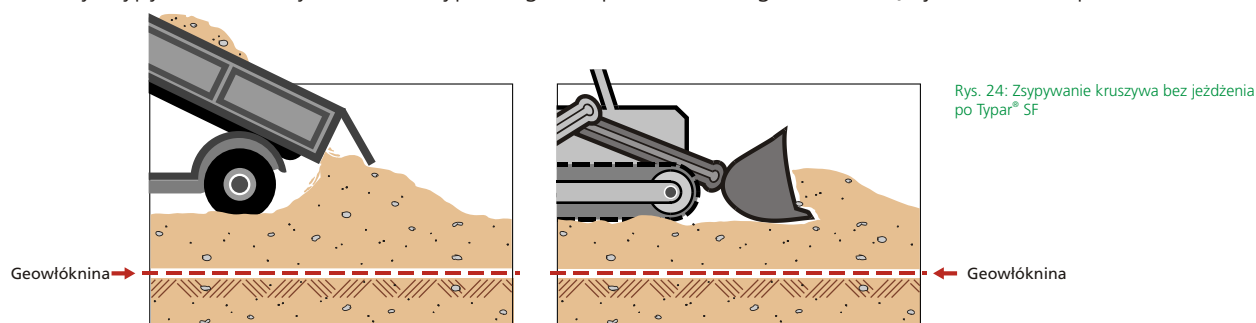


## 3.5. Wytyczne wbudowywania

Przedstawione poniżej kroki powinny być przedsięwzięte przy wbudowywaniu geowłókniny Typar® SF w konstrukcjach drogowych i podbudowach z kruszywa:

- 1) Usunąć wszelkie duże domieszki mogące przebić Typar® SF.
- 2) Typar® SF powinien być co najmniej tak szeroki, jak podłoże przygotowane do ułożenia warstw kruszywa
- 3) Używając dwóch lub więcej rolek, należy zapewnić wystarczające ich nakładanie się (zwykle minimum 30 cm)
- 4) Podczas wietrznej pogody należy przytrzymać Typar® SF w miejscu wbudowywania, przysypując geowłókninę w regularnych odstępach gruboziarnistym kruszywem.
- 5) Przy zsypywaniu kruszywa unikać sypania go bezpośrednio na geowłókninę i jeżdżenia bezpośrednio



- 6) Wyrównać i zagęścić kruszywo przed dopuszczeniem ciężkiego ruchu.
- 7) Unikać rozmiarów ziaren kruszywa większych niż 1/3 grubości jego warstwy.
- 8) Jeśli są koleiny, to wypełnić je, jak tylko przekroczą 1/3 grubości warstwy kruszywa. Zatrzyma to proces dalszego koleinowania.

## 3.6. Przykłady projektowania

### 3.6.1. Przykład 1 (zgodnie z 3.3.1)

Przedsiębiorstwo budowlane wymaga dostępu do miejsca budowy mostu w każdych warunkach atmosferycznych, w terenie z namulcem organicznym ilastym o CBR równym 2,5%. Przez okres 6 miesięcy, codziennie przejeżdżać będzie około 6 ciężarówek (3 osie). W pobliżu dostępny jest tani żwir ( $\alpha = 0,4$ ,  $D_{\max} = 100$  mm).

#### A: Początkowa grubość warstwy kruszywa $T_0$

Nośność gruntu	CBR = 2,5
Obciążenie osiowe	$P_i = 80$ kN
Rys. 17	$T_0 = 190$ mm

#### B: Korekta $T_0$ o czas użytkowania

Obciążenie osiowe	$P_i = 80$ kN
Rzeczywista ilość przejazdów	$N_i = 6$ ciężarówek/dzień
Grubość warstwy podbudowy z zagęszczonego kruszywa łamanego	$T_0 = 190$ mm

$ESAL = (P_i/P_0)^{3,95} = 1$
$N_e = S N_i * ESAL_i$
$N_e = 5 \text{ m-cy} * 30 \text{ dni/m-c} * 6 \text{ ciężarówek/dzień} * 3 \text{ osie} * 1 = 2700$
Rys. 18 $C = 1,12$
$T = C * T_0 = 1,12 * 190 = 212$ mm

