

*Mariusz Cholewa\**, *Marcin Lupa\*\**

## WPŁYW CYKLICZNEGO NASŁONECZNIANIA NA PRZEBICIE STATYCZNE WYBRANYCH GEOSYNTETYKÓW

---

### 1. Wstęp

Szeroko rozpowszechnione w inżynierii budowlanej i ochronie środowiska geosyntetyki charakteryzują się m.in. łatwością wbudowywania, dużą trwałością mechaniczną oraz możliwością stosowania w różnych strefach klimatycznych [1, 3–5]. Dostępne na rynku artykuły tego rodzaju posiadają pewne charakterystyczne cechy wyjściowe, określane podczas badania nowych produktów. Wraz z upływem czasu, na skutek oddziaływania różnych czynników degradujących, dane techniczne geosyntetyków ulegają jednak zmianom [2]. Poznanie zakresu tych zmian daje możliwość ulepszenia produktów, lub jeśli nie będzie to możliwe, projektowanie konstrukcji o odpowiednich współczynnikach bezpieczeństwa [6].

Celem badań, których wyniki prezentowane są w niniejszej pracy, było określenie wpływu wybranego czynnika degradującego na zbudowane z włókien polipropylenowych i polietylenowych geosyntetyki, takie jak geowłókniny, geosiatki i geomembrany. Próbkę materiałów poddano działaniu promieniowania słonecznego, którego promienie UV wymienia się jako czynnik osłabiający strukturę głównie geowłóknin, ale także pozostałych rodzajów wyrobów geosyntetycznych. Porównano parametry wytrzymałościowe próbek „świeżych” z próbkami geosyntetyków poddanych działaniu naturalnego promieniowania słonecznego.

### 2. Metody i materiały

Badania parametrów wytrzymałościowych przedstawione w niniejszym opracowaniu, zostały wykonane zgodnie z metodą podaną w normie PN-EN ISO 12236 [7].

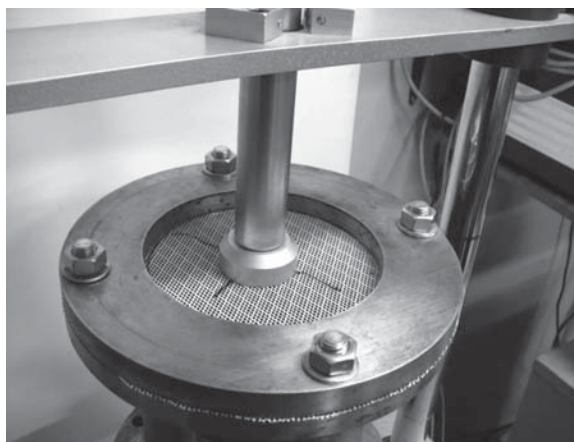
---

\* Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Rolniczy, Kraków

\*\* absolwent, Uniwersytet Rolniczy, Kraków

Stanowisko badawcze składało się z: prasy hydraulicznej typu Tritech Digital 50 kN; pierścienia dynamometrycznego, za pomocą którego odczytywano siłę, z jaką trzpień naciska na próbkę; dwóch skróconych ze sobą pierścieni, między którymi znajdował się badany geosyntetyk; cylindra, na którym umieszczono pierścienie z próbką; stopera.

Badaną próbkę umieszczano między dwoma stalowymi pierścieniami (rys. 1) i zaciskano za pomocą śrub. Następnie, próbkę wraz z pierścieniami, umieszczano na odpowiednio dopasowanym cylindrze umożliwiającym osiowe i prostopadłe przebijanie próbki.



**Rys. 1.** Układ zaciskowy z zamontowaną próbką geosiatki i trzpień przebijający

Próbki poddano cyklom nasłoneczniania w miesiącach czerwcu i lipcu w sumarycznej ilości 100 godzin. Geosyntetyki rozłożono na odpowiednim stelażu, który zlokalizowano w taki sposób, aby promieniowanie słoneczne możliwie maksymalnie oddziaływało na próbki. Ekspozycję prowadzono w czasie wybranych 20-tu bezchmurnych dni pomiędzy godziną 11÷16. Próbki odwracano, aby każda ze stron geosyntetyku była wyeksponowana na słońce przez 50 g.

Do badań starano się dobrać materiały o podobnej wytrzymałości i spełniające wymogi procedury badawczej. Dlatego prezentowane geosiatki to wyroby o drobnych oczkach i małej wytrzymałości jak dla tej grupy geosyntetyków.

