

Analiza wpływu struktury geowłóknin *spun-bonded* na ich właściwości hydrauliczne

Dr inż. Joanna Grzybowska-Pietras

Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Nauk o Materiałach i Środowisku

Szerokie zainteresowanie geosyntetykami, w tym geotekstyliami, w inżynierii lądowej oraz w budownictwie hydrotechnicznym spowodowało, że materiały te zyskują coraz częściej miano podstawowego materiału budowlanego. Okazało się, że ich wielofunkcyjność oraz różnorodność we współczesnym procesie inwestycyjnym jest na tyle interesująca, że liczne rozwiązania z ich wykorzystaniem stały się pewnego rodzaju standardem i na stałe wpisały się, między innymi jako materiały wspomagające elementy konstrukcyjne budowli hydrotechnicznych.

Geotekstyliami w budownictwie hydrotechnicznym odpowiedzialne są za: filtrację w kierunku poprzecznym do powierzchni

wyrobu, drenaż odwadniający w płaszczyźnie wyrobu oraz separację poszczególnych warstw gruntu.

Wśród całej gamy stosowanych geotekstyliów na uwagę zasługują geowłókniny, które, bez względu na technologię wytwarzania, są skutecznym materiałem spełniającym zarówno funkcje mechaniczne, hydrauliczne, jak i biologiczne [2, 4, 7].

Należy pamiętać o tym, że do najważniejszych właściwości decydujących o zastosowaniu geowłóknin na warstwy filtracyjne należą: wodoprzepuszczalność oraz rozmiar porów umożliwiający przepływ filtracyjny, podczas którego nie zachodzi wnikanie w strukturę geowłókniny cząstek gruntu [4].

Bez względu na technikę wytwarzania, geowłókniny pełniące funkcję filtracyjną powinny charakteryzować się odpowiednią strukturą i związaną z nią porowatością, i jako filtr powinny być stosowane w sytuacji, kiedy zachodzi konieczność odprowadzenia wód gruntowych oraz zabezpieczenie gruntu przed wypłukiwaniem z jego wnętrza drobnych cząstek piasku i przenikaniem ich do drenażu, chroniąc go przed procesem kolmatacji [6].

Zjawisko to pojawia się wtedy, gdy cząstki gruntu osadzają się w ośrodku porowatym, powodując spadek wodoprzepuszczalności [1].

Ze względu na niezbyt skomplikowany i stosunkowo niedrogi cykl produkcyjny oraz na możliwość modelowania struktury materiału w funkcji parametrów technologicznych, geowłókniny *spun-bonded*, obok geowłóknin igłowanych mechanicznie, są najczęściej wykorzystywanym materiałem w budownictwie.

Jednym z interesujących rozwiązań technologicznych wykorzystywanych w trakcie realizacji inwestycji budowlanych jest dwuwarstwowa geowłóknina *spun-bonded* poddana procesowi igłowania i otrzymana w 100% z włókien polipropylenowych. Pierwsza warstwa geowłókniny odznacza się bardzo dobrymi właściwościami filtracyjnymi, druga natomiast zapewnia jej ochronę przed uszkodzeniem mechanicznym [9].

W ramach realizacji badań przeprowadzono pomiary polegające na analizie wpływu rodzaju materiału (geowłókniny jedno- i dwuwarstwowej) na właściwości fizyczne oraz cechy hydrauliczne geowłóknin wzorcowych oraz zainstalowanych w określonym czasie na danym obiekcie. Uzyskane wyniki badań pozwoliły na określenie wpływu rodzaju geowłókniny na żywotność filtru oraz wpływu zjawiska kolmatacji na spadek wodoprzepuszczalności.

MATERIAŁ BADAWCZY

Do badań wytypowano dwa rodzaje geowłóknin *spun-bonded* otrzymanych w 100% z włókien ciągłych, polipropylenowych, poddanych procesowi igłowania mechanicznego, o masie powierzchniowej równej 600 g/m². Pierwsza z nich to geowłóknina jednowarstwowa, druga natomiast to geowłóknina dwuwarstwowa, w której jedna z warstw zbudowana jest z cienkich włókien (zapewnia ona doskonałą filtrację i efektywny wymiar porów), drugą otrzymano z włókien grubych, która wpływa na zwiększenie ochrony mechanicznej wyrobu. Geowłóknina dwuwarstwowa jest stosowana w budownictwie jako warstwa filtracyjna w różnorodnych konstrukcjach – jej szczególne właściwości są wykorzystywane głównie tam, gdzie turbulentny zmienny prąd wody wystawia dotychczas zainstalowane geowłókniny na bardzo poważną próbę (kanały, regulacja rzek, odzyskiwanie łąd, ochrona brzegów, nabrzeża, przepusty, zapory) [5, 10].

