

JADWIGA MALKIEWICZ

Institut Inżynierii Tekstyliów i Materiałów Polimerowych  
Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej

## OCENA GEOTEKSTYLIIÓW WSPÓLDZIAŁAJĄCYCH Z GEOGABIONAMI W UMOCNANIACH PRZECIWEROZYJNYCH

**Streszczenie.** W artykule omówiono właściwości mechaniczne i hydrauliczne geowłóknin otrzymanych techniką igłowania mechanicznego dwustronnego oraz ich przydatność jako materiału w konstrukcjach z geogabionami w umocnieniach przeciwerozyjnych. Wykazano, że geowłókniny otrzymane techniką dwustronnego igłowania mechanicznego wykazują bardzo dobre właściwości hydrauliczne. Geowłókniny wykazujące optymalne parametry do ochrony przed erozją w konstrukcjach z geogabionami przy masach powierzchniowych 300-400 g/m<sup>2</sup>.

**Słowa kluczowe:** geotekstyli, geowłókniny, geogabiony, umocnienia przeciwerozyjne

### Wstęp

Geotekstyli znajdują główne zastosowanie w budownictwie wodnym jako jeden z elementów w systemach umocnień przeciwerozyjnych. Z kolei geogabiony są prostopadłościennymi kosztami wykonanymi z siatki stalowej. W miejscu wbudowania wypełnia się je otoczkami i kamieniami łamanymi. Ich użyteczność wynika z możliwości budowy z ich wykorzystaniem obiektów zapobiegających procesom erozji wodnej. Integralną częścią konstrukcji budowanych z użyciem geogabionów są geotekstyli, głównie geowłókniny. Spełniają one jednocześnie bardzo istotne funkcje (DUSZYŃSKA 2009). Działając jako filtr, chronią grunt przed zjawiskiem sufozji, tj. wynoszeniem z podłoża gruntowego przez strumień wody gruntowej poruszającej się z określoną prędkością najdrobniejszych cząstek gruntu. Wynikiem sufozji jest zamulanie drenów, deformacja koryt rowów i kanałów melioracyjnych. Ochrona przed procesami kolmatacji ma miejsce, gdy drobne cząstki gruntu penetrują w głąb geotekstyliów, blokując pory kanalików, lub są osadzone na górnej części geotekstyliów, powodując zmniejszenie ich przepuszczalności (MALKIEWICZ 2009).

Stosowane w konstrukcjach budowlanych geotekstylia (PN-EN ISO 10318:2007) spełniają określone funkcje użytkowe (MALKIEWICZ 2009). Powszechnie jest znanych sześć takich podstawowych funkcji (rys. 1): 1 – *drenowanie* – zbieranie i transportowanie przesiąkającej wody gruntowej i (lub) innych płynów w płaszczyźnie wyrobu geotekstylnego lub w płaszczyźnie wyrobu geotekstylnego pokrewnego (np. maty drenującej), 2 – *filtrowanie* – zapobieganie przenikaniu gruntu lub innych cząsteczek poddanych działaniu sił hydrodynamicznych z jednoczesnym umożliwieniem przepływu płynów wewnątrz wyrobu albo przez wyrób geotekstylny lub pokrewny, 3 – *rozdzielanie (separacja)* – zapobieganie mieszanemu się przyległych odmiennych gruntów i (lub) innych materiałów nasypowych przez zastosowanie m.in. geotekstyliów lub wyrobów pokrewnych, 4 – *zbrojenie* – wykorzystanie charakterystyk naprężenie – odkształcenie wyrobu geotekstylnego lub pokrewnego w celu polepszenia właściwości mechanicznych gruntu lub innych materiałów konstrukcyjnych, 5 – *ochrona* – zapobieganie lokalnym zniszczeniom danego elementu lub wyrobu albo ich ograniczenie przez zastosowanie wyrobu geotekstylnego lub pokrewnego, 6 – *powierzchniowe zabezpieczenie przeciwoerozyjne* – zastosowanie wyrobu geotekstylnego lub pokrewnego w celu ograniczenia lub przemieszczania się gruntu lub innych cząstek na powierzchni albo zapobieżenia im.

