

## Spis treści

1. Przedmiot inwestycji.....	2
2. Wykorzystane materiały i literatura techniczna.....	3
3. Istniejący stan zagospodarowania terenu.....	3
4. Charakterystyka geotechniczna.....	6
5. Charakterystyka hydrologiczna.....	10
6. Projektowane zagospodarowanie terenu.....	10
7. Opis rozwiązań projektowych.....	11
7.1. Przygotowanie terenu.....	13
7.2. Wypełnienie dna jaru. Konstrukcja podpierająca skarpy i mur oporowy.....	14
7.3. Wgłębna stabilizacja skarp osuwiska.....	17
7.4. Obliczanie skarp osuwiska koszami siatkowo-kamiennymi.....	19
7.6. Pryzma dociążająca mur oporowy (przypora muru).....	22
7.7. Remont rurociągu kanalizacji deszczowej.....	22
7.8. Dodatkowa przypora dolnej części skarp.....	23
7.9. Pomnik przyrody – gład narzutowy.....	23
8. Dojazd.....	29
9. Wyciąg z obliczeń.....	30

## Spis rysunków

1. Plan sytuacyjno-wysokościowy	1:500
2. Profil podłużny zabudowy dna jaru	1:200
3. Przekroje poprzeczne	1:200

## 1. Przedmiot inwestycji.

Przedmiotem inwestycji jest stabilizacja osuwiska zagrażającego zabudowie miejskiej Górzna. Osuwisko zlokalizowane jest w jarze na działce nr 118/3 (Obręb Miasto 2). Wszystkie projektowane elementy niniejszego opracowania mają na celu zabezpieczenie osuwiska oraz likwidację przyczyn powstania osuwiska.

Teren inwestycji znajduje się w miejscowości Górzno, na terenie województwa kujawsko-pomorskiego, powiat brodnicki, gmina Górzno. Całe przedsięwzięcie będzie zlokalizowane na działce 118/3, która stanowi własność Gminy Górzno (ul. Rynek 1, 87-320 Górzno).

Nr działki	Obręb	Właściciel
118/3	0002 Górzno Miasto 2	Gmina Górzno, ul. Rynek 1, 87-320 Górzno

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie rozwiązań pozwalających na stabilizację zaobserwowanego osuwiska. Zakres prac projektowych obejmuje elementy pozwalające powstrzymać bezpośrednie przyczyny osuwiska oraz zabezpieczyć przed dalszymi procesami osuwiskowymi.

Całość przewidzianych prac ma na celu wzmocnienie zboczy (iniekcje wgłębne), ich podparcie (zabudowa dna grubą warstwą kamienia oraz koszami siatkowo-kamiennymi), a także wzmocnienie i podparcie istniejącego muru oporowego. Dodatkowo projektowana zabudowa dna stanowić będzie element odprowadzający wody opadowe zrucane z miejskiej kanalizacji deszczowej. W tym celu przewiduje się także remont odcinka rurociągu przechodzącego przez wspomniany mur oporowy.

Rozwiązania dotyczące przechwycenia wód opadowych odprowadzanych na działkę 118/3, stanowiącą naturalne zagłębienie terenu o znacznych różnicach wysokości, pozwolą na jednoczesne podparcie skarp zboczy oraz istniejącego na tej działce muru oporowego z wylotem rurociągu kanalizacji deszczowej śr. 600mm. Wgłębne iniekcje stabilizujące wyższe partie skarp oraz zabezpieczające mur oporowy będą prowadzone po wykonaniu zabudowy dna warstwami kamienia. Przewidziany jest również remont odcinka rurociągu przechodzącego przez mur oporowy.

Z uwagi na trudny dostęp do rejonu inwestycji - zamierzenie służyć będzie wyłącznie wspomnianym powyżej celom. Teren inwestycji nie jest przewidywany jako ogólnodostępny.

Podstawa opracowania:

- Umowa nr ZP.271.1.2017 z dnia 27.04.2017r. pomiędzy:  
Miastem i Gminą Górzno, 87-320 Górzno, ul. Rynek 1,  
a DHV Hydroprojekt Sp. z o.o., 01-029 Warszawa, ul. Dzielna 60,
- rozpoznanie w terenie,

- mapa sytuacyjno-wysokościowa w skali 1:500,
- projekt robót geologicznych,
- karta dokumentacyjna osuwiska,
- materiały archiwalne.

## **2. Wykorzystane materiały i literatura techniczna.**

- a. Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla określenia warunków geologiczno-inżynierskich dla potrzeb zabezpieczenia osuwiska oraz odbudowy infrastruktury kanalizacji deszczowej na dz. nr 118/3 w miejscowości Górzno, pow. brodnicki. – GEOTECHNICA – Toruń 08.2017r.
- b. Operat wodnoprawny do wydania pozwolenia wodnoprawnego na wprowadzenie wód opadowych i roztopowych oraz montaż uzbrojenia i urządzeń podczyszczających dla istniejących odpływów wód deszczowych w miejscowości Górzno, powiat Brodnica – Biuro Usług Projektowych i Nadzoru Budowlanego Zbigniew Bejger – Brodnica 07.2014.
- c. Dokumentacja techniczna na wykonanie kanalizacji miasta Górzna. Obliczenia statyczne, hydrologiczne i rysunki. 02.1959r. St. Kowalczyk
- d. Projekt zabudowy wąwozu i odbudowy kanalizacji w m. Górzno, pow. Brodnica, woj. Bydgoszcz. M. Baranowski.

