoffe im Erdbau des Straßenbaus*. TL Geok E-StB, projekt 26.10.2017.
12. *Warstwa odcinająca. Warunki wykonania i odbioru robót budowlanych*. D-04.02.01, wersja v02, GDDKiA, Warszawa, 22 lutego 2021 r.