C. Korekta T o wydajność kruszywa

$$T_{eff} = T / i = 212 / 0,4 = 530 \text{ mm}$$

Wybór odpowiedniego poziomu energii i rodzaju Typar® SF

CBR = 2,5%

$N_E = 2700$

Rys 21: poziom 1

Wys. zrzutu = 1 m

$D_{max} = 100\text{mm}$

Rys 22: poziom 1

Rys. 23: dotyczy tylko kruszywa łamanego  
Tab. 7: grunt spoisty  $O_{max} \leq 0,200 \text{ mm}$

SF 37

Wbudowanie: postępowanie wg wytycznych z rozdziału 3.5

Ułożyć dwie warstwy żwiru, każda o grubości 330 mm i zagęścić do 265 mm

3.6.2. Przykład 2 (zgodnie z 3.3.3)

Przedsiębiorstwo transportowe będzie budować terminal i parking z przewidywanym okresem eksploatacji do 15 lat. Dziennie wykorzystywać je będzie 20 ciężarówek, z czego 8 będzie jechać w jedną stronę pustych. Ciężarówki są czteroosiowe. Miejsce budowy znajduje się w obniżeniu i na nierównej powierzchni. Badania terenowe wykazały CBR równy 1%. Droga dojazdowa i parking będą pokryte betonem asfaltowym o grubości 70 mm (=T<sub>hotmix</sub>). Jako podbudowa drogi dojazdowej zastosowana będzie pospółka ( $i = 0,5$ ), przykryta następnie naturalnym kruszywem dobrej jakości ( $i = 0,8$ ,  $D_{max} = 100 \text{ mm}$ ). Początkowo przedsiębiorstwo przygotowało dookoła budowanego terminala plac budowy o wzmocnionej powierzchni. Ta konstrukcja tymczasowa docelowo będzie włączona do końcowej utwardzonej konstrukcji nawierzchni w celu zaoszczędzenia czasu i pieniędzy. Postępowanie zgodne ze schematem projektowania na Rys. 20:

Konstrukcja utwardzona

Nieutwardzona droga dojazdowa

A: Początkowa grubość warstwy kruszywa T'<sub>0</sub>

A: Początkowa grubość warstwy kruszywa T<sub>0</sub>

Nośność gruntu

CBR = 1%

Nośność gruntu

CBR = 1%

Obciążenie osiowe

$P_i = 80 \text{ kN}$

Obciążenie osiowe

$P_i = 80 \text{ kN}$

Rys. 19

$T'_0 = 420 \text{ mm}$

Rys. 17

$T_0 = 280 \text{ mm}$

B. Korekta T'<sub>0</sub> o czas użytkowania

B: Korekta T<sub>0</sub> o czas użytkowania

Obciążenie osiowe

$P_{pelne} = 80 \text{ kN}$   
 $P_{puste} = 30 \text{ kN}$

Obciążenie osiowe

$P_i$

Rzeczywista ilość przejazdów

$N'_i$

Rzeczywista ilość przejazdów

$N_i$

Grubość warstwy zagęszczonego kruszywa z kamienia łamanego

$T'_0$

Grubość warstwy zagęszczonego kruszywa z kamienia łamanego

$T_0$

$$ESAL_{pelne} = (P/P_0)^{3,95} = 1$$

$$ESAL_{pelne} = (30/80)^{3,95} = 0,021$$

$$ESAL_{oszacowanie konstrukcyjne} = 3000$$

$$N'_{pelne} = 32 * 6 * 52 * 15 * 4 \text{ osie} = 599040$$

$$N'_{puste} = 8 * 6 * 52 * 15 * 4 \text{ osie} = 149760$$

$$N'_E = 599040 * 1 + 149760 * 0,021 = 602185$$

$$N_E \text{ oszacowanie konstrukcyjne} = 3000$$

Rys. 18

$C = 1,75$

Rys. 18

$C = 1,13$

$$T' = C * T'_0 = 1,75 * 420 \approx 740\text{mm}$$

$$T = C * T_0 = 1,13 * 280 \approx 320\text{mm}$$

$$= 1$$

C. Korekta T' o wydajność kruszywa	C. Korekta T o wydajność kruszywa
$T'_{\text{eff}} = T_{\text{eff}} + T_i / i$	$T_{\text{eff}} = T / i$
$T_{\text{eff}}$ - efektywna minimalna grubość dla ruchu dojazdowego w trakcie budowy	