## **3. Istniejący stan zagospodarowania terenu.**

Zarówno osuwisko jak i rozwiązania projektowe zabezpieczenia osuwiska, zlokalizowane są w całości na działce nr 118/3 – Obręb Miasto 2 w miejscowości Górzno, powiat brodnicki, województwo kujawsko-pomorskie. Działka jest własnością Gminy Górzno i znajduje się w rejonie ulicy Pocztowej. Teren działki nr 118/3 jest obszarem o bardzo zróżnicowanym ukształtowaniu z dużą różnicą wysokości. W około 80% stanowi naturalny polodowcowy wąwóz gruntowy o długości około 130m. Wąwóz zakończony jest rowem o długości ok. 70m, odprowadzającym całość zebranych wód do jeziora Górznieńskiego. Teren wąwozu od strony miasta jest oddzielony ogrodzeniem z siatki metalowej oraz bramą wjazdową.

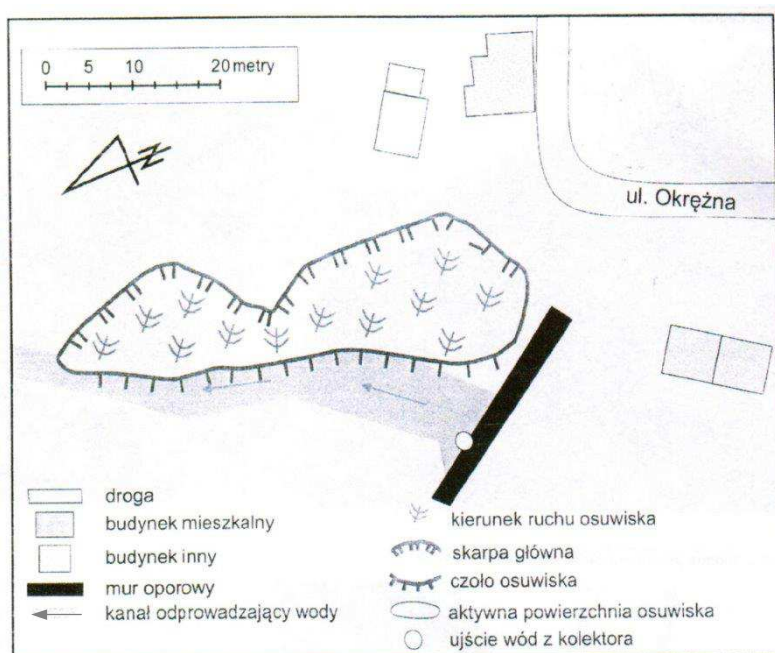
Górna część jaru (przy bramie wjazdowej) ustabilizowana jest za pomocą muru oporowego, przez który przechodzi rurociąg i w którym usytuowany jest wylot kanalizacji burzowej  $\varnothing 600$ .

Wąwóz przylega do jeziora Górznieńskiego i zlokalizowany jest od północno – wschodniej strony centrum miasta Górzno, w bezpośrednim sąsiedztwie ulic Pocztowa i Okrężna, skomunikowanych z ul. Rynek. Są to tereny starej zabudowy mieszkaniowej miasta Górzno.

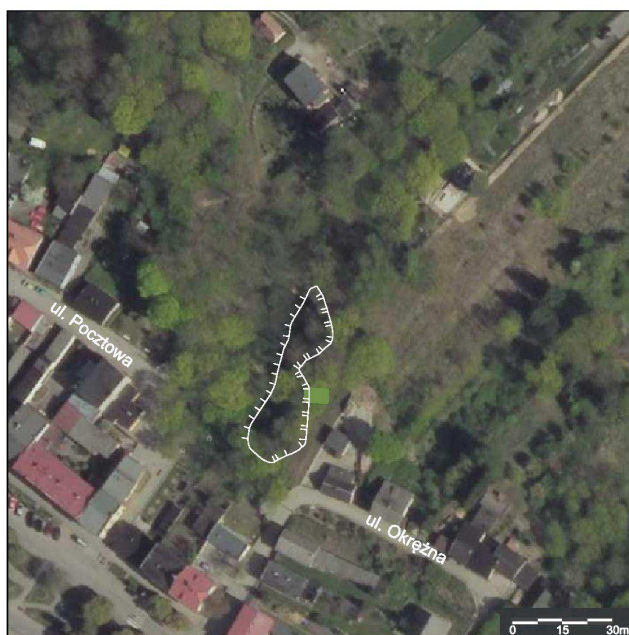
Osuwisko przewidywane do zabezpieczenia rozwinęło się na wschodnim zboczu dolinki erozyjnej, odprowadzającej wody opadowe z obszaru miasta do Jeziora Górzeńskiego.

Istniejące skarpy jaru zbudowane są w przeważającej mierze z glin zwałowych i piasków. Czynnikiem sprzyjającym rozwijaniu się osuwiska w obrębie masywu jest infiltracja wód opadowych, podcięcie erozyjne oraz wpływ wód z kolektora kanalizacji deszczowej. Powierzchnia zaobserwowanego osuwiska to ok. 0,06 ha. Powstałe osuwisko cechuje się wysoką skarpą główną, rozwiniętą w piaskach i glinach oraz niskim czołem. Koluwium zostało wyflukane przez wody opadowe, tworząc stożek napływowy około 150m dalej. Obecnie widoczne są świeże obrywy i przewracane drzewa, świadczące o nieustannej aktywności. W roku 2015 podczas intensywnych opadów deszczu doszło do uruchomienia osuwiska i zasypania kanału [Opis stanu osuwiska na dzień 11.05.2016 r. z „Karty dokumentacyjnej osuwiska wraz z opinią” – załączonej do dokumentacji geologiczno-inżynierskiej].

