

DuPont™ **Typar® SF**

Geosyntetyki



Żądaj więcej
ENERGII

- ▶ Wysoka absorpcja energii
- ▶ Wysoki moduł początkowy
- ▶ Duże wydłużenie (>50%)
- ▶ Długotrwała filtracja
- ▶ Znakomita jednorodność



The miracles of science™

Niniejsze informacje odpowiadają aktualnemu stanowi wiedzy i służą zachęceniu potencjalnych użytkowników do przeprowadzania we własnym zakresie realizacji z oferowanym materiałem.

W miarę rozwoju produktu oraz zdobywania nowych doświadczeń informacje te są na bieżąco aktualizowane . Firma DuPont nie udziela gwarancji , poręczenia i nie przyjmuje innego rodzaju odpowiedzialności za wyniki przeprowadzonych w oparciu o uzyskane tutaj informacje zastosowań. Niniejsza publikacja nie oznacza udzielenia licencji oraz nie ma na celu naruszenia istniejących ewentualnych zastrzeżonych urzędowo praw osób trzecich

DuPont™ Typar® SF

Geowłóknina

PODRĘCZNIK TECHNICZNY

WPROWADZENIE DO TYPAR®

1.1. Wprowadzenie	3
1.2. Jakość DuPont	3
1.3. Co to jest Typar® SF?	3
1.4. Produkcja włókna Typar®	4
1.5. Typowe charakterystyki	5



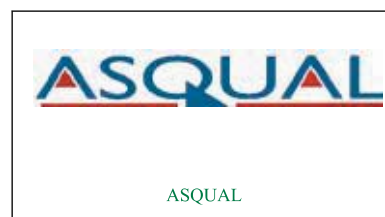
**Konsultacje wydania polskiego:
dr inż. Mieczysław M. Kania**

1.1. Wprowadzenie

Celem tego podręcznika jest przekazanie podstawowych wiadomości na temat geowłóknin, ich zastosowań oraz właściwości wymaganych dla różnych aplikacji. Zawiera on informacje dotyczące projektowania, wyboru i wykorzystania geowłóknin w budownictwie lądowym i wodnym, takim jak np. tworzenie warstw podbudowy z kruszywa, czy systemów odwodnieniowych i zabezpieczenia przed erozją. Podano również opis metod badań właściwości geowłóknin i ich dane techniczne. Szczegóły dotyczące pełnej gamy geosyntetycznych produktów Typar® firmy DuPont można znaleźć w naszej broszurze Typar® SF i Typar® HR oraz na stronie internetowej www.typargeo.com. Dodatkowe porady i pomoc techniczną można uzyskać w centrum technicznym działu geosyntetyków DuPont.

1.2. Jakość DuPont

Od prawie dwóch wieków DuPont przewodzi przemysłowi dzięki takim materiałom jak Nylon, Kevlar®, Tyvek® i Teflon®. Doskonałość techniczna i standard jakości, które nie mają sobie równych: to tylko dwa z powodów, dzięki którym DuPont Typar® Geosyntetyki zapewnia długoterminową niezawodność zastosowań w budownictwie lądowym. Wynaleziona 30 lat temu i produkowana w zakładach DuPont w Luksemburgu, geowłóknina Typar® SF dowiodła swej wysokiej jakości i sprawdziła się w wieloletnim działaniu. Ze sprzedażą ponad 1 miliarda m² na całym świecie, geowłókniny Typar® były używane przy budowie dróg, torowisk kolejowych i innych powierzchniowych obiektów budowlanych, równoważnych sześciopasmowej autostradzie o szerokości 23 m, poprowadzonej wokół globu. Geowłóknina Typar® jest produkowana zgodnie ze standardami ISO 9001. Surowe wymagania jakościowe DuPont zapewniają, że tylko wysokiej jakości produkty są dopuszczane do sprzedaży. Systemowe zintegrowanie produkcji i badań laboratoryjnych gwarantują, że warunki procesu wytwórczego i wyniki badań laboratoryjnych każdej rolki geowłókniny są możliwe do prześledzenia. System ochrony środowiska firmy DuPont jest zgodny z wymogami standardów EMAS (Eko-Management and Audit Scheme) jak również z konwencją ISO 14001. Ponadto geowłóknina Typar podlega wielu różnym systemom certyfikatów, takim jak: francuski ASQUAL i niemiecki audit zewnętrzny „Fremdüberwachung DIN 18200”.



1.3. Co to jest Typar® SF?

Typar® SF jest to cienka, nietkana, łączona termicznie i wodoprzepuszczalna geowłóknina wykonana w 100% z ciągłych włókien polipropylenowych. W celu osiągnięcia najwyższej jakości jest tak zaprojektowana, że łączy w sobie następujące cechy: duży moduł początkowy (sztywność), dużą rozciągliwość (zwykle >50%) i znakomitą jednorodność. Dzięki temu jest odporna na uszkodzenia i posiada rewelacyjne właściwości filtrujące. Typar® SF jest materiałem izotropowym, co oznacza, że jego właściwości fizyczne są jednakowe we wszystkich kierunkach. Jest to celowe dostosowanie do stanów naprężeń i odkształceń występujących w typowych aplikacjach. Również fakt, że geowłóknina Typar SF jest wykonana w 100% z polipropylenu, sprawia, że jest ona odporna na butwienie, zawilgocenie i działanie związków chemicznych, a w szczególności zasad.³

¹ DQS Deutsche Gesellschaft zur Zertifizierung von Managementsystemen mbH

² BVQI Bureau Veritas Quality International

³ szczegółowe dane dotyczące odporności na związki chemiczne znajdują się w rozdziale 7.7

1.4. Produkcja włókna Du Pont Typar®

W procesie ekstruzji powstają tysiące bardzo cienkich, ciągłych włókien, które przechodzą opatentowany przez DuPont etap „wstępnego wyprężania”. Te cienkie, ale wytrzymałe włókna są następnie układane (Rys. 1) tworząc jednorodną powierzchnię włóknistej pajęczyny, która następnie jest termicznie i mechanicznie zespajana



Rys. 1: Układanie włókien

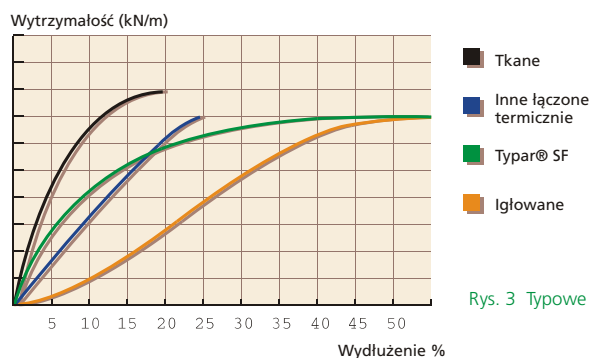


Rys. 2: Typar® - obraz pod mikroskopem

Odpowiednie zmiany warunków procesu technologicznego pozwalają na wytwarzanie szerokiej gamy nietkanych, wysoko wytrzymałych struktur Typar® o zróżnicowanych właściwościach. Ta opatentowana przez DuPont technologia jest jedną z głównych przyczyn, dzięki którym Typar® SF posiada wyjątkowe właściwości w porównaniu z innymi geowłókninami.

1.5. Typowe charakterystyki

Poniższy Rys. 3 przedstawia typowe zależności „naprężenie-odkształcenie” kilku geowłóknin o podobnej gęstości. Typar® SF posiada wysoką wytrzymałość na rozciąganie, dużą zdolność wydłużania, jak również wysoki moduł początkowy, co stanowi idealne połączenie właściwości koniecznych podczas stosowania geosyntetyków.



Rys. 3 Typowe krzywe „naprężenie-odkształcenie”

	Typar® SF	Tkane	Iglowane włókna cięte	Iglowane ciągłe	Inne łączone termicznie
Energia	wysoka	niska	średnia	średnia	bardzo niska
Wytrzymałość na rozciąganie	wysoka	bardzo wysoka	średnia	wysoka	wysoka
Moduł początkowy	wysoki	wysoki	bardzo niski	niski	wysoki
Zdolność do wydłużenia	wysoka	niska	wysoka	wysoka	niska

Tab. 1 Własności krzywych „naprężenie-odkształcenie” dla kilku typów geowłóknin.

FUNKCJE I WYMAGANIA

2.1. Wprowadzenie	6
2.2. Separacja	6
2.3. Stabilizacja i wzmocnienie	7
2.3.1. Ograniczenie swobody ruchu	7
2.3.2. Mechanizm membranowy	7
2.3.3. Wzmocnienie miejscowe	7
2.4. Filtracja	8
2.5. Drenaż	9
2.6. Ochrona	9
2.7. Odporność na uszkodzenia podczas wbudowywania	9
Absorpcja energii	10

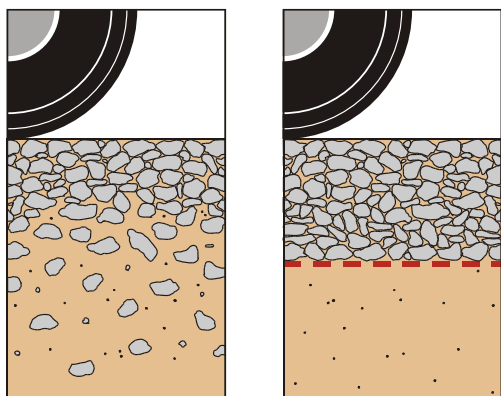
2. FUNKCJE I WYMAGANIA

2.1. Wprowadzenie

W zależności od zastosowania, główne zadanie geowłókniny zmienia się od separacji poprzez filtrowanie, wzmocnienie, ochronę aż do stabilizacji. Wielokrotnie wymagane jest połączenie kilku z tych funkcji. Zwykle dodatkowym wymogiem jest odporność na uszkodzenia podczas wbudowywania. Celem tego rozdziału jest wyjaśnienie podstawowych aspektów technicznych tych funkcji i wymagań w odniesieniu do geowłókniny, oraz mechanizmów towarzyszących każdej funkcji. Powinno to pomóc w prawidłowym doborze geowłókniny odpowiednio do realizowanego zadania. Nie jest to łatwe, gdyż oddziaływania między wieloma powiązаныmi czynnikami, takimi jak właściwości mechaniczne i hydrauliczne, zamulanie (kolmatacja), struktura, czas i degradacja itd., są dość skomplikowane.

2.2. Separacja

Separacja jest definiowana jako: „ Zapobieganie wzajemnemu mieszaniu się sąsiednich, różnych od siebie gruntów i/lub materiałów wypełniających, dzięki użyciu geowłóknin lub produktów pokrewnych”⁴. Głównym obszarem zastosowań geowłókniny jako separatora jest budowa dróg i torowisk dróg szynowych. Użycie geowłókniny zachowuje i polepsza integralność oraz funkcje różnych materiałów. Po ułożeniu podbudowy z kruszywa na miękkim gruncie, w wyniku pionowego obciążenia zachodzą dwa zjawiska:



Rys. 4: Lewy: Bez geowłókniny utrata kruszywa poprzez wnikanie w miękkie podłoże. Prawy: Z geowłókniną brak utraty kruszywa, lepsze zagęszczenie.

1. Przede wszystkim geowłóknina zapobiega wnikaniu ziaren kruszywa w miękką warstwę podłoża (Rys. 4). W bardzo dobry sposób ilustruje to pewne inżynierskie powiedzenie: „10 kg kamieni położone na 10 kg błota daje 20 kg błota”. Geowłóknina rozgranicza podbudowę z kruszywa i słaby grunt, a tym samym umożliwia osiągnięcie wyższego stopnia zagęszczenia oraz większej nośności podbudowy.

2. Ponadto geowłóknina zapobiega zanieczyszczaniu podbudowy z kruszywa cząsteczkami gruntu podłoża, co eliminuje redukcję nośności. Migrowanie drobnych cząsteczek gruntu w głąb czystej warstwy kruszywa zachodzi w szczególności przy obciążeniach dynamicznych i jest znane jako „efekt pompujący”. Te cząsteczki działają jak smar pomiędzy większymi ziarnami kruszywa i w ten sposób znacznie redukują wytrzymałość całej warstwy.

Nie zanieczyszczone kruszywo efektywniej spełnia także swoją rolę drenującą, jak również zachowuje większą odporność na przemarzanie.

Geowłóknina w ramach swojej funkcji separacyjnej zapewnia:

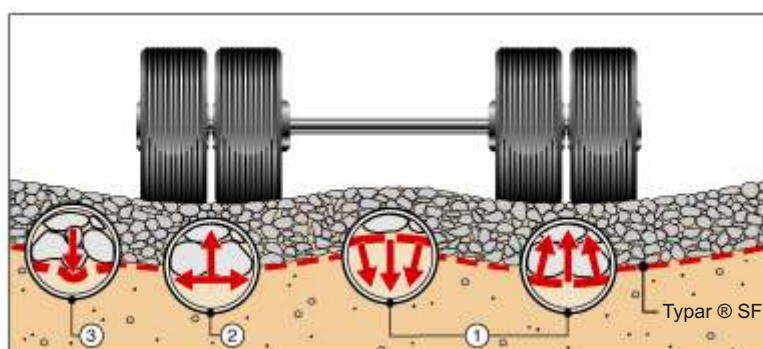
- Zapobieganie redukcji nośności, spowodowanej mieszaniem się warstwy drobnoziarnistego podłoża z warstwą gruboziarnistego kruszywa.
- Zwiększenie nośności dzięki uniemożliwieniu przenikania ziaren kruszywa w głąb słabego gruntu i podniesieniu stopnia zagęszczenia.
- Redukowanie niszczenia drogi w wyniku jej przemarzania (ograniczenie zjawisk wysadzinowych).
- Uniknięcie konieczności usuwania słabej warstwy gruntu.
- Utrzymanie pełnych zdolności drenujących warstwy podbudowy z kruszywa.
- Zapobieganie migracji drobnych cząstek gruntu, szczególnie przy obciążeniach dynamicznych.

⁴ EN ISO 10318

2.3. Stabilizacja i wzmocnienie

W wielu przypadkach geowłóknina spełnia funkcję stabilizującą i wzmacniającą.⁵ Funkcja stabilizująca geowłókniny polega na zapewnieniu gruntem wytrzymałości na rozciąganie, której grunty praktycznie nie mają. Istnieją trzy odrębne mechanizmy działania geowłókniny, które stabilizują podbudowę z kruszywa i zwiększają jej odporność na długotrwałe deformacje pod wpływem powtarzających się obciążeń (jak pokazano na Rys. 5 poniżej):

- ① Ograniczenie swobody ruchu
- ② Mechanizm membranowy
- ③ Wzmocnienie miejscowe



Rys. 5: Trzy mechanizmy stabilizacji

Im większy moduł początkowy geowłókniny, tym mechanizmy te są efektywniejsze. Geowłókniny o niskim module początkowym będą ulegać większym deformacjom i w niewielkim stopniu będą mobilizować wystąpienie pozostałych mechanizmów: ograniczenia swobody ruchu, membranowego oraz miejscowego wzmocnienia. Wysoki moduł początkowy oraz zdolność do wydłużania są istotne, gdyż pozwalają wytrzymać duże miejscowe deformacje i przeciwdziałają przebiciu.

2.3.1. Ograniczenie swobody ruchu

Jak przedstawiono na rys. 5 powyżej, istnieją dwa rodzaje ograniczenia swobody ruchu. Jeden związany z odwróconą krzywizną geowłókniny na zewnątrz śladu kół pojazdów, gdzie występuje nacisk skierowany w dół. Tworzy to efekt dodatkowego obciążenia, który wyrównuje deformacje i wymusza ścisnienie podłoża gruntowego. Drugi rodzaj ograniczenia swobody ruchu, dzięki geowłókninie występuje tam, gdzie zachodzi wypieranie ziaren kruszywa pod naciskiem kół. Geowłóknina zapewnia warstwie podbudowy z kruszywa przyrost wytrzymałości na rozciąganie. To ograniczenie swobody ruchu ziaren kruszywa zwiększa wytrzymałość i moduł warstwy podbudowy, co z kolei zmniejsza naprężenia ściskające przekazywane na podłoże, poprzez lepsze rozłożenie nacisków od kół pojazdu.

2.3.2. Mechanizm membranowy

Mechanizm membranowy występuje, gdy geowłóknina jest ułożona na odkształcalnym gruncie i przyłożone są obciążenia pionowe. W geowłókninie powstają naprężenia rozciągające, odciażając grunt, który sam nie jest w stanie ich przenieść. Te siły występujące w płaszczyźnie geowłókniny, wywołują powstanie składowej naprężenia prostopadłej do płaszczyzny geowłókniny. Ma to wielkie znaczenie podczas budowy dróg tymczasowych, gdzie w ogromnym stopniu redukuje tworzenie się kolein. Im większy moduł początkowy geowłókniny, tym bardziej możliwe jest ograniczenie powstawania kolein.

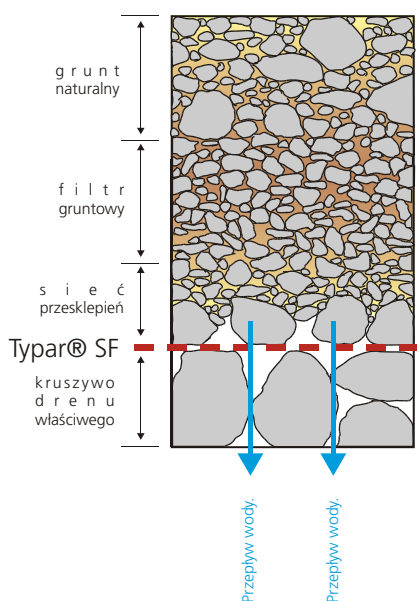
2.3.3. Wzmocnienie miejscowe

Obciążenia działające na pojedyncze kamienie warstwy kruszywa mogą spowodować miejscowe uszkodzenia. Geowłóknina o wysokim module początkowym pozwala na rozłożenie obciążenia na większą liczbę ziaren kruszywa, zmniejszenie naprężenia i zwiększenie odporności na przemieszczenie. Wysoka rozciągliwość pozwala na uniknięcie miejscowego przebicia, ponieważ umożliwia geowłókninie rozciągnięcie się w sąsiedztwie penetrującego kamienia.

⁵ Dodatkowe informacje i szczegóły o wykorzystaniu geowłóknin w konstrukcjach z gruntu zbrojonego można znaleźć w poradniku o projektowaniu z produktu Typar® HR. Typowe zastosowania konstrukcji z gruntu zbrojonego, to ściany oporowe, strome zbocza, naprawa zboczy osuwiskowych, nasypy na gruntach słabych, zbrojenie gruntu pod fundamentami, wykonywanie przejść z gruntu zbrojonego nad pustkami w podłożu, np. na terenach krasowych, ... itd.

2.4. Filtracja

Filtracyjna funkcja geowłókniny definiowana jest jako: „Ograniczenie ruchu gruntu lub innych cząsteczek poddanych działaniu sił hydrodynamicznych, przy jednoczesnym umożliwieniu przepływu cieczy przez, lub w głąb geowłókniny albo innego produktu pochodnego”.⁶ Do określenia własności filtracyjnych geowłókniny zwykle używa się parametrów wodoprzepuszczalności i wymiaru otworów. Wielkość porów geowłókniny powinna być dostatecznie mała aby zatrzymać większe cząstki gruntu, przeciwdziałając jego erozji. Początkowo małe cząsteczki gruntu muszą przechodzić przez geowłókninę w celu umożliwienia powstania „sieci przesklepień” składającej się z większych cząstek, które działają jako dodatkowy naturalny filtr gruntowy towarzyszący geowłókninie (Rys. 6). Jeżeli rozmiar porów geowłókniny będzie zbyt mały, to wówczas drobne cząsteczki nie będą mogły być wypłukane i wytworzona „sieć przesklepień” o małych wymiarach będzie stanowiła naturalną barierę z gruntu o niższej wodoprzepuszczalności.

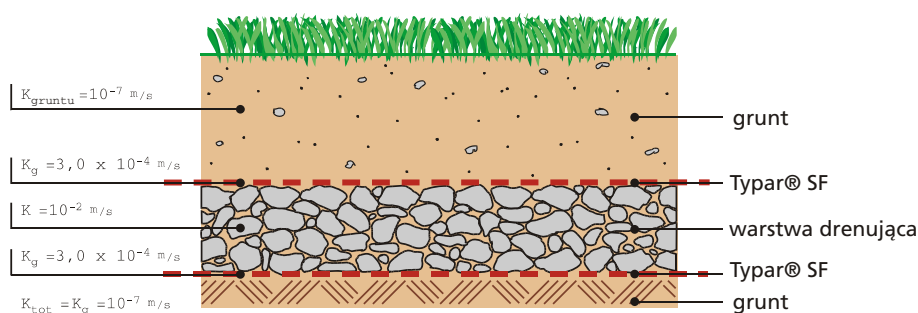


Efektywny filtr geotekstylny musi mieć pory o różnych kształtach i wymiarach, a ich rozkład musi być podobny do uziarnienia gruntu. Często nie zwraca się uwagi na fakt, że wodoprzepuszczalność całego systemu warstw kruszywa i podłoża (Rys. 7), zależy od warstwy o najmniejszej wodoprzepuszczalności. Zwykle wodoprzepuszczalność gruntu jest znacznie niższa niż geowłókniny.⁷

Typowe wodoprzepuszczalności gruntu⁸:

żwir	3×10^{-2} m/s	piasek	10^{-4} m/s
pył	10^{-9} m/s	ił	10^{-9} m/s

Rys. 6: Naturalny filtr gruntowy towarzyszący geowłókninie



Rys. 7: System drenazowy, grunty i geowłóknina o różnej wodoprzepuszczalności. O wielkości K_{tot} decyduje warstwa gruntu o najmniejszej wodoprzepuszczalności.⁹

Wodoprzepuszczalność geowłókniny zależy także od jej ściśliwości. Ogólnie grube geowłókniny są podatne na ściskanie, co należy brać pod uwagę przy wyborze geowłókniny o wymaganej wodoprzepuszczalności. Sama grubość jest raczej własnością opisową niż parametrem projektowym¹⁰. Funkcja filtracyjna geowłókniny związana jest z budową tam, grobli, przeciwdziałaniem erozji, odwodnieniem dróg i podłoża gruntowego. Geowłóknina zastępuje wówczas tradycyjny filtr ziarnisty. W systemach przeciwdziałania erozji brzegów rzecznych albo zboczy ziemnych, gruby materiał (gabiony albo narzuty kamienne) lub płyty betonowe są używane do ograniczenia szkodliwości działania fal lub przepływu wody. Zastosowanie geowłókniny jako filtra zapobiega erozji drobnych cząsteczek gruntu.

⁶ EN ISO 10318

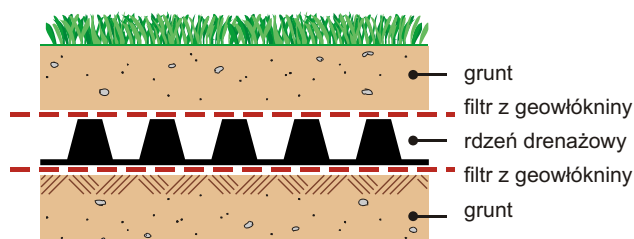
⁷ z wyjątkiem grubego piasku i żwiru

⁸ czytaj w aneksie 7.10 więcej szczegółów na temat wodoprzepuszczalności gruntu

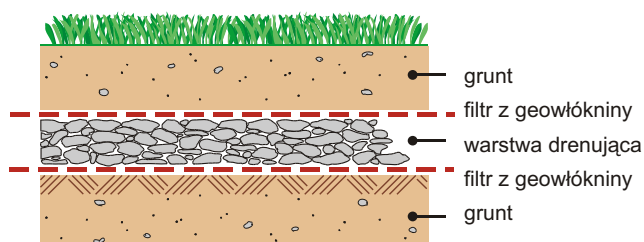
⁹ o wodoprzepuszczalności zobacz także 4.4.2

2.5. Drenaż

Tradycyjnie do regulacji i usuwania wody z podłoża używano naturalnych materiałów o stopniowanej granulacji. Przez ostatnie 30 lat wzrastało zastosowanie filtrów z geowłóknin, zwiększających naturalne możliwości drenażu gruntów słaboprzepuszczalnych. Geowłóknina nie powinna być używana bezpośrednio jako samodzielna warstwa drenująca, nawet gdyby jej zdolności drenujące mogły być zmierzone w laboratorium przy użyciu czystej wody, ponieważ w rzeczywistych warunkach (grunt zatrzymany wewnątrz jej struktury), odprowadzenie przez geowłókninę jest nieprzewidywalne. Ważne jest również dla systemu odwodnienia, aby przez długi czas był w stanie utrzymywać swoje właściwości, nawet pod wpływem dużych nacisków gruntu. Aby uniknąć zapychania się i zanieczyszczania warstwy drenującej, w systemie odwodnienia należy zawsze umieścić filtr.