STANOWISKO BADAWCZE

Wpływ struktury wytypowanych geowłóknin *spun-bonded* na zjawisko kolmatacji mechanicznej oraz zmiany wodoprzepuszczalności przeprowadzono na zaprojektowanym stanowisku badawczym składającym się z sześciu pojemników polipropylenowych w kształcie prostopadłościanu, w których na dnie oraz ściankach bocznych wywiercono otwory w celu zapewnienia

niewymuszonego przesączania się wody (opady atmosferyczne) [3].

Na dnie skrzyń umieszczono 20 cm podsypki piaskowej, na której ułożono odpowiednią geowłókninę i przysypano ją ponownie piętnastocentymetrową warstwą piasku budowlanego nasypowego o frakcji 0,5 ÷ 1 mm. Tak przygotowane stanowiska badawcze zainstalowano na poletku doświadczalnym na okres 6 miesięcy. Po tym okresie materiał doświadczalny poddano badaniom mającym na celu określenie wpływu okresu użytkowania na wybrane cechy wyrobu.

STOSOWANE METODY BADAŃ

Wszystkie badania wykonano w Laboratorium Geosyntetyków i Wyrobów Włókienniczych Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej zgodnie z obowiązującymi normami europejskimi. Wytypowane geowłókniny, zarówno wzorcowe, jak i wymontowane po 6 miesiącach od zainstalowania, poddano ocenie właściwości fizycznych, mechanicznych i hydraulicznych. Badania laboratoryjne dotyczyły wyznaczenia: masy powierzchniowej według PN-EN ISO 9864:2007, grubości (przy określonych naciskach 2 kPa, 20 kPa, 200 kPa) – PN-EN ISO 9863-1:2007, wodoprzepuszczalności w kierunku prostopadłym do wyrobu bez wstępnego obciążenia zgodnie z normą PN-EN ISO 11058:2011 oraz charakterystycznej wielkości porów według PN-EN-ISO 12956: 2002.

WYNIKI BADAŃ

Uzyskane wyniki badań wzorcowych i poddanych eksperymentowi próbek jedno- i dwuwarstwowych geowłóknin *spun-bonded* przedstawiono w postaci tabel (tabl. 1 i 2) oraz wykresów (rys. 1). Analizując uzyskane wyniki badań, wpływu czasu eksploatacji na zmianę mas powierzchniowych geowłóknin jedno- i dwuwarstwowych, zaobserwowano, że największy wzrost masy powierzchniowej w stosunku do wyrobu wzorcowego odnotowano w dwuwarstwowej geowłókninie *spun-bonded*. Wzorcowa geowłóknina dwuwarstwowa charakteryzowała się masą powierzchniową równą 634,28 g/m², która po upływie 6 miesięcy wzrosła o ponad 212 g/m². W przypadku geowłókniny jednowarstwowej analizowany parametr, w tym samym czasie użytkowania, uległ zwiększeniu o 89,74 g/m².

Na rys. 1 przedstawiono wyniki badań jednoczesnego wpływu rodzaju geowłókniny *spun-bonded* oraz czasu użytkowania na zmianę grubości wyrobu poddanego wstępnemu obciążeniu. W przypadku geowłókniny jednowarstwowej grubość próbki wzorcowej przy obciążeniu 2 kPa wynosiła 4,19 mm i w miarę wzrostu nacisku zmniejszyła się o 1,72 mm (200 kPa – 2,47 mm). Po 6 miesiącach grubość wyrobu nieznacznie uległa zmianie i wynosiła odpowiednio 4,64 mm (2 kPa), 3,18 mm (20 kPa) oraz 2,50 mm (200 kPa).

Po zakończeniu eksperymentu okazało się, że grubość geowłókniny jednowarstwowej przy nacisku 2 kPa jest o 0,45 mm większa od wzorcowej, w przypadku geowłókniny dwuwarstwowej różnica ta wynosi zaledwie 0,23 mm (2 kPa). W przypadku obciążenia 200 kPa nie zauważono znacznych zmian grubości w obu omawianych materiałach w miarę czasu użytkowania.

