

PROJEKT KONSTRUKCJI

Obiekt: **HALE PNEUMATYCZNE W RAMACH ZADANIA:
BUDOWA POWIATOWEGO CENTRUM SPORTU
I REKREACJI PRZY ULICY SZYBOWCOWEJ W
KRUSZYNIE GMINA WŁOCLAWEK**

HALA 115,0 x 76,30m

Inwestor: **Starostwo Powiatowe we Włocławku,
Ul. Cyganka 28, 87-800 Włocławek**

Adres: ul. Szybowcowa, Kruszyn gmina Włocławek

Projektant: mgr inż. Tomasz Rybarczyk
upr. bud. Wa 425/01

Warszawa, wrzesień 2025 r.

SPIS ZAWARTOŚCI PROJEKTU

Część opisowa **str.1-13**

I. Opis techniczny

Część rysunkowa **str.14-21**

Rysunki:

1. Rzut hali 115x76,30m
2. Oświetlenie hali
3. Elewacje hali
4. Szczegół kotwienia hali
5. Kontener techniczny i magazynowy
6. Płyta P1 pod drzwi awaryjne
7. Płyta P2 pod służę obrotową
8. Płyta P3 pod bramę techniczną

1. Architektura

1.1. Charakterystyka budowli.

- 1.1.1. Nazwa inwestycji
- 1.1.2. Zakres stosowania projektu.
- 1.1.3. Układ funkcjonalny terenu
- 1.1.4. Dane ogólne.
- 1.1.5. Instalacje

2. Konstrukcja

- 2.1. Opis konstrukcji.
- 2.2. Kotwienie powłoki
- 2.3. Technologia wbijania kotew
- 2.4. Obliczenia statyczne

1. Architektura

Projektuje się zadaszenia pneumatyczne o wymiarach: 115 x 76,30m.

Zadaszenie boisk stanowi biała powłoka wykonana z włókien poliestrowych pokryta dwustronnie warstwą PVC oraz lakierem akrylowym. Powłoka, z której wykonane jest przykrycie boisk, charakteryzuje się dużą wytrzymałością na rozciąganie i rozrywanie, odpornością na zmiany warunków atmosferycznych, oraz łatwością usuwania zanieczyszczeń z powierzchni powłoki. Powłoka składa się z dwóch warstw: powłoki zewnętrznej, powłoki wewnętrznej. Powłoka wykonana jest w technologii podwójnej membrany, co oznacza że pomiędzy membrany o bardzo wysokiej wytrzymałości i długiej żywotności wdmuchiwane jest w sposób ciągły powietrze, tworząc obfitą poduszkę powietrzną (nawet 50 cm odległości pomiędzy powłokami). Wdmuchiwane gorące powietrze z systemu wentylacyjno-grzewczego również bezpośrednio pomiędzy membrany, tworzy grubą warstwę gorącego powietrza na całej powierzchni hali, co znakomicie podwyższa zdolności izolacyjne powłoki hali, stabilizuje ją i usztywnia. Dzięki takiemu rozwiązaniu śnieg padający na powłokę topi się i łatwo zsuwa po jej gładkiej i śliskiej powierzchni. Całość powłoki, zamocowana do ławy fundamentowej, lub specjalistycznych kotew, za pomocą elementów mocujących. Utrzymywana jest w górze dzięki systemowi wentylacyjno-grzewczemu stale wdmuchującemu odpowiednią ilość powietrza do wnętrza hali. System ten utrzymuje właściwą sztywność całej konstrukcji i zapewnia właściwą statykę konstrukcji. Nowoczesna technologia pozwala na utrzymywanie w hali różnicy ciśnień o wartości około 180 Pa, co jest praktycznie nieodczuwalne dla osób przebywających wewnątrz. Konstrukcja hali zapewnia stabilność i bezpieczeństwo przy zróżnicowanych warunkach atmosferycznych, zwłaszcza przy wietrze i opadach śniegu.

Powłoka wyposażona jest w:

- rękawy do szluz wejściowej,
- rękawy do drzwi awaryjnych,
- wloty nadmuchowe,
- wloty obiegu zamkniętego,
- system przepustów powietrza pomiędzy membranami,
- system korków odpowietrzających podwójną membranę,
- system mocowań z fartuchami.