Rys. 8: Element drenażu złożonego (geokompozytu)



Rys. 9: Konwencjonalna warstwa drenażu z kruszywa

Okazuje się, że dreny syntetyczne zawierające filtr z geowłókniny, są bardzo ekonomiczną alternatywą dla tradycyjnych drenów piaskowych, sączków i innych systemów odwadniających. Geosyntetyczne maty drenujące czy dreny robione są zwykle z rdzenia zawartego pomiędzy filtrami z geowłókniny (Rys. 8). Materiał filtra musi wykazywać się odpowiednią jakością i właściwościami fizycznymi, znakomitą wytrzymałością i trwałością, dobrą odpornością na naprężenia montażowe oraz musi zapewniać długotrwałe poprawne działanie. Złe działanie lub przedwczesne zużycie systemu odwadniającego może spowodować poważne zagrożenie dla bezpieczeństwa i prawidłowego działania konstrukcji ziemnej, przy budowie której został użyty. Uszkodzenie drenażu może powodować konieczność zastosowania kosztownej naprawy i towarzyszącej temu przerwy w funkcjonowaniu obiektu.

Tak więc jest bardzo istotne, aby użyty materiał mógł efektywnie funkcjonować przez długi czas, nawet w przypadku gruntów stwarzających największe zagrożenie.

2.6. Ochrona

Funkcja ochronna definiowana jest jako: „Zapobieganie lub ograniczanie miejscowego uszkodzenia danego elementu czy materiału przez zastosowanie geowłókniny lub innego produktu pochodnego”.¹⁰ Geowłóknina zwykle używana jest jako ochrona geosyntetycznych barier w składowiskach odpadów, konstrukcjach dachowych, obiektach hydrotechnicznych itp. Najważniejszymi właściwościami geowłókniny, które pozwalają jej na spełnienie funkcji ochronnej są odporność na przebicie i jednorodność produktu (tzn. brak słabych miejsc). Ponadto specjalne testy odporności na przebicie¹¹ wykazały, że takie własności jak tylko odpowiednia grubość i gramatura produktu nie zapewniają wystarczającej jakości funkcji ochronnej.

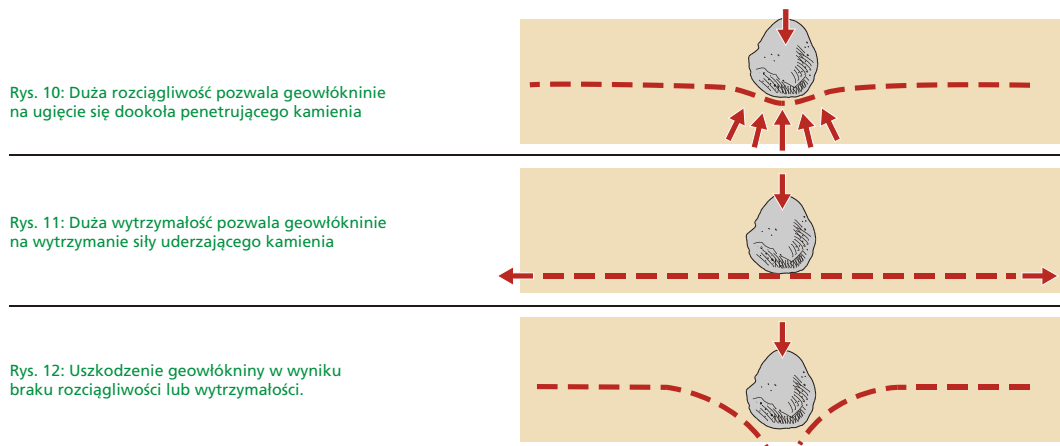
2.7. Odporność na uszkodzenia podczas montażu

Geowłóknina nie wypełni żadnej ze swoich funkcji, jeśli zostanie uszkodzona podczas lub bezpośrednio po zakończeniu wbudowywania. Analizy wykazują, że krytyczny dla geowłókniny okres przypada raczej na czas budowy, niż na fazę użytkową. Tak więc 95% uszkodzeń zwykle zachodzi podczas procesu wbudowywania, bardzo często w wyniku uderzeń w trakcie rozładunku i zagęszczania kruszywa. Z reguły, jeżeli geowłóknina przetrwa naprężenia związane z montażem, to również przetrwa naprężenia występujące w czasie jej eksploatacji. Podjęto obszernie badania mające na celu zrozumienie zależności pomiędzy fizycznymi właściwościami geowłóknin separujących, a ich rzeczywistym zachowaniem się w terenie. Badania te potwierdziły ściśle powiązanie zdolności geowłókniny do pochłonięcia energii uderzenia i jej podatności na uszkodzenia podczas budowy¹².

¹⁰ EN ISO 10318

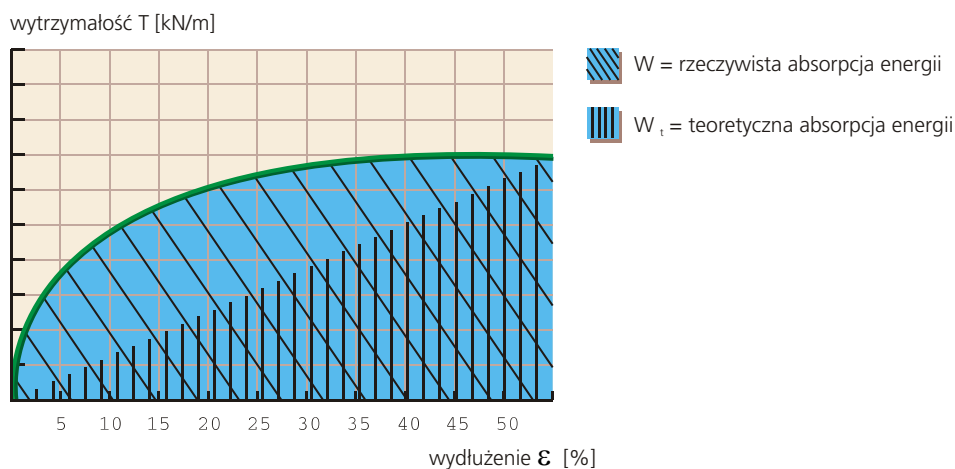
¹¹ badanie punktowe odwzorowujące warunki terenowe, opracowane przez DuPont i przeprowadzane w fabrycznym laboratorium kontroli jakości DuPont Tytar®.

Poniższe rysunki pokazują różne formy uszkodzeń geowłókniny i znaczenie dużego potencjału absorpcji energii:



Absorpcja energii

Potencjał absorpcji energii (W) geowłókniny można opisać jako połączenie jej rozciągliwości i wytrzymałości. Poniższy wykres (Rys. 13) ilustruje to pojęcie: pokazuje różniące się kształty rzeczywistego potencjału absorpcji energii, który jest definiowany jako pole pod krzywą, i teoretycznego potencjału absorpcji energii.



Rys. 13 Porównanie rzeczywistego i teoretycznego potencjału absorpcji energii

Kilka narodowych opracowań normalizacyjnych jest w trakcie zastosowywania koncepcji absorpcji energii. Niektóre jednakże bazują raczej na teoretycznych wartościach niż na wynikach obliczeń pola pod krzywą $W = \int T * \epsilon$. Obliczenia upraszczane są do $W_t = \frac{1}{2} T * \epsilon$. W rezultacie teoretyczna absorpcja energii (W_t) niektórych produktów jest znacząco wyższa, podczas gdy dla innych jest ona niższa niż rzeczywisty potencjał absorpcji mierzony podczas badania wytrzymałości na rozciąganie (EN ISO 10319).

Bibliografia

^I Love, J.P. Burd, H.J. Miligan, G.W.E. i Houlsby, G.T. (1987). Analytical and model studies of reinforcement of a granular layer on a soft clay subgrade, Canadian Geotechnical Journal, Vol.24, nr 4, s. 611-622

^{II} Koerner, Designing with Geotextiles, wydanie 4, 1998, s. 96

^{III} SINTEF Report, Arnstein Watn, Non woven geotextiles Field test on damage during installation, SINTEF Civil and Environmental Engineering, Norway Evaluation of Installation Damage of Geotextiles A Correlation to Index Tests, R. Diederich, DuPont Nemours, Luxembourg

PODBUDOWY Z KRUSZYWA

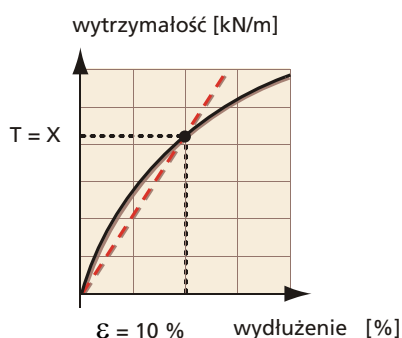
3.1. Wprowadzenie	12
Co to jest moduł początkowy?	12
3.2. Funkcje	12
3.2.1. Stabilizacja	12
3.2.2. Separacja i filtracja	13
3.2.3. Koleiny	13
3.3. Projektowanie podbudowy z kruszywa z Typar® SF	14
3.3.1. Drogi nieutwardzone	14
3.3.2. Drogi utwardzone	17
3.3.3. Drogi utwardzone z podbudową dla dróg dojazdowych	18
3.4. Wybór odpowiedniego rodzaju Typar® SF	19
3.4.1. Wpływ natężenia ruchu	19
3.4.2. Wpływ warunków wbudowania	20
3.4.3. Wpływ zagęszczania	20
3.4.4. Wymagania filtracyjne	20
3.5. Wytyczne wbudowywania	21
3.6. Przykłady projektów	21
3.6.1. Przykład 1 (zgodnie z 3.3.1.)	21
3.6.2. Przykład 2 (zgodnie z 3.3.3.)	22
3.6.3. Przykład 3	24
3.7. Porównanie nawierzchni "katalogowych" z nawierzchniami obliczonymi wg Podręcznika	26

3. PODBUDOWY Z KRUSZYWA

3.1. Wprowadzenie

Rozdział ten podaje wytyczne dla projektowania i budowania podbudów z kruszywa pod stałe i tymczasowe konstrukcje przeznaczone do ruchu kołowego, przy wykorzystaniu geowłókniny Typar® SF. Technologia ta odnosi się do podbudów wytrzymujących zróżnicowane dynamiczne obciążenia na pasach startowych, drogach i autostradach, tymczasowych drogach dojazdowych do budowy, magazynach, parkingach i obiektach sportowych. Metody projektowania dla utwardzonych powierzchni takich jak drogi, autostrady czy pasy startowe, zostały opracowane przez Państwowe Zarządy Dróg z dostosowaniem do lokalnych warunków i doświadczeń. Dlatego też nie jest celem tych wytycznych proponowanie nowych metod projektowania, a tylko podkreślenie korzyści związanych ze stosowaniem Typar® SF przy budowie wspomnianych obiektów. Jednakże, prezentowane dalej procedury mogą być zastosowane przy budowie utwardzonych powierzchni, biorąc pod uwagę możliwość wykorzystania podbudowy jako tymczasowej drogi dojazdowej, wykorzystywanej podczas prac budowlanych. Przedstawiana procedura użycia Typar® SF jest rezultatem wiedzy zebranej podczas badań w skali 1:1, przeprowadzonych na rzeczywistych obiektach drogowych, w czasie budowy wielu dróg na różnych podłożach o niskiej nośności, przez ponad 30 lat.

Co to jest moduł początkowy?



Rys. 14: Moduł początkowy = moduł sieczny dla wydłużenia $\epsilon = 10\%$

Moduł geowłókniny można opisać jako moduł sieczny, przy którym dla wydłużenia np. $\epsilon = 10\%$ obciążenie wynosi $T = X$ kN/m, czyli moduł $K = T/\epsilon$ (Rys. 14). Dlatego im większe nachylenie siecznej, tym wyższy moduł.

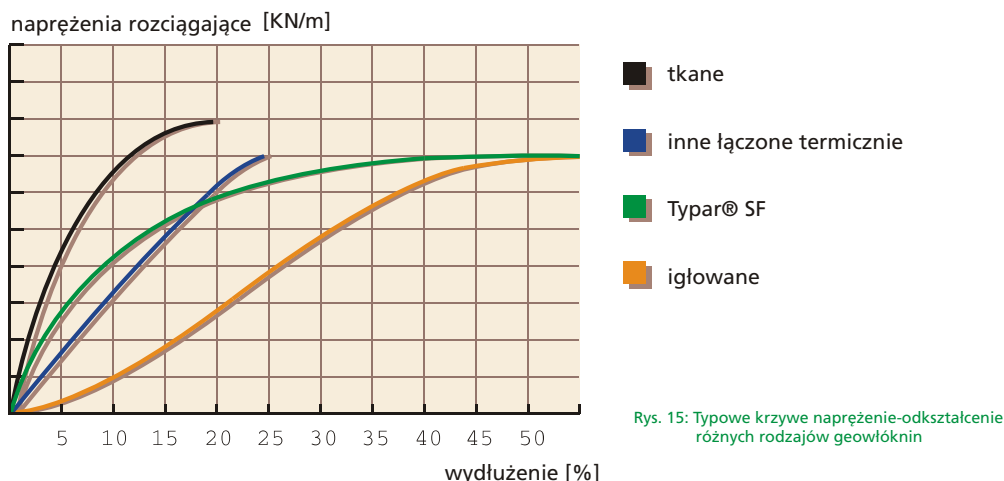
Im wyższa wytrzymałość na rozciąganie przy początkowym odkształcaniu np. 5% wydłużenia, tym wyższy moduł początkowy i większa odporność na tworzenie się kolein!

3.2. Funkcje

Połączenie funkcji geowłókniny mające na celu zwiększenie wytrzymałości podbudowy z kruszywa (w odniesieniu do warstwy kruszywa o takiej samej grubości na podłożu bez Typar® SF) jest różne dla każdego zastosowania. W przypadku podbudowy z kruszywa główną funkcją jest separacja i stabilizacja. Badania pokazały, że funkcje stabilizacyjne zależą w bardzo dużym stopniu od modułu geowłókniny¹. Ponadto grubość warstwy kruszywa może być znacząco zredukowana przez użycie geowłókniny.

3.2.1. Stabilizacja

Efektywność mechanizmów opisanych w poprzednim rozdziale powiązana jest z charakterystyką „naprężenie-odkształcenie” geowłókniny (patrz Rys. 15). Różne typy geowłóknin charakteryzują się różnymi krzywymi „naprężenie-odkształcenie”. Różnicę tą można najlepiej opisać jako potencjał absorpcji energii W (patrz również rozdz. 2.7.). Geowłókniny tkane posiadają wysoki moduł początkowy i wysoką maksymalną wytrzymałość, ale małą rozciągliwość, co daje niski potencjał absorpcji energii W . Geowłókniny igłowane nietkane mają niski moduł początkowy i potrzeba dużej deformacji, nim w geowłókninie zmobilizuje się znacząca wytrzymałość na rozciąganie. Rezultatem tego jest niski potencjał W . Typar® SF odznacza się wysokim modulem początkowym, wysoką wytrzymałością i dużą rozciągliwością przy maksymalnym obciążeniu, a tym samym posiada wysoki potencjał absorpcji energii W . Ponieważ wysoka absorpcja energii daje w efekcie wysoką odporność na uszkodzenia, Typar® SF jest szczególnie predysponowany do stabilizacji.

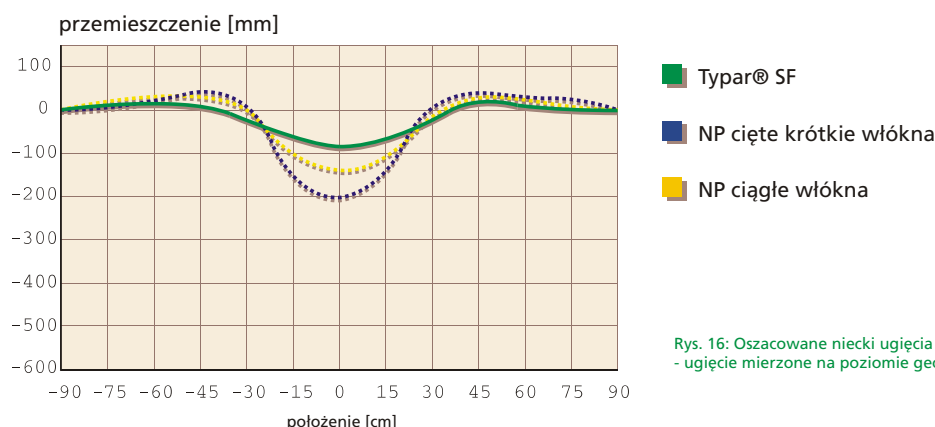


3.2.2. Separacja i filtracja

Wymogi hydrauliczne, takie jak odpowiedni zakres wymiarów porów, który zapewni efektywne spełnianie funkcji filtracyjnej, realizowane są poprzez właściwie dobrany zakres otworów w Typar® SF, podobny do występującego w gruntach. Wodoprzepuszczalność Typar® SF jest zwykle wyższa niż większości gruntów¹⁵. W przeciwieństwie do grubszych geowłóknin podatnych na ściskanie, dzięki swej wstępnie sprasowanej strukturze, wodoprzepuszczalność Typar® SF nie zmienia się przy ściskaniu pod wpływem obciążenia.

3.2.3. Koleiny

Tworzenie się kolein jest poważnym problemem w szczególności w przypadku dróg tymczasowych. Regularny ruch pojazdów kołowych wytwarza naprężenia rozciągające, deformujące podłoże. Inaczej niż większość innych geowłóknin, Typar® SF potrzebuje znacznie mniejszego wydłużenia i deformacji do przeniesienia tych naprężeń (wysoki moduł początkowy) a tym samym znacząco ogranicza możliwość koleinowania. Na poniższym diagramie (rys.16) przedstawiającym rezultaty testów symulujących obciążenie ruchem kołowym¹⁶ poprzez poddanie różnych geowłóknin 1000 cyklom obciążenia dynamicznego, można zauważyć różnicę pomiędzy Typar® SF i dwoma igłowanymi włókninami (NP cięte krótkie włókna, NP ciągle włókna) o niskim module początkowym.



Rezultaty badań wskazują na wyraźną zależność między modulem początkowym a deformacją (koleinowaniem). Wyższy moduł początkowy pozwala Typar® SF na przejęcie większych naprężeń zewnętrznych przed ich transformacją w odkształcenia podłoża. Dzięki wysokiej absorpcji energii Typar® SF posiada dużą odporność na uszkodzenia podczas wbudowywania. Odpowiednia rozciągłość Typar® SF zabezpiecza przed lokalną penetracją przez kamienie oraz zapewnia wystarczający margines bezpieczeństwa gdy geowłóknina jest naprężona.

¹⁵ z wyjątkiem piasku grubego i żwiru

¹⁶ zgodnie z Norweskim Systemem Klasyfikacji

3.3. Projektowanie podbudowy z kruszywa z Typar® SF

Głównymi powodami degradacji nawierzchni są:

- Przemieszczenie i zanieczyszczenie warstwy kruszywa drobnymi cząstkami gruntu z podłoża gruntowego, w wyniku obciążeń dynamicznych („efekt pompowania”), które powoduje znaczącą utratę wytrzymałości kruszywa na ścinanie. Następuje zredukowanie grubości warstwy „czystego” kruszywa, a tym samym nośność całej konstrukcji spada poniżej wielkości dopuszczalnych. Opisanie powyżej zanieczyszczenie podbudowy z kruszywa, powoduje
- zwiększoną podatność kruszywa na przemarzanie i w konsekwencji obniżenie nośności w okresie odmarzania.
- Brak podpowierzchniowego drenażu.
- Nieoczekiwany wzrost natężenia ruchu kołowego.

Użycie Typar® SF zapobiega zanieczyszczeniu kruszywa, co wydłuża czas jego trwałości użytkowej. Miarą wytrzymałości gruntu w tej instrukcji jest wskaźnik CBR¹⁷. Zależności korelacyjne między wskaźnikami CBR, wytrzymałością na ścinanie bez odpływu C_u , modułem sztywności E_v i edometrycznym modułem ścisłości M_E podane są w poniższej tabeli 2. Charakterystyki projektowe prezentowanych tutaj rozwiązań dla dróg nieutwardzonych i utwardzonych, opierają się na standardowym typie Typar® SF o poziomie energii 2. W zależności od warunków i natężenia ruchu można wybrać geowłókninę o wyższym poziomie energii.

Bardzo słaby		Słaby		Przeciętny		Średni				Dobry	Grunt			
												CBR		
0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8	9			
20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	C_u [kN/m ²]*
2	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42				C_u [psi]
2	4	6	8	10	12	14	16	18						M_E [MN/m ²]* **
2	4	6	8	10	12	14								E_v [MN/m ²]

* wytrzymałość na ścinanie gruntu w warunkach bez odpływu ** moduł ścisłości

Tab. 2: Tablica zależności korelacyjnych do wyznaczania wskaźnika CBR podłoża (wg Barenberga)

3.3.1. Drogi nieutwardzone

Drogi nieutwardzone zapewniające tymczasowy lub stały dostęp (tzn. drogi budowlane czy żwirowe), normalnie zawierają prostą podbudowę z niespojonego kruszywa. Proponowana poniżej metoda projektowania zakłada, że wprowadzenie geowłókniny Typar® SF pomiędzy podłoże gruntowe i podbudowę z kruszywa pozwala na:

- Lepsze zagęszczenie kruszywa
- Skonsolidowanie podłoża pod wpływem obciążeń dynamicznych
- Wzmocnienie konstrukcji dzięki efektowi membranowemu i ograniczeniu swobody przemieszczeń
- Zwiększenie dopuszczalnego nacisku na podłoże gruntowe do granicznej nośności $p = (\pi + 2) * C_u$. W oparciu o dane empiryczne stwierdzono, że efekt połączenia tych korzyści jest porównywalny ze zwiększeniem CBR podbudowy o około 3 punkty procentowe. Ta metoda projektowania może być zastosowana tylko w projektach z Typar® SF.

Pierwszym krokiem procedury jest określenie początkowej grubości warstwy kruszywa w odniesieniu do obciążenia i cech podłoża, a następnie rozważenie czasu trwałości użytkowej i wydajności kruszywa. Po ustaleniu efektywnej grubości warstwy kruszywa T_{eff} należy wybrać odpowiedni Typar® SF o właściwym poziomie energii.

- Początkowa grubość warstwy kruszywa T_0
- Korekta T_0 o czas trwałości użytkowej $\Rightarrow T$
- Korekta T o wydajność kruszywa $\Rightarrow T_{eff}$

¹⁷ California Bearing Ratio (Kalifornijski Wskaźnik Nośności); metody szacowania w terenie są omówione w załączniku 7.10

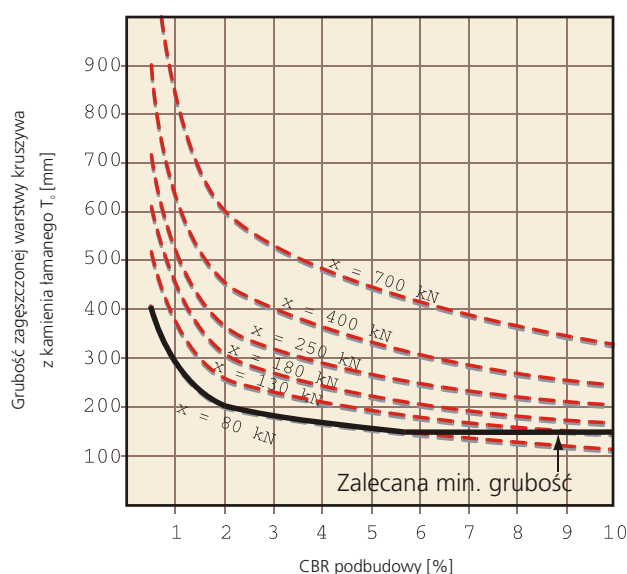
Trzeba wziąć pod uwagę obciążenia osiowe > 130 kN. Należy wybrać odpowiednią krzywą dla określenia początkowej grubości podbudowy z kruszywa T_0 i na podstawie rzeczywistej ilości przejazdów N określić współczynnik korekcyjny C uwzględniający czas trwałości użytkowej.