Tabl. 1. Właściwości fizyczne wzorcowych geowłóknin *spun-bonded*

Rodzaj wyrobu		M_p [g/m ²]	L [mm]		
			2 kPa	20 kPa	200 kPa
Jednowarstwowa geowłóknina <i>spun-bonded</i> 100% PP	x	557,4	4,19	2,91	2,47
	S	45,06	0,41	0,28	0,04
	V [%]	8,08	9,78	9,62	1,62
Dwuwarstwowa geowłóknina <i>spun-bonded</i> 100% PP	x	634,28	4,72	3,51	2,76
	S	32,4	0,33	0,21	0,05
	V [%]	5,1	6,99	5,98	1,81

gdzie:

M_p – masa powierzchniowa geowłókniny,

L – grubość geowłókniny,

x – wartość średnia badanej cechy,

S – odchylenie standardowe,

V – współczynnik zmienności.

Tabl. 2. Właściwości fizyczne geowłóknin *spun-bonded* po okresie 6 miesięcy od zainstalowania

Rodzaj wyrobu		M_p [g/m ²]	L [mm]		
			2 kPa	20 kPa	200 kPa
Jednowarstwowa geowłóknina <i>spun-bonded</i> 100% PP	x	647,14	4,64	3,18	2,50
	S	82,26	0,48	0,31	0,27
	V [%]	12,71	10,34	9,75	10,80
Dwuwarstwowa geowłóknina <i>spun-bonded</i> 100% PP	x	847,14	4,95	3,60	2,94
	S	42,76	0,23	0,16	0,05
	V [%]	5,05	4,64	4,44	1,70

gdzie:

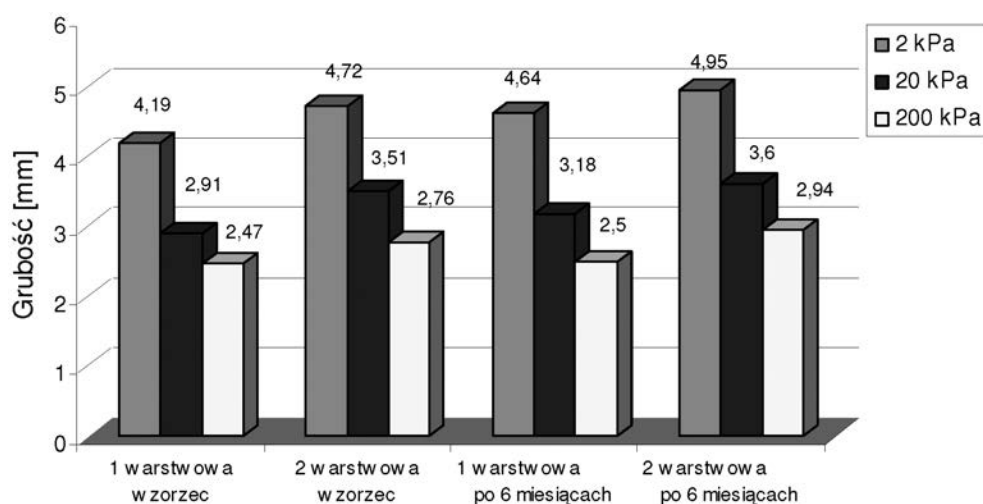
M_p – masa powierzchniowa geowłókniny,

L – grubość geowłókniny,

x – wartość średnia badanej cechy,

S – odchylenie standardowe,

V – współczynnik zmienności.



Rys. 1. Wpływ nacisku oraz czasu użytkowania na grubość geowłókniny jedno- i dwuwarstwowej

W tabl. 3 zamieszczono uzyskane wyniki pomiarów charakterystycznej wielkości porów w omawianych wzorcowych geowłókninach.

Ponadto, w trakcie realizacji badań, zarówno na geowłókninach wzorcowych, jak i zakolmatowanych, wykonano po 5 pomiarów wodoprzepuszczalności w kierunku prostopadłym do powierzchni wyrobu, bez obciążenia, metodą malejącej wysokości naporu hydraulicznego.