Głównymi zaletami konstrukcji pneumatycznych są:

- niski koszt inwestycji w porównaniu do budowy hal stałych;
- dzięki zastosowaniu lekkich materiałów, montaż i demontaż hali jest bardzo szybki i prosty. Taki proces trwa zaledwie 1-2 dni, co pozwala na montaż hali na okres jesienno-zimowy i demontaż na okres wiosenno-letni.
- możliwość budowy hali nad już istniejącym boiskiem bez szkody dla nawierzchni
- dostosowanie rozmiaru hali praktycznie do każdego oczekiwanego wymiaru

1.1. Charakterystyka budowli.

1.1.1. Nazwa inwestycji.

Budowa hali pneumatycznej 115,0 x 76,30m w ramach zadania:

BUDOWA POWIATOWEGO CENTRUM SPORTU
I REKREACJI PRZY ULICY SZYBOWCOWEJ W KRUSZYNIE GMINA
WŁOCLAWEK

W ramach inwestycji zostaną wykonane następujące roboty budowlane:

- kotwy gruntowe – kotwiące powłokę pneumatyczną
- powłoka – przykrycie boisk sportowych
- instalacje: system nadmuchowo-grzewczy zapewniający statykę budowli oraz awaryjny automatyczny system nadmuchowy
- oświetlenie boisk – projektory ledowe mocowane do powłoki
- zasilanie instalacji w energię elektryczną: wewnętrzna linia zasilająca z istniejącej rozdzielni. Zasilanie zapewnia właściciel obiektu z istniejącej rozdzielni.

1.1.2. Zakres stosowania projektu.

Projekt przewidziany do realizacji w I strefie wiatrowej.

Maksymalna grubość pokrywy śnieżnej na powłoce nie może przekroczyć 10cm.

W przypadku przewidywanych dużych opadów śniegu oraz wiatru należy obiekt ogrzewać, a w przypadku zalegania śniegu o grubości większej niż 10cm – obiekt należy odśnieżyć

Wykonawca hali jest zobowiązany wykonać instrukcję obsługi obiektu oraz przeszkolić osoby odpowiedzialne za użytkowanie obiektu w zakresie odpowiedniego użytkowania obiektu.

1.1.3. Układ funkcjonalny terenu

Na terenie inwestycji planuje się budowę hal pneumatycznych nad boiskiem sportowym.

Wymiar hali pneumatycznych w linii kotew:

- 115,0 x 76,30m

1.1.4. Dane ogólne.

Hala 115 x 76,30m

Max. wysokość zadaszenia: 20,0m

Wymiary zadaszenia w obrysie linii kotew

szerokość 115,0 m, długość 76,30

8774,50 m²

Powierzchnia kontenera technicznego i magazynowego

147,96 m²

Powierzchnia całkowita obiektów projektowanych

8922,46 m²

Wejścia do obiektu:

Wszystkie drzwi zastosowane w halach pneumatycznych posiadają odpowiednie elementy łączące i właściwości zapewniające prawidłową pracę przy nadciśnieniu

do 300 Pa wewnątrz hali.

Jako drzwi główne wejście/wyjście będą wykonane drzwi obrotowe

Ponadto obiekt będą wyposażony w drzwi awaryjne i bramę techniczną

Drzwi główne – 1,85x1,85x2,10m

Drzwi awaryjne – 1,35x2,10m.

Brama techniczna – 2,50 x 3,20m

Drzwi główne i awaryjne będą posadowione na utwardzonym podłożu: płycie betonowej.

Drzwi główne (służa obrotowa) będzie demontowalna.

Drzwi awaryjne będą demontowalne.

Płyty betonowe do posadowienia drzwi awaryjnych i bramy technicznej o gr. 15cm z betonu C20/25 zbrojone górną siatką 8mm co 15cm ze stali BSt500. Podbudowa płyt – piasek zagęszczony gr. ok. 30cm

Powłoka

Powłoka pneumatyczna składa się z systemu podwójnej membrany tj. pomiędzy dwie warstwy wytrzymałych materiałów wdmuchiwanie jest gorące powietrze, generowane przez system grzewczo-nadmuchowy. Hala pneumatyczna będzie przytwierdzona do podłoża systemem kotew gruntowych w rozstawie co 1,5m. Jeden bok hali będzie połączony z budynkiem. Należy wykonać samonośną ramę montażową do której zostanie zamocowana powłoka hali ciśnieniowej. Materiał powłoki hali konstrukcyjnie dopasowany do połączenia z stalową ramą. Całość uszczelniona i przystosowana do montażu i demontażu powłoki hali ciśnieniowej.