Metoda projektowania dla dróg nieutwardzanych

A. Początkowa grubość podbudowy z kruszywa T_0

Nośność gruntu CBR, C_u
Obciążenie osiowe P_i

W celu określenia T_0 (dla zagęszczonego kruszywa w postaci kamienia łamanego, dla 1000 przejazdów obciążenia osiowego) zastosuj Rys. 17, używając CBR podłoża gruntowego i obciążenie osiowe P_i^{18} . Alternatywnie, tabela 3 podaje wzór do obliczania T_0 .



Rys. 17: Drogi nieutwardzone: grubość zagęszczonej warstwy kruszywa z kamienia łamanego dla 1000 obciążeń osiowych

CBR [%]	P_1 [kN]	P_2 [lbs]
0,5	45.31	0.119
1	32.37	0.085
1.5	25.89	0.068
2	22.47	0.059
3	20.56	0.054
4	18.66	0.049
5	17.14	0.045
6	16.00	0.042
7	14.85	0.039
8	13.71	0.036
9	12.95	0.034
10	12.19	0.032

T_0 (mm) =	$\sqrt{P_1}$ obciążenie osiowe (kN)
T_0 (in) =	$\sqrt{P_2}$ obciążenie osiowe (lbs)

Tab. 3: Współczynniki do obliczeń krzywej P_i

B. Poprawienie T_0 o czas trwałości użytkowej

Obciążenie osiowe P_i
Rzeczywista ilość przejazdów N_i
Grubość warstwy zagęszczonego kruszywa z kamienia łamanego T_0

$$T = C \cdot T_0 =$$

$$T = (0,27 \cdot \log(\sum N_i \cdot \text{ESAL}) + 0,19) \cdot T_0$$

- Jeżeli najczęściej występujące obciążenia osiowe są większe niż 130 kN (np. drogi do kamieniołomów), to użycie równoważnych normowych obciążeń osiowych (ESAL) jest niewłaściwe i powinien być obliczony korekcyjny współczynnik trwałości użytkowej C , przy użyciu rzeczywistej ilości przejazdów N_i .
- Miarą trwałości użytkowej jest całkowita ilość przyłożonych obciążeń osiowych równych 80 kN. Rzeczywiste obciążenie osiowe jest najpierw zamieniane na równoważne normowe obciążenie osiowe ($P_0 = 80$ kN) przy użyciu współczynnika równoważności ESAL:

$$\text{ESAL} = (P_i/P_0)^{3,95}$$

¹⁸ obciążenie osiowe jest zwykle określone przez stosunek wagi brutto pojazdu do ilości osi, chyba, że znane jest rzeczywiste obciążenie osiowe. Każde obciążenie osiowe może być zamienione na równoważne normowe obciążenie osiowe $P_0 = 80$ kN używając współczynnika równoważności ESAL

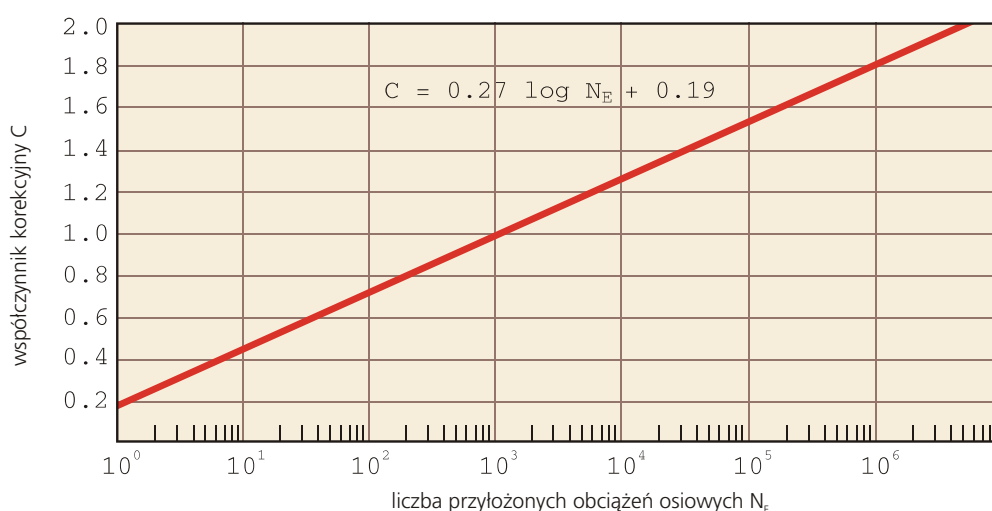
obciążenie osiowe (kN)	ESAL	obciążenie osiowe [kN]	ESAL
10	0.0003	140	9.12
20	0.004	150	11.98
30	0.021	160	15.45
40	0.065	170	19.64
50	0.16	180	24.61
60	0.32	190	30.47
70	0.55	200	37.31
80	1.0	250	90.08
90	1.59	300	185.10
100	2.41	400	576.70
110	3.52	500	1392.30
120	4.96	600	2860.80
130	6.80	700	5259.30

Tab. 4: Równoważne normowe obciążenie osiowe (ESAL)

Tablica 4 zawiera wartości współczynnika równoważności ESAL dla różnych obciążeń osiowych. Liczbę N_E przejść równoważnych normowych obciążeń osiowych (ESAL) otrzymuje się mnożąc rzeczywistą ilość przejść (N_i) przez ESAL:

$$N_E = \sum N_i * ESAL_i$$

Jako że T_0 wyznaczone jest dla trwałości użytkowej przy 1000 obciążeniach osiowych, musi być poprawione o współczynnik C , który zależy od rzeczywistej ilości obciążeń normowych N_E . Zależność między N_E i C przedstawiona jest na rysunku 18.


Rys. 18: Korekcyjny współczynnik trwałości użytkowej¹⁸

- Wówczas grubość warstwy podbudowy kruszywa T obliczamy zgodnie ze wzorem:

$$T = C * T_0 = (0.27 * \log(\sum N_i * ESAL_i) + 0.19) * T_0$$

C. Korekta T o wydajność kruszywa

$$T_{\text{eff}} = \sum T_i / \alpha_i$$

Wybrane kruszywo powinno być zagęszczalne. Ideą działania jest utrzymanie pod obciążeniem całej masy kruszywa w zwartej postaci, aby wykorzystać zalety mechanizmu wzmacniającego geowłókniny Typar® SF. Najlepsze jest łamane kruszywo, ponieważ dobrze klinuje się i zapewnia dużą nośność. W zależności od jego dostępności, można użyć również innych materiałów lub ich mieszaniny. Tablica 5 przedstawia typowe współczynniki wydajności dla różnych materiałów drogowych, stosowanych powierzchniowo lub na podbudowę.

Material	Wydajność a
Kostka brukowa	2
Nawierzchnia bitumiczna typu makadamowego	2
Nawierzchnia bitumiczna typu betonowego	2
Grunst stabilizowany cementem (wytrzymałość na ściskanie > 5 MPa)	1,5
Grunst stabilizowany bitumem	1,5
Kruszywo kamienne łamane, grube „standard”	1,0
Kruszywo kamienne łamane, średnie (CBR > 80%)	0,8
Grube naturalne kruszywo kamienne (CBR > 80%)	0,8
Średnie naturalne kruszywo kamienne	0,5
Pospółka (CBR = 20 - 30%)	0,5
Łamane kruszywo ze skały wapiennej	0,5
Luźny żwir, zagęszczalny piasek	0,4
Przykład: 10 mm betonu asfaltowego = 20 mm kruszywa „standard”	

Tab. 5: Korekcyjne współczynniki wydajności kruszywa

Początkowo wybrana grubość warstwy kruszywa T może być zastąpiona przez układ warstw innych materiałów o grubości T_i i współczynniku wydajności α_i , tak, aby uzyskać końcową projektową grubość warstwy kruszywa T_{eff} (grubość efektywna):

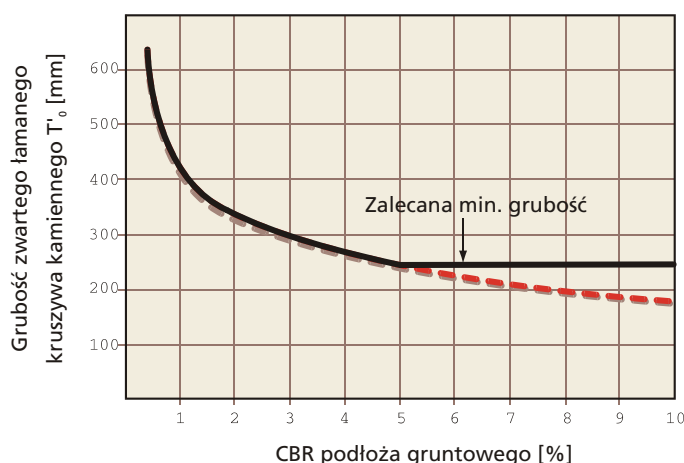
$$T_{\text{eff}} = \sum T_i / \alpha_i$$

3.3.2. Drogi utwardzone

Stale drogi utwardzone składają się zwykle z podbudowy z kruszywa ułożonej na podłożu gruntowym, podbudowy bitumicznej (warstwy wiążącej) i z warstwy jezdnej (warstwy ścieralnej) betonowej lub asfaltowej. W proponowanej metodzie projektowania utwardzonych konstrukcji nawierzchni drogowych przyjmuje się, że efektem położenia Typar® SF pomiędzy podbudowę z kruszywa a podłoże gruntowe jest:

- Lepsze zagęszczenie kruszywa
- Konsolidacja podłoża pod obciążeniami dynamicznymi
- Zapobieżenie zanieczyszczeniom kruszywa w długim okresie czasu

Korzyści te oznaczają wydłużoną trwałość użytkową, lub innymi słowy, zdolność do przeniesienia większego ruchu kołowego przy danej grubości podbudowy z kruszywa. Dodatkowo, używając część podbudowy z kruszywa jako drogi dojazdowej w trakcie prac budowlanych, można skorzystać ze stabilizującego działania Typar® SF. Funkcje separacyjne i filtracyjne wspomogą konsolidację podłoża przy obciążeniach statycznych i dynamicznych. Będzie to również efektywne jak stabilizacja gruntu.



Procedura projektowania jest podobna jak w przypadku dróg nieutwardzonych (patrz poprzedni rozdział). Jednakże grubość warstwy zagęszczonego kruszywa kamiennego T'_0 dla 1000 obciążeń osiowych jest obliczana wg rys. 19. Grubość ta powinna zostać poprawiona o współczynniki trwałości użytkowej i wydajności kruszywa, jak dla dróg nieutwardzonych.

Rys. 19: Grubość zagęszczonego kruszywa kamiennego T'_0

3.3.3. Drogi utwardzone z podbudową dla dróg dojazdowych

Zalety mechanizmu wzmacniającego Typar® SF można w pełni wykorzystać, ustalając minimalną grubość warstwy podbudowy z kruszywa dla tymczasowej drogi dojazdowej do miejsca budowy, w oparciu o Rys. 17. Następnie można włączyć ją do ostatecznej konstrukcji drogi utwardzonej poprzez dodanie pozostałego kruszywa tak, aby uzyskać wymaganą grubość warstwy zgodnie z Rys. 18. Kolejne kroki projektowania przedstawione są poniżej:

Konstrukcja utwardzona

Nieutwardzona droga dojazdowa¹⁹

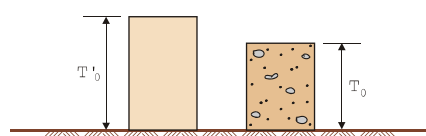
A: Początkowa grubość podbudowy z kruszywa T'_0 A: Początkowa grubość warstwy kruszywa T_0

Nośność gruntu CBR, C_u
Obciążenie osiowe P_i

Nośność gruntu CBR, C_u
Obciążenie osiowe P_i

Rys. 19 $\Rightarrow T'_0$

Rys. 17 $\Rightarrow T_0$



B. Korekta T'_0 o czas użytkowania

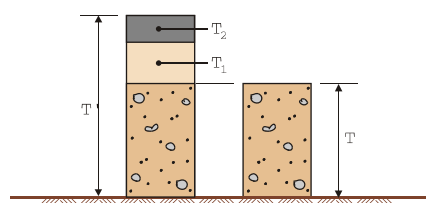
B. Korekta T_0 o czas użytkowania

Obciążenie osiowe P_i
Rzeczywista ilość przejazdów N'_i
Grubość warstwy kruszywa kamiennego T'_0

Obciążenie osiowe P_i
Rzeczywista ilość przejazdów N_i
Grubość warstwy kruszywa kamiennego T_0

$$ESAL = (P_i/P_0)^{3.95}$$

$N'_E = \sum N'_i * ESAL \Rightarrow C$ Rys.18	$N_E = \sum N_i * ESAL \Rightarrow C$ Rys. 18
$T' = C * T'_0$	$T = C * T_0$
$\alpha = 1$	



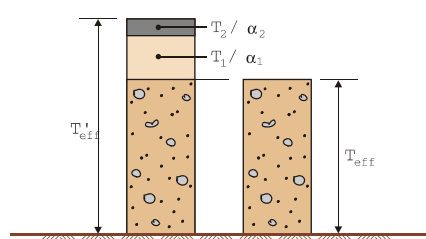
C. Korekta T' o wydajność kruszywa

C. Korekta T o wydajność kruszywa

$$T'_{eff} = T'_{eff} + \sum T_i / \alpha_i$$

$$T_{eff} = \sum T_i / \alpha_i$$

,gdzie T_{eff} - efektywna minimalna grubość warstwy kruszywa dla ruchu dojazdowego w trakcie budowy



Rys. 20: Schemat projektowy²⁰

¹⁹ czytaj też 3.3.1

²⁰ czytaj też przykład w sekcji 3.6.2

3.4. Wybór odpowiedniego rodzaju Typar® SF

Przedstawione w poprzednim rozdziale wytyczne projektowania odnoszą się do standardowego poziomu energii Typar® SF równego 1. Wyższe poziomy energii 2, 3 czy 4 mogą być użyte w przypadku dodatkowych wymagań wynikających z:

- Oddziaływań ruchu kołowego
- Wpływu warunków wbudowania
- Wpływu zagęszczenia

Należy określić wymagany poziom zgodnie z Rys. 21, 22 i 23, a następnie wybrać równoważny poziom energii Typar® SF z tabeli 6 poniżej.

Poziom energii			poziom 1	poziom 2	poziom 3	poziom 4
test	norma	jednostki				
rzeczywista absorpcja energii	EN ISO 10319/ ASTM D4595	kJ/m ²	2	5	8	11
wytrzymałość na rozciąganie		kN/m	7	12	20	25
wydłużenie		%	50	50	50	50
wytrzymałość przy wydłużeniu 5%		kN/m	2.5	5	7.5	10
siła przebijająca wg CBR	EN ISO 12236	N	1000	1500	2500	3250
penetracja stożkowa	EN 918	mm	40	35	30	20
zalecany minimalny typ geowłókniny Typar® SF			SF 32	SF 49	SF 77	SF 94

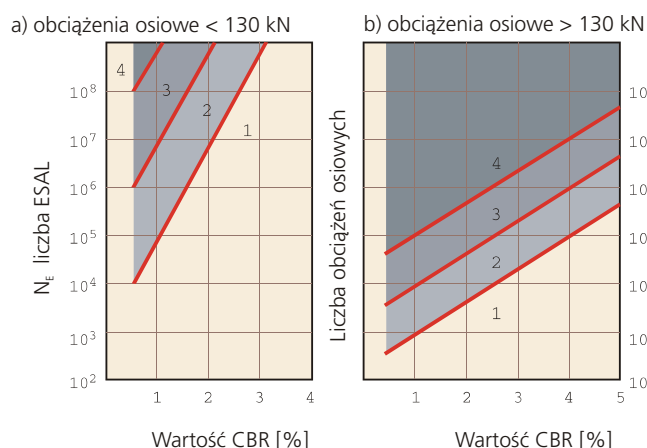
Tab. 6: Minimalne wartości dla różnych poziomów energii Typar® SF²¹

3.4.1. Wpływ natężenia ruchu pojazdów

Lepsze właściwości materiału potrzebne są do przeniesienia:

- Zmęczenia materiału spowodowanego bardzo dużą ilością równoważnych normowych obciążeń osiowych (ESAL)
- Dodatkowych naprężeń w wyniku działania bardzo ciężkich pojazdów (zwykle przy obciążeniach osiowych większych niż 130 kN).

Dobór prawidłowego poziomu energii Typar® SF należy przeprowadzić zgodnie z Rys.21, stosownie do nośności podłoża CBR i liczby występujących obciążeń osiowych.



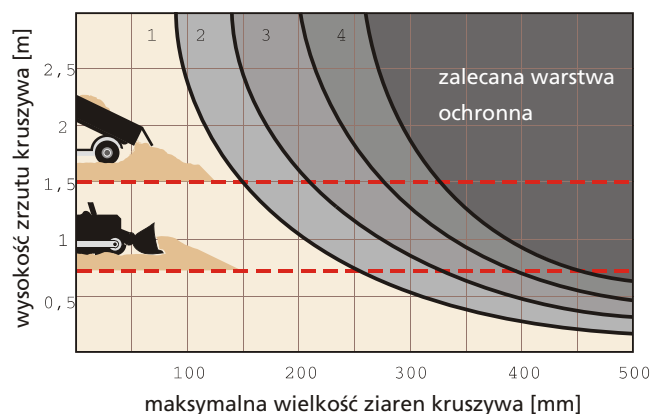
Rys. 21: Zalecane poziomy energii jako funkcja natężenia ruchu²²

²¹ Należy pamiętać, że wybór poziomów energii Typar® SF może zależeć od narodowych systemów klasyfikacyjnych i specyfikacji.

²² $N_e = \Sigma N \cdot ESAL$

3.4.2. Wpływ warunków wbudowania

Aby poprawnie spełniać swoje funkcje w długim okresie czasu, geowłóknina musi wytrzymać naprężenia powstające w trakcie jej układania, w szczególności w wyniku zrzucania i zagęszczania kruszywa. Rys. 22 przedstawia zalecane poziomy energii Typar® SF jako funkcję rozmiarów ziarna kruszywa i wysokości zrzutu. Oczywiście jest, że wstępne składowanie kruszywa, a następnie spychanie go na istniejącą już warstwę, zamiast bezpośredniego zrzucania na geowłókninę, pozwala na zastosowanie Typar® SF o niższym poziomie energii.

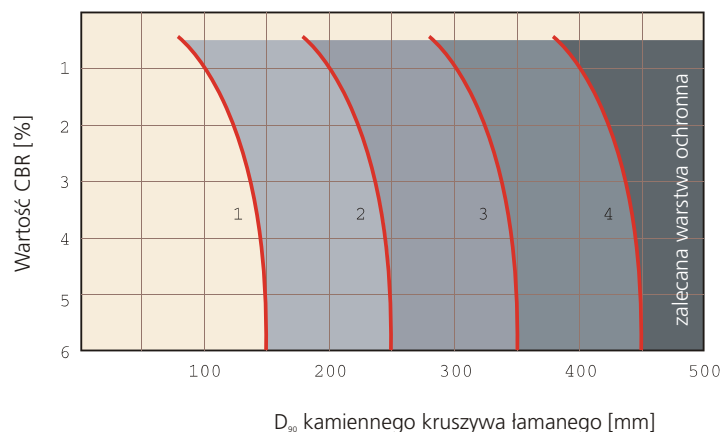


Rys.22: Zalecany poziom energii geowłókniny jako funkcja rozmiarów ziarna kruszywa i wysokości zrzutu

3.4.3. Wpływ zagęszczania

Przebiecie przez ostre ziarna podczas zagęszczania kruszywa determinuje możliwość długotrwałego spełniania funkcji separacyjnej geowłókniny. Rys. 23 pokazuje zalecane poziomy energii Typar® SF jako funkcję nośności CBR gruntu i średnicy D_{90} (90% przechodzi przez to sito) ziaren kruszywa w kontakcie z Typar® SF.

Uwaga: Typy geowłókniny o mniejszym poziomie energii niż 2 kJ/m^2 mogą być użyte tylko tam, gdzie ma miejsce tylko małe natężenie ruchu (samochody osobowe), a maksymalny wymiar ziaren kruszywa nie przekracza 50 mm.



Rys. 23: Zalecany poziom energii jako funkcja rozmiarów ziaren kruszywa łamanego i CBR podłoża gruntowego

3.4.4. Wymagania filtracyjne

Aby geowłóknina mogła wypełniać funkcje separacyjną i filtracyjną, musi spełniać uproszczone kryteria zawarte w tablicy 7, w której O_{90} mierzone jest metodą testu mokrego przesiewu (EN 12956).