Skoncentrowane i długotrwałe zrzuty wód opadowych z kanalizacji deszczowej do jaru spowodowały podmycie stopy skarpy wschodniej i jej zsuniecie się do wąwozu. Wraz z gruntem tworzącym zbocze, na dno jaru zwały się drzewa oraz inne elementy organiczne i nieorganiczne. Na dnie jaru zalegają także zanieczyszczenia wyrzucane do wąwozu. Wody opadowe zrzucane z kanalizacji deszczowej o średnicy 600mm podmyły także mur oporowy, w którym zlokalizowany jest wylot rurociągu. Brak jakiegokolwiek zabezpieczenia skarp zwiększa ryzyko wystąpienia kolejnych ruchów grawitacyjnych. Może to powodować dalsze znaczące zniszczenia i może prowadzić do dodatkowych strat nimi spowodowanych.



Szkic osuwiska.



Osuwisko na tle ortofotomapy.

Pomimo iż działka 118/3 posiada bramę wjazdową, dostęp do działki jest utrudniony. Z dwóch stron (w tym od strony bramy wjazdowej) teren znajduje się w bezpośrednim zagrożeniu osuwiska (dz. nr 397, 420, 421 – obręb 1 i 161-obręb 2). Trzecia strona stanowi skarpę o łagodniejszym - choć nadal stromym - nachyleniu i gęsto porośniętą drzewami. Skarpa ta jest działką inwestycyjną. Powyżej znajduje się alejka gruntowa (dz. nr 113 Obręb 2) bez możliwości ruchu kołowego. Z czwartej strony (od strony jeziora) za granicą działki inwestycyjnej, dno jaru stopniowo się wypłaszcza a skarpy są znacznie niższe (dz. nr 166). Po ok. 40 metrach teren staje się praktycznie płaski a rów stanowi prosty odcinek o niewielkim spadku podłużnym i niewielkiej szerokości. W rowie (a także w jeziorze) widoczne są odkłady rumowiska wyniesionego z jaru przez wody spływające wąwozem.

Przez działkę inwestycyjną przebiega napowietrzna linia energetyczna, wysoko zawieszona nad wąwozem. Słupy owej linii znajdują się po przeciwnych stronach jaru - jeden na działce inwestycyjnej, dwa kolejne na działkach bezpośrednio sąsiadujących.

Na terenie działki (i placu bezpośrednich robót budowlanych) znajduje się gład narzutowy stanowiący Pomnik Przyrody ustanowiony Rozporządzeniem Nr 36/94 Wojewody Toruńskiego z dnia 24 października 1994 r. w sprawie uznania za pomniki przyrody oraz wykreślenia z Wojewódzkiego Rejestru Tworów Przyrody nieistniejących pomników przyrody (Dz. Urz. Woj. Tor. z 16.11.1994 r., nr 30, poz. 205). Fotografie ilustrujące Pomnik Przyrody stanowią Zał. nr 7 i zostały uzyskane z Regionalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska w Bydgoszczy. Sposób postępowania z Pomnikiem Przyrody został opisany w dalszej części opracowania.

#### **4. Charakterystyka geotechniczna.**

Prace geotechniczne wykonane zostały przez firmę GEOTECHNICA sp. z o.o. z Torunia. Dokumentacja geologiczno-inżynierska została wykonana na podstawie projektu robót geologicznych. Niniejsze prace miały na celu rozpoznanie warunków gruntowo-wodnych na skarpach przy osuwisku oraz w samym wąwozie.

Wspomniana dokumentacja geologiczno-inżynierska stanowi oddzielny zeszyt będący składnikiem niniejszego opracowania.

W ramach robót geologicznych wykonano 3 otwory badawcze o głębokości 10-21m oraz 1 otwór o głębokości 3,5m. Dodatkowo wykonano 3 sondowania CPT o głębokości 10-19m oraz 1 sondowanie VT o głębokości 3,5m. Wyniki przedstawiono w formie graficznej w opracowaniu. Łącznie wykonano 51,5mb wierceń i 46,4mb sondowań. W trakcie wierceń wykonywano makroskopowe badania polowe przewierczanych gruntów. Ponadto w trakcie wierceń prowadzono obserwacje i pomiary zwierciadła wody gruntowej. Dla wytypowanych prób gruntu pobranych w trakcie wiercenia wykonano badania laboratoryjne.

##### **4.1. Kategoria geotechniczna**

Projektowane zabezpieczenie osuwiska zaliczono do III kategorii geotechnicznej (*Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. – Dz. U. poz. 463*).

##### **4.2. Budowa geologiczna.**

Pod względem geomorfologicznym teren badań położony jest w północno- wschodniej części mezoregionu Pojezierza Dobrzyńskiego, makroregion Pojezierze Chełmińsko-Dobrzyńskie, rejon wysoczyzn młodoglacjalnych z jeziorami.

Badania objęły aktywne osuwisko gruntowe będące głębokim rozcięciem erozyjnym krawędzi rynny subglacjalnej. Rozwinięty lej odprowadzał wody źródłiskowe i wody opadowe z obszaru starej zabudowy miasta Górzna do jeziora.

Osuwisko opisywane rozwinęło się na wschodnim zboczu jaru. Zrzut wód opadowych z kolektora kanalizacji deszczowej na dno jaru jest od ponad 50 lat głównym czynnikiem powodującym uaktywnienie się procesów osuwiskowych. Narzut kamienny znajdujący się na dnie jaru powstał w czasie spływu wód opadowych, które podcinały zbocze zbudowane przez lodowiec.

##### **Opis warunków geologicznych i hydrogeologicznych**

Na terenie badań do głębokości rozpoznanej wierceniami zalegają grunty czwartorzędowe. Czwartorzęd (Q) - stwierdzono tu osady holoceni i plejstoceni.