Tabl. 3. Charakterystyczna wielkości porów wzorcowych geowłóknin *spun-bonded* (PN-EN ISO 12956: 2011)

Rodzaj wyrobu	Charakterystyczna wielkość porów O_{90} (mm)
Jednowarstwowa geowłóknina <i>spun-bonded</i> 100% PP	90
Dwuwarstwowa geowłóknina <i>spun-bonded</i> 100% PP	80

Tabl. 4. Zestawienie wyników prędkości przepływu wody przez wzorcowe i zakolmatowane geowłókniny *spun-bonded* w zależności od struktury

Skład surowcowy	G_{wz} V_{H50} [10 ⁻³ m/s]		G_{zak} V_{H50} [10 ⁻³ m/s]	
	x		x	
Jednowarstwowa geowłóknina <i>spun-bonded</i> , 100% PP	S	4	S	2
	V [%]	16,7	V [%]	11,8
Dwuwarstwowa geowłóknina <i>spun-bonded</i> , 100% PP	S	5	S	1
	V [%]	19,9	V [%]	7,1

gdzie:

G_{wz} – geowłóknina wzorcowa,

G_{zak} – geowłóknina zakolmatowana,

V_{H50} – prędkość przepływu,

S – odchylenie standardowe,

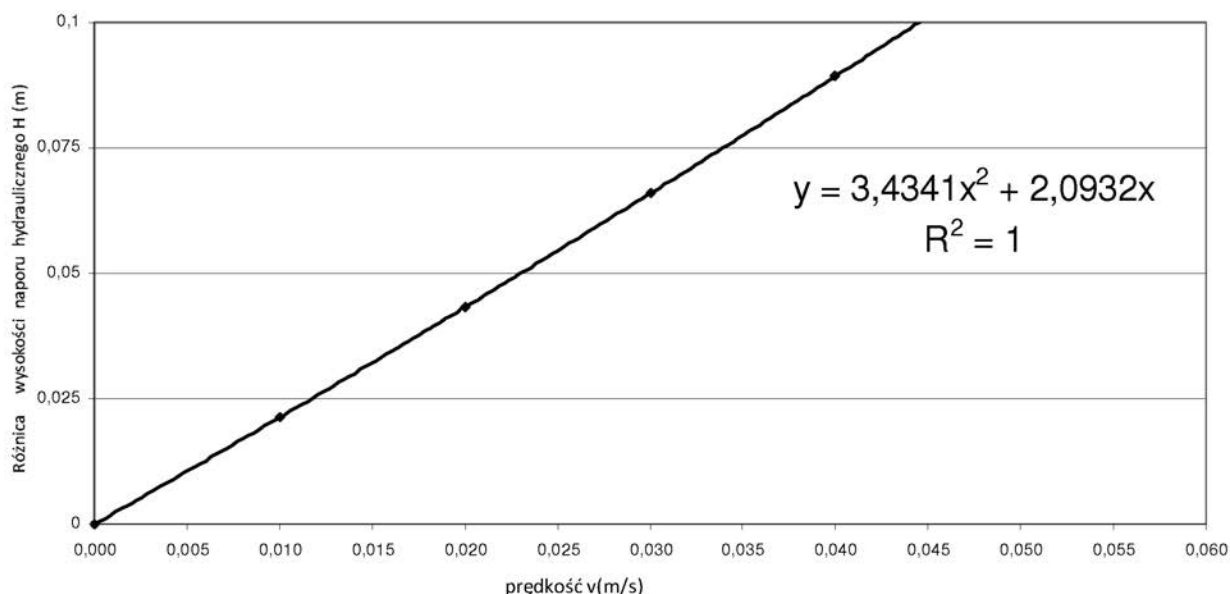
V – współczynnik zmienności.

Badanie wodoprzepuszczalności geowłóknin wykonano za pomocą przyrządu, w którego skład wchodzi dwa wzajemnie połączone z sobą przezroczyste cylindry o średnicy ϕ 50 mm. W pierwszym cylindrze umieszczano pojedynczą próbkę badanej geowłókniny w taki sposób, aby uniknąć powstania pęcherzyków powietrza. Następnie zamknięto zawór i napełniono przyrząd wodą. W kolejnym etapie uruchomiono zapis komputerowy i zwolniono zawór odcinający przepływ wody, w wyniku którego próby geowłóknin poddawano jednokierunkowemu przepływowi wody przez badaną próbkę. Badanie zakończono w chwili, gdy różnica wysokości naporu hydraulicznego i prędkość przepływu osiągnęły wartość zero [8]. Wyniki badań przedstawiono w tabl. 4 oraz na wykresach (rys. 2 ÷ 5).