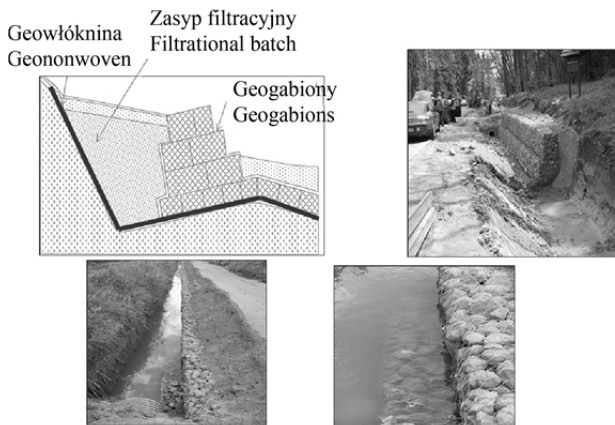


Rys. 1. Funkcje geotekstyliów

Fig. 1. Functions of geotextiles

### Konstrukcja geogabionów z geowłókniną

Geogabiony (ZAGRODZKA 2001) są stosowane do ochrony zagrożonych erozją wodną brzegów morskich, skarp, brzegów rzek i potoków. Rysunek 2 przedstawia pojedynczy kosz geogabionowy.



Rys. 2. Konstrukcje geogabionowe (ZAGRODZKA 2001)

Fig. 2. Geogabion constructions (ZAGRODZKA 2001)

Słowo „erozja” pochodzi od łacińskiego „erodare”, co oznacza: wgrzyzać się, wcinąć się, złobić powierzchnię ziemi. Woda, wiatr i grawitacja to główne czynniki erozji. Czynniki te przemieszczają drobne cząstki gruntu i odłamki skalne, powodując procesy erozyjne (MAŚLANKA i PIELICHOWSKI 2006). Obiekty inżynierskie budowane w strefie brzegowej muszą być przygotowane na szczególne warunki (MAŚLANKA i PIELICHOWSKI 2006). Erozja rzeczna jest procesem degradacyjnym lub akumulacyjnym.

Groźnym ze względu na destrukcyjną rolę w podłożu typem erozji jest sufozja (MAŚLANKA i PIELICHOWSKI 2006, MALKIEWICZ 2009), polegająca na podpowierzchniowym rozmywaniu i odprowadzaniu cząstek ziarnistych przez poruszającą się w gruncie wodę. Dla budowy hydrotechnicznych (mających np. chronić brzeg przed erozją wodną) szczególnie niebezpieczne jest działanie zmiennych obciążeń i ciśnień pulsacyjnych przekazywanych na konstrukcję oraz na podłoże przez zmieniające się poziomy wody, zależne od oddziaływania grzbietu i doliny fali. Zmienne obciążenia przekazywane od dłuższej trwających obciążeń związanych z podnoszeniem się i obniżaniem poziomu morza są niebezpieczne ze względu na to, że dolna część konstrukcji podlega obciążeniu wyporem (znajdując się poniżej zwierciadła wody), a część położona powyżej zwierciadła wody przekazuje na dolną część stałe obciążenie statyczne (MAŚLANKA i PIELICHOWSKI 2006).

Geowłóknina w konstrukcji z geogabionami musi wykazywać odpowiednią przepuszczalność (funkcja filtracyjna i drenażowa), a także zatrzymywać sufozyjne ziarna gruntu podłoża, aby nie dochodziło do załamania jego struktury (funkcja separacyjna), a jednocześnie nie występowało zjawisko kolmatacji oraz w pewnym stopniu przeniesienia obciążenia od narzutu (funkcja wzmacniająca). Wydaje się, iż umocnienia z geogabionów z wbudowanymi geowłókninami są dobrą, technicznie uzasadnioną alternatywą dla tradycyjnych konstrukcji oporowych i przeciwoerozyjnych, dotychczas stosowanych do zabezpieczania brzegów morskich i niestabilnych klifów, zboczy i skarp (WERNO 2000, MALKIEWICZ 2009).

### Kryteria doboru geotekstyliów do współpracy z geogabionami

Geotekstylia współpracujące z gruntem powinny spełniać kryteria dotyczące właściwości mechanicznych i hydraulicznych. Do tych pierwszych, decydujących o trwałości struktury geotekstyliów, należą mechaniczna wytrzymałość na rozciąganie oraz wytrzymałość na przebicie, zarówno podczas instalacji, jak i w całym projektowanym okresie eksploatacji. Do tych drugich, decydujących o zdolności pełnienia funkcji drenażowych i filtracyjnych w trakcie projektowanego okresu eksploatacji, należą: przepuszczalność, zatrzymywanie cząstek gruntu, odporność na kolmatację. Zgodnie z kryterium wodoprzepuszczalności ustalonym przez Centre for Civil Engineering Research and Codes (CUR) (BALKEMA 1998)

$$k_f > 10k_s \quad (1)$$

gdzie:  $k_f$  – współczynnik wodoprzepuszczalności geowłókniny,  $k_s$  – współczynnik wodoprzepuszczalności gruntu.