Z całkowitej grubości  $T' = 740$  mm, 320 mm ( $i = 1$ ) zostało użyte dla ruchu dojazdowego. 70 mm warstwy ścieralnej nawierzchni jest równoważne 140 mm materiału o wydajności  $i = 1$ . Pozostałe 280 mm ( $T_{\text{rem}}$ ) może zostać zastąpione przez 350 mm ( $= 280/0,8$ ) naturalnego kamiennego kruszywa. W rezultacie efektywna minimalna grubość wyniesie

$T'_{\text{eff}} = T_{\text{eff}} + T_{\text{hotmix}} / i_{\text{hotmix}} + T_{\text{rem}} / i_{\text{rem}}$ $T_{\text{rem}} = T' - T - T_{\text{hotmix}} (i = 1) = 740 - 320 - 140 = 280 \text{ mm}$ $T'_{\text{eff}} = 640 + 140/2 + 280/0,8 = 1060 \text{ mm}$	$T_{\text{eff}} = 320/0,5 = 640 \text{ mm}$
---	---

Wybór geowłókniny Typar® SF o odpowiednim poziomie energii

CBR = 1,0%

$N'_E = 602185$

Rys. 21: poziom 2

Wysokość zrzutu = 1 m

$D_{\text{max}} = 100$  mm

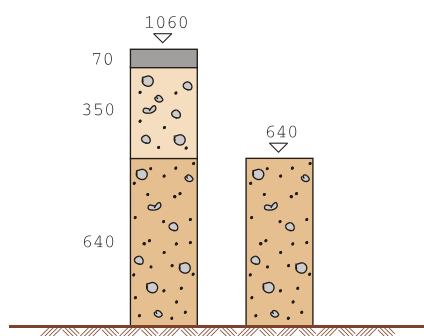
Rys. 22: poziom 1

Rys.23: odnosi się tylko do kruszywa łamanego

SF 49

Wbudowanie

- Postępować wg wytycznych wbudowywania (rozdział 3.5)
- Ułożyć 640 mm kamiennego kruszywa okrągłego dla ruchu dojazdowego
- Ułożyć 350 mm kamiennego kruszywa okrągłego i 70 mm warstwy ścieralnej z betonu asfaltowego.



### 3.6.3. Przykład 3

Przedsiębiorca budowlany pragnie przedstawić do zatwierdzenia zmieniony projekt budowy drogi pokazujący możliwe oszczędności dzięki użyciu geowłókniny. Oryginalny projekt przedstawia się następująco:

Konstrukcja drogi:

1. nawierzchniowa warstwa ścieralna-----	$\alpha = 2$ -----	50mm -----	
2. warstwa wiążąca-----	$\alpha = 2$ -----	60mm -----	
3. podbudowa stabilizowana bitumicznie--	$\alpha = 1.5$ ----	140mm -----	
4. drobny tłuczeń CBR>30%-----	$\alpha = 1$ -----	150mm -----	
5. mieszanina piasku i żwiru CBR>15%-----	$\alpha = 0.5$ -----	300mm -----	
Całkowita projektowana grubość $T_{design}$		$\alpha_i$	700mm

Pierwotne rozwiązanie projektowe.