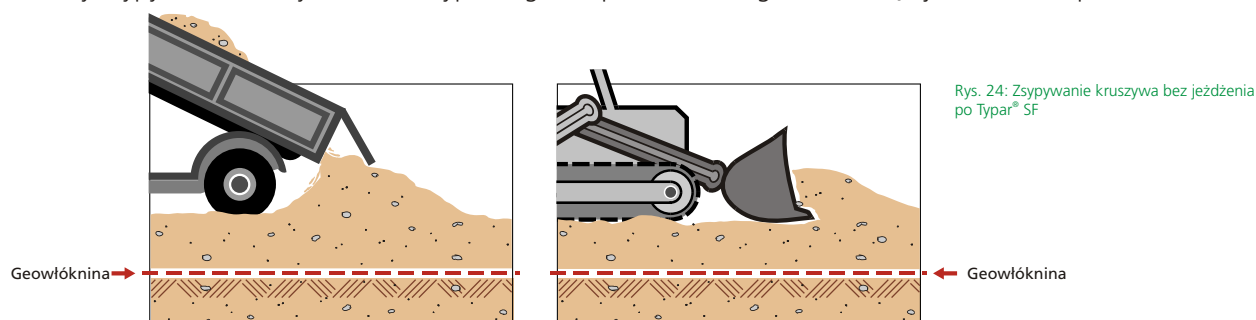
drobnoziarniste grunty spoisłe $D_{85} < 0.06$, $D_{10} < 0.002$	grunty niespoisłe
$O_{90} \leq 0.200 \text{ mm}$	$O_{90} \leq 2 * D_{85}$

Tab. 7: Ogólne wymagania filtracyjne

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 przytrzymywać 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



Rys. 24: Zsypywanie kruszywa bez jeżdżenia po Typar® SF

- 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 $\Rightarrow$	$T_0 = 190$ 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

$ESAL = (P_i/P_0)^{3.95} = 1$
$N_e = S \cdot N_i \cdot ESAL_i$
$N_e = 5 \text{ m-cy} \cdot 30 \text{ dni/m-c} \cdot 6 \text{ ciężarówek/dzień} \cdot 3 \text{ osie} \cdot 1 = 2700$
Rys. 18 $\Rightarrow C = 1,12$
$T = C \cdot T_0 = 1,12 \cdot 190 = 212$ mm

C. Korekta T o wydajność kruszywa

$$T_{\text{eff}} = \sum T_i / \alpha_i = 212 / 0,4 = 530 \text{ mm}$$

Wybór odpowiedniego poziomu energii i rodzaju Typar® SF

CBR = 2,5%

 $N_E = 2700$ Rys 21: $\Rightarrow$ poziom 1

Wys. zrzutu = 1 m

 $D_{\text{max}} = 100 \text{ mm}$ Rys 22: $\Rightarrow$ poziom 1

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

 $\Rightarrow$ 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 ($=T_{\text{hotmix}}$). Jako podbudowa drogi dojazdowej zastosowana będzie pospółka ($\alpha = 0,5$), przykryta następnie naturalnym kruszywem dobrej jakości ($\alpha = 0,8$, $D_{\text{max}} = 100 \text{ mm}$). 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'0		A: Początkowa grubość warstwy kruszywa T0	
Nośność gruntu	CBR = 1%	Nośność gruntu	CBR = 1%
Obciążenie osiowe	Pi = 80 kN	Obciążenie osiowe	Pi = 80 kN
Rys. 19 ⇒	T'0 = 420 mm	Rys. 17 ⇒	T0 = 280 mm
B. Korekta T'0 o czas użytkowania		B: Korekta T0 o czas użytkowania	
Obciążenie osiowe	Ppelne = 80 kN Ppuste = 30 kN	Obciążenie osiowe	Pi
Rzeczywista ilość przejazdów	N'i	Rzeczywista ilość przejazdów	Ni
Grubość warstwy zagęszczonego kruszywa z kamienia łamanego	T'0	Grubość warstwy zagęszczonego kruszywa z kamienia łamanego	T0
ESALpelne = (P/P0)3,95 = 1			
ESALpelne = (30/80)3,95 = 0,021		ESALoszacowanie konstrukcyjne = 3000	
N'pelne = 32 * 6 * 52 * 15 * 4 osie = 599040 N'puste = 8 * 6 * 52 * 15 * 4 osie = 149760 N'E = 599040 * 1 + 149760 * 0,021 = 602185		NEoszacowanie konstrukcyjne = 3000	
Rys. 18 ⇒	C = 1,75	Rys. 18 ⇒	C = 1,13
T' = C * T'0=1,75*420≅740mm		T = C * T0=1,13 * 280≅320mm	
α = 1			

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

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

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

Wybór geowłókniny Typar® SF o odpowiednim poziomie energii

CBR = 1,0%

$N'_E = 602185$

Rys. 21: $\Rightarrow$ poziom 2

Wysokość zrzutu = 1 m

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

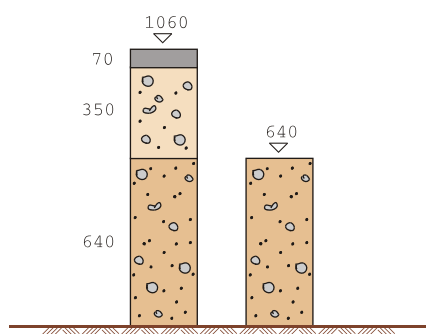
Rys. 22: $\Rightarrow$ poziom 1

Rys.23: odnosi się tylko do kruszywa łamanego

$\Rightarrow$ 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 geowłkniny. 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. mieszanka piasku i żwiru CBR>15%-----	$\alpha = 0.5$ -----	300mm-----	
Całkowita projektowana grubość T_{design}		α_i	700mm

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

A: Początkowa grubość warstwy kruszywa T_0

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

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 $T'_0 =$ wg tablicy powyżej

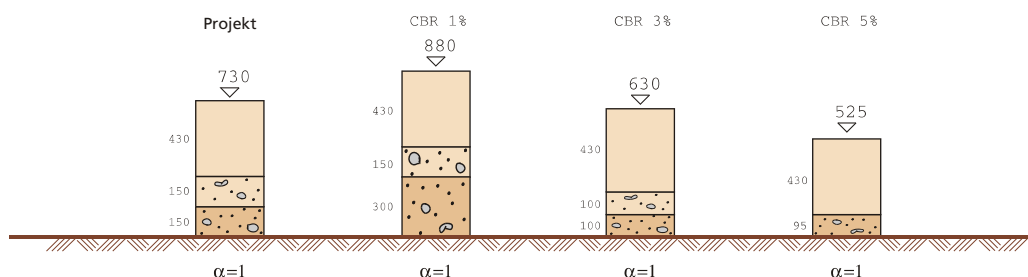
CBR	1%	3%	5%
C (korekta o czas użytkowania)	2,1	2,1	2,1
$T = T'_0 \cdot C$ (min $\alpha = 1$) [mm]	880	630	525

C. Korekta T o wydajność kruszywa

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

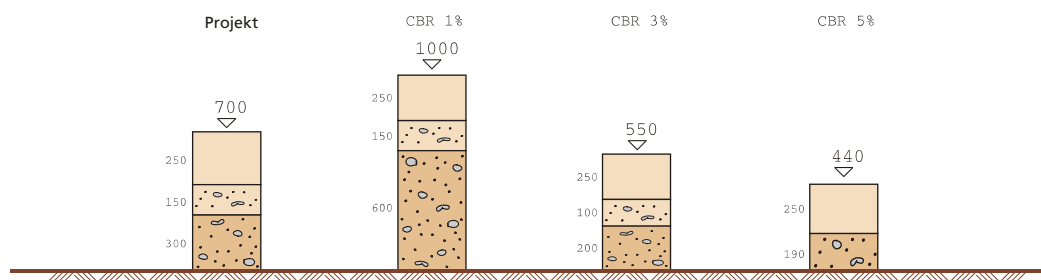
Pozostała grubość T_{remain} może zostać podzielona pomiędzy dwa dostępne materiały w następujący sposób:

T_4 (standardowe kruszywo) [mm]	150	100	-
T_5 (pospółka) [mm]	300	100	95
Redukcja ($=T - 730 \text{ mm}$) [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 ($=T_{\text{design}} - T_{\text{eff}}$) [mm]	+150	-100	-205



3.7. Porównanie nawierzchni "katalogowych" z zawierzchniami obliczonymi wg Podręcznika Technicznego DuPont Typar SF

		KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6
G4	Katalog typowych ... (konstrukcja + wymiana)	28+60	32+60	38+60	43+60	47+60	51+60
	Podręcznik DuPont (konstrukcja + wymiana)	28+32	32+33	38+32	43+33	47+33	51+34
	Oszczędność warstwy wymiany [cm]	28	27	28	27	27	26
	Rodzaj geowłókniny	SF-56	SF-56	SF-56	SF-56	SF-77	SF-77
G3	Katalog typowych ... (konstrukcja + wymiana)	28+40	32+40	38+40	43+40	47+40	51+40
	Podręcznik DuPont (konstrukcja + wymiana)	28+22	32+23	38+22	43+22	47+23	51+25
	Oszczędność warstwy wymiany [cm]	18	17	18	18	17	15
	Rodzaj geowłókniny	SF-40	SF-49	SF-56	SF-65	SF-65	SF-77
G2	Katalog typowych ... (konstrukcja + wymiana)	28+25	32+25	38+25	43+25	47+25	51+25
	Podręcznik DuPont (konstrukcja + wymiana)	28+12	32+13	38+12	43+12	47+13	51+15
	Oszczędność warstwy wymiany [cm]	13	12	13	13	12	10
	Rodzaj geowłókniny	SF-37	SF-40	SF-49	SF-56	SF-65	SF-65
G1	Katalog typowych ... (konstrukcja + wymiana)	28+0	32+0	38+0	43+0	47+0	51+0
	Podręcznik DuPont (konstrukcja + wymiana)	28+0	32+0	38+0	43+0	47+0	51+0
	Oszczędność warstwy wymiany [cm]	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	Rodzaj geowłókniny	SF-32	SF-37	SF-40	SF-56	SF-56	SF-56

Tab.7a . konstrukcje nawierzchni podatnych typ A (podbudowy tłuczniowe)

3.7.1. Założenia

- Powyższą tabelę opracowano na podstawie "Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych" Warszawa 1997 oraz "Podręcznika Technicznego" DuPont Typar SF Luxembourg/Kraków 2004.
- Jako warstwę wymiany przyjęto pospółkę (CBR=25%), w przypadku innego materiału grubości warstw należy przeliczyć wg "Katalogu..." i "Podręcznika Technicznego".
- Przyjęto strefę przemarzania $h_z=1,0m$; w przypadku większej głębokości przemarzania oraz występowania gruntów wysadzinowych lub wątpliwych należy sprawdzić grubość warstw i w razie potrzeby je pogrubić.
- Przyjęto, że grupa nośności G1 są to wyłącznie grunty niewysadzinowe.
- Dla grupy G4 przyjęto CBR=1,5%; dla bardzo słabych gruntów (CBR<1,5%) należy przeprowadzić obliczenia wg "Podręcznika Technicznego" DuPont SF

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

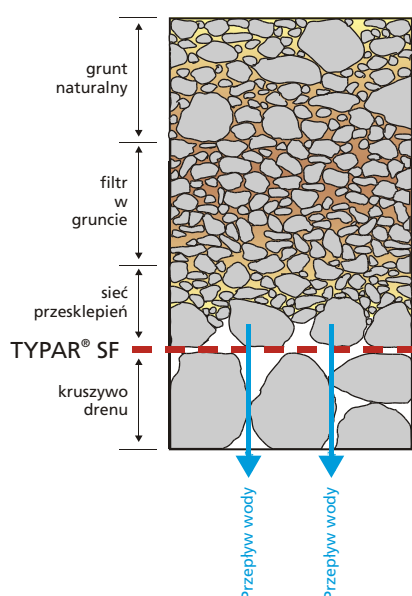
4.1. Wstęp

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



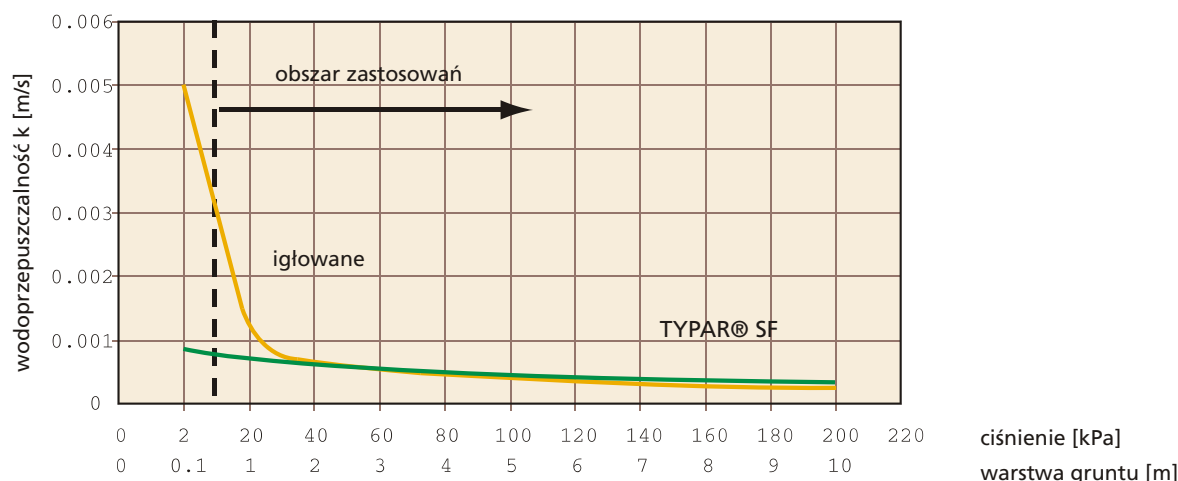
Właściwości geowłóknin są w znacznej mierze zależne od ich struktury. Geowłókniny tkane mają zwykle znikomy procent otwartych przestrzeni. Pory te są łatwo blokowane przez cząstki gruntu, gdyż skończona liczba porów ma identyczną średnicę. W grubych geowłókninach droga filtracji jest długa i wążykowata, 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/m²·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:

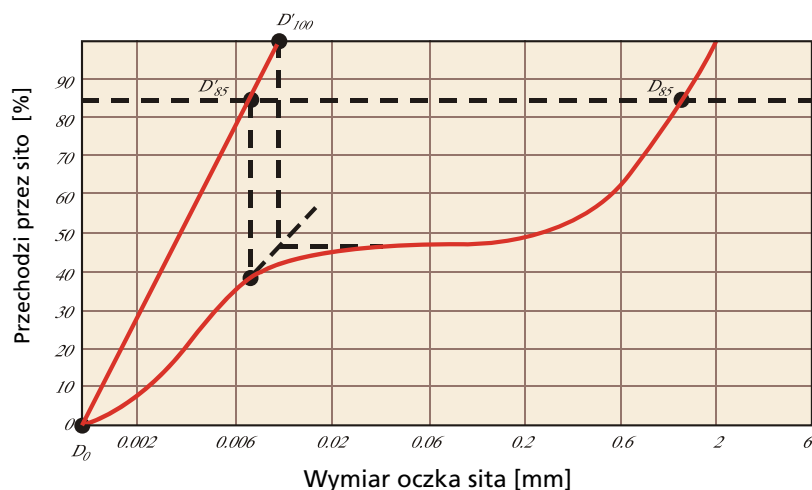
$$O_{90} < 2 * D_{85}$$

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	$O_{90} < 0,2$	$O_{90} < 6 * D_{60}$	$O_{90} < 5 * D_{10} \sqrt{C_u}^{27}$
dynamiczny przepływ	wymagany test laboratoryjny ²⁸		$O_{90} < 1,5 * D_{10} \sqrt{C_u}$ $O_{90} < D_{60}$

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} .



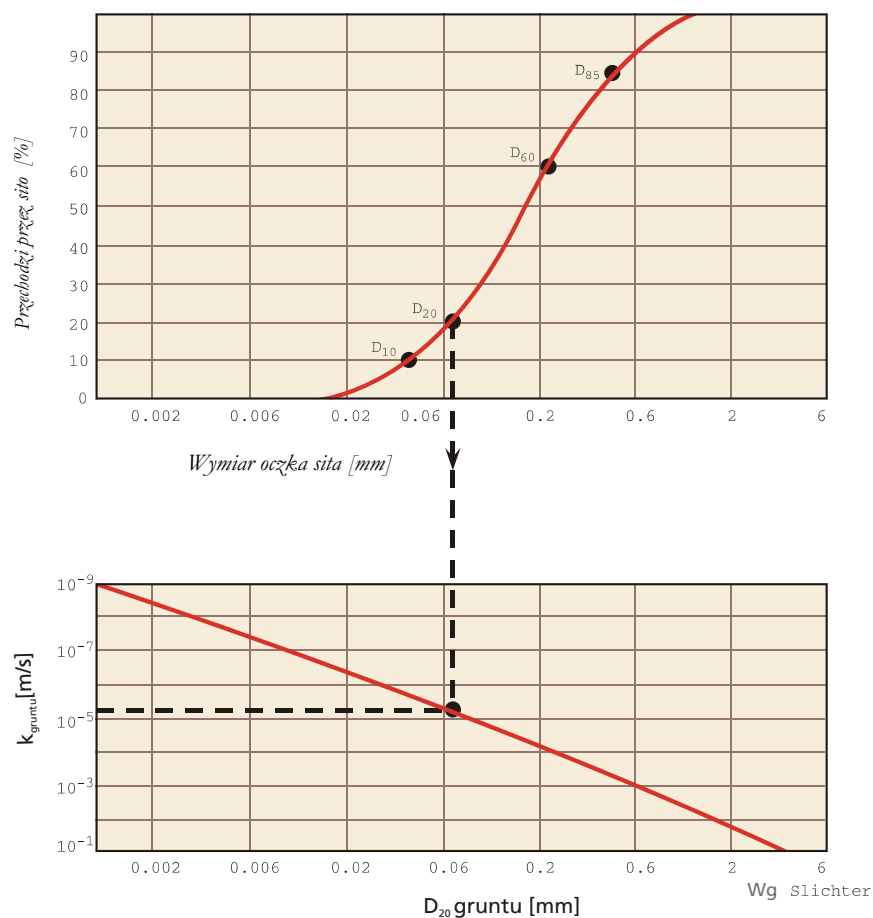
Rys. 26. Grunty o nieciągłym uziarnieniu

²⁷ $C_u = D_{60}/D_{10}$

²⁸ Kryteria można skonsultować z Centrum Technicznym Geosyntetyków Du Pont

4.4.2. Kryterium wodoprzepuszczalności

Generalną zasadą jest aby wodoprzepuszczalność geowłókniny była większa od przepuszczalności gruntu, który ma być odwadniany. Porównując filtry ziarniste z filtrami z geowłóknin J.P.Giroud^{II} sugeruje, że aby zapewnić równoważną zdolność odprowadzenia wody, wodoprzepuszczalność geowłóknin powinna być 10 razy większa od wodoprzepuszczalności odwadnianego gruntu. Murray i McGown także sugerują współczynnik 10 dla geowłóknin tkanych i dla cienkich nietkanych (>2mm) oraz współczynnik 100 dla grubych nietkanych geowłóknin (>2mm) w zastosowaniach drogowych oraz w odwodnieniach budowlanych^{III}. Wodoprzepuszczalność gruntu może być oszacowana na podstawie średnicy cząstek D_{20} za pomocą rysunku 27.

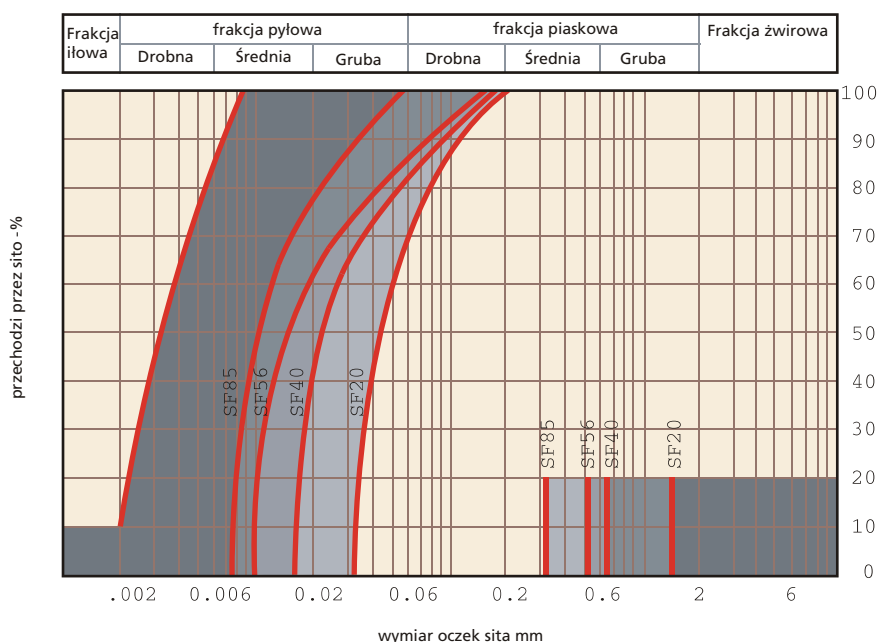


Rys.27. Oszacowanie wodoprzepuszczalności gruntu jako funkcji D_{20} .

4.4.3. Grunty specjalne.

Rysunek 28 poniżej wskazuje że:

- Grunty z $C_u < 3$ i zawierające poniżej 10% cząstek $< 0,002$ mm, których krzywa uziarnienia znajduje się całkowicie w szarej strefie, nie są dobrze zatrzymywane przez różne typy geowłóknin TYPAR® SF. Przed wyborem geowłókniny wymagane są indywidualne testy laboratoryjne. Kiedy krzywa uziarnienia przecina zacieniowane pola, obowiązują normalne kryteria doboru filtrów.
- Dla gruntów, których krzywa uziarnienia przecina zacieniowany prostokąt (w prawym dolnym rogu) nie są spełnione kryteria wodoprzepuszczalności. Ciśnienie wody może powodować wówczas problemy konstrukcyjne.



Rys. 28. Grunty specjalne wymagające wyjątkowej uwagi podczas doboru geowłóknin Typar® SF.

4.4.4. Komentarze i dodatkowe kryteria wyboru.

Testy laboratoryjne oraz praktyczne doświadczenia pokazały, że poszczególne typy geowłókniny Typar® SF z rozmiarami porów większymi niż wyspecyfikowane we wspomnianych wyżej kryteriach filtracyjnych, działały dobrze w długim okresie w gruntach bardzo drobnoziarnistych^{IV}.

W zależności od warunków instalacji (wysokość zrzutu kruszywa, typ kruszywa, zagęszczenie) może być zalecany cięższy i mocniejszy typ Typar® SF niż to wynika z kryteriów filtracji i wodoprzepuszczalności. Szczegóły zawarto w tabeli 9.

Zastosowanie	Zalecany typ Typar® SF
Drenaż w rolnictwie	SF 20 lub SF 27
Systemy drenażowe z użyciem kruszywa $d < 20$ mm	SF 32
Systemy drenażowe z użyciem kruszywa $d > 20$ mm	SF 37 lub wyższy

Tabela 9. Zalecane rodzaje Typar® SF w różnych zastosowaniach

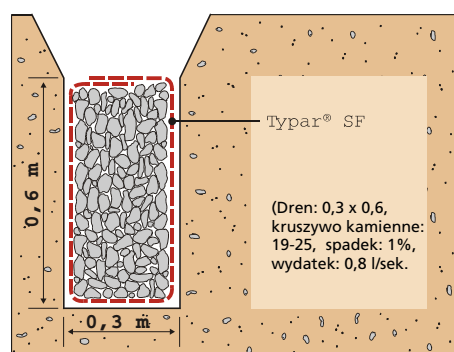
4.5. Typowe systemy drenażowe.

4.5.1. Dreny francuskie.

Typar®SF znajduje często zastosowanie w konstrukcji tzw. drenażu francuskiego, w którym geowłóknina działa jako filtr i wspomaga zdolności drenujące drenu z kruszywa. Wydatek drenu z wypełnieniem kamiennym jest proporcjonalny do przekroju poprzecznego oraz spadku podłużnego.

Rozmiar kruszywa	Spadek drenu	Wydatek drenu Q [l/sec]				
		0,3 x 0,3	0,3 x 0,6	0,6 x 0,6	0,6 x 0,9	0,6 x 1,2
[mm]	[%]					
50	1,0 2,0	0,7 1,4	1,4 2,8	2,8 5,6	4,2 8,4	5,6 11,2
19-25	1,0 2,0	0,4 0,8	0,8 1,6	1,6 3,2	2,4 4,8	3,2 6,4
9-12	1,0 2,0	1,0 2,0	0,2 0,4	0,4 0,8	0,6 1,2	0,8 1,6
6-9	1,0 2,0	0,02 0,04	0,04 0,08	0,08 0,16	0,12 0,24	0,16 0,32

Tab. 10. Wydatek drenów francuskich.



Rys. 29. Przykład drenażu francuskiego.

4.5.2. Drogowy drenaż podłużny.

Drenaż podłużny podłoża drogi musi błyskawicznie odprowadzić infiltrującą wodę, aby zapobiec pogorszeniu się jakości podbudowy. (zob. Rys. 30)

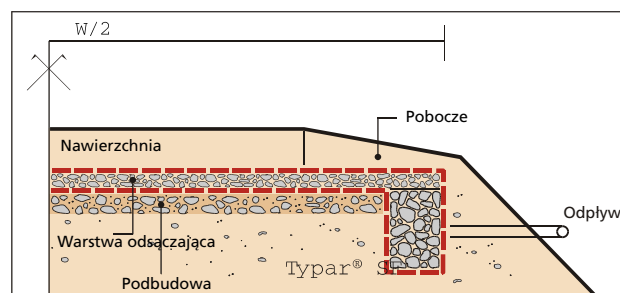
W = jezdnia + szerokość pobocza, L = długość sekcji drenu między odpływami [m], i = spadek drenu [%]

R = maksymalna intensywność opadów [m/sek.], P_R = przenikanie opadu w podłoże [%]

Wydatek Q jest określony następująco:

$$Q = 10^3 * L * W * R * P_R \text{ [l/sec]}$$

Zastosowanie zamieszczonej powyżej tabeli 10 pozwoli zaprojektować potrzebne parametry przekroju drenu.

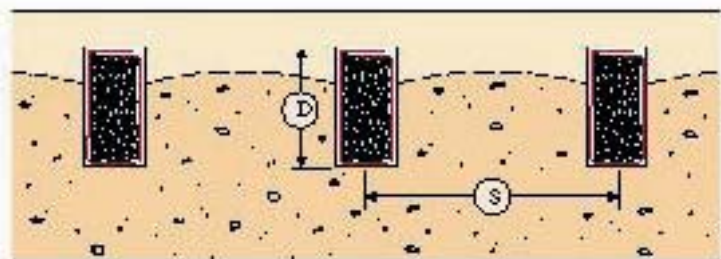


Rys. 30. Przekrój drogowego drenażu podłużnego.