Holocen (Qh) reprezentowany jest przez grunty antropogeniczne (nasypy niekontrolowane). Osady te występują na całej powierzchni analizowanego terenu. Litologicznie są to bezstrukturalne, niejednorodne, różnowiekowe mieszaniny piaszczysto-gliniasto-gruzowe. Największą ich miąższość stwierdzono w rejonie otw. 1, gdzie występują one do głębokości odpowiednio 6,0m. W pozostałych otworach badawczych stwierdzona miąższość nasypów zawiera się w przedziale 0,4 – 2,0m.

Koluwia stwierdzono w dnie jaru, reprezentowane są przez spiaszczone gliny, piaski gliniaste, piaski, żwiry i otoczaki z przewarstwieniami gruntów próchnicznych.

Plejstocen (Qp) wykształcony jest w postaci gruntów wodno-lodowcowych i gruntów morenowych.

Grunty spoiste morenowe reprezentowane są przez gliny piaszczyste z otoczkami i lokalnie piaski gliniaste. Osady te budują rzeźbę tego terenu. W ramach niniejszych robót geologicznych osadów tych nie przewiercono. Osady te należy zaliczyć do osadów zlodowacenia północnopolskiego.

Grunty niespoiste wodno-lodowcowe występują w postaci soczewek w obrębie gruntów morenowych. Litologicznie są to piaski średnie i grube. Warstwy osadów piaszczystych nawiercono w otw.2. Miąższość tych osadów wynosi 1,1 – 1,4m. Warstwę gruntów wodno-lodowcowych stwierdzono także w trakcie kartowania geologicznego w ścianach jaru – szczególnie wyraźnie widoczną w świeżych, stromych ścianach niszy osuwiskowej.

Z danych zawartych na portalu Państwowej Służby Hydrogeologicznej ([www.epsh.pgi.gov.pl](http://www.epsh.pgi.gov.pl)) wynika, że teren badań położony jest poza granicami Głównych Zbiorników Wód Podziemnych. Sąsiednim GZWP jest zbiornik nr 214 – Zbiornik Działdowo położony na wschód od obszaru badań. W wyniku badań rozpoznano jedynie sączenia śródglinne (otw. nr 4) oraz w trakcie kartowania geologicznego stwierdzono występowanie wód zawieszonych na stropie osadów morenowych w obrębie warstwy piasków średnich występujących w ścianach i częściowo w dnie jaru. Poziom ten w trakcie prowadzonego kartowania charakteryzował się swobodnym zwierciadłem i stabilizował się na rzędnej ca 102,4-102,7 m n.p.m. W trakcie badań wody tego poziomu wypływały w miejscu przecięcia warstwy wodonośnej przez dno jaru i zasilają płynący dnem jaru ciek. Wydatek tego wypływu w trakcie badań był niewielki. Poziom ten zasilany jest prawdopodobnie przez dopływ lateralny, infiltrację wód z powierzchni i przez infiltrację wód deszczowych z nieuszczelnego kolektora kanalizacji deszczowej w dno jaru.

### **Charakterystyka właściwości fizyczno-mechanicznych gruntów**

Grunty stwierdzone w podłożu należą zgodnie z normą PN-EN ISO 14688 do naturalnych gruntów gruboziarnistych i drobnoziarnistych oraz gruntów antropogenicznych (nasypów niebudowlanych). Nasypy niebudowlane cechują się dużą zmiennością budowy i brakiem ciągłości litologicznej. Posiadają one wysoce niejednorodne właściwości fizyko-mechaniczne. Nasypy te

podlegają ciągłym procesom przemiany. Należy założyć, że większość tych nasypów została tu zdeponowana w sposób niekontrolowany. Osady te nie mogą stanowić bezpośredniego podłoża budowlanego.

Wartości parametrów geotechnicznych określono dla gruntów naturalnych gruboziarnistych i drobnoziarnistych oraz gruntów antropogenicznych. Podziału na warstwy geotechniczne dokonano metodą "A" i „B“ wg PN-81/B-03020.

Dla gruntów naturalnych gruboziarnistych i drobnoziarnistych za parametr wiodący przyjęto:

- stopień plastyczności  $I_L^{/n/}$  - dla gruntów drobnoziarnistych określono na podstawie badań laboratoryjnych (oznaczenie granic konsystencji), sondowań sondą CPT i sondą VT (80/40), skorelowano je z badaniami makroskopowymi, w tym badaniami penetrometrem tłoczkowym PW-1 i ścinarką obrotową PO;
- stopień zagęszczenia  $I_D^{/n/}$  - dla gruntów gruboziarnistych oszacowano na podstawie sondowań sondą CPT.

Pozostałe parametry ustalono metodą "B" w oparciu o tabele i wykresy zawarte w normie PN-81/B-03020. Podział gruntów na warstwy geotechniczne wykonano w oparciu o genezę, litologię i stan.

W warstwie **I** ujęto piaszczyste grunty wodno- lodowcowe. Ze względu na zmienny rodzaj i stan wydzielono tu 2 warstwy:

#### **Warstwa Ia<sub>1</sub>**

Zestawiono tu wilgotne, średnio zagęszczone piaski grube. Charakterystyczna wartość stopnia zagęszczenia wynosi  $I_D^{/n/}=0,50$ .

#### **Warstwa Ia<sub>2</sub>**

Zestawiono tu wilgotne, zagęszczone piaski średnie. Charakterystyczna wartość stopnia zagęszczenia wynosi  $I_D^{/n/}=0,80$ .

W warstwie **II** zestawiono skonsolidowane grunty morenowe zlodowacenia północnopolskiego należące zgodnie z normą PN-81/B-03020 do grupy konsolidacyjnej „B”. Ze względu na zmienny stan i rodzaj gruntów wydzielono tu 2 warstwy:

#### **Warstwa IIa**

Obejmuje gliny morenowe w stanie półzwartym/ zwartym. Charakterystyczna wartość stopnia plastyczności wynosi  $I_L^{/n/}=0,00$ . Litologicznie są to gliny piaszczyste.