1.1.6. Instalacje

System nadmuchowo-grzewczy

System wentylacyjno-grzewczy zapewnia wytworzenie oraz utrzymanie nadciśnienia i temperatury wewnątrz hali pneumatycznej. Wymagane nadciśnienie w hali jest na poziomie około 180 Pa. Dmuchawy napędzane silnikami elektrycznymi wdmuchują odpowiednią ilość powietrza zarówno do wnętrza hali jak i pomiędzy membrany podwójnej powłoki. Ogrzewanie tłoczonego powietrza zapewnia wymiennik ciepła wyposażony w automatyczny system kontroli temperatury oraz termostat bezpieczeństwa. W celu zapewnienia odpowiedniej wentylacji hali i podniesienia sprawności ogrzewania, urządzenie wentylacyjno-grzewcze wyposażone jest w system recyrkulacji, powodujący mieszanie powietrza stale zaczerpywanego z zewnątrz z powietrzem pobieranym z wnętrza hali. System wentylacyjno-grzewczy powinien być tak usytuowany, aby cyrkulacja powietrza zapewniała równomierny rozkład temperatury wewnątrz hali. W celu uniknięcia zmrózenia nawierzchni boiska i płynnego sterowania temperaturą, system będzie wyposażony w automatykę kontrolującą temperaturę wewnątrz hali. Hala musi być wyposażona w automatyczny

system awaryjny, który zawsze zapewni odpowiednie zadane nadciśnienie wewnątrz hali. W przypadku przerwy w dostawie energii elektrycznej, lub braku chociaż jednej z faz, system automatycznie wyłączy silnik główny urządzenia wentylacyjno-grzewczego i uruchomi silnik wysokoprężny napędzający niezależny wentylator. W momencie pojawienia się ponownie pełnego zasilania (trzy fazy), automatyka systemu awaryjnego załączy silnik elektryczny napędzający wentylatory urządzenia wentylacyjno-grzewczego, oraz wyłączy silnik wysokoprężny. Ponadto automatyczny system awaryjny musi posiadać funkcję stałego badania nadciśnienia wewnątrz hali. W przypadku obniżenia się nadciśnienia wewnątrz hali z dowolnego powodu, system awaryjny uruchomi się automatycznie i dopompuje odpowiednią ilość powietrza aby utrzymywać w hali zawsze stałe zadane nadciśnienie, zapewniające bezpieczeństwo użytkownikom.

Dane techniczne urządzenia wentylacyjno-grzewczego i automatycznego systemu awaryjnego:

Dla hali 115 x 76,30m:

- **System wentylacyjno-grzewczy GP 500. – 2szt**
 - Moc znamionowa 632,3 kW
 - Moc czynna 569,80kW
 - Sprawność 90,1%
 - Wydajność wentylatora 35.000 m3/h
 - Silnik elektryczny 11,0 kW
 - Zasilanie 400 V 21,0A
 - Temperatura spalin 260 °C
 - Spręż wentylatora 300 Pa
 - Waga systemu 1815 kg
 - Wymiary systemu 3.940 x 1.540 x 3.400h

- **Automatyczny system awaryjny EMC 25D- sterowanie elektroniczne- 2szt**
 - Wydajność wentylatora 25.000 m3/h
 - Silnik spalinowy 15LD350
 - Zasilanie diesel (0,7 l/h ON)
 - Akumulator 80Ah – 12 V
 - Waga systemu 220 kg
 - Wymiary systemu 1.67 x 1.51x 1.47 h

Oświetlenie

Do oświetlenia będzie użyty zestaw projektorów ledowych 200W. Projektory oświetlające zamontowane są na powłoce hal w sposób stabilny, do specjalistycznych elementów montażowych przygrzanych do wewnętrznej membrany hali. Bezpośredni system oświetlenia, zapewnia niskie zużycie energii elektrycznej, a także natężenie światła min. 200 lx.

Hale będą wyposażone w oświetlenie ewakuacyjne.