Geotekstylia poddane silnym naciskom zachowują, zgodnie z prawem Darcy’ego, właściwości wodoprzepuszczalności:

$$Q = k \cdot s \cdot i \quad (2)$$

$$i = \Delta h/l \quad (3)$$

gdzie:  $Q$  – wielość przepływu przez geotekstylię (m/s),  $k$  – współczynnik wodoprzepuszczalności (m/s),  $s$  – powierzchnia przekroju poprzecznego mierzona prostopadłe do przepływu (m<sup>2</sup>),  $i$  – spadek hydrauliczny (bezwymiarowy),  $l$  – długość toru wody (m),  $\Delta h$  – zmiana potencjału hydraulicznego (strata wysokości) na długości  $l$ .

Dla geowłóknin grubych występują dwa przypadki (BARTKOWIAK i MALKIEWICZ 2006):

1) przepływ prostopadły do powierzchni (filtrowanie):

$$Q = k_H \cdot e \cdot b \cdot \Delta h/l \quad (4)$$

2) przepływ wzdłuż płaszczyzny geowłóknin (drenowanie):

$$Q = k_V/e \cdot s \cdot \Delta h \quad (5)$$

gdzie:  $b$  – szerokość próbki (m),  $l$  – długość próbki (m),  $k_H$ ,  $k_V$  – współczynniki wodoprzepuszczalności (poprzecznej i wzdłużnej),  $e$  – grubość geowłókniny (mm).

Istnieje jeszcze kryterium zatrzymywania cząstek gruntu (nieprzenikania cząstek gruntu), czyli stworzenia stałego progu zapobiegającego migracji cząstek przy jednoczesnym niedopuszczeniu do zmniejszenia filtracji (BOLT i DUSZYŃSKA 1997). Kryterium zatrzymywania cząstek gruntu przez geotekstylię pod narzutami kamiennymi według CUR można wyrazić jako (BALKEMA 1998):

$$D_{98} / d_{85} < 2 \quad (6)$$

gdzie:  $D_{98}$  – średnica porów geowłóknin (mm),  $d_{85}$  – średnica ziaren gruntu ( $\mu\text{m}$ ).

Kolejne kryterium – kryterium odporności na kolmatację (BOLT i DUSZYŃSKA 1997) – dotyczy geowłókniny działającej na styku z gruntem i może być wyrażone formułą uwzględniającą relację między maksymalną średnicą porów geowłókniny  $D_w$  a średnicą ziaren gruntu  $d_{50}$ , których zawartość wraz z mniejszymi frakcjami zmniejsza się aż do 50% według B.R. Christophera i R.D. Holtza (MALKIEWICZ 2009). Dla  $U > 3$  wskaźnik różnoziarnistości gruntu

$$D_{95} > 3d_{15} \quad (7)$$

Kolmatacja zależy od relacji między ziarnami w gruncie i ich zdolności blokowania większości otworów i porów w geotekstyliach.

Celem prezentowanego artykułu jest opracowanie materiału geotekstylnego w postaci geowłókniny igłowanej przydatnego do zastosowania w konstrukcjach z geogabionami jako integralną częścią umocnień przeciwoerozyjnych.

## Materiały i metody

Do badań parametrów mechanicznych i hydraulicznych zaproponowano geowłókniny polipropylenowe otrzymane techniką igłowania mechanicznego dwustronnego o masach powierzchniowych 200<sup>T</sup>, 300<sup>T</sup>, 400<sup>T</sup>, 500<sup>T</sup>, 600<sup>T</sup> g/m<sup>2</sup>. Szczegółowe zastosowanie geotekstyliów zależy m.in. od ich gramatury (MALKIEWICZ 2009). W konstruk-

cyjach z użyciem geogabionów stosowanych do osłony klifów oraz brzegów rzek i potoków masa powierzchniowa powinna wynosić od 200 do 400 g/m<sup>2</sup> (ZAGRODZKA 2001).