Projekt ten oparty jest na następujących założeniach odnośnie ruchu kołowego:

Ruch: obciążenie osiowe 8 ton lub 80 kN  
10 lat użytkowania  
łącznie  $15 \cdot 10^6$  obciążeń osiowych / okres użytkowania drogi

Nośność: istniejąca podbudowa CBR 1- 5%

Jako że CBR istniejącej podbudowy jest zmienne, nowa konstrukcja drogi jest obliczana wariantowo dla CBR = 1%, 3% i 5%. Ponadto warstwy 1,2,3 pozostaną niezmienione zachowując aktualną projektowaną grubość  $T'_{eff1-3} = 250\text{mm}$  i odpowiadającą jej grubość ekwiwalentną  $T_{1-3, \alpha=1} = (T_1+T_2) \cdot \alpha_{1,2} + T_3 \cdot \alpha_3 = 430\text{mm}$ , używając współczynników wydajności kruszywa  $\alpha_{1,2} = 2$  i  $\alpha_3 = 1,5$ . Ekwiwalentna grubość dla warstwy 4 wynosi  $150/(\alpha = 1) = 150\text{mm}$ , dla warstwy 5 równa jest  $300/(\alpha = 0,5) = 600\text{mm}$ . Wszystkie następujące porównania opierają się na współczynniku wydajności kruszywa  $\alpha = 1$ . Równoważna konstrukcja drogi jest przedstawiona poniżej:

1. nawierzchniowa warstwa ścieralna-----	100mm -----		
2. warstwa wiążąca-----	120mm -----		
3. podbudowa stabilizowana bitumicznie---	210mm -----		
4. drobny tłuczeń CBR>30%-----	150mm -----		
5. pospółka CBR>15%-----	150mm -----		
Całkowita równoważna grubość		$\alpha = 1$	730mm

równoważne rozwiązanie projektowe

#### A: Początkowa grubość warstwy kruszywa $T_0$

Nośność gruntu CBR = wg tablicy poniżej  
Obciążenie osiowe  $P_1 = 80 \text{ kN}$   
Rys. 17  $T_0 =$  wg tablicy poniżej

CBR	1%	3%	5%
$T_0$ '(grubość warstwy) (Rys. 8) mm	420	300	250

B. Korekta  $T_0$  o czas użytkowania

Obciążenie osiowe  
Rzeczywista ilość przejazdów  
Grubość warstwy zagęszczonego kruszywa łamanego

$P_i = 80 \text{ kN}$   
 $N'_e = 15 \times 10^6$  obciążeń osiowych  
 $T'_0 = \text{wg tablicy powyżej}$

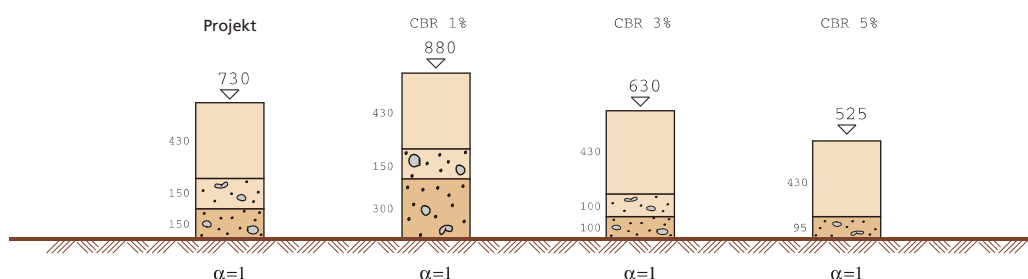
CBR	1%	3%	5%
C (korekta o czas użytkowania)	2,1	2,1	2,1
$T = T'_0 * C$ (min =1) [mm]	880	630	525

## C. Korekta T o wydajność kruszywa

CBR	1%	3%	5%
$T_{\text{remain}} (=T - T_{1-3,a=1})$ [mm]	450	200	95

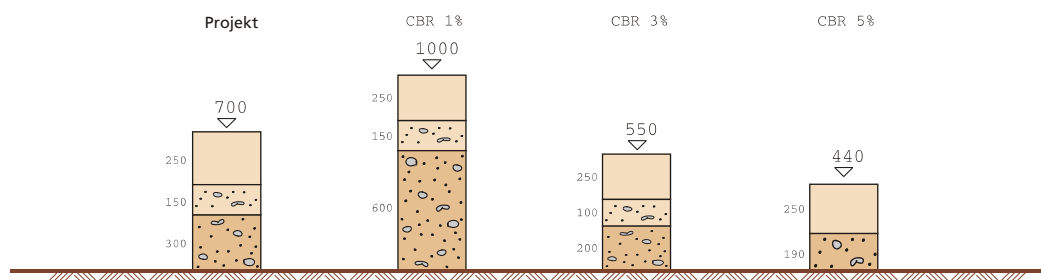
Pozostała grubość  $T_{\text{remain}}$  może zostać podzielona pomiędzy dwa dostępne materiały w następujący sposób:

$T_4$ (standardowe kruszywo) [mm]	150	100	-
$T_5$ (pospółka) [mm]	300	100	95
Redukcja (=T- 730 mm) [mm]	+150	-100	-205



Prowadzi to do zmniejszenia efektywnej grubości dla CBR = 3% i 5% oraz do jej zwiększenia dla CBR = 1%.

CBR	1%	3%	5%
$T_4$ (standardowe kruszywo) [mm]	150	100	-
$T_5$ (pospółka) [mm]	600	200	190
efekt. redukcja (=T <sub>design</sub> -T <sub>eff</sub> ) [mm]	+150	-100	-205



### Bibliografia

<sup>I</sup> Robnett, Q.L. and Lai, J.S., Fabric Reinforced Aggregate Roads – An Overview., 61st Annual Meeting of TRB in Washington, January, 1982

Lavin, J.G., Murray, C.D., Murch, L.E., Robnett, Q.L. and Lai, J.S., Prospects of spunbonded Fabrics in Civil Engineering, Proceedings of Nonwoven Fabrics Conference, University of Manchester, Institute of Science & Technology, June, 1980

Robnett, Q.L., Lai, J.S., et al. Use of Geotextiles in Road Construction: Laboratory Study, Proceedings of First Canadian Symposium in Geotextiles, Calgary, Alberta, Canada

Robnett, Q.L., Lai, J.S., et al. Use of Geotextiles in Road Construction, Proceedings, Third Conference – Road Engineering Association of Asia and Australia, Taipei, April, 1981

Robnett, Q.L., Lai, J.S., et al. Use of Geotextiles to Extend Aggregate Resources, ASTM Symposium on Extending Aggregate Resources, December 1980

Giroud, J.P., Noiray, L., Geotextile Reinforced Unpaved Road Design, Journal of the Geotechnical Division, ASCE, Volume 107, GT9, September, 1981

<sup>II</sup> SINTEF Report, Non-woven Geotextiles in Road Constructions, 1996

<sup>III</sup> Hammit II.G.M., "Thickness Requirements for unsurfaced Roads and Airfields Bare Base Support". Technical report s. 70 – 5, July 1970. US Army Engineer Waterway Experiment Station, Vicksburg M.S.

# SYSTEMY DRENAŻOWE

4.1.	Wstęp	28
4.2.	Funkcje	28
4.3.	Właściwości geowłóknin	28
4.4.	Projektowanie systemów drenażowych	29
	4.4.1.Kryterium retencji gruntu	29
	4.4.2.Kryterium wodoprzepuszczalności	31
	4.4.3.Grunty specjalne	32
	4.4.4.Komentarze i dodatkowe kryteria wyboru	32
4.5.	Typowe systemy drenażowe	33
	4.5.1.Dreny francuskie	33
	4.5.2.Drogowy drenaż podłużny	33
	4.5.3.Drenaż systematyczny	34
	4.5.4.Drenaż warstwowy	34
	4.5.5.Kompozyty drenażowe	35
4.6.	Wytyczne instalacji	36
	4.6.1.Rowy odwadniające	36
	4.6.2.Dreny warstwowe	36
	4.6.3.Dreny pionowe z TYPAR® SF	37