2. Konstrukcja

2.1 . Opis powłoki

Hale pneumatyczne są zaprojektowane i powinny być wykonane zgodnie z normą **PN-EN 13782:2015-07**. W niniejszej Normie Europejskiej określono wymagania bezpieczeństwa, które powinny być przestrzegane podczas projektowania, obliczeń, produkcji, instalacji, konserwacji przenośnych namiotów instalowanych tymczasowo, o powierzchni większej niż 50 m². Powołując się na zapisy wyżej cytowanej normy **wymagane jest**:

1. W zakresie kwalifikacji

Następujący specjaliści z odpowiednim doświadczeniem w dziedzinie hal namiotowych i pneumatycznych powinni być do dyspozycji podczas projektowania:

- inżynierowie budownictwa lądowego i wodnego (obliczenia, projektowanie).
W tym celu należy dysponować osobą posiadającą uprawnienia wymagane przepisami ustawy Prawo Budowlane do projektowania w specjalności konstrukcyjno-budowlanej bez ograniczeń. Doświadczenie, przynajmniej trzy projekty hal o powyższych wymiarach.
- specjaliści z dziedziny elektryki (bezpieczeństwo systemów elektrycznych).
W tym celu należy dysponować osobą posiadającą uprawnienia wymagane przepisami ustawy Prawo Budowlane do projektowania w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych bez ograniczeń,
- inżynierowie z dziedziny zgrzewania materiałów powłoki (zatwierdzenie połączeń zgrzewanych w materiale).
W tym celu należy dysponować osobą posiadającą uprawnienia w dziedzinie materiałoznawstwa i badań (badanie laboratoryjne, metody badań nieniszczących).

2. W zakresie kontroli wykonania

W ramach kontroli należy sprawdzić i potwierdzić odpowiednimi dokumentami:

- zgodność z zatwierdzonym opisem technicznym
- proces produkcyjny
- prawidłową jakość wykonania zgrzewów

Mając na uwadze bezpieczeństwo przyszłych użytkowników oraz w trosce o jakość oferowanego produktu zgodnie z ust. 13.3.3 normy PN-EN 13782:2015-07 wymagane jest przedstawienie n/podanych dokumentów :

- certyfikat zarządzania jakością ISO 9001:2015 w zakresie projektowania, wdrażania instalowania hal ciśnieniowych (pneumatycznych) wystawionego dla producenta hali pneumatycznej.
- raporty z badań laboratoryjnych wykonanych przez niezależne laboratorium kategorii naukowej A lub akredytowane (PCA) w zakresie materiałoznawstwa niezależne laboratorium, potwierdzające spełnienie wymaganych parametrów technicznych dla zastosowanych membran i zgrzewów.

Materiał powłoki powinien być częściowo transparentny w celu umożliwienia korzystania z boiska w dzień bez użycia sztucznego światła. Wszystkie membrany muszą posiadać atesty trudnopalności: EN 13501-1 oraz być zabezpieczone przed czynnikami biologicznymi, chemicznymi i UV.

Rodzaj powłok na każdą warstwę dobrany jest w taki sposób, aby uzyskać jak najlżejsze materiały przy jednoczesnym doborze jak najmocniejszych materiałów odpornych na rozciąganie i rozrywanie. Stąd przyjęcie maksymalnego ciężaru właściwego membrany przy minimalnych parametrach dla sił rozrywania i rozciągania. Daje to wielorakie oszczędności (mniejsze ciśnienie, mniej energii, mniejszy koszt budowy i eksploatacji) przy jednoczesnym zachowaniu bezpieczeństwa.

Zestawienie parametrów technicznych powłoki przedstawia Tabela nr 1.

Tabela nr 1

<u>Lp.</u>	<u>Opis wymagań</u>	<u>Wartość</u>
1	<u>Powłoka/membrana zewnętrzna hali</u> a) Ciężar właściwy b) Wytrzymałość na rozciąganie <ul style="list-style-type: none"> wzdłuż włókien w poprzek włókien c) Wytrzymałość na rozerwanie <ul style="list-style-type: none"> wzdłuż włókien w poprzek włókien 	max. 900 g/m ² min. 4000 N/50 mm min. 4000 N/50 mm min. 600 N min. 500 N
2	<u>Powłoka/membrana wewnętrzna hali</u> a) Ciężar właściwy b) Wytrzymałość na rozciąganie <ul style="list-style-type: none"> wzdłuż włókien w poprzek włókien c) Wytrzymałość na rozerwanie <ul style="list-style-type: none"> wzdłuż włókien w poprzek włókien 	max. 550 g/m ² min. 2500 N/50 mm min. 2000 N/50 mm min. 250 N min. 200 N
3	<u>Materiał do elementów mocowania konstrukcji hali</u> a) Ciężar właściwy b) Wytrzymałość na rozciąganie <ul style="list-style-type: none"> wzdłuż włókien w poprzek włókien c) Wytrzymałość na rozerwanie <ul style="list-style-type: none"> wzdłuż włókien w poprzek włókien 	max. 1350 g/m ² min. 6000 N/50 mm min. 5500 N/50 mm min. 900 N min. 800 N
4	Siła zrywania zgrzewu wg. DIN EN ISO 1421 a) Powłoka zewnętrzna/powłoka zewnętrzna b) Powłoka wewnętrzna/powłoka wewnętrzna c) Powłoka zewnętrzna/powłoka wewnętrzna d) Powłoka do mocowania konstrukcji/powłoka do mocowania konstrukcji	min. 2600 N/5cm min. 2100 N/5cm min. 2200 N/5cm min. 3500 N/5cm
5	Przenikalność światła (@55nm)	~ 10%
6	Odporność UV	min. 6
7	Odporność termiczna	od - 40 °C do + 70 °C
8	Kąt wznoszenie powłoki wewnętrznej	min. 65°
9	Translucentność	~10%