#### **Warstwa IIb**

Ujęto tu gliny morenowej w stanie twardoplastycznym. Charakterystyczna wartość stopnia plastyczności wynosi  $I_L^{/n/}=0,15$ . Litologicznie są to gliny piaszczyste i lokalnie piaski gliniaste.



### 4.3. Stateczność zbocza.

Stateczność wschodniego zbocza jaru sprawdzono wykonując obliczenia w programie GEOSLOPE 1. Program umożliwił przeprowadzenie analizy stateczności zbocza z założeniem kołowej powierzchni poślizgu – metodą Bishopa oraz wyszukanie płaszczyzn poślizgu o najniższym współczynniku stateczności  $F_s$ . Wody podziemnej nie stwierdzono wierceniami, nie występuje w zboczu.

Z otrzymanych obliczeń wynika, że w rejonie osuwiska wskaźnik stateczności wynosi  $F_s = 1,05 - 1,36$  co oznacza, że zbocze jest stateczne i w równowadze.

Predyspozycja do rozwoju osuwiska jest prawdopodobna ponieważ wskaźnik stateczności  $F_s$  jest mniejszy od 1,3.

### 4.4. Wnioski i zalecenia.

1. W wyniku badań stwierdza się, że na zboczu występują skomplikowane warunki gruntowe, a projektowaną konstrukcję zabezpieczenia zalicza się do III kategorii geotechnicznej.
2. Stan techniczny muru oporowego stanowi zagrożenie dla istniejącej infrastruktury podziemnej kanalizacji deszczowej i nawierzchni odcinka ul. Pocztowej. Uszkodzony fundament kamienny muru oporowego posadowiony jest na półzwartych gruntach spoistych **warstwy IIa**. Zaleca się wzmocnić fundament, podchwycić mikropalami, a mur zastabilizować kotwami gruntowymi. Natomiast odcinek drogi ul. Pocztowej należy objąć monitoringiem geodezyjnym i w razie znacznych przyrostów osiadań wykonać nasyp z gruntu zbrojonego geosyntetykami.
3. Strefa możliwego zasięgu osuwiska przedstawiono graficznie w dokumentacji geologicznej. Obecnie nie są zagrożone budynek mieszkalny i gospodarczy przy ul. Okrężnej 5 oraz budynki mieszkalne przy ul. Pocztowej.
4. Z wykonanych obliczeń stateczności wynika, że w rejonie osuwiska wskaźnik stateczności zbocza wynosi  $F_s < 1,30$  i jest prawdopodobne wystąpienie dalszych procesów osuwiskowych.
5. Zbocze znajdujące się po stronie SE jaru (czynne osuwisko) ma koronę nachyloną w kierunku N (przekroje B-B i C-C). Warstwowane jest do głębokości ca 6m (otw. nr 2) gruntami niespoistymi i spoistymi. Poniżej występuje kompleks gruntów spoistych **warstwy IIa** z soczewką gruntów niespoistych **warstwy Ia<sub>1</sub>** o miąższości ca 3m. Zaleca się przedmiotowe zbocze zastabilizować poprzez gwoździowanie, a w jego dolnej krawędzi wykonać przyporę np. z geomateracy.
6. Na dnie jaru wody opadowe wypływające z kolektora w murze oporowym należy przechwycić do kaskadowej kanalizacji deszczowej lub wykonać warstwy pozwalające na przejęcie wód i

wytracenie energii wody spływającej po dnie. Inwestycja ta zabezpieczy podnóże zbocza jaru od podcięcia erozyjnego wodami spływającymi po dnie jaru.

7. Głębokość przemarzania gruntu na badanym terenie wynosi  $h=1,0\text{m}$ .

## 5. Charakterystyka hydrologiczna.

Pierwotnie, przedmiotowe naturalne zagłębienie terenowe odprowadzało wody gruntowe oraz opadowe ze stosunkowo niewielkiej powierzchni terenu. Po wykonaniu na terenie miasta kanalizacji deszczowej, wody opadowe zostały skoncentrowane do rurociągów, których końcowy wylot zlokalizowany jest w murze oporowym na terenie jaru. W wyniku opadów, znaczne ilości wód są zrzucane do jaru, który odprowadza je do jeziora Górzno. Poza okresami deszczowymi czy roztopowymi, po dnie jaru spływają niewielkie ilości wód. Zgodnie z dokumentacją geologiczną i w czasie licznych wizji w terenie nie stwierdzono wód gruntowych w zboczu osuwiska.

Według operatu wodnoprawnego wykonanego dla potrzeb oczyszczenia wód opadowych zrzucanych do jaru (uzyskanego od Inwestora), powierzchnia zlewni wynosi  $39200\text{m}^2$ .

Maksymalna ilość wód określona przy doborze urządzeń podczyszczających wynosi  $Q=407,68\text{ l/s}$ .

Wspomniany operat wodnoprawny i pozwolenie wodnoprawne nie jest częścią niniejszego opracowania na stabilizację osuwiska i zostało wykonane dla Inwestora na podstawie odrębnej umowy.

Wykonanie zabudowy dna jaru pozwoli na zmniejszenie energii wody przepływającej w wąwozie, dzięki czemu w znaczny sposób ograniczy się jej energię rozmywającą (podmywającą) skarpy. Wykonana zabudowa oprócz zabezpieczenia skarp przed wodą, będzie także stanowić podparcie zboczy osuwiska.

## 6. Projektowane zagospodarowanie terenu.

Projektowane zagospodarowanie terenu ma na celu stabilizację osuwiska. Wszystkie projektowane elementy i roboty wykonywane przy realizacji inwestycji, będą wykonane wyłącznie w celu zabezpieczenia skarp przed wystąpieniem kolejnych ruchów mas ziemnych.