Na potrzeby niniejszej pracy, dla każdego z badanych geosyntetyków została określona masa powierzchniowa zgodnie z normą PN-EN ISO 9864 [8] (tabela 1.).

### **3. Wyniki badań i analiza**

Każdy z materiałów był reprezentowany przez 5 próbek tzw. „świeżych” oraz 5 próbek poddanych nasłonecznianiu. Na potrzeby analizy wyników wartości siły przebicia uśredniono i przedstawiono w postaci wykresów (rys. 2–4).

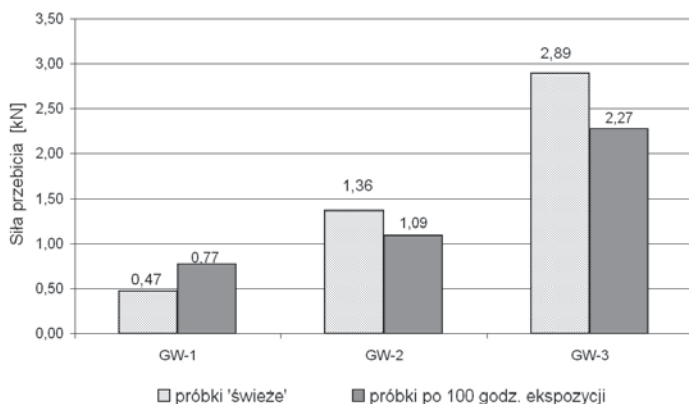
TABELA 1

**Zestawienie wyników oznaczenia masy powierzchniowej geowłóknin, geosiatek i geomembran**

Typ geosyntetyku	Symbole próbek	Masa powierzchniowa [g/m <sup>2</sup> ]
Geowłókniny	GW-1	308
	GW-2	137
	GW-3	277
Geosiatki	GS-1	188
	GS-2	385
	GS-3	494
Geomembrany	GM-1	298
	GM-2	1044
	GM-3	1502

### 3.1. Geowłókniny

Dla **GW-1** (geowłókniny z włókien ciągłych dzianych) średnia siła przebicia, jaką osiągnięto podczas badania próby przed nasłonecznieniem, wynosiła 0,47 kN (rys. 2). Po nasłonecznieniu wartość siły wyniosła 0,77 kN. Dla omawianego wyrobu geosyntetycznego, proces nasłoneczniania nie okazał się destrukcyjny, odnotowano nawet większą o 63,8% wartość siły przebicia dla próbki nasłonecznionej. Wnioskuje, zatem, że geowłóknina z włókien ciągłych dzianych wykazuje znaczną odporność na omawiany okres nasłonecznienia.



**Rys. 2.** Siły przebicia geowłóknin, wartości średnie przed i po nasłonecznieniu

W przypadku **GW-2** (geowłókniny z włókien ciągłych zgrzewanej termicznie) siła przebicia, jaką osiągnięto podczas badania próby przed nasłonecznieniem, wynosiła 1,36 kN. Po nasłonecznieniu wartość siły zmniejszyła się do 1,09 kN. Geowłóknina GW-2 poddana

100 godzinom oddziaływania promieniowania słonecznego została wyraźnie osłabiona, a wartość siły przebicia w stosunku do próby „świeżej” spadła o 19,9%.

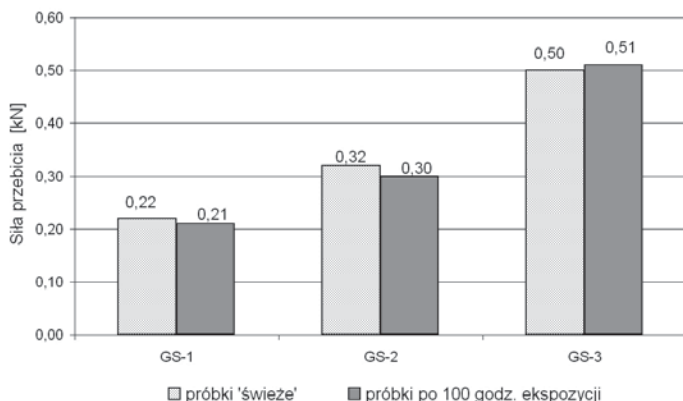
Dla **GW-3** (geowłókniny z włókien ciągłych igłowanych) siła przebicia, jaką osiągnięto podczas badania próby przed nasłonecznieniem, wynosiła 2,89 kN. Po ekspozycji wartość siły spadła do 2,27 kN. Można, więc stwierdzić, że na geowłókninę **GW-3** ekspozycja na naturalne promieniowanie słoneczne wpłynęła niekorzystnie, ponieważ osłabiła jej wytrzymałości na przebicie o 21,5%.