UWAGA:

Wymagane jest, aby parametry materiałów wyszczególnione w tabeli 1., poz. 1-4 były potwierdzone przez niezależne laboratorium. W celu wyeliminowania jakichkolwiek nieścisłości i wątpliwości co do wartości parametrów nie dopuszcza się jakichkolwiek tolerancji w odniesieniu do wymaganych parametrów technicznych. W przypadku przedłożenia kilku badań laboratoryjnych dotyczących tego samego parametru przyjmuje się wartość mniej korzystną.

W celu weryfikacji jakości oferowanego produktu oraz wymaganych parametrów hali pneumatycznej, wykonawca powinien przedstawić niżej podane dokumenty :

1. Aktualny certyfikat zarządzania jakością ISO 9001:2015 wystawiony dla producenta hali pneumatycznej w zakresie projektowania, wytwarzania i instalacji hal ciśnieniowych (pneumatycznych).
2. Ekspertyzę techniczną potwierdzającą bezpieczeństwo ewakuacji osób (dla liczby min. 320 osób) z hali pneumatycznej pomimo braku konstrukcji do awaryjnego podwieszania powłoki pneumatycznej wykonaną przez jednostkę akredytowaną (np. Instytut Techniki Budowlanej lub inny akredytowany instytut budownictwa lub pożarnictwa) lub rzeczoznawcy ds. pożarnictwa.
3. **Raporty z badań laboratoryjnych** wykonanych przez **niezależne instytut badawczy kategorii naukowej A lub akredytowane (PCA) w zakresie materiałoznawstwa niezależne laboratorium**, potwierdzające spełnienie wymaganych parametrów technicznych opisanych w tabeli nr 1 wyszczególnionych w pozycji 1-4.
4. Karty techniczne lub deklaracje potwierdzone przez producenta dla oferowanych powłok/membran potwierdzające pozostałe parametry wyszczególnione w tabeli 1, a nie potwierdzone raportami badań.
5. Sprawozdanie z badań reakcji na ogień potwierdzające, że oferowane powłoki/membrany wewnętrzne i zewnętrzne spełniają wymagania normy PN-EN 13501-1 dla klasy B-s2-d0 jako materiał trudno zapalny.
6. Autoryzacja producenta powłok/membran, **wystawiona dla wykonawcy na realizowaną inwestycję** wraz z potwierdzeniem min. **5-letniej gwarancji** udzielonej przez producenta na oferowane powłoki/membrany.
7. Karty techniczne systemów grzewczo nadmuchowych potwierdzone przez producenta potwierdzające spełnienie minimalnych wymagań technicznych.
8. Autoryzacja producenta systemów wentylacyjno-grzewczych, **wystawiona dla wykonawcy na realizowaną inwestycję** wraz z potwierdzeniem min. **2-letniej gwarancji** udzielonej przez producenta na oferowane urządzenie.
9. Próbkki oferowanego materiału przeznaczonego na membrany wewnętrzne i zewnętrzne wraz z etykietą producenta (próbka o min. wymiarach 10 cm x 15 cm).

2.2. Kotwienie powłoki i warunki gruntowe

Powłoka będzie mocowana do kotew gruntowych w rozstawie co 1,5m. Powłoka będzie mocowana do stalowej rury obwodowej, która będzie zamocowana do kotew gruntowych.