4.5.3. Drenaż systematyczny.

W warunkach, gdzie nasycenie przypowierzchniowej strefy terenu jest spowodowane obfitymi opadami, rozmieszczenie drenu w celu obniżenia poziomu wód gruntowych może być określone za pomocą Tabeli 11. Zakładając, że każdy dren będzie musiał usunąć infiltrującą wodę opadową, wydatek Q wynosi:

$$Q = 10^3 \cdot S \cdot L \cdot R \text{ (l/sec)}$$



Rys.31. Przekrój drenażu systematycznego

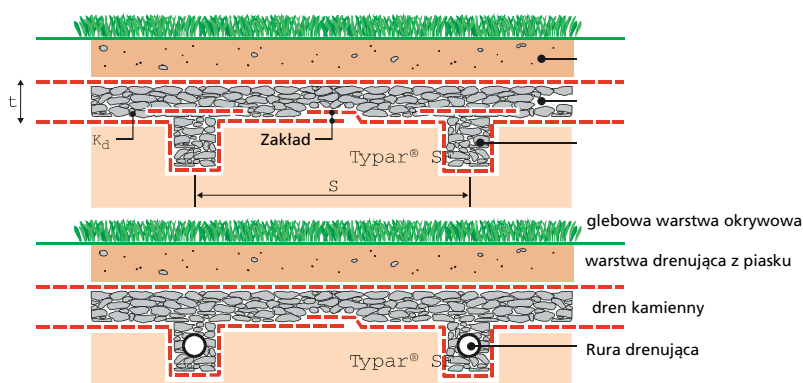
Wymagany przekrój drenu jest określany także za pomocą Tabeli 10 na str. 33.

Typ gruntu	Współczynnik filtracji k [m/sec]	Rozstaw drenów w gruncie S [m] dla różnych głębokości rowów		
		$d = 1,0\text{m}$	$d = 1,3\text{m}$	$d = 1,6\text{m}$
Namul organiczny iglasty	3.0×10^{-7}	5m	6m	8m
Pył	5.0×10^{-6}	18m	25m	30m
Pył piaszczysty	3.0×10^{-5}	47m	62m	77m
Piasek pylasty	7.0×10^{-5}	67m	88m	109m

Tab. 11. Wymagane rozmieszczenie ciągów drenażu systematycznego.

4.5.4. Drenaż warstwowy.

Boiska sportowe, w których niezbędne jest odprowadzenie wody opadowej, są typowym przykładem zastosowania drenów warstwowych. Warstwa drenująca musi zostać umieszczona poniżej warstwy gleby i roślinności, aby mieć pewność że woda wsiąka natychmiast. Warstwa drenująca powinna znajdować się między dwoma warstwami Typar® SF (filtra), aby zapobiec jej zamulaniu. W przypadku stosowania kombinacji drenu kamiennego i piaskowego, powinno się zainstalować między nimi dodatkową warstwę Typar® SF, aby uniknąć zanieczyszczenia drenu kamiennego.



Grubość drenu warstwowego t lub wymaganą wodoprzepuszczalność warstwy k_d obliczamy:

$$t = s/2 \sqrt{R/k_d}$$

gdzie:

t - grubość [m]

s - rozstaw drenów [m]

k_d - przepuszczalność materiału drenującego [m/s]

R - maksymalny opad [m/s]

Rys. 32. Przekroje dwóch różnych rozwiązań drenu warstwowego z użyciem Typar® SF

Jako wystarczający margines bezpieczeństwa polecamy przyjąć współczynnik 10 dla przepuszczalności K_d . Rozstaw drenów S oraz przekrój drenu możemy określić albo na podstawie tabeli 10, albo za pomocą wzoru:

$$Q = 10^3 * S * L * R [l/sec]$$

Pamiętajmy, że glebowa warstwa okrywowa powinna być dostatecznie przepuszczalna, aby infiltrujące wody opadowe mogły swobodnie przenikać do warstwy drenażowej.



Rys. 33. Instalowanie kompozytu drenażowego jako odwodnienia podłużnego drogi.

4.5.5. Kompozyty drenażowe.

W ciągu ostatnich lat na rynku geosyntetyków pojawił się nowy materiał drenujący, szybko zyskujący uznanie w budownictwie oraz w inżynierii lądowej: geokompozyty drenażowe. Produkt ten składa się w zasadzie ze sztywnego rdzenia geosyntetycznego, otoczonego lub zawiniętego w warstwę geowłókniny filtrującej. Rdzeń ma raczej strukturę otwartą, ale nieściśliwą, co pozwala na swobodny przepływ wody. Filtr zapobiega zamulaniu rdzenia przez grunt. Produkty te spotkać można w wielu formach i rozmiarach, w zależności od specyficznych zastosowań:

Zastosowania w inżynierii lądowej

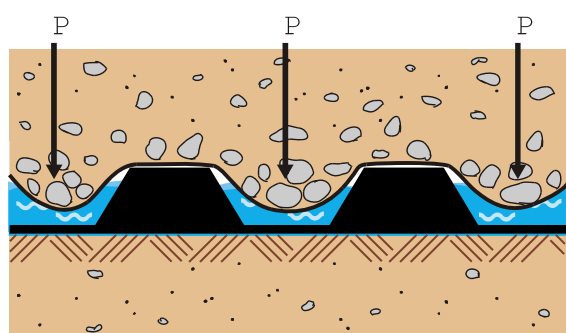
- odwodnienia drogowe: krawędziowe, warstwowe.
- składowiska odpadów: odprowadzenie gazów, zbieranie odcieków.
- drenaże warstwowe pod obiektami sportowymi
- drenaże rurowe w rolnictwie
- drenaże pionowe

Zastosowania w innych konstrukcjach budowlanych

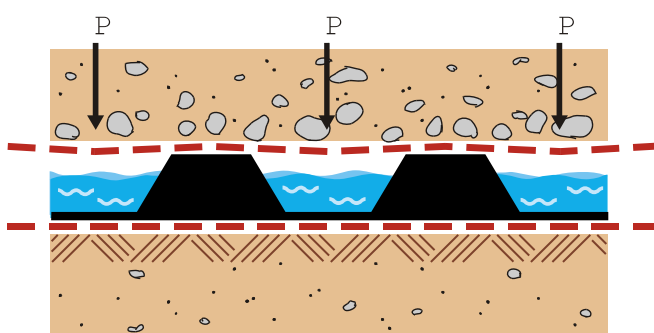
- drenaże pionowe dla ochrony ścian fundamentowych lub piwnicznych, ścian parkingów podziemnych,.....
- drenaże warstwowe na tarasach, „zielonych” dachach, balkonach,.....

Produkty geokompozytowe coraz częściej zastępują tradycyjne systemy drenażowe, składające się z kruszywa otoczonego geowłókniną. Produkcja przemysłowa oraz łatwość instalacji sprawiają, że są one ekonomiczną alternatywą dla tradycyjnych drenaży. Po dalsze wskazówki co do tych produktów, ich zastosowań, dostępności, prosimy o kontakt z Du Pont lub z lokalnym dystrybutorem TYPAR® SF.

Rys. 34a: Redukcja zdolności drenu z wiotką włókniną filtracyjną.



Rys. 34b: TYPAR® SF oraz jego doskonałe działanie jako filtra w systemie kompozytu drenażowego.

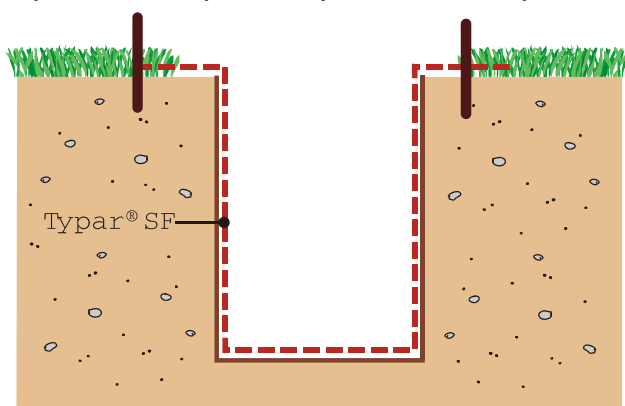


4.6. Wytyczne instalacji.

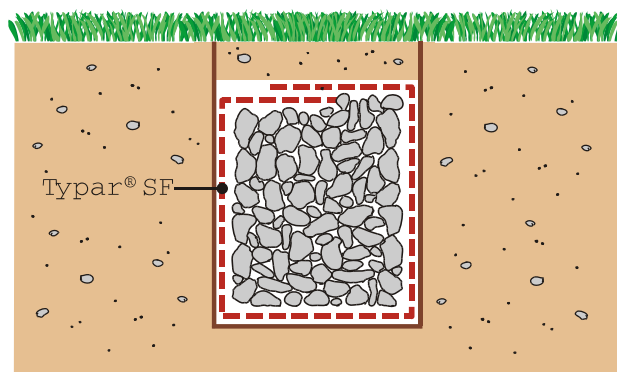
Bardzo ważnym jest, by przykryć geowłókniną TYPAR® tak szybko jak to możliwe po rozwinięciu rolki. Podczas opadów drobne cząstki gruntu są wymywane z gruntu i mogą wysychać na geowłókninie, tworząc nieprzepuszczalną warstwę gruntu (ilu). Następujące wskazówki powinny być wzięte pod uwagę podczas instalacji Typar® SF w różnych systemach drenarskich.

4.6.1. Rowy odwadniające

- Podstawa oraz ściany rowów powinny być wolne od nierówności (dziur, korzeni, itp.)
- Rozłożyć Typar® SF równoległe do rowu i zamocować jego brzegi
- Nie wciągać materiału w błoto. Może to doprowadzić do osadzenia cząstek gruntu na powierzchni włókniny i stworzenia nieprzepuszczalnej powłoki.
- Wyladować kruszywo drenujące ostrożnie, aby uniknąć wciągnięcia boków materiału w kierunku dna rowu.



Rys. 35. Przytwierdzenie Typar® SF pozwala uniknąć wciągnięcia geowłókniny w dół i zanieczyszczenia kruszywa.

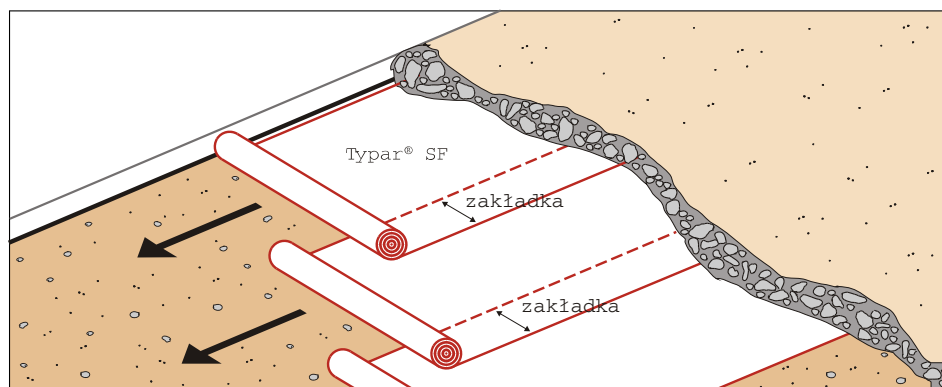


Rys. 36. Zawinięcie kruszywa przez Typar® z zachowaniem minimalnego zakładu 30 cm

- Nie wolno używać zbyt wielkich kamieni do zapelniania rowu. Wymagany jest żwir o ziarnach do 2 cm, zapewniający dobry kontakt geowłókniny i gruntu.
- Zagęścić kruszywo i zawinąć Typar® SF przed zasypaniem górnej części rowu.
- Złożyć geowłókninę na siebie, co najmniej na 30 cm.

4.6.2. Dreny warstwowe

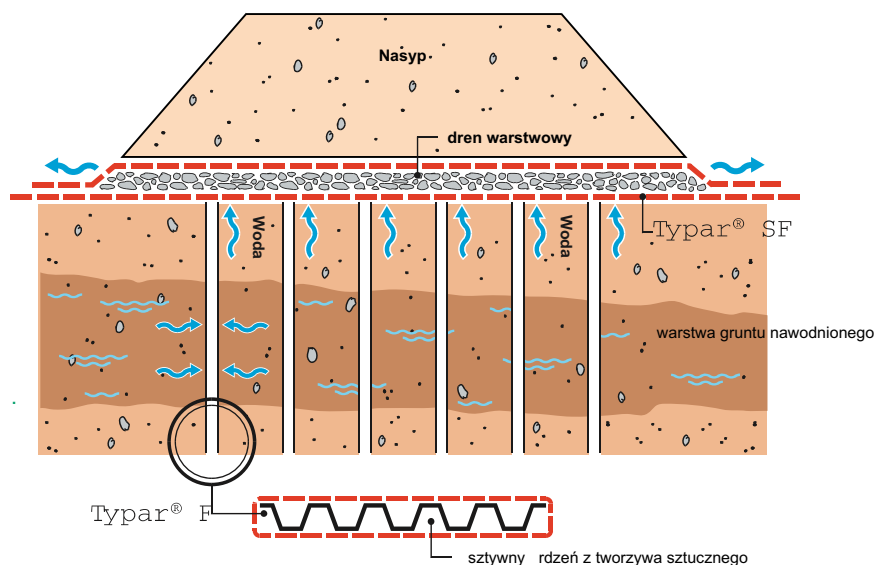
- Zakład min. 30 cm
- Nie rozwijać rolki Typar® SF zbyt daleko do przodu, szczególnie przy wietrznej pogodzie
- Używać kruszywa o stosunkowo drobnych ziarnach, aby zapewnić dobry kontakt geowłókniny i gruntu.



Rys. 37: Montaż Typar® SF w drenażu warstwowym

4.6.3. Dreny pionowe z Typar® SF

W niektórych przypadkach drenaż pionowy jest niezbędny dla przyspieszenia konsolidacji miękkiego, nawodnionego gruntu. Aby możliwe było wbudowanie drenu pionowego z użyciem specjalistycznego, ciężkiego sprzętu, niezbędne jest zastosowanie warstwy grubego kruszywa na Typar® SF. Warstwa ta będzie wówczas działała również jako dren warstwowy. Jako że Typar® SF jest umieszczony między warstwą podbudowy oraz żwiru, siły tarcia są zazwyczaj wystarczające do utrzymania go w miejscu podczas pionowej perforacji przez prowadnicę urządzenia wbudowującego dren. Aby uzyskać więcej informacji o prefabrykowanych drenach pionowych prosimy o kontakt z DuPont.



Rys. 38. Szybkie usuwanie wody w nasyconych gruntach ściśliwych z użyciem prefabrykowanych drenów pionowych.

Bibliografia

- ⁱ selected and most suitable criteria only according to "Das Geotextilhandbuch", SVG Schweizer Verband der Geotextilfachleute, 1999
- ⁱⁱ "Filter Criteria for Geotextiles", J.P. Giroud, Woodward-Clyde Consultants – Chicago, Ill., USA, Second Int. Conference on Geotextiles, Las Vegas 1982 p.103
- ⁱⁱⁱ Ground Engineering Applications of Fin Drains for Highways, R.T. Murray and A. McGown, TRL Application Guide No.20, 1992
- ^{iv} "Synthetic drain envelope-soil interactions", L.S. Willardson, R.E. Walker, Journal of the irrigation and drainage division, Dec 1979, pp 367-373
- "The soil retention and waterflow performance of some drain tube filter materials", R.S. Broughton, C. Damant, S. Ami, B. English, McGill

- University Quebec, Canada, 3rd National Drainage Symposium, Chicago, Illinois, Dec 1976
- "A laboratory test of performance of civil engineering filter fabrics", D.B. Simons, Yung Hai Chen, S.M. Morrison, P.M. Demery, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 1979
- "Model tests on drainage materials", F.C. Zuijima, J. Scholten, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Smedinghuis, Lelystad, 1977
- "Comparison of seven filter cloth materials as a wrap for underdrains", Department of State Highways and Transportation, Michigan, 1977
- ^v "Seepage, drainage and flow nets", H.R. Cedergren Wiley & Sons Inc, 1967, John

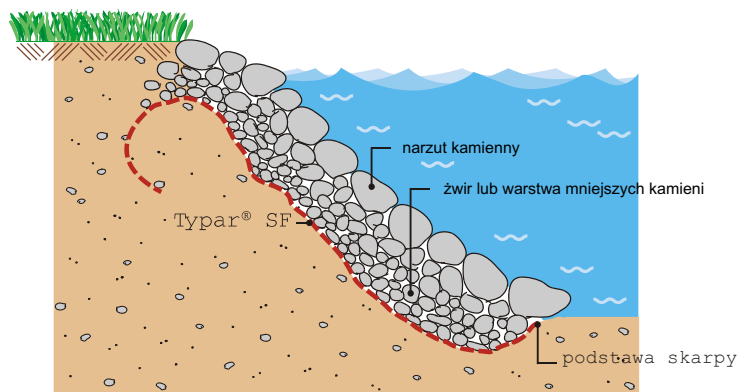
OCHRONA PRZED EROZJĄ

5.1. Wprowadzenie	40
5.2. Funkcje	40
5.3. Dobór odpowiedniego typu geowłókniny Typar® SF	41
5.3.1. Kryterium filtracji	41
5.3.2. Kryterium energii	41
5.4. Wytyczne wbudowania: Systemy ochrony przed erozją z Typar® SF	42

5. OCHRONA PRZED EROZJĄ

5.1. Wprowadzenie

Ochronę przed erozją definiuje się jako : „użycie geowłókniny w celu zapobieżenia ruchom gruntu lub innych elementów na powierzchni, np. skarpy”.³³



Rys. 39. Typar® SF w zastosowaniu do ochrony przed erozją.

Proces erozji jest częścią cyklu geologicznego, naturalnego zjawiska, w którym woda i powietrze są szczególnie aktywnymi czynnikami powodującymi erozję gruntu. Geowłóknina jest używana jako część systemu ochrony przed erozją, do zabezpieczenia gruntu (zboża wysokiego brzegu morskiego, brzegi rzek, ochrona dna) przed tymi wpływami. W zależności od siły wody (prędkość przepływu, działania fal, przyływów) oraz charakterystyki gruntu może dojść do procesów niszczących w dużej skali, np. osuwisk mas ziemnych.

5.2. Funkcje

Główną funkcją geowłóknin w systemie ochrony przed erozją jest utrzymanie rodzimego materiału bez wytworzenia przyrostu ciśnienia wody w porach gruntu. Geowłóknina zastępuje konwencjonalny dobrze uziarniony filtr między chronionym gruntem a gabionami, wzmocnieniem skarp w postaci narzutu kamiennego lub płyt betonowych przykrywających geowłókninę filtrującą. Jej odpowiednio dobrane wymiary porów utrzymują grunt i nie dopuszczają do rozwoju erozji skarp. Oczywiście geowłóknina musi jeszcze spełnić wymagania wytrzymałościowe. Geowłóknina Typar® SF jest idealnym filtrem w ochronie przed erozją i zastępuje wielofazowe filtry z kruszywem, gdyż:

- jej mocna, jednorodna i spójna struktura sprzyja skuteczniejszemu pochłanianiu i rozpraszaniu bezpośredniego naporu wody, nie powodując rozdrobnienia gruntu.
- jej właściwości hydrauliczne pozwalają na przepływ wody, podczas gdy cząstki gruntu są zatrzymywane. Wyeliminowane jest więc narastanie ciśnienia hydrostatycznego w długim okresie czasu.
- jej struktura jest bardziej zgodna w jakości i jednorodności, w porównaniu do kruszywa.
- efektywnie zapobiega podmywaniu konstrukcji, poprzez ograniczenie możliwości wystąpienia przebiecia hydraulicznego i wymywania gruntu.

5.3. Wybór odpowiedniego typu Typar® SF

Podczas projektowania systemów drenażowych, ważnym elementem, który inżynier musi wziąć pod uwagę, są topografia, poziom lustra wody, skład gruntu oraz charakterystyka drenu i filtra, który ma być użyty. Przy wyborze filtra w postaci geowłókniny trzeba wziąć pod uwagę kryterium filtracji oraz absorpcji energii.

5.3.1. Kryterium filtracji

Geowłóknina użyta w systemie ochrony przed erozją musi spełniać kryterium filtracyjne w warunkach dynamicznego przepływu (przepływ dwukierunkowy), tzn. w warunkach spełniających wymogi wodoprzepuszczalności, maksymalna umowna średnica porów (O_{90}) powinna być jak najmniejsza.

Np. dla gruntów gruboziarnistych o ($D_{40} > 0,06 \text{ mm}^{35}$), muszą wystąpić:

$$O_{90} < D_{60} \text{ oraz } O_{90} < 1,5 * D_{10} * \sqrt{C_u}$$

Jeżeli chodzi o wodoprzepuszczalność, należy uwzględnić następujące aspekty:

- Warunki kontaktu między podłożem gruntowym a Typar®SF: w zastosowaniach ochrony przed erozją, geowłóknina może nie wszędzie przylegać ściśle do gruntu naturalnego, gdyż występuje efekt „balonowania” geowłóknin z powodu odwrotnego przepływu wody, powodującego upłynięcie gruntu w podłożu pod geowłókniną oraz rozkład naturalnej warstwy filtracyjnej pod geowłókniną. Jednak stosując żwir o małych wymiarach ziaren nie większych niż 50 do 100 mm, można osiągnąć dobry kontakt między geowłókniną a gruntem poniżej.
- Wpływ warstwy wierzchniej na przepuszczalność: Wodoprzepuszczalność Typar® SF jest dopasowana do wodoprzepuszczalności gruntu naturalnego. Jednak w niektórych sytuacjach potrzebne może być dopasowanie do wodoprzepuszczalności warstwy wierzchniej. Np. jeżeli płyty betonowe są stosowane bezpośrednio na Typar® SF i przerwa między nimi jest minimalna, przepuszczalność Typar® SF pozostaje niezmienna, ale nie może być wykorzystana na całej powierzchni. Woda z podłoża musi najpierw zostać doprowadzona do przerw między płytami. Efektywny obszar przepuszczalny zostaje ograniczony. Aby wyeliminować ten efekt i zapewnić dodatkową ochronę przed uszkodzeniem przy wbudowywaniu, układa się warstwę żwiru lub piasku między płytą a geowłókniną. Co więcej, chroni to geowłókninę przed możliwym działaniem promieni UV.

5.3.2. Kryterium energii

Podczas budowania systemu ochrony przed erozją, kamienie mogą zostać zrzucone na geowłókninę. W tym przypadku konieczne będzie użycie Typar® SF z wysokim potencjałem absorpcji energii, np. typu z poziomem energii 3 (patrz Rys. 22 i Tab. 6).

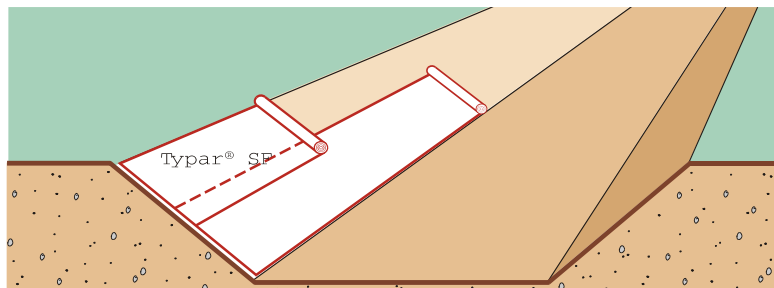
Kiedy podłoże gruntowe deformuje się miejscowo, podczas gdy obszary sąsiednie pozostają nienaruszone, mogą pojawić się na geowłókninie lokalne duże odkształcenia przy rozciąganiu. Mogą one wywodzić się z dwóch mechanizmów: nierównomiernego osiadania oraz przemieszczania się materiału pod geowłókniną.

To pierwsze może wynikać z przestrzennej zmienności nośności podłoża gruntowego, zróżnicowania obciążenia, osłabienia i deformacji plastycznej gruntu. Wysoki moduł początkowy może stabilizować grunt pod Typar® SF i redukować niejednorodne osiadanie.