### 3.2. Geosiatki

Badana geosiatka **GS-1** to materiał, w którym na 1 cm<sup>2</sup> powierzchni przypada 16 oczek, jest to, zatem drobna siatka połączona węzełkowo termicznie. Siła przebicia wyznaczona podczas badania prób „świeżych”, wynosiła 0,22 kN (rys. 3). Po nasłonecznieniu wartość siły osiągnęła 0,21 kN. Proces nasłoneczniania nie ma, więc większego wpływu na omawiany produkt — parametry badanych próbek uległy minimalnej zmianie, a średnia wartość siły przebicia po nasłonecznieniu zmniejszyła się o 4,5%.

Geosiatka **GS-2** to produkt o zagęszczeniu oczek w ilości 1 na 1 cm<sup>2</sup>, zgrzewany termicznie. Średnia siła, jaką osiągnięto podczas badania próby przed nasłonecznieniem, wynosiła 0,32 kN. Po cyklach ekspozycji była mniejsza i wyniosła 0,30 kN. Wartość siły przebicia zmniejszyła się o 6,3%. Wyrób ten wykazuje nieznaczne osłabienie pod wpływem czynnika degradującego.

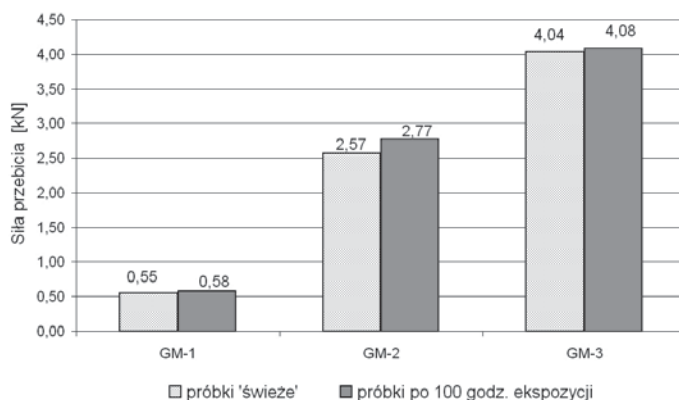
Badana geosiatka **GS-3** to produkt również o zagęszczeniu 1 oczka na 1 cm<sup>2</sup>, łączony węzełkowo termicznie, ale z innym pakietem dodatków użytych w procesie produkcji. Średnia siła, jaką osiągnięto podczas badania prób „świeżych”, wynosiła 0,50 kN. Po nasłonecznieniu wartość siły wyniosła 0,51 kN. W odniesieniu do danej geosiatki, czynnik degradujący nie wpłynął niekorzystnie na wytrzymałość, odnotowano nawet nieznaczne (2%) zwiększenie wartości siły przebijającej.



Rys. 3. Siły przebicia geosiatek, wartości średnie przed i po nasłonecznieniu

### 3.3. Geomembrany

Badana geomembrana **GM-1** posiada grubości 0,3 mm. Średnia siła, jaką osiągnięto podczas badania próby przed nasłonecznieniem, wynosiła 0,55 kN (rys. 4). Po cyklach ekspozycji wyniosła 0,58 kN. Na podstawie tych danych stwierdza się, że dla omawianego produktu proces nasłoneczniania nie okazał się destrukcyjny, wręcz przeciwnie — próbki wykazały nawet nieznacznie (o 5,5%) większą wytrzymałość na przebicie w porównaniu do próbek wyjściowych.



Rys. 4. Siły przebicia geomembran, wartości średnie przed i po nasłonecznieniu

Geomembrana **GM-2** to produkt o grubości 1,0 mm. Średnia siła, jaką osiągnięto podczas badania próby „świeżych”, wynosiła 2,57 kN. Po ekspozycji średnia siła wyniosła 2,77 kN. Dla omawianego produktu cykle nasłonecznienia również nie okazały się destrukcyjne, wręcz przeciwnie – próbki wykazały o 7,8% większą wytrzymałość na przebicie w porównaniu do próbek wyjściowych.

Geomembrana **GM-3** o grubości 1,5 mm osiągnęła podczas badania próby przed nasłonecznieniem, wartość siły przebicia 4,04 kN. Po ekspozycji średnia siła wyniosła 4,08 kN. Dla omawianego produktu wartość jego siły przebicia niewiele, (1%) ale jednak wzrosła.