Badania parametrów mechanicznych i hydraulicznych przeprowadzono z wykorzystaniem procedur zawartych w normach zharmonizowanych dotyczących geotekstyliów.

Określono następujące parametry geowłóknin: masę powierzchniową (wg PN-EN ISO 9864:2007), wytrzymałość na rozciąganie (wg PN-EN ISO 10319:2008), wydłużenie przy obciążeniu maksymalnym (wg PN-EN ISO 10319:2008), odporność na statyczne przebicie (metodą CBR) (wg PN-EN ISO 12236:2007), odporność na dynamiczne przebicie (metodą spadającego stożka) (wg PN-EN ISO 13433:2007), wodoprzepuszczalność w płaszczyźnie wyrobu (wg PN-EN ISO 12958:2002), wodoprzepuszczalność w kierunku prostopadłym do powierzchni wyrobu bez obciążenia (wg PN-EN ISO 11058:2002), charakterystyczną wielkość porów (wg PN-EN ISO 12956:2002).

## Wyniki i dyskusja

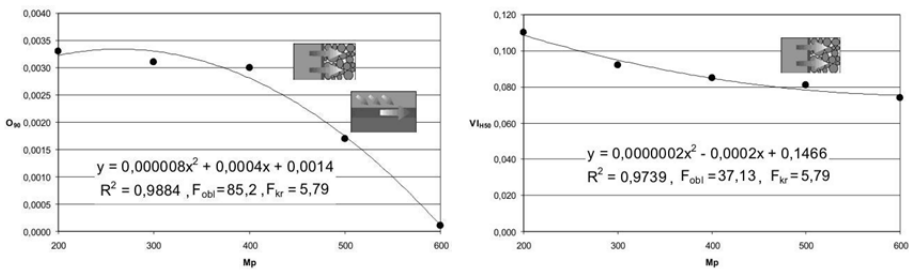
Wyniki badań parametrów mechanicznych przedstawiono w tabeli 1. Analizując jej dane, można stwierdzić, że wraz ze wzrostem masy powierzchniowej rośnie wytrzymałość na rozciąganie, wydłużenie, odporność na statyczne i dynamiczne przebicie. Geowłókniny otrzymane metodą dwustronnego igłowania mają bardzo dobre parametry mechaniczne (MALKIEWICZ i BARTKOWIAK 2010), niemniej jednak, z punktu widzenia funkcji drenażowej, filtracyjnej i separacyjnej, najistotniejsze są parametry hydrauliczne.

Tabela 1. Parametry mechaniczne badanych geowłóknin (MALKIEWICZ i BARTKOWIAK 2010)

Table 1. Mechanical parameters of examined geononwovens (MALKIEWICZ and BARTKOWIAK 2010)

Masa powierzchniowa, $M_p$ Surface mass, $M_p$ (g/m <sup>2</sup> )	Wytrzymałość na rozciąganie Tensile strength in length (kN/m)		Wydłużenie przy obciążeniu maksymalnym Elongation at maximum load (%)		Odporność na statyczne przebicie (metoda CBR) Static puncture resistance (CBR test) (kN)	Odporność na dynamiczne przebicie (metoda spadającego stożka) Dynamic puncture resistance (cone drop test) (mm)
	wzdłuż along	w poprzek across	wzdłuż along	w poprzek across		
200	7,3	12,2	119,2	109,0	75,1	22,4
300	13,8	19,9	120,2	115,6	76,8	18,0
400	16,9	25,7	130,3	121,3	80,4	12,0
500	21,8	35,0	139,0	129,0	83,0	8,5
600	23,4	38,5	147,2	131,4	79,1	7,5

Dla sprawdzenia, czy jednocześnie zmiany masy powierzchniowej geowłóknin otrzymanych techniką dwustronnego igłowania wpływają w sposób statystycznie istotny na stopień otwartości porów  $O_{90}$  i wodoprzepuszczalność w kierunku prostopadłym do powierzchni wyrobu, wyrażoną wskaźnikiem prędkości przepływu  $V_{I_{H50}}$ , przeprowadzono wnioskowanie statystyczne (GREŃ 1982) i wyznaczono charakterystyki zastępcze –  $\hat{O}_{90} = f(M_p)$ ,  $\hat{V}_{I_{H50}} = f(M_p)$ , aproksymowane funkcją wykładniczą, a także modelem statystycznym opartym na wielomianie liniowo-kwadratowym, natomiast dla  $\hat{O}_{90} = f(\hat{V}_{I_{H50}})$  nie znaleziono charakterystyki zastępczej. Współczynniki funkcji regresji, współczynnik korelacji wielowymiarowej oraz statystyki: obliczeniową –  $F_{obl}$  i krytyczną –  $F_{kr}$  Fischera-Snedecora zamieszczono na rysunkach 2, 3 i 4.