Ruch materiału pod geowłókniną może być konsekwencją wykonania wykopów wzdłuż brzegów geowłókniny lub uszkodzeń w postaci zmęczenia lub rozdarcia materiału. Geowłóknina z wysoką absorpcją energii jest idealnie dostosowana, by sprostać takim trudnym warunkom pracy i zminimalizować potencjalne uszkodzenia.

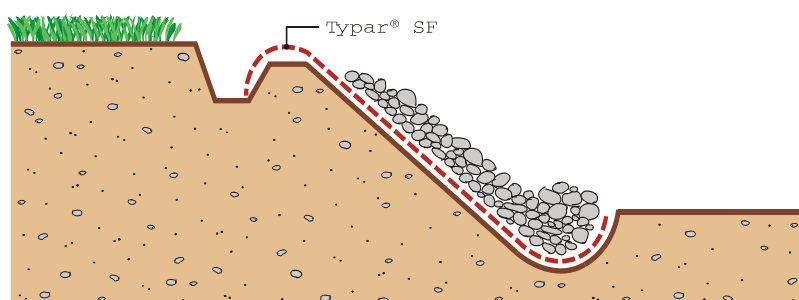
5.4. Wytyczne wbudowania: systemy ochrony przed erozją z Typar® SF

- Jeśli to możliwe, wyrównać i ubić skarpy
- Jeśli szerokość skarpy jest mniejsza niż 8 m, rozwijać Typar® SF najpierw wzdłuż niższej części skarpy, a następnie umieścić Typar® SF na górnej części skarpy z zakładem od 0,5 do 1 m



Rys. 40: Typar® SF rozwinięty najpierw na niższą część skarpy i następnie na część wyższą

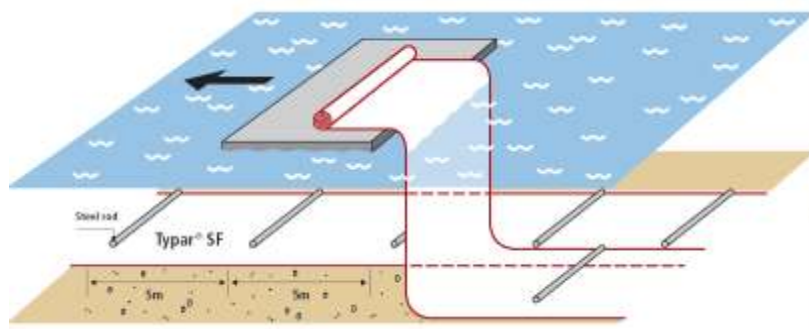
- jeżeli skarpa jest szersza niż 8m, należy rozwijać Typar® od góry do dołu skarpy, pasami o pełnej szerokości, z zakładami w kierunku przepływu wody.
- wykopać rowy na zakotwienie Typar® SF na górze i dole skarpy. Podnóże skarpy jest podstawą konstrukcji i powinno się zwrócić szczególną uwagę na jego zabezpieczenie przed podmywaniem (patrz Rys. 41).
- umieszczając narzut kamienny lub gabiony, należy zacząć u podstawy skarpy i posuwać się w górę aby uniknąć obsunięć. Kamieni narzutu nie wolno zrzucić z dużej wysokości na Typar® SF.
- aby zapewnić dobry kontakt materiał - grunt, na początku należy zastosować żwirową warstwę wyrównawczą na Typar® SF. Pozwoli ona także ochronić go przed przebiciem przez duże kamienie narzutu.
- zakotwić materiał w rowie w górnej krawędzi skarpy za pomocą gruntu i roślin. Metoda ta uniemożliwi również dostawanie się dużych ilości wód powierzchniowych pod geowłókninę i podnoszenie całej konstrukcji.



Rys. 41: Kotwienie Typar® SF przy górnej krawędzi skarpy.

Zastosowania hydrauliczne:

Podczas wbudowywania geowłókniny pod poziomem wody, Typar® SF unosi się na powierzchni, gdyż gęstość polipropylenu ($0,91 \text{ g/cm}^3$) jest mniejsza niż gęstość wody. W celu utrzymania geowłókniny w miejscu, należy na geowłókninę wysypać piasek lub żwir natychmiast po ułożeniu przez rozwijarkę. Dla szybkiego i sprawnego wbudowania, należy przymocować pręty stalowe (np. typowe pręty zbrojeniowe o średnicy 6 mm), co 5 metrów. Utrzymają one materiał w poziomie i pozwolą na wykonanie prawidłowego zakładu (bez pomocy nurków; mniejszy zakład = zmniejszenie kosztów).



Rys. 42. Przymocowanie stalowych prętów pozwala na utrzymanie materiału w poziomie i wbudowanie Typar® SF pod wodą.

PRZYKŁADOWE ZASTOSOWANIA

Kontrolowanie podciągania kapilarnego słonej wody	46
Ogrody dachowe	46
Nawadnianie roślin wzdłuż dróg	47
Ścieżki z płyt betonowych lub kostki brukowej	47
Drenaż ścian fundamentowych	47
Drenaż fundamentów budynków	47
Zapora kapilarna przy ścianach fundamentowych	48
Przydomowe oczyszczalnie ścieków	48
Rurociągi w słabych gruntach	48
Sztuczne plaże nad jeziorami	49
Ochrona geomembran	49
Drogi kolejowe, budowa i renowacja torowisk	49
Rury drenarskie i drenaż w rolnictwie	50
Falochrony i mola na słabym podłożu w dnie morskim	50
Odzyskiwanie lądu techniką namywania	50

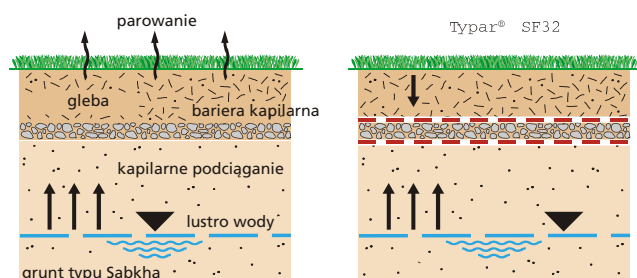
6. PRZYKŁADOWE ZASTOSOWANIA

Oprócz najczęstszych zastosowań w drogownictwie, odwodnieniach i systemach zapobiegania erozji, geowłókniny są szeroko wykorzystywane w wielu innych zastosowaniach, takich jak:

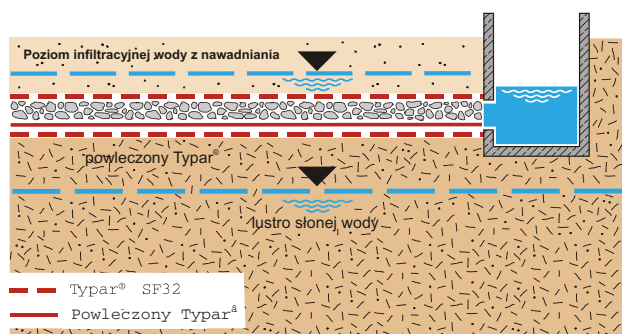
- Systemy dachowe
- Kształtowanie terenu
- Posadowienia budynków
- Ścieżki, alejki itd.

Poniżej zilustrowano przykłady specjalnych zastosowań Typar®.

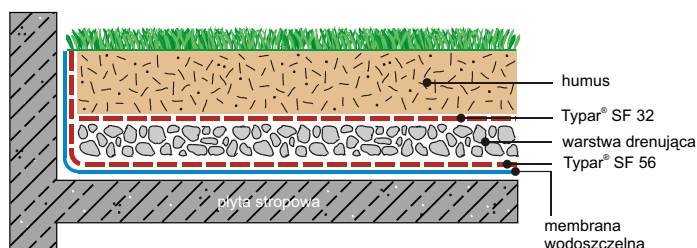
Kontrolowanie kapilarnego podciągania słonej wody



- W krajach o suchym klimacie intensywne parowanie powierzchniowe powoduje kapilarne podciąganie leżącej niżej słonej wody do ziemi żyznej, ze szkodą dla roślin.
- Bezpośrednio po wykonaniu ziarnista zaporą kapilarna zapobiegne podciąganiu słonej wody. Jednakże z czasem wymywane cząstki żyznej gleby mogą zamulić ziarnisty materiał, co będzie sprzyjać procesom kapilarnym.
- Filtr z Typar® SF zapobiegne wymywaniu gruntu.
- Skuteczna separacja z Typar® SF pozwoli na zastosowanie cieńszej warstwy bariery kapilarnej.
- Zainstalowanie powleczonego Typar® SF na dnie bariery kapilarnej utrzyma wodę z nawadniania i/ lub pozwoli wodzie z nawadniania rozmieścić się równomiernie w warstwie ziarnistej, zmniejszając przez to straty z parowania i wspomagając głęboki rozrost korzeni.
- System ten może być także stosowany w normalnych warunkach, gdzie warstwa ziarnista działa jako drenująca lub nawadniająca

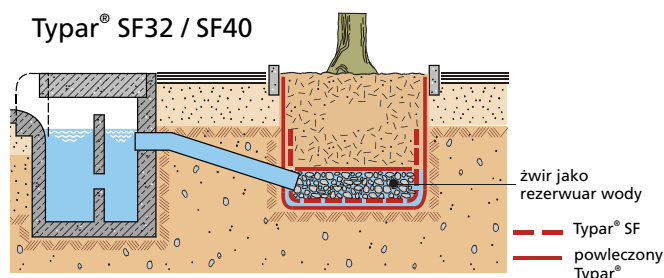


Ogrody dachowe



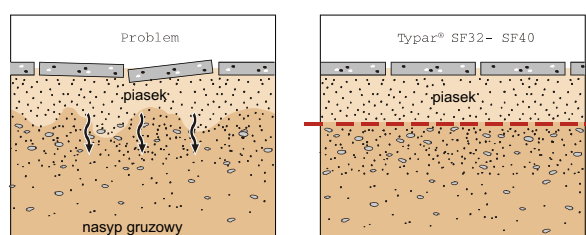
- Górna warstwa Typar® SF zapobiega wymyciu humusu do warstwy drenującej.
- Dolna warstwa Typar® SF chroni membranę wodoszczelną przed przebiciem i działa jako bariera dla korzeni.

Nawadnianie roślin wzdłuż dróg



- Retencjonowane nadwyżki opadów deszczu mogą być wykorzystane do nawadniania roślin.
- Jeśli grunt w naturalnych warunkach jest zbyt porowaty, to powleczony Typar® SF może być użyty do zapobieżenia szybkiej absorpcji wody.
- Typar® SF zapobiega też wymywaniu cząstek humusu.

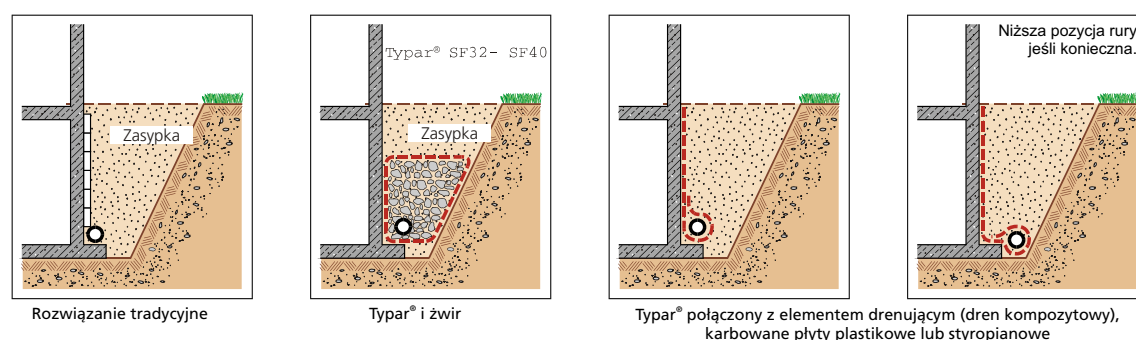
Ścieżki z płyt betonowych lub kostki brukowej



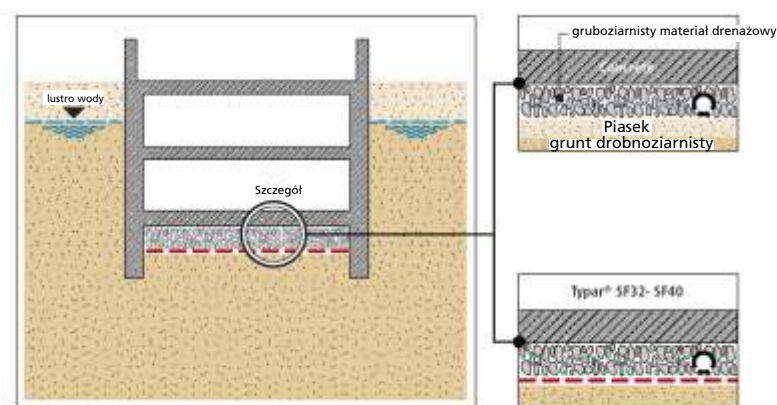
- Typar® SF zapobiega wymywaniu piasku użytego do osadzenia kostki brukowej lub płyt betonowych.
- Typar® SF minimalizuje zapadanie się płyt.

Drenaż ścian fundamentowych

Systemy drenażowe z wykorzystaniem Typar® SF są łatwiejsze i szybsze w wykonaniu. Typar® SF zapobiega zamuleniu rur drenarskich i utrzymuje ich skuteczną wydajność.



Drenaż fundamentów budynków



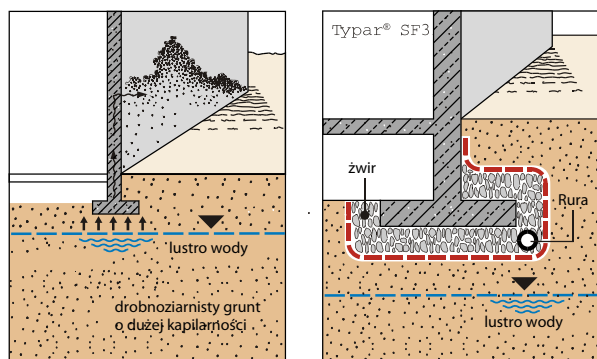
Rozwiązanie tradycyjne

- filtr kruszywowy o ciągłej krzywej przesiewu.
- ryzyko zamulenia drenażu.
- trudna i niepewna instalacja przy dużym zawilgoceniu, z możliwością zanieczyszczenia filtra

Rozwiązanie z Typar® SF

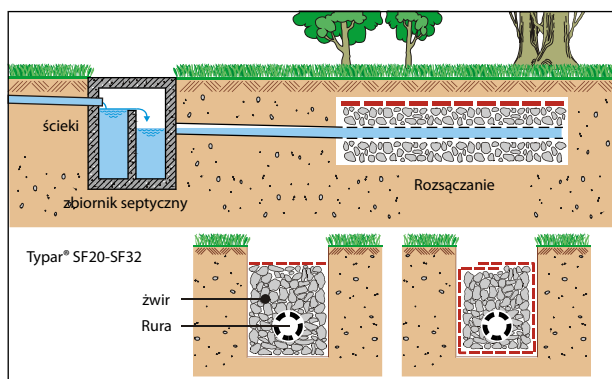
- łatwość wykonania - zapobiega zanieczyszczeniu warstwy drenującej- kruszywo o swobodnie doboranym uziarnieniu

Zapora kapilarna przy ścianach fundamentowych



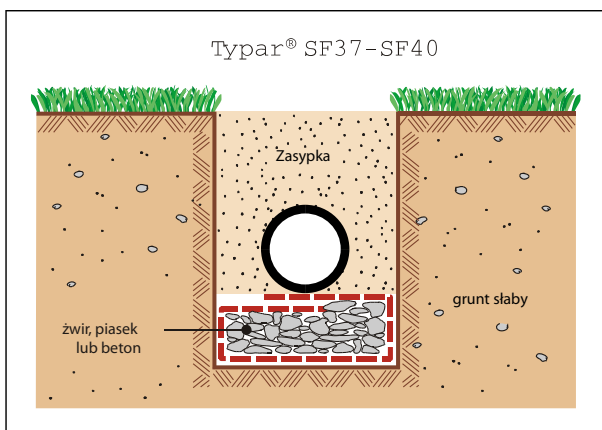
- W gruntach drobnoziarnistych wysoki poziom wody gruntowej może poprzez efekt podciągania kapilarnego oddziaływać na ściany budynków, powodując ich nadmierną wilgotność i postępujące niszczenie.
- Warstwa grubego żwiru wytwarza barierę kapilarną
- Typar® SF zapobiega zanieczyszczeniu bariery kapilarnej przez drobne cząstki gruntowe.

Przydomowe oczyszczalnie ścieków



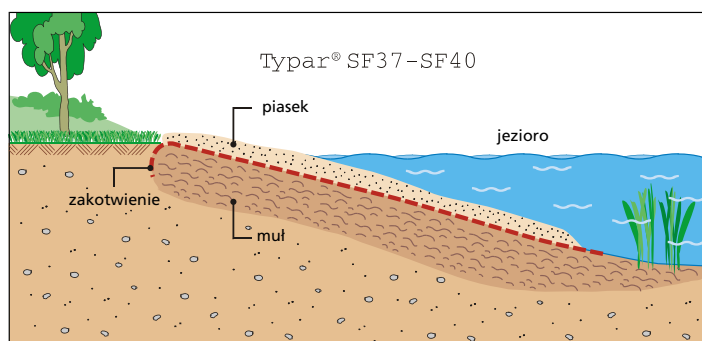
- TYPAR® SF zapobiega zanieczyszczeniu żwiru przez zasypkę lub otaczający grunt, pozwalając przez to na skuteczną biologiczną transformację ścieków, dzięki dobremu napowietrzeniu żwiru.

Rurociągi w słabych gruntach



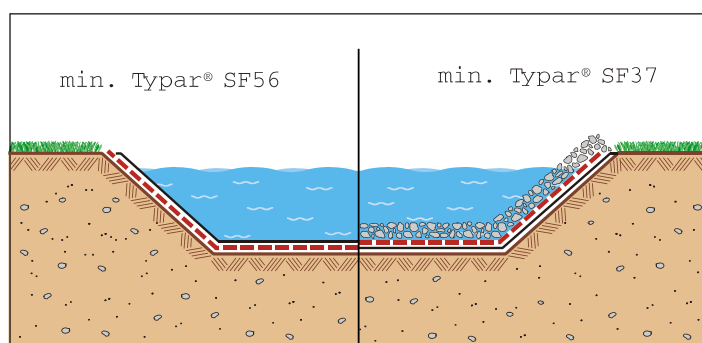
- Typar® SF umożliwia czyste wbudowanie materiału stanowiącego posadowienie rury.
- Może być osiągnięte lepsze zagęszczenie.
- Typar® SF minimalizuje nierównomierne osiadania.

Sztuczne plaże nad jeziorami



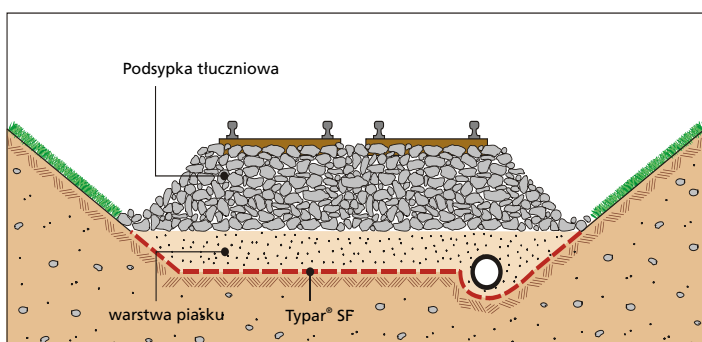
- Typar® SF zapobiega przenikaniu piasku w mulisty brzeg jeziora
- Typar® SF jest łatwy do wbudowania
- W krajach północnych, TYPAR® SF może być układany na zamrzniętych powierzchniach jezior. Kiedy lód stopnieje, geowłóknina samoczynnie układa się na dnie jeziora
- Typar® SF ogranicza też porost chwastów

Ochrona geomembran



- Typar® SF między membraną na dnie zbiornika a podłożem gruntowym (min. SF 56)
- Typar® SF między membraną a ochronną warstwą piasku (min. SF 37)
- Typar® SF zapewnia ochronę przed przebiciem

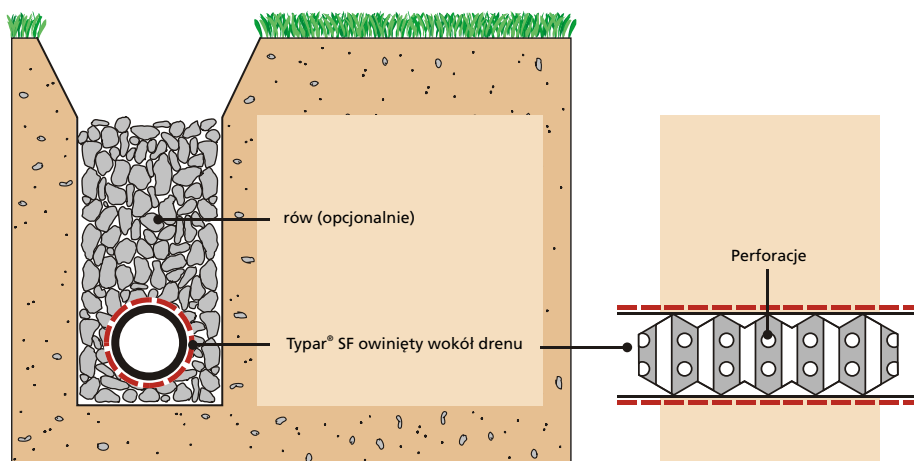
Drogi kolejowe, budowa i renowacja torowisk



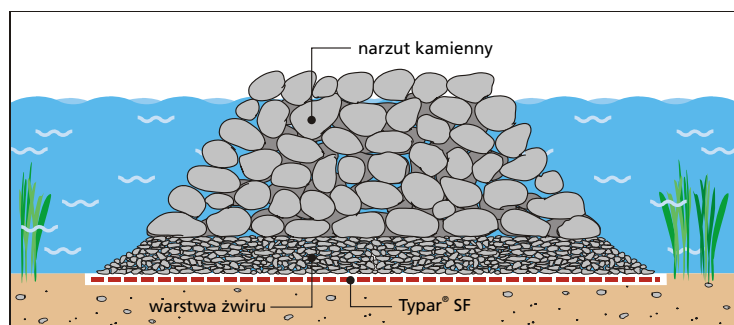
- Typar® SF nie dopuszcza do zanieczyszczenia podsypki przez "efekt pompowania" wskutek obciążeń dynamicznych.
- Pozwala na lepsze zagęszczenie i oszczędność kruszywa.
- Typar® SF utrzymuje cząstki gruntu ograniczając zamulanie.
- Zapewnia większą trwałość użytkową konstrukcji.

Rury drenarskie i drenaż w rolnictwie

- Rura karbowana owinięta geowłókniną Typar® SF może być umieszczona w gruncie nawet bez konieczności kopania rowu.
- Powierzchnia drenowana przez rurę karbowaną powiększa się nawet 90-krotnie.
- Obszar wpływu owiniętego drenu jest większy
- Można zwiększyć rozstaw drenów.
- Sztywność Typar® SF zapobiega przyleganiu geowłókniny do wnętrza karbów rury.

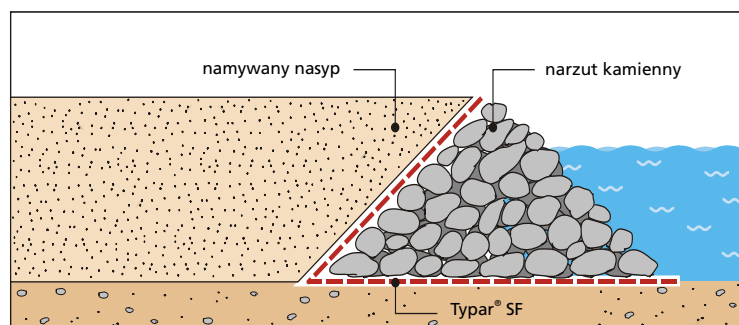


Falochrony i moła na słabym podłożu w dnie morskim



- Warstwa separacyjna Typar® SF zapobiega pogrążaniu się kamieni w słabym gruncie.
- Typar® SF musi być chroniony warstwą żwiru.