## 4. Dyskusja

Dla geowłókniny **GW-1**, z włókien ciągłych dzianych proces nasłoneczniania nie okazał się destrukcyjny, odnotowano nawet większą o 63,8% wartość siły przebicia dla próbek nasłonecznionej. Geowłóknina **GW-2** (z włókien ciągłych zgrzewanych termicznie) poddana działaniu promieni słonecznych, została natomiast wyraźnie osłabiona, a wartość siły przebicia spadła o 19,9%. Na geowłókninę **GW-3** (z włókien ciągłych igłowanych) nasłonecznianie również wpłynęło niekorzystnie, ponieważ osłabiło jej wytrzymałości na przebicie o 21,5%.

Proces nasłoneczniania nie miał większego wpływu na geosiatkę **GS-1**, parametry badanych próbek praktycznie nie uległy zmianie, a wartość siły przebicia po nasłonecznieniu

spadła o 4,5%. Dla GS-2 wartość siły przebicia zmniejszyła się o 6,3% w stosunku do wartości uzyskanej dla próbek świeżych. Proces nasłonecznienia nie wpłynął negatywnie na geosiatkę GS-3, nawet nieznacznie (o 2%) zwiększył jej wytrzymałość na przebicie.

W przypadku geomembrany GM-1 (o grubości 0,3 mm), próbki wykazały nieznacznie (o 5,5%) większą wytrzymałość na przebicie. Proces nasłonecznienia nie okazał się destrukcyjny również w odniesieniu do GM-2 (o grubości 1,0 mm) — wręcz przeciwnie — próbki wykazały nieznacznie (o 7,8%) większą wytrzymałość na przebicie w porównaniu do próbek wyjściowych. Geomembrana GM-3 (o grubości 1,5 mm) po nasłonecznieniu wykazywała minimalny wzrost wartości siły przebicia (1%).

## 5. Wnioski

Analiza otrzymanych wyników badań pozwala na wyciągnięcie następujących wniosków:

- W przypadku geowłóknin, jedynie GW-1 wykazała odporność na długotrwałe działanie promieniowania słonecznego. Badanie wytrzymałości na przebicie statyczne geowłóknin 2 i 3, które zostały wykonane z PE w procesie zgrzewania termicznego i igłowania, wykazało osłabienie ich struktury średnio o ok. 20%.
- Proces 100-godzinne nasłonecznienia w przypadku geosiatek bardzo nieznacznie wpłynął na uzyskiwane wartości siły przebicia; w przypadku GS-1 i GS-2 otrzymano wartości o 0,01 i 0,02 kN mniejsze w porównaniu do próbek wyjściowych. Dla geosiatki GS-3 siła przebicia wzrosła o 0,01 kN.
- Proces nasłonecznienia w przypadku geomembran, nie wpłynął destrukcyjnie na uzyskiwane wartości; odnotowano nawet większe wartości siły przebicia średnio o 4,8%.
- Można stwierdzić, że proces nasłonecznienia w ilości 100 godzin nie powoduje istotnego osłabienia geosiatek i geomembran, jedynie geowłókniny wykazują osłabienie struktury pod wpływem promieniowania słonecznego, za wyjątkiem geowłóknin powstałych w procesie dziania.

## LITERATURA

- [1] *Bartkowiak E.*: Geowłókniny igłowane o właściwościach drenażowych i ochronnych. Konferencja Naukowo-Techniczna. Ustroń, 2001, s. 92–101
- [2] *Chodyński A.*: Trwałość surowców stosowanych w geosyntetykach. Konferencja Naukowo – Techniczna, Ustroń, 2002, s. 65–78
- [3] *Maślanka K., Pielichowski J.*: Geosyntetyki w inżynierii i ochronie środowiska. Wyd. Teza, Kraków, 2006
- [4] *Rawicki A., Kulczykowski M., Bogdanowicz U., Kazimierowicz-Frankowska K.*: Geosyntetyki w inżynierii lądowej i wodnej. Inż. Bud. 2006, nr 11, s. 602–617
- [5] *Wesołowski A., Krzywiz Z., Brandyk T.*: Geosyntetyki w konstrukcjach inżynierskich. Wyd. SGGW, Warszawa, 2000
- [6] PN-EN 13251 Geotekstyli i wyroby pokrewne. Właściwości wymagane w odniesieniu do wyrobów stosowanych w robotach ziemnych, fundamentowaniu i konstrukcjach oporowych
- [7] PN-EN ISO 12236 Geosyntetyki. Badanie statycznego przebicia (metoda CBR)
- [8] PN-EN ISO 9864 Geosyntetyki. Metoda badań do wyznaczania masy powierzchniowej geotekstyliów i wyrobów pokrewnych