W przeważającej ilości roboty zostaną wykonane materiałami naturalnymi i dostosują się do krajobrazu, a także do otaczającej zabudowy.

W skład projektowanych prac wchodzi:

- uporządkowanie jaru z materiałów organicznych oraz śmieci,

- wykonanie konstrukcji pozwalającej na zabudowę jaru i stanowiącej jednocześnie podparcie muru oporowego oraz przyporę dla zboczy, a także wytrącającej energię zrzucanej wody i pozwalającej na odprowadzenie wody w dół wąwozu – w rejonie o mniejszym spadku podłużnym,
- wykonanie remontu odcinka rurociągu  $\varnothing$  600mm, biegnącego przez mur oporowy,
- wykonanie wgłębnich iniekcji w górnych partiach osuwających się skarp,
- wykonanie wgłębnich iniekcji zabezpieczających mur oporowy,
- wykonanie przemy dociażającej, stanowiącej przyporę dla muru oporowego,
- wykonanie oblicowania skarp z koszy gabionowych,
- wykonanie dodatkowej przypory (obustronnie) z materacy siatkowo-kamiennych w dolnych partiach skarp.

## 7. Opis rozwiązań projektowych.

Wszelkie roboty budowlane związane z zabezpieczeniem osuwiska oraz przechwyceniem wód zrzucanych z kanalizacji deszczowej mają na celu zatrzymanie procesów osuwiskowych i będą wykonywane na działce 118/3, stanowiącej własność Inwestora - Gminy Górzno. Po wykonaniu zakresu robót objętych niniejszym opracowaniem, Wykonawca będzie zobowiązany przywrócić do stanu początkowego, teren zmieniony w celu organizacji prac (w tym dojazd do placu budowy).

Z uwagi na utrudniony dostęp do działki budowlanej, dla umożliwienia wykonania robót budowlanych (dojazdu do placu budowy, wykonania drogi dojazdowej według możliwości technicznych Wykonawcy robót), zakłada się ścisłą współpracę Gminy z Wykonawcą w celu dotarcia do Właścicieli sąsiadujących posesji i uzgodnienia przejazdu i ewentualnego wykonania dróg tymczasowych na ich terenie. Zaleca się wcześniejsze rozeznanie sytuacji przez Gminę.

Niezbędnym zabiegiem jest odprowadzenie zrzucanej wody na tereny o mniejszym spadku podłużnym, przez co energia rozmywająca wody będzie mniejsza. Przechwycenie spływających wód będzie miało wpływ na stabilność podstawy skarpy, a co za tym idzie – pozwoli na zatrzymanie procesów osuwiskowych w górnej części skarpy.

Stabilizacja osuwiska na skarpie w Górznie obejmuje wykonanie kompleksowej konstrukcji geotechnicznej. Proponowane zabezpieczenia obejmują elementy stabilizujące osuwisko wgłębnie i przypowierzchniowo oraz umożliwią bezpieczne odprowadzenie wód na niżej położone tereny, co pozwoli na uregulowanie spływ wód w rejonie osuwiska. Proponowana konstrukcja zabudowy dna pozwoli na wytrącenie energii wody, a tym samym zmniejszy prędkość jej spływu w jarze, co będzie miało korzystny wpływ na stabilizację zboczy.

Biorąc pod uwagę szereg parametrów takich jak: charakterystyka terenu, zasięg i przebieg potencjalnej strefy poślizgu oraz uwarunkowania techniczne (dojazd sprzętu budowlanego) i terenowe (geometrię skarpy), przewidziano rozwiązania konstrukcyjne oparte na wglębnym zabezpieczeniu osuwiska. Stabilizacja skarpy zostanie zapewniona przez układ gwoździ gruntowych zainstalowanych na całej naruszonej powierzchni zbocza. Dla wyeliminowania odkształceń i przemieszczeń skarpy oraz zabezpieczenia jej powierzchni przed procesami erozyjnymi, niezbędne jest zastosowanie właściwego oblicowania. W przypadku przedmiotowej skarpy, wykorzystanie stalowej siatki wywiniętej poza górną krawędź skarp naruszyłoby granice własności sąsiednich działek. W związku z powyższym, do oblicowania powierzchni zbocza na obszarze wykonywania wglębnych gwoździ gruntowych, przewidziano wykorzystanie koszy siatkowo-kamiennych (gabionowych). Wypełnienie między zboczem skarpy a projektowanymi koszami, zostanie wykonane z gruntu zasypowego na geowłókninie separacyjnej.

Dodatkowo przewidziano podparcie dolnych partii skarp materiałem kamiennym (będącym równocześnie odbiornikiem wód), co pozwoli na podniesienie dna jaru, zmniejszenie wysokości skarp oraz ilości wykonywanych gwoździ gruntowych. Rozwiązanie przygotowano z uwzględnieniem warunków gruntowych przedstawionych w dokumentacji geologiczno-inżynierskiej i w oparciu o obowiązujące przepisy i zasady sztuki technicznej.

Wspomniana kamienna zabudowa dna stanowić będzie także podparcie dla podmytego muru oporowego stanowiącego pionowe zabezpieczenie skarpy od strony ul. Pocztowej. Dzięki tej zabudowie będzie możliwe poruszanie się niewielkich maszyn budowlanych po dnie wawozu. Warstwa kamienia będzie podparciem dla skarp i muru a także odbiornikiem wód opadowych i roztopowych zrzucanych z kanalizacji deszczowej miasta. Warstwa ta przechwyci również wody gruntowe i wody dostające się do jaru z nieszczelnych rurociągów miejskich.