Odzyskiwanie lądu techniką namywania



- Separacyjna i filtracyjna warstwa Typar® SF nie powoduje wymywania cząstek gruntów nasypu poprzez przebicia hydrauliczne.
- Typar® SF wyklucza konieczność użycia drogiej i trudnej w wykonaniu warstwy filtracyjnej.

ANEKS

7.1. Normowe metody badań	52
7.1.1. Właściwości fizyczne	52
7.1.2. Właściwości mechaniczne	52
7.1.3. Właściwości hydrauliczne	53
7.2. Charakterystyki hydrauliczne	54
7.3. Metody wyznaczania rozkładu wielkości porów	54
7.3.1. Suchy przesiew (ASTM D 4751)	54
7.3.2. Mokry przesiew (EN 12596)	54
7.4. Absorpcja energii	54
7.5. Porównanie właściwości	55
7.6. Surowce	55
7.7 Odporność na promieniowanie i chemikalia	56
7.8. Odporność termiczna	58
7.8.1. Niskie temperatury	58
7.8.2. Wysokie temperatury	58
7.9. Metody łączenia	58
7.9.1. Szycie	58
7.9.2. Zakładkowanie	59
7.10. Użyteczne dane	60
7.11. Tekst specyfikacji	64
Geowłókniny używane do separowania materiałów w pracach ziemnych	64

7. ANEKS

7.1. Normowe metody badań

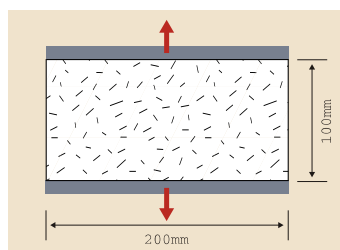
Geowłókniny zostały wynalezione przez przemysł włókienniczy, stąd więc początkowo badano ich właściwości stosując testy opracowane dla klasycznych materiałów tekstylnych. Wkrótce jednak okazało się, że testy te nie odpowiadają rzeczywistym zachowaniom się geowłóknin, w szczególności w kontakcie z gruntem. Instytuty wielu krajów opracowały nowe urządzenia badawcze i metody testów bardziej odpowiednie dla geowłóknin. Spowodowało to jednak utrudnienia w porównywaniu różnych produktów z różnych krajów. Zestaw testów opracowany według norm europejskich od kilku lat zapewnia wspólną podstawą badań (patrz 7.1.1. - 7.1.3.) i jest akceptowany nie tylko w krajach Unii Europejskiej, ale również w pozostałych krajach Europy, a także przyjęty jest przez ISO (Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna).

7.1.1. Właściwości fizyczne - opisowe

Gramatura EN ISO 9864 Masa określana jest przez wagę małych próbek o znanych rozmiarach, pobieranych na całej długości i szerokości badanej geowłókniny.

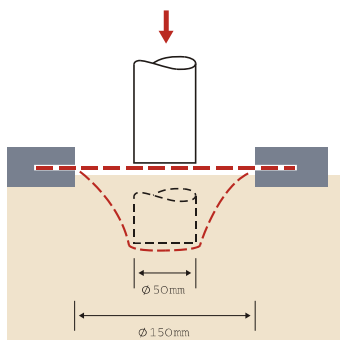
Grubość przy określonym nacisku EN ISO 9863-1 Grubość geowłókniny oznaczana jest dla nacisku od 2 kPa do 200 kPa, co stanowi symulację rzeczywistych warunków pracy geowłókniny.

7.1.2. Właściwości mechaniczne



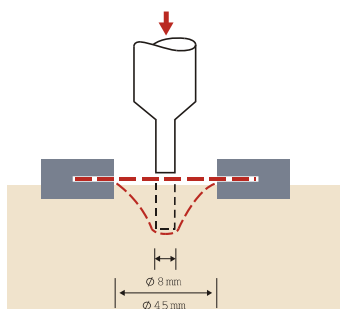
Test rozciągania szerokopasmowego EN ISO 10319

Badanie to przeprowadzane jest dla wszystkich rodzajów geowłóknin i geosiatek, na próbce o szerokości 200 mm i długości 100 mm. Próbkę poddawana jest działaniu wzdluznej siły aż do rozerwania, z pomiarem maksymalnej wytrzymałości na rozciąganie, wydłużenia i absorpcji energii. Główną różnicą między tą metodą, a innymi jak np. DIN 53857, ASTM D1682 itd. jest szerokość próbki lub prędkość narastania odkształceń.



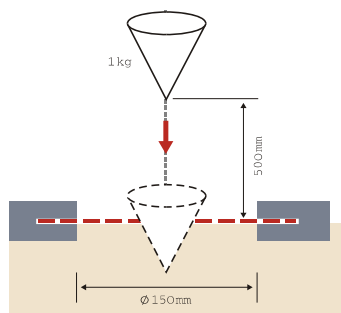
Test statycznego przebicia (CBR) EN ISO 12236

Stalowy trzpień (50 mm średnicy) jest wciskany ze stałą prędkością w środku próbki zamocowanej między dwoma stalowymi pierścieniami. Mierzona jest maksymalna siła, przy której następuje przebicie i maksymalne odkształcenie w tym momencie.



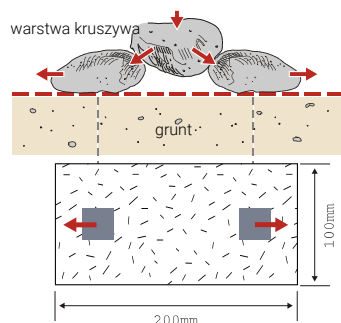
Odporność na przebicie (pręt amerykański) ASTM D4833

Badanie to jest podobne do testu statycznego przebicia (CBR) z tym, że używany jest inny trzpień (średnica 8 mm) i rozmiary próbki są mniejsze. Jednakże Koerner poleca test CBR jako dający bardziej zgodne wyniki.



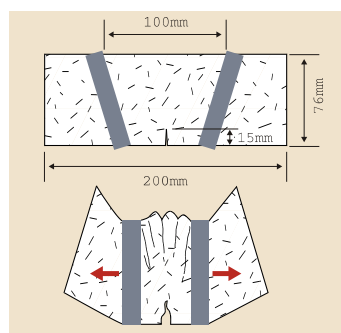
Test dynamicznego przebicia (badanie spadającym stożkiem) EN ISO 13433

Stalowy stożek spuszcany jest z wysokości 50 cm na środek zamocowanej próbki geowłókniny. Miarą oporów perforacji jest średnica powstałego otworu. Jest to jednak tzw. badanie wskaźnikowe, przydatne tylko do jakościowego, względnego porównania różnych produktów. Warunki badania nie odpowiadają rzeczywistym warunkom pracy geowłókniny, stąd też wynik badania nie jest parametrem geowłókniny.



Odporność na rozdzielanie ASTM D4632

Do próbki przykładane jest jednostajnie rosnące obciążenie wzdłużne aż do momentu rozdarcia geowłókniny. Mierzona jest maksymalna siła rozdzielająca i wydłużenie badanej próbki. Test ten symuluje sytuację, w której geowłóknina poddana jest siłom rozciągającym, wywołanym przez rozsuwanie się ziaren kruszywa na boki, w warunkach ich pionowego obciążenia.



Odporność na kontynuację rozdarcia ASTM D4533

Wstępnie nacięta próbka poddawana jest siłom rozciągającym powodującym dalsze rozdzielanie.

Test rozsadzający ASTM D3786

Gumowa membrana napełniana powietrzem używana jest do wymuszenia deformacji próbki geowłókniny w kształcie półkuli o średnicy 30 mm, aż do rozerwania geowłókniny. Ze względu na małe rozmiary próbki i dużą zmienność przebiegu testu, jego wyniki są często bardzo zróżnicowane.

7.1.3. Właściwości hydrauliczne

Charakterystyczna wielkość otworów EN ISO 12956 Materiał o określonej granulacji przemywany jest przez pojedynczą warstwę próbki geowłókniny użytej jako sito i określa się rozkład wielkości cząsteczek. Charakterystyczna wielkość otworów odpowiada zdefiniowanej średnicy zastępczej D_{90} badanego materiału ziarnistego.

Natężenie przepływu BS 6906-3 Mierzony jest przepływ wody, przy naporze hydraulicznym 10 cm, przez jedną warstwę geowłókniny prostopadle do jej powierzchni, w określonych warunkach [$l/(s \cdot m^2)$].

Wodoprzepuszczalność (wskaźnik prędkości) EN 11058

Metoda stałego naporu hydraulicznego: próbkę w postaci pojedynczej warstwy geowłókniny odbywa się jednokierunkowy przepływ wody, prostopadle do płaszczyzny próbki, przy różnych stałych naporach hydraulicznych. **Metoda zmiennego naporu hydraulicznego:** podobnie jak w metodzie stałego naporu, ale z dopuszczeniem zmniejszania się naporu w trakcie badania. Rezultatem jest wskaźnik prędkości ($V_{I_{H50}}$) w mm/s, odpowiadający zmniejszeniu naporu hydraulicznego o 50 mm na badanej próbce, oraz przenikalność (permittivity) [s^{-1}] (przekształcenie: $s^{-1} \cdot 50 = l/(s \cdot m^2) = mm/s$). Badanie to zostało wprowadzone stosunkowo niedawno (w 1999 roku) i jego wynik jest często mylony z współczynnikiem filtracji k też wyrażanym w mm/s.

Wodoprzepuszczalność pod obciążeniem DIN 60500-4

Współczynnik filtracji k w kierunku normalnym do powierzchni geowłókniny mierzony jest przy stałym naporze hydraulicznym i przy różnych obciążeniach. Jest to badanie szczególnie interesujące przy porównywaniu geowłóknin o różnych grubościach.

7.2. Charakterystyki hydrauliczne

• Współczynnik filtracji k [m/s] opisuje przepływ zdemineralizowanej i odpowietrzonej wody w kierunku pionowym, i jest mierzona za pomocą odpowiedniego przepływomierza. Pomiar natężenia przepływu Q oraz gradientu hydraulicznego i pozwala na określenie współczynnika filtracji $K_n = Q/i$ dla ustalonego przepływu laminarnego. Gradient hydrauliczny i definiowany jest jako strata naporu hydraulicznego dH na drodze filtracji równej grubości geowłókniny t_g , stąd: $i = dH/t_g$. Struktura geowłókniny ma bardzo duży wpływ na wodoprzepuszczalność, co utrudnia w dużym stopniu porównywanie produktów o różnej strukturze, np. grubszych nietkanych geowłóknin, które łatwo ulegają ściśnięciu. Wodoprzepuszczalność geowłókniny powinna być wyższa niż przepuszczalność gruntu, aby nie zmniejszać natężenia przepływu wody.

• Przepuszczalność wzdłużna (transmissivity) $\Theta = k * t_g$ [m²/s] opisuje przepuszczalność w płaszczyźnie wzdłuż geosyntetyku. Na przepuszczalność wzdłużną ma wpływ wiele nieprzewidywalnych czynników takich jak np. zamulanie i parcie gruntu. Podczas gdy efekt parcia gruntu można symulować w laboratorium (np. nacisk przekazywany przez płyty piankowe), to wyznaczenie wpływu zamulania i uszczelniania otworów przez drobne cząstki gruntu jest praktycznie niemożliwe. Tak więc wyniki badań można stosować tylko do geosyntetyków zawierających rdzeń drenujący i odpowiedni filtr (maty drenażowe). Przepuszczalność wzdłużna „grubych” geowłóknin mierzona w laboratorium nie może być użyta do określenia rzeczywistych zdolności do przepuszczania wody w warunkach terenowych.

• Przenikalność (permittivity) $\Psi = K_n/t_g$ [s⁻¹] jest to stosunek współczynnika K_n filtracji materiału do jego grubości t_g . Parametr ten pozwala na porównywanie geowłóknin o różnej grubości.

7.3. Metody wyznaczania rozkładu wielkości porów

7.3.1. Suchy przesiew (ASTM D 4751)

W ramie sita mocowana jest próbka geowłókniny, na której umieszcza się szklane kuleczki o znanych wymiarach. Sito z geowłókniną wprawiane jest w wibrację w celu spowodowania przechodzenia kuleczek przez próbkę. Proces ten jest powtarzany z różnymi wielkościami kuleczek tak długo, aż określi się umowną średnicę porów O_{95} .

7.3.2. Mokry przesiew (EN 12596)

Jest to procedura podobna do stosowanej w metodzie suchego przesiewu, przy dodatkowym spryskiwaniu wodą przesiewanego przez geowłókninę materiału ziarnistego. Odpowiednio wyznaczana jest umowna średnica O_{90} , na mokro geowłókniny.

7.4. Absorpcja energii

• Definicja: „Absorpcja energii, W ” - praca, jaką trzeba wykonać, aby wydłużyć próbkę, określona całką z funkcji odpowiadającej krzywej „naprężenie - odkształcenie” (do wybranego punktu) i wyrażoną w kJ/m².

• Absorpcja energii W przy maksymalnym obciążeniu (w oparciu o normę EN 10319) Absorpcję energii W oblicza się bezpośrednio na podstawie danych otrzymanych z testu rozciągania w maszynie wytrzymałościowej, stosując poniższy wzór:

$$W = \int_0^{f_{ff}} Ff(x)dx * c * d \text{ [kJ/m}^2\text{]}$$

gdzie:

$F(x)$ jest zarejestrowaną w trakcie badania funkcją w postaci krzywej "naprężenie - odkształcenie"

c - oblicza się odpowiednio do wzoru (1) lub (2)

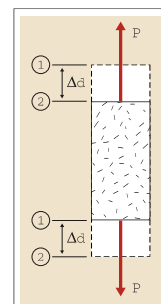
(1) $c = 1/B$ dla nietkanych gęsto tkanych i podobnych materiałów, gdzie B jest nominalną szerokością próbki w metrach

(2) $c = N_m/N_s$ dla grubo tkanych, geosiatek, georusztów lub innych materiałów o podobnych otwartych strukturach

gdzie: N_m to minimalna ilość rozciągliwych elementów na 1m szerokości testowanego produktu

N_s to liczba elementów rozciągliwych w obrębie testowanej próbki.

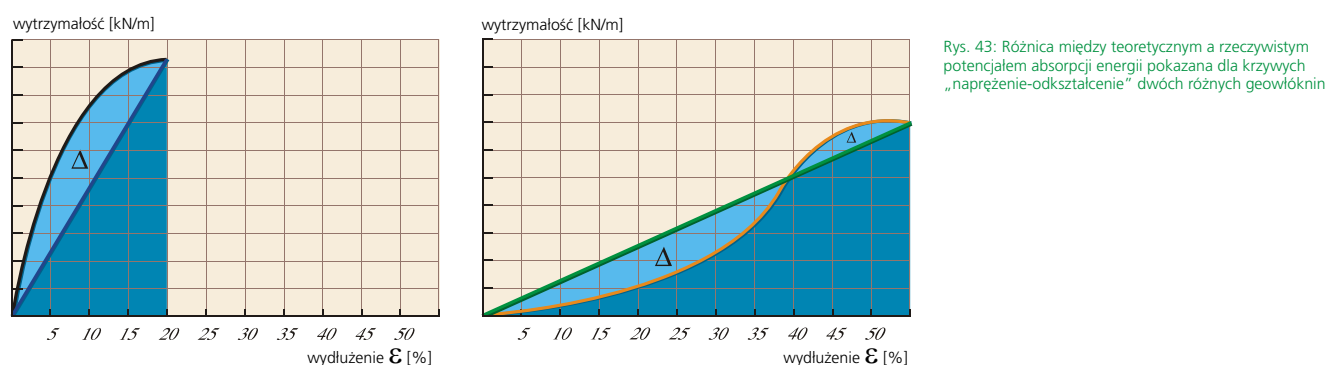
$d = 1/H$ gdzie H jest nominalną wysokością próbki w metrach.



7.5. Porównanie właściwości

Inżynierowie wielokrotnie muszą dokonywać porównań właściwości geowłóknin pochodzących z różnych źródeł. Często właściwości te określane są w oparciu o różne normy lub też materiały te bardzo się różnią (jak np. tkanie i nietkane), co utrudnia ich porównanie. Dobrą i łatwą metodą porównywania właściwości różnych geowłóknin jest porównanie absorpcji energii, w sposób podobny do metody zalecanej przez Szwajcarski Komitet Geowłóknin. Jest to zasadne porównanie, ponieważ absorpcja energii jest parametrem wyrażającym połączony wpływ różnych właściwości. Geowłóknina o wysokiej wytrzymałości na rozciąganie, ale o małych wydłużeniach, może posiadać taką samą zdolność absorpcji energii, co inna o niskiej wytrzymałości na rozciąganie, i dużych wydłużeniach. Porównując samą tylko wytrzymałość na rozciąganie lub samą rozciągliwość, nie można właściwie ocenić stopnia równoważności porównywalnych produktów.

Oto porównanie odporności na naprężenia montażowe i konstrukcyjne. Jak przedstawiono w rozdziale drugim, odporność geowłókniny na uszkodzenia osiągana jest głównie przez połączenie wysokiej wytrzymałości na rozciąganie i dużemu wydłużeniu przy zerwaniu (absorpcja energii). W niektórych krajach używana jest teoretyczna absorpcja energii ($W_{\text{index}} = 0,5 \cdot T \cdot \epsilon$), co jest uproszczeniem. Rzeczywisty potencjał absorpcji energii W jest miarą znacznie dokładniejszą i to on powinien być używany, gdyż bierze pod uwagę charakterystykę krzywej „naprężenie-odkształcenie” (np. moduł początkowy).



7.6. Surowce

Do produkcji geowłóknin używana jest szeroka gama różnych polimerów, a najczęściej polipropylen i poliester.

	PP	PES	PA	HDPE
gęstość	0,91	1,38	1,12	0,95
temperatura topnienia	165	260	220-250	130

Każdy polimer posiada swoje wady i zalety. Typowa gęstość i temperatura topnienia podana jest w poniższej tabeli.

- Polipropylen (PP) jest to termoplastyczny polimer długolącuchowy o dużej sztywności, dobrej wytrzymałości na rozciąganie oraz odporności na kwasy i zasady.
- Poliamid (PA) jest termoplastycznym polimerem o dużej wytrzymałości, odpornym na zużycie i ścieranie oraz na działanie chemikaliów.
- Polietylen (PE) używany jest w swej formie o wysokiej gęstości HDPE i stanowi termoplastyczny polimer o wysokiej wytrzymałości i sztywności oraz dobrej odporności na działanie chemikaliów.
- Poliester (PES) jest polimerem termoplastycznym o wysokiej wytrzymałości, niskiej prędkości odkształceń przy pełzaniu oraz jest odporny na działanie większości kwasów i wielu rozpuszczalników. Jednakże zastosowanie poliestru w środowisku silnie zasadowym o $\text{pH} > 10$, w szczególności w obecności wapna, cementu czy betonu, wymaga przeprowadzenia odpowiednich badań.

7.7. Odporność na promieniowanie UV i chemikalia

Podczas procesu produkcyjnego, w celu zwiększenia trwałości Typar® SF, do polipropylenu dodawane są stabilizatory. Dzięki temu Typar® SF może wytrzymać kilka tygodni w pełnym słońcu, ale długie nasłonecznienie, w szczególności w strefie tropikalnej, może spowodować obniżenie wytrzymałości. Generalnie geowłóknina powinna być przykryta bezpośrednio po położeniu, aby uniknąć degradacji pod wpływem promieniowania UV, unoszenia przez wiatr czy mechanicznego uszkodzenia.

Typar® SF jest niewrażliwy na działanie naturalnie występujących kwasów i zasad, jak również

- Kwasu mlekowego (pH 2,4) 15 dni w temp 50°C,
- Węglanu sodu (pH 11,6) 15 dni w temp 50°C,
- Wodorotlenku wapnia Ca(OH)_2 (pH 12,5) 10 g/l, 15 dni w temp 25°C.

Stężenie związku chemicznego i temperatura silnie wpływają na odporność chemiczną Typar® SF. Nie stwierdzono przy tym mierzalnej utraty wytrzymałości według SN 195808/ISO 105/B04.

Odporność chemiczna Typar® SF

Typar® SF jest odporny na działanie wszystkich kwasów i zasad normalnie występujących w gruncie. W poniższej tabeli zestawiono oceny odporności Typar® SF na działanie najczęściej spotykanych substancji chemicznych.

związek	stężenie%	temperatura °C	czas godziny/miesiące	wpływ na Typar® SF ¹
kwasy				
octowy	100	20	6 miesięcy	brak
chromowy	10	21	10 godzin	brak
bromowodorowy	10	21	10 godzin	brak
solny	10	21	1000 godzin	brak
solny	37	71	10 godzin	brak
azotowy	10	99	10 godzin	brak
azotowy	70	21	10 godzin	brak
azotowy	95	21	1000 godzin	znaczny
fosforowy	85	21	10 godzin	brak
siarkowy	60	99	10 godzin	brak
siarkowy	96	21	1000 godzin	brak
mrówkowy	100	20	6 miesięcy	brak
solny,	30	60	6 miesięcy	brak
solny	30	100	6 miesięcy	zniszczenie
siarkowy	98	20	6 miesięcy	brak
siarkowy	98	60	6 miesięcy	znaczny
siarkowy	98	100	6 miesięcy	zniszczenie
zasady				
amonowa	30	20	6 miesięcy	brak
amonowa	58	21	1000 godzin	brak
wodorotlenek sodowy	50	21	6 miesięcy	brak
wodorotlenek sodowy	50	60	6 miesięcy	brak
podchloryn sodowy	20	20	6 miesięcy	brak
podchloryn sodowy	20	100	6 miesięcy	znaczny

związek	stężenie%	temperatura °C	czas godziny/miesiące	wpływ na Typar® SF ¹
związki chemiczne:				
aceton	100	20	6 miesięcy	brak
aceton	100	56	6 miesięcy	brak
benzen	100	21	1000 godzin	brak
benzen	100	20	6 miesięcy	średni
benzen	100	60	6 miesięcy	znaczny
trójchlorek węgla	100	20	6 miesięcy	znaczny
cykloheksan	100	20	6 miesięcy	brak
cykloheksan	100	60	6 miesięcy	brak
etanol	96	20	6 miesięcy	brak
etanol	96	60	6 miesięcy	brak
etanol	96	81	6 miesięcy	brak
glikol etylenowy	100	20	6 miesięcy	brak
glikol etylenowy	100	60	6 miesięcy	brak
dwumetyloformamid	100	93	10 godzin	brak
dwumetyloformamid	100	153	10 godzin	zniszczenie
dwumetylowy tlenek siarki	100	93	10 godzin	brak
benzyna	100	20	6 miesięcy	znaczny
olej lniany	100	20	6 miesięcy	brak
olej lniany	100	60	6 miesięcy	brak
chlorek metylenu	100	20	6 miesięcy	znaczny
perchloroetylen	200	93	10 godzin	znaczny
perchloroetylen	250	121	10 godzin	zniszczenie
rozpuszczalnik Stoddarda	100	93	10 godzin	brak
olej transformatorowy	100	20	6 miesięcy	brak
olej transformatorowy	100	60	6 miesięcy	znaczny
trójchloroetylen	100	20	6 miesięcy	znaczny
terpentyna	100	100	6 miesięcy	brak
ksylen	100	93	10 godzin	brak
ksylen	100	20	6 miesięcy	znaczny

¹Zmiana wytrzymałości spowodowanej działaniem związku chemicznego:

brak:

zachowana 90% do 100% początkowej wytrzymałości

lekki:

zachowana 80% do 89% początkowej wytrzymałości

średni:

zachowana 60% do 79% początkowej wytrzymałości

znaczny:

zachowana 20% do 59% początkowej wytrzymałości

zniszczenie:

zachowana 0% do 19% początkowej wytrzymałości

7.8. Odporność termiczna

7.8.1. Niskie temperatury

Odporność na niskie temperatury ma znaczenie w przypadku użycia geowłókniny w zimnych regionach jak Alaska, północna Skandynawia itd. W ekstremalnie niskiej temperaturze, wytrzymałość na rozciąganie się zwiększa, przy jednoczesnym zmniejszeniu rozciągliwości o kilka procent. Proces ten jest odwracalny przy wzroście temperatury. Nie stwierdzono znaczących zmian wytrzymałości na rozciąganie Typar® SF o gramaturze 200 g/m² po 4 cyklach od 0°C do -18°C, zarówno dla geowłókniny mokrej, jak i suchej. Ponieważ Typar® SF nie wchłania wody, rolki geowłókniny nie zamarzają.