## 4. SYSTEMY DRENAŻOWE

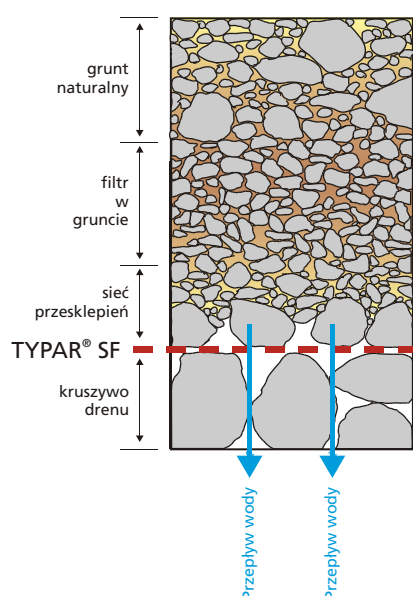
### 4.1. Wstęp

Ten rozdział zawiera wytyczne do stosowania geowłókniny Typar® SF jako medium filtracyjnego, oraz omawia podstawy projektowania i konstrukcje kilku typowych systemów drenażowych. Procedura projektowa z wykorzystaniem Typar® SF jest wynikiem wiedzy uzyskanej z wielu laboratoriów i badań polowych oraz doświadczenia zdobytego podczas tysięcy instalacji zrealizowanych na całym świecie.

### 4.2. Funkcje

W zastosowaniach odwodnieniowych (kontrolowane odprowadzenie wody) typową praktyką stało się zastępowanie konwencjonalnego filtra ziarnistego przez filtr z geowłókniny. Filtr taki spełnia tę samą funkcję: zapobiega zamulaniu się drenu, ale z przewagą łatwej instalacji oraz kontrolowanej jakości filtra, niezależnie od tego, jak trudne są warunki pracy drenażu. Użycie geowłóknin prowadzi do znacznych oszczędności w kosztach budowy, dzięki krótszemu czasowi instalacji, zredukowanej objętości wykopów i mniejszemu zużyciu materiałów.

Rys. 6': Naturalny filtr gruntowy towarzyszący geowłókninie



Właściwości geowłóknin są w znacznej mierze zależne od ich struktury. Geowłókniny tkane mają zwykle znikomy procent otwartych przestrzeni. Pory te są łatwo blokowane przez cząstki gruntu, gdyż skończona liczba porów ma identyczną średnicę. W grubych geowłókninach droga filtracji jest długa i wążykowata, toteż małe cząstki gruntu mogą z łatwością utknąć w wąskich kanalikach. To częściowe zamulenie i podatność grubych geowłóknin na ściskanie mogą spowodować znaczne ograniczenie wodoprzepuszczalności. TYPAR® SF ma natomiast doskonałą zdolność zatrzymywania cząstek gruntu oraz znakomitą wodoprzepuszczalność. Ta zdolność zatrzymywania cząstek gruntu jest efektem szerokiego zakresu rozmiarów porów i ich kształtów. Drobne cząstki gruntu raczej nigdy nie utkną w Typar® SF dzięki jego niewielkiej grubości oraz wstępnie skompresowanej strukturze, która jest również przyczyną niezależności jego właściwości hydraulicznych od sił ściskających.