Na podstawie opinii geotechnicznej opracowanej przez mgr inż. Tadeusz Szczuczko w marcu 2022 roku przyjęto:

Warstwa Ia

Wilgotne i nawodnione piaski drobne i średnie z pyłem i z przewarstwieniami humusu w stanie średniozagęszczonym. Zalegają one w rejonie otw. nr 3-12 na głębokości 0,2-0,3 m, o miąższości 0,2-1,0 m. Są to grunty nośne, o wyprowadzonej wartości stopnia zagęszczenia $I_D = 0,45$ (wg PN-EN $I_D = 38\%$).

Warstwa Ib

Wilgotne, mokre i nawodnione piaski średnie i grube z przewarstwieniami żwirów, humusu i ilów z pyłem (glin pylastych zwięzłych) w stanie średniozagęszczonym i luźnym. Grunty tej warstwy zalegają na głębokości 0,2-1,2 m, a ich miąższość wynosi ponad 5,8 m. Stanowią podłoże nośne, lecz słabo zagęszczone, o wyprowadzonej wartości stopnia zagęszczenia $I_D = 0,28-0,43$ (wg PN-EN $I_D = 32-42\%$).

Swobodne zwierciadło wód gruntowych występuje na głębokości 0,55-1,09 m, tj. na rzędnych 64,14-64,53 m n.p.m. Poziom taki występuje w okresie średnich lub podwyższonych stanów wód gruntowych. Amplituda wahać lustra wody gruntowej jest tu raczej nieduża i wynosi szacunkowo 0,5-0,7 m, co wynika z położenia tego obszaru w strefie tranzytowego (ciągłego) przepływu wód podziemnych z wysoczyzny morenowej od strony południowej w kierunku północnym do Wisły.

Jeden bok hali będzie połączony z budynkiem. Należy wykonać samonośną ramę montażową do której zostanie zamocowana powłoka hali ciśnieniowej. Rama stalowa spawana, uwidocznioma na rysunkach.

2.3. Technologia wbijania kotew

Przed rozpoczęciem prac fundamentowych należy potwierdzić warunki gruntowo-wodne oraz wykonać badanie nośności kotwy.

Wyznaczenie miejsc wbicia kotew w terenie

W terenie wyznaczmy miejsca wbicia kotew. W przypadku istniejącego boiska – wycinamy pas istniejącej nawierzchni (trawy) o szerokości ok. 25cm i zaznaczymy miejsca wbicia kotew (maksymalnie co 1,5m)

Wbijanie kotew

Stosując młoty pneumatyczne lub lekkie koparki gąsienicowe wyposażone w stalowe młoty pneumatyczne wbijamy kotwy na przewidywaną głębokość i pod odpowiednim kątem dostosowanym do geometrii powłoki pneumatycznej.

Dla typowych boisk sportowych przykrytych nawierzchnią ze sztuczną trawą głębokość wbicia kotew w rozstawie maksimum 1,5m wynosi od 1,5m do 3,0m. Dla zastosowanej technologii kotwienia pneumatycznej powłoki i typowych boisk sportowych nie wymaga się bezwzględnego wykonania badań gruntowych. Nośność kotwy jest zapewniona podczas wyciągania (sprężania kotwy).

Wyciąganie (tzw. sprężanie) kotew w gruncie

Za pomocą siłownika z ustawionym odpowiednim ciśnieniem (siłą wyciągającą wynikającą z obliczeń) wyciągamy kotwę. Podczas wyciągania buława kotwy w gruncie przyjmuje położenie równoległe do powierzchni gruntu.

W momencie, gdy kotwa zatrzymuje się w gruncie – tzn. pionowe przemieszczenie w gruncie wynosi 0,0mm – kotwa uzyskuje maksymalną nośność, która wynika z siły wyciągającej kotwę.

Prace końcowe - montaż elementów kotwiących powłokę pneumatyczną

Po wykonaniu powyższych prac. – docinamy ciągną kotwy poniżej poziomu terenu. Na ciągną zakładamy stalowe uszy do mocowania rur stalowych, które są bezpośrednim elementem mocującym powłokę pneumatyczną. Stalowe uszy składają się z nakrętek oraz stalowych pętli wykonanych z prętów o średnicy minimum 12mm.

Po zamocowaniu balonu miejsca prowadzenia stalowych rur przykrywamy pasem nawierzchni, która została wycięta podczas wyznaczania miejsc wbijania kotew.

Zabezpieczenie miejsc wbicia kotew po demontażu powłoki pneumatycznej

Po demontażu powłoki pneumatycznej miejsca, w których umieszczone są ciągną kotew zasypujemy piaskiem. Całość przykrywamy pasem nawierzchni, która została wycięta podczas wyznaczania miejsc wbijania kotew.