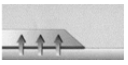

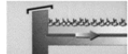
Rys. 3. Wpływ zmian masy powierzchniowej ( $M_p$ ) na stopień otwartości porów  $\hat{O}_{90} = f(M_p)$  oraz wodoprzepuszczalność w kierunku prostopadłym do powierzchni wyrobu  $\hat{V}_{I_{H50}} = f(M_p)$   
 Fig. 3. Influence of surface mass changes ( $M_p$ ) on characteristic pores opening sizes  $\hat{O}_{90} = f(M_p)$  and water permeability in the perpendicular direction to the plane  $\hat{V}_{I_{H50}} = f(M_p)$

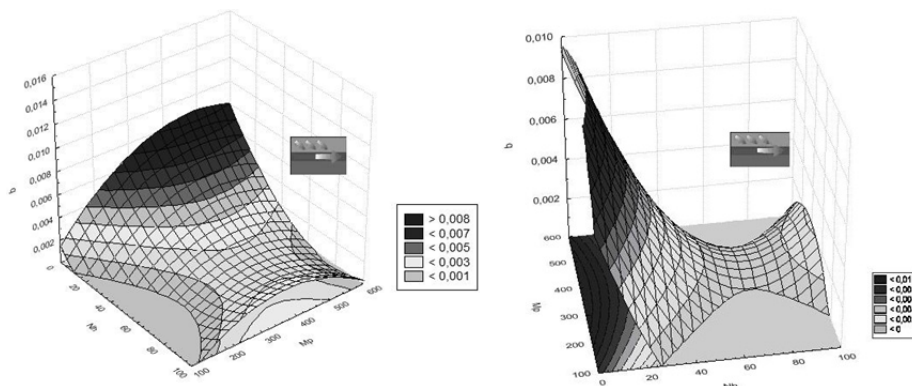
Po przeanalizowaniu danych zestawionych w tabeli 2 oraz na rysunku 3 można stwierdzić, że wraz ze wzrostem masy powierzchniowej maleje otwartość porów  $O_{90} = f(M_p)$  oraz wodoprzepuszczalność w kierunku prostopadłym do powierzchni wyrobu  $\hat{V}_{I_{H50}} = f(M_p)$ , co ma bezpośredni wpływ na funkcję drenażową i filtracyjną geowłókniny, a co za tym idzie wzrost otwartości porów wpływa na prędkość przepływu wody w kierunku prostopadłym do powierzchni wyrobu, co jest rzeczą naturalną.

Z danych zawartych w tabeli 2 i na rysunku 4 wynika, że najlepsze wartości wodoprzepuszczalności w płaszczyźnie wyrobu uzyskuje się w zakresie średnich mas powierzchniowych i przy dużych obciążeniach.

Największą wodoprzepuszczalność w płaszczyźnie wyrobu –  $q_{nq}$  – w kierunku wzdłużnym i poprzecznym geowłókniny uzyskuje się przy małych wartościach obciążeń i również przy średnich masach powierzchniowych. Wraz ze wzrostem obciążenia wodoprzepuszczalność w płaszczyźnie geowłókniny w obu kierunkach maleje. Tak więc podczas eksploatacji geowłókniny dwustronnie igłowanej należy stosować małe obciążenia i średnie masy powierzchniowe.

Tabela 2. Parametry hydrauliczne badanych geowłóknin (MALKIEWICZ 2009)  
 Table 2. Hydraulic parameters of examined geononwovens (MALKIEWICZ 2009)

Masa powierzchniowa, $M_p$ Surface mass, $M_p$ ( $g/m^2$ )	Wielkość porów Size of pores (mm) 	Wodoprzepuszczalność prostopadła Water permeability ( $m^2/s$ ) · $10^2$ 	Optymalna zdolność przepływu dla gradientu $i = 0,1$ , $q = [20\ 100]^T$ Optimal flow capacity for gradient $i = 0.1$ , $q = [20\ 100]^T$ ( $m^2/s$ ) · $10^2$	
			wzdłuż along 	w poprzek across 
200	0,110	2,3	1,7/1,3	1,7/0,24
300	0,095	2,2	3,3/2,0	3,1/1,2
400	0,089	2,1	3,7/1,5	3,7/1,5
500	0,081	1,9	1,8/1,0	2,5/0,25
600	0,074	1,8	3,4/1,2	3,5/1,3