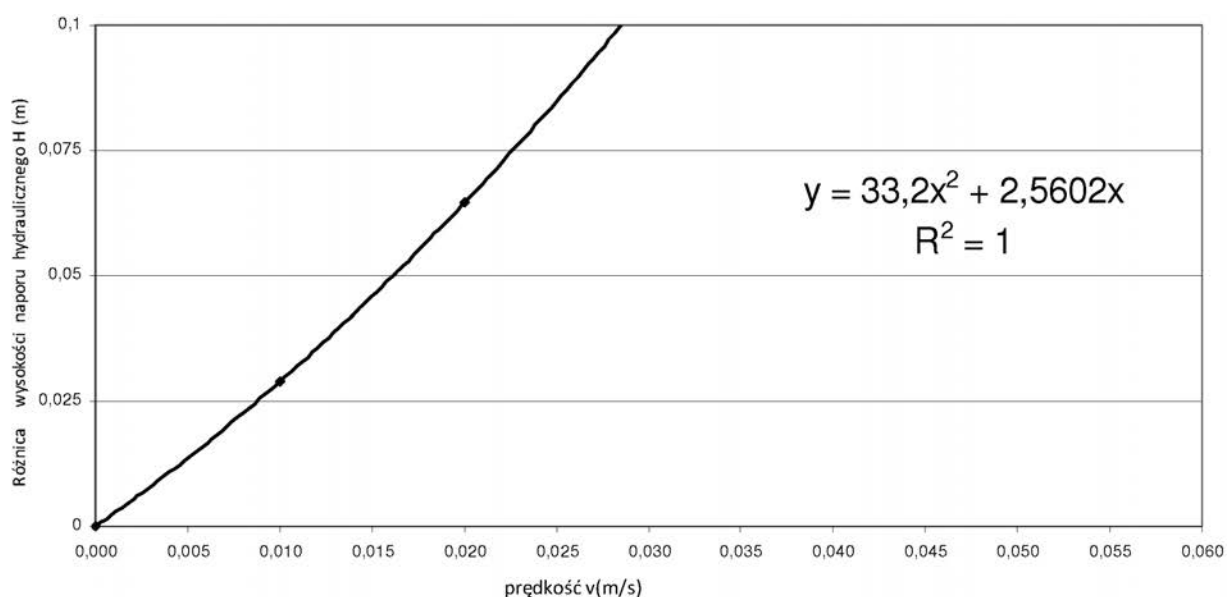
Na rys. 2 i 3 przedstawiono wykresy średniej prędkości przepływu wody wyznaczonej prostopadle do geowłókniny jednowarstwowej, w dwóch przypadkach – wzorcowej oraz wersji

po 6 miesiącach użytkowania. Zgodnie z normą PN-EN ISO 11058 prędkość przepływu wyznaczono przy różnicy wysokości naporu hydraulicznego równego 50 mm. Porównując z sobą uzyskane wyniki badań, można zaobserwować, że w przypadku geowłókniny jednowarstwowej po 6 miesiącach użytkowania prędkość przepływu wody była o 7 mm/s mniejsza niż w próbce wzorcowej. W przypadku geowłókniny dwuwarstwowej, wodoprzepuszczalność wyznaczona w kierunku prostopadłym do wyrobu bez obciążenia w geowłókninie wzorcowej wynosiła 25 mm/s i po upływie pół roku uległa zmniejszeniu do wartości 14 mm/s.