Mur oporowy zostanie wzmocniony mikropalami wierconymi, które zabezpieczą jego konstrukcję. Ponadto przewiduje się wykonanie przypory z koszy siatkowo-kamiennych, które dodatkowo podeprą mur oraz będą stanowić pierwszy elementu zabezpieczenia skarp przed rozbryzgującą wodą z wylotu kanalizacji.

Z uwagi na wymieniony odcinek rurociągu kanalizacji deszczowej (fragment zlokalizowany bezpośrednio przed ostatnią studnią), projektuje się wykonanie uszczelnienia odcinka rurociągu przechodzącego przez mur oporowy. Uszczelnienie zostanie wykonane przy użyciu specjalistycznego rękawa uszczelniającego, dzięki czemu istniejące nieszczelności (załamania) rurociągu zostaną zlikwidowane, a konstrukcja muru oraz jego podłoże – zabezpieczone przed przeciekami i rozmyciem.

Efektem zabezpieczenia skarp samowiercącymi iniekcyjnymi gwoździami gruntowymi będzie wgłębne wzmocnienie (zazbrojenie) oraz scalenie rozluźnionego w wyniku zjawisk osuwiskowych masywu i powstrzymaniu postępującej degradacji odsłoniętej powierzchni ośrodka gruntowego.

Jako dodatkowe zabezpieczenie skarp w ich dolnych partiach, w miejscach gdzie nie projektuje się koszy gabionowych – przewidziano materace siatkowo-kamienne o grubości 0,5m. Wykonanie ich na obszarach niezabezpieczonych koszami, pozwoli na dodatkowe podparcie skarp (w miejscach niezakwalifikowanych jako osuwisko) oraz zabezpieczy przed rozmyciem w przypadku wystąpienia opadów których objętość nie „zmieści się” w warstwie kamienia wypełniającego dno jaru.

Przedstawiony w tym projekcie sposób zabezpieczenia stateczności skarpy opiera się na następujących założeniach:

- warunki gruntowo-wodne odpowiadają opisanym w „Dokumentacji geologiczno-inżynierskiej”,
- sposób zabezpieczenia skarpy uwzględnia konieczność zapewnienia bezpiecznego prowadzenia prac (stateczność tymczasowa) na każdym etapie robót oraz bezpieczeństwa konstrukcji w całym okresie jej eksploatacji (stateczność długotrwała),
- wody opadowe zbierane i odprowadzane będą przez projektowane wypełnienie dna jaru kamieniem (kruszywem) po wcześniejszym uszczelnieniu dna,
- w przypadkach uzasadnionych, należy przewidzieć lokalne zabezpieczenia (np. rurociągi) pozwalające na odprowadzenie wód opadowych.

Zasadniczo nie przewiduje się znaczącego zakresu robót ziemnych, a jedynie lokalną reprofilację mającą na celu zwiększenie bezpieczeństwa prac przez oczyszczenie i wyrównanie powierzchni skarpy czy dna jaru.

### **7.1. Przygotowanie terenu.**

Przedsięwzięcie polegające na stabilizacji osuwiska wymagać będzie znacznych nakładów pracy związanych z przygotowaniem placu budowy do możliwości poruszania się niewielkich maszyn budowlanych. Szereg prac będzie wymagała pracy ręcznej lub z uwagi na trudny teren – z niewielką pomocą sprzętu mechanicznego.

Możliwość dojazdu do terenu robót oraz technologia robót powinna być przeanalizowana i dobrana przez Wykonawcę prac budowlanych.

Teren placu budowy przez lata był narażony na podmywanie wodami deszczowymi zrzuconymi z kanalizacji deszczowej. Na dnie jaru zalegają przewalone drzewa, organiczne pozostałości fragmentów terenu, który osunął się do koryta, kamienie i głązy oraz inne elementy które

osunęły się wraz z ruchem mas ziemnych. Znajdują się tam również znaczne ilości różnego rodzaju zanieczyszczeń, zrzucanych z alejki na górnym poziomie zachodniej skarpy. Pomijając znajdujące się tam kamienie, wszystkie zanieczyszczenia i organiczne elementy zalegające na dnie oraz w niższych partiach skarp należy usunąć i w odpowiedni sposób zutylizować.

Po uprzątnięciu terenu można przystąpić do układania pierwszych warstw kruszywa, które będą stanowić podłoże do poruszania się maszyn. Dla ułatwienia dojazdu, warstwy te mogą być również układane sukcesywnie przy porządkowaniu terenu z zanieczyszczeń.

## 7.2. Wypełnienie dna jaru. Konstrukcja podpierająca skarpy i mur oporowy.

Po oczyszczeniu terenu z materiałów organicznych oraz zanieczyszczeń stałych zalegających na dnie jaru, można przystąpić do wykonania warstw stanowiących podparcie dla skarp ziemnych i muru oporowego. Prace te wykonywane warstwami pozwolą na zagęszczanie ich przez poruszające się maszyny budowlane. Pierwsza warstwa zostanie wykonana dla łatwiejszego poruszania się pojazdów. Na tej warstwie zostanie wykonany dywanik z betonu chudego C8/10, pozwalający na odseparowanie podłoża (w znacznej mierze z gliny) od wody spływającej kamienną warstwą podpierającą skarpy. Zakłada się wbetonowanie pierwszej warstwy kamienia w betonową warstwę oddzielającą zabudowę od podłoża. Po związaniu betonu będą wykonane kolejne warstwy narzutu kamiennego. Podbudowę betonową przewiduje się wykonać także na skarpach na odcinku ok. 2m (licząc po skarpie).