Rys. 4. Wpływ zmian masy powierzchniowej ( $M_p$ ) na zdolność przepływu ( $q_{ng}$ ) w płaszczyźnie geowłókniny dla  $i = 0,1$  dla kierunku wzdłużnego i poprzecznego wyrobu

$\hat{q}_{ngw} = f(N_H; M_p)$  dla  $i = 0,1$ , wzdłuż,  $R^2 = 0,726$ ,  $R = 0,891$ ,  $F_{obl} = 5,69$ ,  $F_{kr} = 2,96$ , gdzie:

$$\hat{q}_{ngw_{i=0,1}} = 0,026 - 0,014 \cdot N_H + 0,004 \cdot M_p - 0,001 \cdot N_H^2 - 0,001 \cdot M_p^2 - 0,0001 \cdot N_H \cdot M_p$$

$\hat{q}_{ngp} = f(N_H; M_p)$  dla  $i = 0,1$ , w poprzek,  $R^2 = 0,837$ ,  $R = 0,958$ ,  $F_{obl} = 17,851$ ,  $F_{kr} = 2,96$ , gdzie:

$$\hat{q}_{ngp_{i=0,1}} = 0,030 - 0,031 \cdot N_H + 0,004 \cdot M_p - 0,002 \cdot N_H^2 - 0,001 \cdot M_p^2 - 0,0001 \cdot N_H \cdot M_p$$

Fig. 4. Influence of surface mass changes ( $M_p$ ) on water flow capacity ( $q_{ng}$ ) in the plane for  $i = 0.1$  along and across the product

$\hat{q}_{ngw} = f(N_H; M_p)$  for  $i = 0.1$ , along,  $R^2 = 0.726$ ,  $R = 0.891$ ,  $F_{cal} = 5.69$ ,  $F_{cr} = 2.96$ , where:

$$\hat{q}_{ngw_{i=0.1}} = 0.026 - 0.014 \cdot N_H + 0.004 \cdot M_p - 0.001 \cdot N_H^2 - 0.001 \cdot M_p^2 - 0.0001 \cdot N_H \cdot M_p$$

$\hat{q}_{ngp} = f(N_H; M_p)$  for  $i = 0.1$ , across,  $R^2 = 0.837$ ,  $R = 0.958$ ,  $F_{cal} = 17.851$ ,  $F_{cr} = 2.96$ , where:

$$\hat{q}_{ngp_{i=0.1}} = 0.030 - 0.031 \cdot N_H + 0.004 \cdot M_p - 0.002 \cdot N_H^2 - 0.001 \cdot M_p^2 - 0.0001 \cdot N_H \cdot M_p$$

## Podsumowanie

Geowłókniny otrzymane techniką dwustronnego igłowania mechanicznego wykazują bardzo dobre właściwości hydrauliczne, niezbędne do spełniania funkcji drenażowej i filtracyjnej. Badania stopnia otwartości porów sugerują, że geowłókniny mogą przeciwdziałać procesom sufozji i kolmatacji. Optymalne parametry dla ochrony przed erozją w konstrukcjach z geogabionami wykazują geowłókniny o masie powierzchniowej 300-400 g/m<sup>2</sup> ze względu na stosunkowo małe wydłużenia i dużą odporność na dynamiczne i statyczne przebiecie.