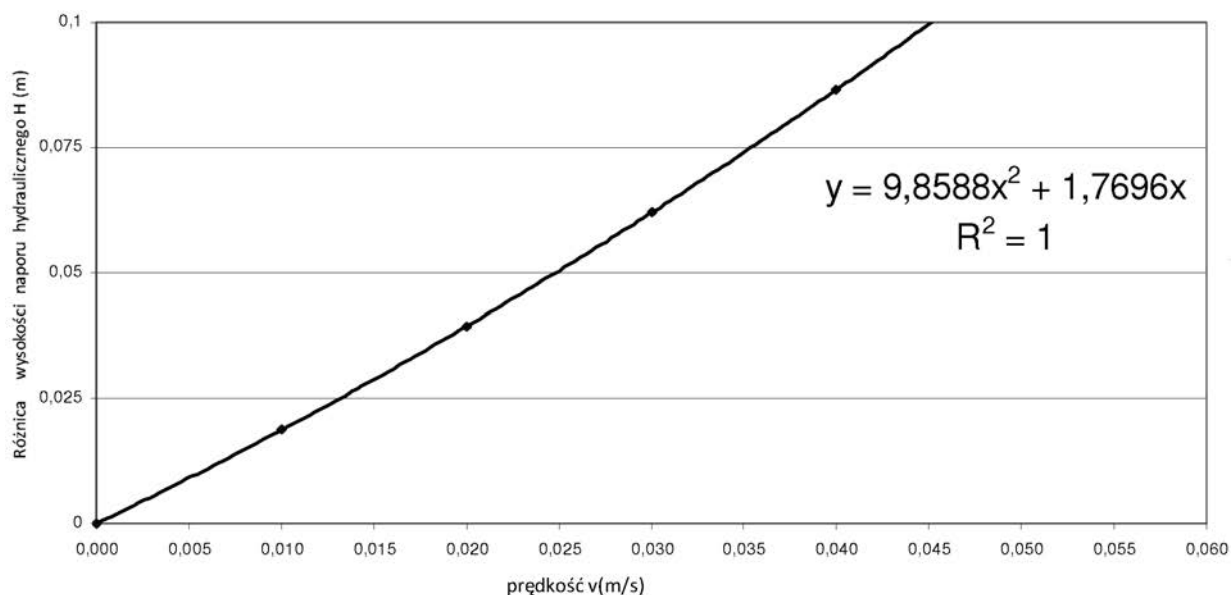
Na rys. 6 zamieszczono zdjęcie próbki geowłókniny jednowarstwowej po 6 miesiącach od zainstalowania na poletku doświadczalnym. Na materiale widoczne są liczne przerosty wyrobu przez system korzeniowy roślinności, który dodatkowo stabilizuje do gruntu materiał użyty w takcie instalowania.



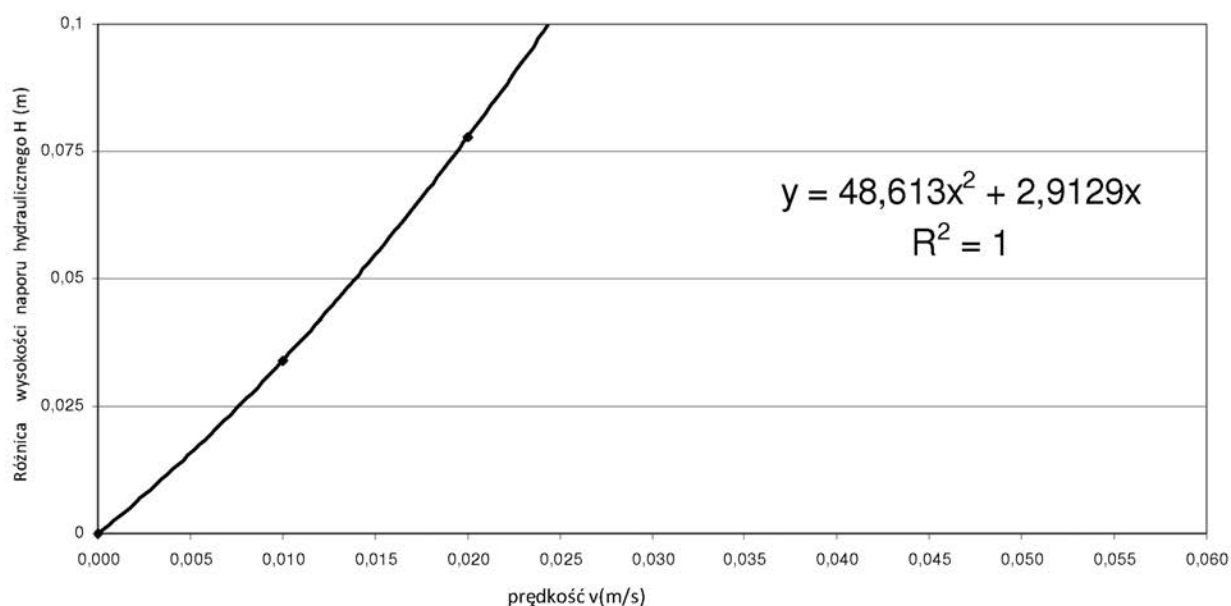
Rys. 2. Wykres zbiorczy różnicy naporu hydraulicznego w funkcji prędkości we wzorcowych geowłókninach jednowarstwowych