7.8.2. Wysokie temperatury

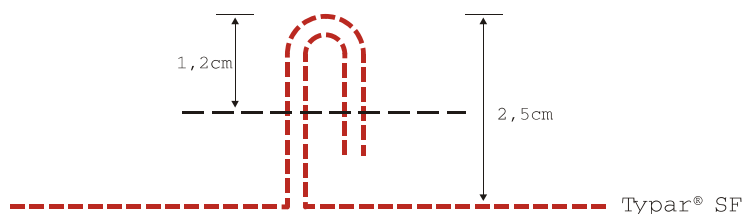
W wysokich temperaturach wytrzymałość geowłókniny zmniejsza się a rozciągliwość wzrasta. Właściwości hydrauliczne zmieniają się w małym stopniu. Szczegółowych informacji na ten temat udziela Centrum Techniczne DuPont.

7.9. Metody łączenia

7.9.1. Szycie

Zszywanie Typar® SF stosowanego dla pokrycia dużych powierzchni terenu, drenowania czy zapobiegania erozji, jest praktyczną metodą eliminacji zakładek, obniżającą koszty inwestycji. Szycie jest najpewniejszą metodą, ponieważ może być łatwo zastosowane na miejscu wbudowania, podczas gdy zgrzewanie i klejenie wymagają czystych i suchych warunków pracy.

Używany szew pokazany jest na poniższym rysunku. Zszywarka powinna być ustawiona na 2 szwy/cm. Chociaż szyta spoina stanowi wybór preferowany, to spoina zgrzewana lub klejona może dać w odniesieniu do uzyskiwanej wytrzymałości połączenia równie dobre rezultaty. Dodatkowych informacji na ten temat udziela Centrum Techniczne DuPont.

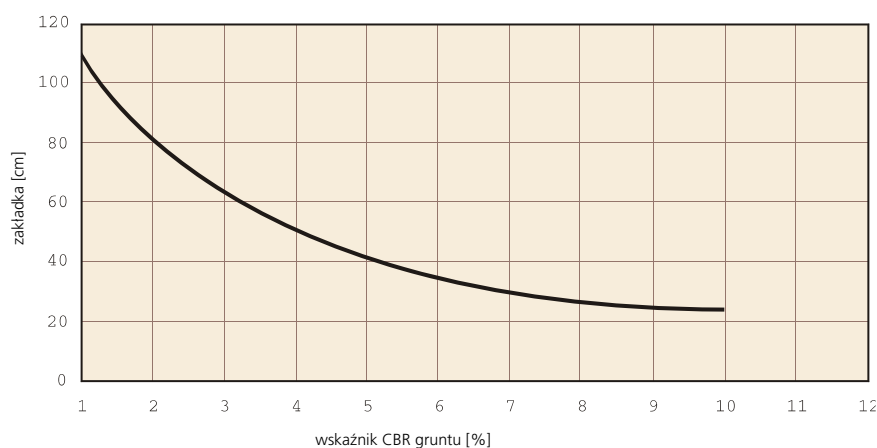


Rys. 44: Zalecany rodzaj spoiny

7.9.2. Zakładkowanie

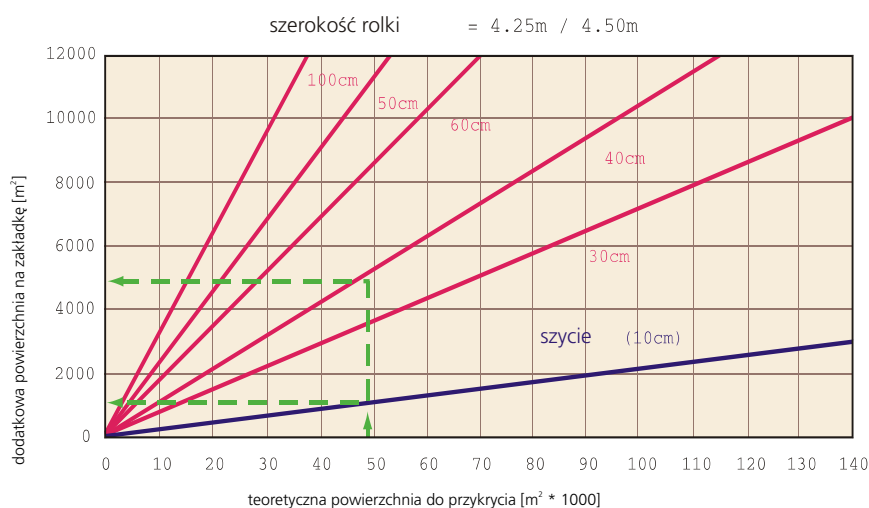
Wymagane zakładki boczne i końcowe zależą od właściwości gruntu (CBR), rodzaju projektu i deformacji, jakie mogą wystąpić. Generalnie stosuje się następujące zakładki:

- Systemy drenażowe: min 30 cm
- Parkingi, stałe drogi: 30 do 50 cm
- Systemy zapobiegania erozji: 50 do 100 cm
- Drogi tymczasowe: patrz rys. 45



Rys. 45: Zakładkowanie Typar® SF

Poniższy wykres pokazuje dodatkową potrzebną ilość Typar® SF na zakładkowanie w zależności od przekrywanej geowłókniną powierzchni i od szerokości zakładki. W sposób czytelny podaje także oszacowania możliwych oszczędności przy zastosowaniu zgrzewania lub zszywania zamiast zakładkowania.



Rys. 46: Konieczna powierzchnia zależna od szerokości zakładki

Przy zastosowaniu Typar® SF jako wzmocnienia, zakładkowanie wymaga specjalnej uwagi. W takich sytuacjach może być konieczne wykonanie dodatkowych obliczeń przez doświadczonych specjalistów-geotechników w celu sprawdzenia prawidłowości przenoszenia naprężeń.

7.10. Użyteczne dane

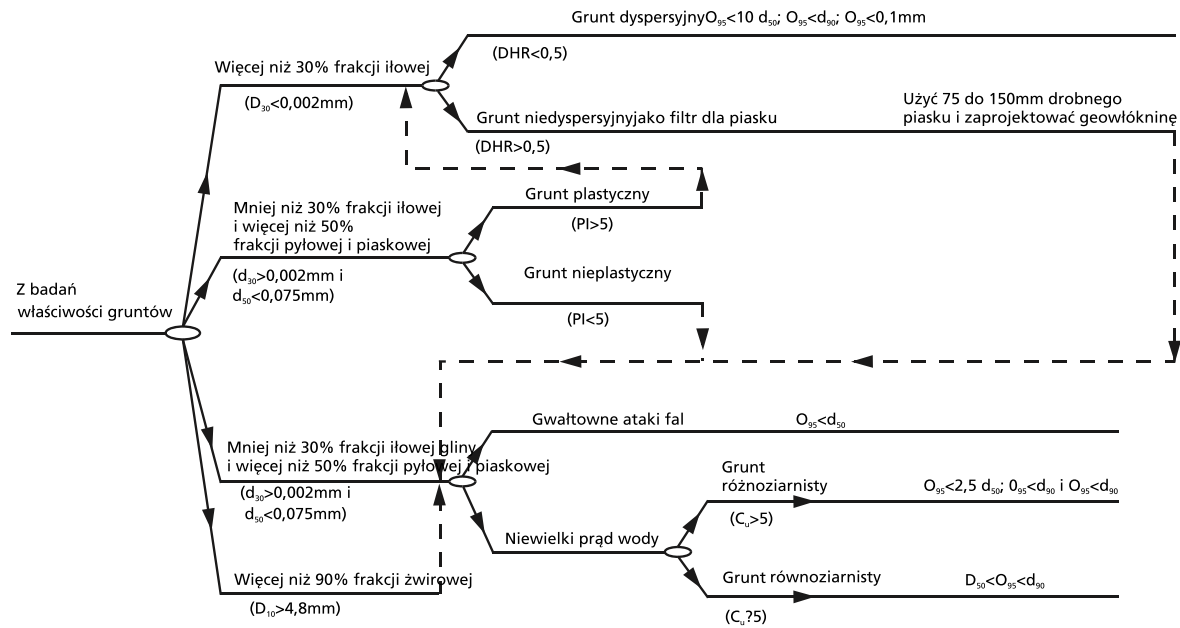
Przybliżone dane właściwości najczęściej spotykanych gruntów (dla wstępnego projektowania).

właściwość gruntu	symbol	jednostka SI	piasek			żwir	pospółka różnoziarnista	narzut z kamienia łamanego bez piasku	otoczaki	
			luźny	średnio zagęszczony	zagęszczony				bez piasku	z piaskiem i żwirem
ciężar objętościowy gruntu suchy	γ	kN/m ³	17	18	19	18	20	17	17	19
grunt nasycony wodą	γ_g	kN/m ³	19	20	21	20	21	–	–	20
porowatość	n	%	45	35	25	25 – 45	20 – 35	40 – 60	40 – 50	25 – 45
współczynnik filtracji	k	cm/sec	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁰	10 ⁻²	10 ¹	10 ¹	10 ⁰
wysokość podciągania kapilarnego	h_K	cm	20	25	30	1 – 5	25	–	–	20
maksymalna gęstość objętościowa szkieletu gruntowego wg Proctora	γ_p	kN/m ³	17 – 20			19	22	–	–	–
wilgotność optymalna	w_{opt}	%	6 – 10			5	7	–	–	–
moduł sztywności	E_s	MN/m ²	20–50	40–100	80–150	100–200	150–250	100–200	100–150	150–250
moduł odkształcenia	E_{v1}	MN/m ²	15–40	30–60	50–80	70–120	100–150	70–120	60–100	100–150
wskaźnik CBR	CBR	%	10–20	20–30	30–40	50	70	90–100	100	90–100
efektywny kąt tarcia wewnętrznego	φ'	°	30	32,5	35	37,5	37,5	40	35	37,5

Tab. 12: Grunty niespoiste

właściwość gruntu	symbol	jednostka SI	ił			głina zwalowa	głina piaszczysta		pył	namuł organiczny ilasty lub pylasty	torf
			półzwały	twardo-plastyczny	plastyczny		twardo-plastyczna	plastyczna			
ciężar objętościowy	γ_g	kN/m ³	19	18	17	21	21	19	18	15	11
porowatość	n	%	50	60	70	30	30	40	40	60	90
wilgotność naturalna	w	%	20	30	40	10	15	20	30	80	400
granica płynności	w_L	%	40 – 100			30	20 – 40		15 – 30	70 – 120	–
granica plastyczności	w_p	%	20 – 30			15	10 – 20		10 – 15	20 – 30	–
wskaźnik plastyczności	I_p	%	20 – 70			15	10 – 25		5 – 15	50 – 90	–
współczynnik filtracji	k	cm/sec	10 ⁻⁷ – 10 ⁻⁹			10 ⁻⁵	10 ⁻⁶ – 10 ⁻⁸		10 ⁻⁵	10 ⁻⁸	10 ⁻³
wysokość podciągania kapilarnego	h_K	m	5 – 100			1 – 5	1 – 5		1 – 5	1 – 5	–
maksymalna gęstość objętościowa szkieletu gruntowego wg Proctora	γ_p	kN/m ³	14 – 17			18 – 22	17 – 19		17 – 19	14 – 17	–
wilgotność optymalna	w_{opt}	%	15 – 30			10 – 15	12 – 20		12 – 20	20 – 25	–
moduł sztywności	E_s	MN/m ²	5 – 10	2 – 5	1 – 3	30 – 100	5 – 20	4 – 8	3 – 10	1 – 5	0,5–2
moduł odkształcenia	E_{v1}	MN/m ²	3 – 8	1 – 4	0,5–2	15 – 50	5 – 15	3 – 6	2 – 8	1 – 3	0 – 1
wartość wskaźnika CBR	CBR	%	2 – 5	1 – 3	0 – 2	10 – 20	3 – 10	2 – 5	1 – 5	0 – 2	0
efektywny kąt tarcia wewnętrznego	φ'	°	20	17,5	15	15	25	22,5	25	17,5	15
efektywna spójność gruntu	c'	MN/m ²	25	20	10	25	10	0	0	10	0
efektywna wytrzymałość na ścinanie	c_u	MN/m ²	40–100	20–60	5 – 40	200–500	50–200	40–100	20–100	5 – 40	0
współczynnik konsolidacji	c_v	m ² /sec	10 ⁻⁶ – 10 ⁻⁹			–	10 ⁻⁵ – 10 ⁻⁷		10 ⁻⁴	10 ⁻⁷ –10 ⁻⁹	10 ⁻³

Tab. 13: Grunty spoiste

**UWAGI:**

$$C_u = d_{60}/d_{10}$$

d_x = wymiar, od którego x % ziarn i cząstek jest mniejsze jest mniej

PI = wskaźnik plastyczności gruntu

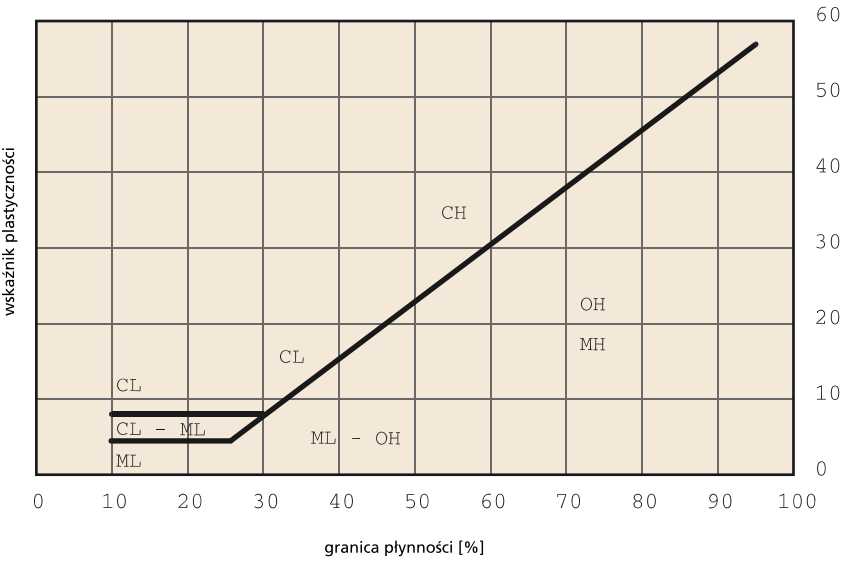
DHR = współczynnik podwójnie-hydrometryczny gruntu

O₉₅ = rozmiar otworów geowłókniny zgodnie z ASTM 04751-87

Rys. 47: (b) kryteria retencji gruntu w warunkach dynamicznego przepływu dla celów projektowania filtra z geowłókniny (za Luettich et al. [6])

	opis	% cząstek			wskaźnik plastyczności	typowa wielkość współczynnika filtracji
		< 0.006	0.06- 2 mm	> 2 mm		
GW	żwir nierównomiernie uziarniony	< 5	VAR	> 50	-	10 ⁻¹ - 10 ⁻⁴
GP	żwir równomiernie uziarniony	< 5	VAR	> 50	-	10 ⁻¹ - 10 ⁻⁴
GM	piasek nierównomiernie uziarniony	< 15	VAR	> 50	< 7	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁸
GC	piasek równomiernie uziarniony	< 15	VAR	> 50	> 7	10 ⁻⁸ - 10 ⁻¹⁰
SW	pospółka	< 15	> 50	VAR	-	10 ⁻² - 10 ⁻⁵
SP	pospółka pylasta G + S + M	< 15	> 50	VAR	-	10 ⁻² - 10 ⁻⁵
SM	pospółka gliniasta (ilasta), G + S + C	< 15	> 50	VAR	< 7	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁸
SC	piasek pylasty	< 15	> 50	VAR	> 7	10 ⁻⁸ - 10 ⁻¹⁰
ML	piasek gliniasty (ilasty)	< 15	> 50	VAR	< 4	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁸
CL	pył	< 15	> 50	VAR	> 7	10 ⁻⁸ - 10 ⁻¹⁰
GM - ML	mulek	> 50	~ 50	VAR	< 4	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁸
GM - GC	ił	> 50	~ 20	VAR	> 7	10 ⁻⁸ - 10 ⁻¹⁰
GM - ML	żwir pylasty	> 15	VAR	> 40	< 4	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁸
GM - GC	żwir ilasto-pylasty	> 15	VAR	> 40	4 - 7	10 ⁻⁸ - 10 ⁻¹⁰
GC - GL	żwir gliniasty (ilasty)	> 15	VAR	> 40	> 7	10 ⁻⁸ - 10 ⁻¹⁰
SM - ML	pył piaszczysty	15 - 50	~ 50	VAR	< 4	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁸
SM - SC	piasek ilasto-pylasty	15 - 50	~ 40	VAR	4 - 7	10 ⁻⁸ - 10 ⁻¹⁰
SC - CL	ił piaszczysty	15 - 50	~ 40	VAR	> 7	10 ⁻⁸ - 10 ⁻¹⁰
CL - ML	ił pylasty	> 50	VAR	VAR	4 - 7	10 ⁻⁷ - 10 ⁻¹⁰
OL	namuł organiczny pylasty	> 50	VAR	VAR	> 10	-
OH	namuł organiczny ilasty	> 50	VAR	VAR	> 20	-
PT	torf	-	-	-	-	-

Tab.15: Klasyfikacja gruntu wg USCS (Unified Soil Classification System)



Wg: Casagrande'a

Rys. 48: Klasyfikacja gruntu wg USCS oparta na wskaźniku plastyczności

CBR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	CBR
Klasyfikacja gruntu wg ASTM											
OH		CH									
		MH			OL						
PT					CL				ML		
Klasyfikacja gruntu wg AASHTO											
									A-2-6		
				A-4							
					A-5						
						A-6					
A-7-6					A-7-5						
Klasyfikacja gruntu wg FAA											
									E-6		
						E-7					
					E-8						
				E-9							
			E-10								
		E-11									
		E-12									
Podłoże bardzo słabe			Podłoże słabe		Podłoże dość dobre		Podłoże przeciętne			Podłoże dobre	
15	30	60	120	140	Wytrzymałość na ścinanie						
0	10	20	30	40	R, współczynnik (Kalifornia)						
2	3	4	5	6	S, współczynnik podparcia gruntu						
20	15	10	5	5	Indeks grupowy						
0	5	10	15	20	25	30	35	38	40	42	
50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	
140	170	210	280	330	Parametr nośności, kPa, płyta 300 mm średnicy, ugięcie 5 mm, 10 powtórzeń						
70	140	210	280	330	Parametr nośności, kPa, płyta 760 mm średnicy, ugięcie 2,5 mm						
27	40	55	Moduł reakcji podłoża, kPa/mm								
CBR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	CBR

Przybliżony CBR	Procedura identyfikacyjna	Symbol grupy	Nazwa grupowa gruntu
Mniejsza niż 2	Łatwo wcisnąć kciuk	ML	Pył
2 - 3	Można wcisnąć kciuk przy przeciętnym wysiłku	MH	Pył mikowy
3 - 6	Można kciukiem wykonać zagłębienie w powierzchni	OL	Namul organiczny pylasty
6 - 16	Można wykonać zagłębienie powierzchni paznokciem kciuka	CL	Il pylasty
ponad 16	Trudno wykonać zagłębienie paznokciem kciuka	CH	Wysoko plastyczny il
		OH	Namul organiczny ilasty
		PT	Torf i mul organiczny

Tab. 16: Tabela korelacyjna dla oceny wartości CBR podłoża nienamoczonego na podstawie wytrzymałości lub właściwości gruntu

7.11. Tekst specyfikacji

Geowłókniny używane do separowania materiałów w pracach ziemnych

..... m² geowłókniny do dostarczenia i zainstalowania.

Specyfikacja dla geowłókniny Typar® SF lub jej równoważnego odpowiednika.

Zgrzewana termicznie, nietkana, wykonana

- Z 100% polipropylenowych ciągłych włókien
- Zgodnie z systememami jakości ISO 9001, ISO 14001

Stopień ściśliwości	EN 964	< 15 %
Absorpcja energii	EN ISO 10319	≥ ____ kN/m
Wytrzymałość na rozciąganie	EN ISO 10319	≥ ____ kN/m
Wytrzymałość na rozciąganie przy 5% wydłużeniu	EN ISO 10319	≥ ____ kN/m
Rozciągliwość	EN ISO 10319	≥ ____ %
Wytrzymałość na przebicie statyczne wg metody CBR	EN ISO 12236	≥ ____ N
Wytrzymałość na dynamiczne przebicie spadającym stożkiem	EN ISO 13433	≥ ____ mm
Wytrzymałość na rozdzieranie	ASTM D4533	≥ ____ N
Wodoprzepuszczalność (wskaźnik prędkości)	EN ISO 11058	≥ ____ mm/s
Wodoprzepuszczalność pod obciążeniem 20 kN/m ²	DIN 60500	≥ ____ 10 ⁻⁴ m/s
Umowna wielkość porów O ₉₀	EN ISO 12956	≤ ____ μm (mikronów)

Materiał geowłókniny powinien być odporny na działanie promieniowania UV i obojętny na działanie typowych związków chemicznych znajdujących się w gruncie i w wodzie.

Rolki geowłókniny powinny być odpowiednio owinięte w celu ich ochrony oraz każda rolka powinna być zaopatrzona w etykietę i opisana dla celów identyfikacji w miejscu zastosowania, jak również dla celów inwentaryzacyjnych oraz kontroli jakości.

Powierzchnia, na którą będzie kładziona geowłóknina powinna zostać stosunkowo gładka, pozbawiona nierówności, wgłębień i rumowiska. Instalacja geowłókniny powinna przebiegać zgodnie z kierunkiem rozbudowywania konstrukcji. Wzdłużne połączenia materiału powinny być wykonywane z zakładem minimum 30 cm, zszywane lub łączone inną metodą, zalecaną w specyfikacji inżynierskiej. W przypadku użycia maszyn do kładzenia geowłókniny, podłożem dla ich pracy powinien być grunt, a nie dotychczas położona geowłóknina.

Informacje zamieszczone w tej dokumentacji zostały opracowane na podstawie najnowszych dostępnych danych (wiedzy i doświadczenia), jakimi dysponuje nasza firma. Informacje te mają jedynie charakter orientacyjny i są przekazywane w celu ułatwienia przeprowadzenia testów, które muszą zostać wykonane przez użytkownika w celu określenia, czy produkty naszej firmy odpowiadają określonemu zastosowaniu. Informacje te mogą być modyfikowane w miarę pozyskiwania nowych danych. W razie braku danych dotyczących szczegółowych warunków wykorzystywania ich produktów, firma DuPont de Nemours nie ponosi żadnej odpowiedzialności za uzyskane rezultaty lub sposób wykorzystania informacji zamieszczonych w tej dokumentacji. Ponadto, informacje zamieszczone w tej dokumentacji nie mogą w żadnym wypadku być wykorzystywane w celu naruszenia jakichkolwiek przepisów dotyczących praw patentowych.

DuPont™ Typar® SF

Geowłókniny

Inne publikacje DuPont Typar® Geosyntetyki:

- + Typar® SF broszura
- + Zalecenia doboru Typar® SF
- + Typar® dane techniczne
- + Typar® HR produkt i przewodnik
- + Typar® HR geokompozyty wysokiej wytrzymałości broszura
- + Typar® przykłady

Informacje są również dostępne na stronie internetowej

GRILTEX POLSKA Sp. z o.o.

ul. Obornicka 7, Złotkowo

62-002 Suchy Las

tel. +48 61 655 37 51, +48 600 078 283

fax +48 61 655 37 50, +48 61 624 40 11

biuro@griltex.pl, www.griltex.pl, www.griltex.com

www.typargeo.com



posiadamy certyfikat



członek



Ogólnopolska Izba
Gospodarcza
Drogownictwa



Francuska Izba
Przemysłowo - Handlowa
w Polsce

GAZELA BIZNESU 2008, 2009, 2012