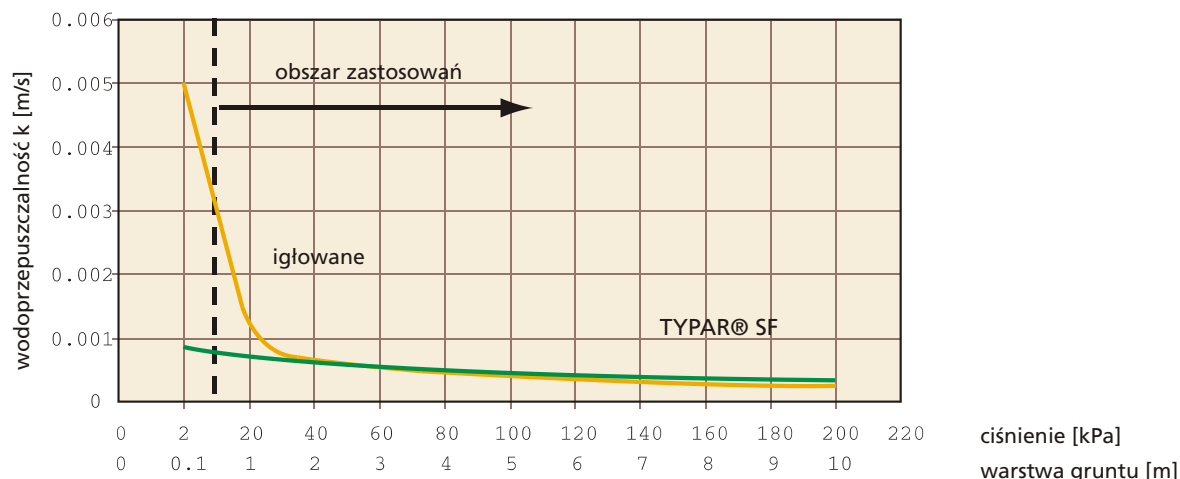
Geowłóknina, aby móc właściwie spełniać swoje funkcje filtracyjne, musi również sprostać naprężeniom podczas instalacji. Dzięki wysokiemu modułowi początkowemu oraz dużemu wydłużeniu TYPAR® SF ma duży potencjał absorpcji energii, co sprawia że jest bardzo odporny na uszkodzenia podczas instalacji oraz zapewnia stabilność wymiarów porów i wodoprzepuszczalności. A jak działa TYPAR® SF? Właściwie TYPAR® SF po wbudowaniu sprzyja tworzeniu się naturalnego filtra gruntowego w sąsiedztwie geowłókniny. Powstająca sieć przesklepień rozwinie się tylko wtedy, gdy geowłóknina ma odpowiedni rozkład wielkości porów. Kolejne wskazówki pomogą Państwu w wyborze odpowiedniego filtra.

### 4.3. Właściwości geowłóknin

Na całym świecie prowadzone były na szeroką skalę badania w celu określenia wydajności filtracyjnej geowłóknin, poprzez przyporządkowanie uziarnienia drenowanego gruntu i warunków hydraulicznych do rozkładu wielkości porów oraz wodoprzepuszczalności geowłókniny. Najważniejsze cechy filtra z geowłókniny to parametry: charakterystyczny rozmiar porów  $O_{90}$  oraz wodoprzepuszczalność  $k$ . Parametr  $O_{90}$  odpowiada umownej średnicy  $d_{90}$  gruntu przechodzącego przez produkt. Charakterystyka rozkładu wielkości porów jest uzyskiwana przez zastosowanie jednej z technik przesiewania. Na podstawie wyników tych badań można stworzyć krzywą rozkładu wielkości porów dla geowłókniny. Z takiej krzywej można odczytać wielkość parametru  $O_{90}$ .



Współczynnik filtracji  $k$  [m/s] opisuje przepływ wody prostopadle do płaszczyzny geowłókniny. Struktura geowłókniny mocno wpływa na jej wodoprzepuszczalność pod naciskiem. Aby ocenić przydatność różnych produktów o różnych strukturach, najlepiej porównać przepuszczalność pod naciskiem. Poniższy Rys. 25 pokazuje jak przepuszczalność ściśliwej, grubej nietkanej geowłókniny zmienia się pod naciskiem, w porównaniu z wstępnie skompresowaną geowłókniną TYPAR® SF.



Rys. 25. Przepuszczalność pod naciskiem - porównanie geowłóknin igłowanych z TYPAR® SF

Innym sposobem opisu przepuszczalności geowłókniny jest określenie jej przewodności hydraulicznej lub natężenia przepływu przy określonym poziomie naprężeń normalnych i danej różnicy ciśnień słupa wody [(l/m<sup>2</sup>·s)]. Co najważniejsze, przepuszczalność geowłókniny powinna być wyższa niż gruntu, aby nie zmniejszać natężenia

## 4.4. Projektowanie systemów drenażowych.

Wybór filtra jest procesem stosunkowo złożonym, w którym trzeba uwzględnić następujące czynniki determinujące współdziałanie gruntu i filtra:

- Właściwości geowłóknin: rozkład wielkości porów ( $O_{90}$ ), wodoprzepuszczalność, ściśliwość i strukturę
- Warunki gruntowe: uziarnienie, wskaźnik różnoziarnistości, zagęszczenie, plastyczność i spójność
- Warunki hydrauliczne: przepływ jednokierunkowy lub odwracalny, gradient oraz wytrącanie chemiczne
- Warunki wbudowywania: uszkodzenia mechaniczne oraz wilgotność gruntu podczas robót.