Rys. 3. Wykres zbiorczy różnicy naporu hydraulicznego w funkcji prędkości w geowłókninie jednowarstwowej po okresie 6 miesięcy od zainstalowania



Rys. 4. Wykres zbiorczy różnicy naporu hydraulicznego w funkcji prędkości we wzorcowych geowłókninach dwuwarstwowych



Rys. 5. Wykres zbiorczy różnicy naporu hydraulicznego w funkcji prędkości w geowłókninie dwuwarstwowej po okresie 6 miesięcy od zainstalowania



Rys. 6. Próbką geowłókniny jednowarstwowej po okresie 6 miesięcy

WNIOSKI

Geotekstylia i wyroby pokrewne, w tym szczególnie geowłókniny, stosowane w budownictwie hydrotechnicznym stanowią dynamicznie rozwijający się rynek wyrobów ściśle technicznych. Jedno- i dwuwarstwowe geowłókniny *spun-bonded*, niezależnie od struktury, spełniają dwie zasadnicze funkcje: pozwalają na swobodne przenikanie wody oraz zatrzymują grunt, co niweluje zjawisko zamulania.

Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że w przypadku obu omawianych geowłóknin *spun-bonded*, niezależnie od struktury, odnotowano po upływie 6 miesięcy od zainstalowania, ponad trzydziestoprocentowy spadek wodoprzepuszczalności wyznaczonej w kierunku prostopadłym do wyrobu bez obciążenia. Spadek wodoprzepuszczalności przy jednoczesnym wzroście masy powierzchniowej oraz grubości geowłókniny jedno-

i dwuwarstwowej dowodzi, że w strukturze wyrobu następuje zatrzymanie cząstek gruntu, co w konsekwencji prowadzi do jego zakolmatowania (zapychania).

Próbki geowłóknin zakopano w warunkach naturalnych na poletku doświadczalnym, gdzie decydujący wpływ na uzyskane wyniki badań doświadczalnych miały występujące w tym czasie warunki atmosferyczne. Celowe wydaje się przeprowadzenie podobnych badań w warunkach laboratoryjnych z wykorzystaniem aparatury pomiarowej odpowiadającej stosownym normom.

LITERATURA

1. Bolt A, Duszyńska A.: Kryteria doboru geosyntetyków jako warstw separacyjnych i filtracyjnych. Inżynieria Morska i Geotechnika, 1/1998, 1-11.
2. Duszyńska A.: Wykorzystanie badań geosyntetyków w projektowaniu warstw filtracyjnych i drenażowych. Nauka Przyroda Technologie, Wydawnictwo UP, Poznań 2010, 1-11.
3. Grzybowska-Pietras J.: Wpływ parametrów strukturalnych geowłóknin igłowanych na ich właściwości hydrauliczne. Inżynieria Morska i Geotechnika, nr 6/2012.
4. Grzybowska-Pietras Joanna, Brachaczek Wacław: Wpływ porowatości geowłóknin *spun-bonded* na właściwości hydrauliczne. Przegląd Włókienniczy: włókno, odzież, skóra, 2013, nr 8.
5. Jermolowicz P.: Geosyntetyki w budownictwie hydrotechnicznym zasady obliczeń i szczegółowe kryteria doboru. Rzeszów 2012.
6. Orzeszyna H., Pawłowski A., Garlikowski D.: Wybrane zagadnienia z zastosowania geosyntetyków w budownictwie wodno-melioracyjnym. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław 2008.
7. Wesołowski A, Krzywosz Z, Brandyk T.: Geosynthetics in building construction. Publisher: SGGW – Warszawa, 2000.
8. PN-EN ISO 11058:2002 Geotekstyli i wyroby pokrewne – Wyznaczenie wodoprzepuszczalności w kierunku prostopadłym do powierzchni wyrobu, bez obciążenia.
9. www.technologie-budowlane.com
10. www.budownictwo.gda.pl