## Literatura

- BALKEMA A.A., 1998 *Geosynthetics in civil engineering*. CUR, NGO, Rotterdam, Brookfield.
- BARTKOWIAK E., MALKIEWICZ J., 2006. Parametry i właściwości użytkowe geowłóknin igłowanych wytwarzanych z włókien odcinkowych na tle właściwości innych geotekstyliów. W: *Geosyntetyki i tworzywa sztuczne w geotechnice i budownictwie inżynierskim*. Konferencja Naukowo-Techniczna. Red. M. Persona. Regina Poloniae, Częstochowa: 19-26.
- BOLT A., DUSZYŃSKA A., 1997. Zasady doboru geosyntetyków w projektowaniu warstw filtracyjnych i separacyjnych. W: *Geotechnika w budowie składowisk odpadów*. Konferencja Naukowo-Techniczna. Red. B. Zadroga, A. Bolt. Imogeor, Pułtusk: 19-33.
- DUSZYŃSKA A., 2009. Wykorzystanie badań geosyntetyków do projektowania. W: *Zastosowanie geosyntetyków w budownictwie i inżynierii środowiska*. Seminarium. Red. Z. Sikora. NAUE GmbH & Co. KG, Gdańsk: 1-33.
- GREŃ J., 1982. *Statystyka matematyczna. Modele i zadania*. PWN, Warszawa.
- MALKIEWICZ J., 2009. Kompozyty geowłókninowe jako innowacyjne podściółki w geokratach i geogabionach. Maszynopis. Instytut Inżynierii Tekstyliów i Materiałów Polimerowych AT-H, Bielsko-Biała.
- MALKIEWICZ J., w druku. Rola nowoczesnych metod oceny geotekstyliów w konstrukcjach budowlanych. *Przegl. Włókien. Włókno Odzież Skóra*.
- MALKIEWICZ J., BARTKOWIAK E., 2010. Wpływ technologii igłowania mechanicznego na niektóre parametry geowłóknin. *Inż. Mor. Geot.* 5: 624-634.
- MAŚLANKA K., PIELICHOWSKI J., 2006. *Geosyntetyki w inżynierii i ochronie środowiska*. WN-T Teza, Gdańsk.
- PN-EN ISO 11058:2002. Geotekstyli i wyroby pokrewne. Wyznaczanie wodoprzepuszczalności w kierunku prostopadłym do powierzchni wyrobu. PKN, Warszawa.
- PN-EN ISO 12956:2002. Geotekstyli i wyroby pokrewne. Wyznaczanie charakterystycznej wielkości porów. PKN, Warszawa.
- PN-EN ISO 12958:2002. Geotekstyli i wyroby pokrewne. Wyznaczanie wodoprzepuszczalności w płaszczyźnie wyrobu. PKN, Warszawa.
- PN-EN ISO 9864:2007. Geotekstyli i wyroby pokrewne. Wyznaczanie masy powierzchniowej. PKN, Warszawa.
- PN-EN ISO 10318:2007. Geosyntetyki. Terminy i definicje. PKN, Warszawa.
- PN-EN ISO 12236:2007. Geotekstyli i wyroby pokrewne. Badanie odporności na statyczne przebiecie (metoda CBR). PKN, Warszawa.
- PN-EN ISO 13433:2007. Geotekstyli i wyroby pokrewne. Badanie odporności na dynamiczne przebiecie (metoda spadającego stożka). PKN, Warszawa.
- PN-EN ISO 10319:2008. Geotekstyli. Badanie wytrzymałości na rozciąganie metodą szerokich próbek. PKN, Warszawa.



Malkiewicz J., 2011. Ocena geotekstyliów współdziałających z geogabionami w umocnieniach przeciwoerozyjnych. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 4, #72.

---

WERNO M., 2000. Opracowanie projektowe zabezpieczenia zbocza klifu w Jastrzębiej Górze na odcinku około 200 m w rejonie ul. Bałtyckiej. Maszynopis. Instytut Morski, Gdańsk.

ZAGRODZKA A., 2001. Umocnienia brzegu morskiego z zastosowaniem geosyntetyków. Opracowania projektowe. Maszynopis. Urząd Morski, Gdynia.

## ESTIMATION OF GEOTEXTILES FOR COOPERATION WITH GEOGABIONS IN EROSION CONTROL CONSTRUCTIONS

**Summary.** The article discusses mechanical and hydraulic properties of geononwovens obtained by two-sided mechanical needle punching for cooperation with geogabions in erosion control constructions. It was proved, that such geononwovens have very good hydraulic properties. Optimal parameters are with surface masses of 300-400 g/m<sup>2</sup>.

**Key words:** geotextiles, geononwovens, geogabions, erosion control, constructions

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

*Jadwiga Malkiewicz, Instytut Inżynierii Tekstyliów i Materiałów Polimerowych, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, Poland, e-mail: [jmalkiewicz@ath.bielsko.pl](mailto:jmalkiewicz@ath.bielsko.pl)*

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print:*

*16.08.2011*

*Do cytowania – For citation:*

*Malkiewicz J., 2011. Ocena geotekstyliów współdziałających z geogabionami w umocnieniach przeciwoerozyjnych. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 4, #72.*