Dwa główne czynniki, które powinny być uwzględnione podczas projektowania zastosowań filtracyjnych, to retencja gruntu oraz wodoprzepuszczalność.

### 4.4.1. Kryterium retencji gruntu

Wybór rozpoczyna się od ustalenia uziarnienia odwadnianego gruntu. Można określić granice maksymalnych wymiarów porów  $O_{90}$ . Ogólnym kryterium w typowych warunkach (przepływ ustalony, niski gradient) jest:

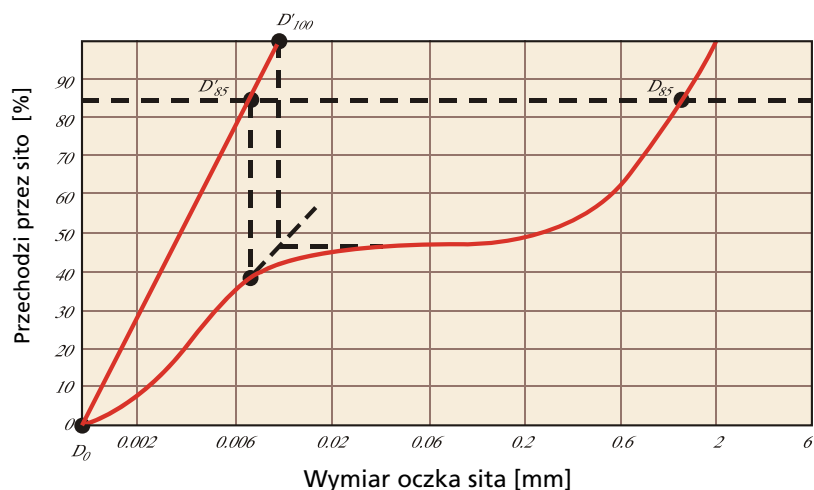
$$O_{90} < 2 * D_{85}$$

Dla zastosowań, w których ograniczenie możliwości wystąpienia erozji wewnętrznej (przebiecia hydraulicznego) jest czynnikiem decydującym, należy zastosować następujące kryteria:

	grunty spoiste $D_{85} < 0,06$ i $D_{10} < 0,002$	grunty niespoiste, drobnoziarniste $D_{40} < 0,06$	grunty gruboziarniste $D_{40} > 0,06$
ustalony przepływ	$O_{90} < 0,2$	$O_{90} < 6 * D_{60}$	$O_{90} < 5 * D_{10}$ $C_u$ <sup>27</sup>
dynamiczny przepływ	wymagany test laboratoryjny <sup>28</sup>		$O_{90} < 1,5 * D_{10}$ $C_u$ $O_{90} < D_{60}$

Tab. 8 Kryteria doboru filtra dla różnych gruntów i warunków przepływu.

W przypadku gruntów o nieciągłym uziarnieniu, jak to pokazano na wykresie (Rys.26), powinniśmy użyć  $D'_{85}$  ( $D_{85}$  dla drobniejszych frakcji gruntu) zamiast  $D_{85}$ . Aby określić  $D'_{85}$  trzeba przedłużyć nachylenie krzywej uziarnienia w części dla frakcji drobnych, do przecięcia z poziomą częścią wykresu. Na przecięciu otrzymamy  $D'_{100}$  dla drobnych frakcji gruntu. Łącząc  $D'_{100}$  i  $D_0$  otrzymamy  $D'_{85}$ .



Rys. 26. Grunty o nieciągłym uziarnieniu

<sup>27</sup>  $C_u = D_{60}/D_{10}$

<sup>28</sup> Kryteria można skonsultować z Centrum Technicznym Geosyntetyków Du Pont