Wspomniana konstrukcja podpierająca zostanie wykonana z głazów, kamieni oraz kruszyw o różnym uziarnieniu, pozwalającym na samoczynne zagęszczenie się pod wpływem ruchu maszyn oraz przepływającej wody. Projektuje się zabudowę z kamienia i kruszywa mieszanego. Narzut kamienny – należy wykonać z materiału kamiennego hydrotechnicznego kl. I atestowanego o średniej średnicy kamienia łamanego (granulacja) - **D= 8 ÷ 45cm**. Uzupełniający/wypełniający narzut z kłińca, należy wykonać z materiału kamiennego hydrotechnicznego kl. I atestowanego o frakcji: **4 ÷ 31,5mm**.

Wielkość poszczególnych kamieni, ich mrozoodporność, wytrzymałość na ściskanie, odporność na ścieranie, powinny być nie mniejsze niż parametrami podane poniżej:

- ciężar objętościowy skały  $\geq 23 \text{ kN/m}^3$ ,
- wytrzymałość na ściskanie  $\geq 150 \text{ MPa}$ ,
- nasiąkliwość wagowa  $W_A \text{ max}$  1,5 %,
- mrozoodporność  $FT_A \leq 0,5$ ;
- odporność na ścieranie (mikro-Deval)  $M_{DE} \leq 10$ .

Niedopuszczalne jest stosowanie kamieni porowatych, wapiennych, marglistych lub innych podatnych na erozję w środowisku wodnym.

Znaczna grubość tej warstwy pozwoli na podparcie skarp oraz muru oporowego. Wszystkie prace przewiduje się wykonać na działce 118/3, a warstwy kamienia przewiduje się ułożyć ze spadkiem zgodnym z profilem podłużnym przedstawionym na Rys. 2. Przewiduje się wykonać tę warstwę z powierzchniowym spadkiem wynoszącym ok 23% - od wylotu kanalizacji deszczowej (zlokalizowanego w murze oporowym – rz. 110,81mnpm) do granicy działki inwestycyjnej (rz. ok. 90,60mnpm). Grubość warstwy kamienia pokazano w poszczególnych przekrojach poprzecznych (Rys. 3). Należy także zaznaczyć, że projektowana zabudowa dna jaru warstwą kamienną, pozwoli na odtworzenie i podniesienie dna wąwozu do poziomu jaki istniał przed laty.

Projektuje się wykonanie warstwy podpierającej ze spadkiem od wylotu rurociągu w murze. Warstwa ok 1m poniżej wylotu wykonana będzie z koszy siatkowo-kamiennych (opisana w dalszej części opracowania), które będą dodatkowa pryzmą podpierającą mur. Dodatkowo przewiduje się „przysypanie” najniższej warstwy koszy podpierających mur tym samym kamieniem, co wypełnienie dna wąwozu. Spadek powierzchniowy na tym fragmencie zabudowy będzie wynosił ok. 35%.

Warstwa kamienia stanowić będzie także odbiornik wód gruntowych lub wód wypływających z nieszczelnych rurociągów zlokalizowanych na terenie miasta. Dzięki takiej zabudowie, wody wypływające w rejonie muru oporowego zostaną przejęte i odprowadzone w dół jaru bez obawy dalszego wypłukiwania gruntu spod muru. Pod murem oporowym, zaleca się ułożenie geowłókniny na gruncie rodzimym, jako zabezpieczenie przed wynoszeniem ziaren gruntu zza muru do warstwy kamiennej zabudowy dna. Z uwagi na możliwość przebicia geowłókniny przez wbudowywany kamień, zastosować geowłókninę o gramaturze min. 400g/m<sup>2</sup> i parametrach nie gorszych niż:

Właściwości mechaniczne geowłókniny o gramaturze min. 400- wartości minimalne :

- |   |                          |
|---|--------------------------|
| - wydłużenie przy zerwaniu %                      | - 85/85 (±19,6%),        |
| - wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż/wszerz KN/m  | - 23/23 (-3,0%),         |
| - odporność na przebicie dynamiczne mm            | - 13(+ 2,6),             |
| - odporność na przebicie statyczne N              | - 3300 tolerancja -330N, |
| - masa powierzchniowa (gramatura)g/m <sup>2</sup> | - 400,                   |
| - umowna wielkość porów O <sub>90</sub> μm        | - 80 ± 24,               |
| - wskaźnik wodoprzepuszczalności mm/s,            | - 60 (-18).              |

Bezpośrednią przyczyną wystąpienia osuwisk, była woda opadowa, zrzucana z kanalizacji deszczowej (wylot o średnicy 600mm zlokalizowany w murze oporowym). Ilość zrzucanych wód oraz energia, z jaką woda spływała po stromym dnie wąwozu powodowały rozmywanie dolnych części zboczy. Po wielu latach, spływająca woda podmyła skarpy na tyle mocno, że jej wyższe skarpy osunęły się do wnętrza jaru, porywając ze sobą rosnące tam drzewa oraz kamienie i głazy znajdujące się w masie osuwającego się gruntu. Opisana wyżej warstwa kamieni podpierająca skarpy i mur oporowy ma również znaczenie przeciwdziałające dalszemu rozmywaniu skarp. Dzięki tej warstwie, woda zrzucana z kanalizacji deszczowej (wylotem w murze), wpadając między kamienie, wytraci swoją energię, będzie przepływać znacznie wolniej, a przez to nie będzie rozmywać zboczy wąwozu. Woda odprowadzana w dół jaru będzie spływać ze znacznie mniejszą energią niż w chwili obecnej. Mniejszy spadek podłużny na dalszym odcinku pozwoli na wolniejszy spływ wód w kierunku jeziora.

W okolicach przekrojów P-4 i P-6 przewiduje się wykonać przegrody z koszy siatkowo-kamiennych, których zadaniem będzie usztywnienie warstw kamieni stanowiących zabudowę dna jaru. Dodatkowo dolny fragment zabudowy dna będzie wykonany z worków siatkowo-kamiennych, które „podeprą” warstwę kamieni na tym odcinku. Lokalizacja przegród została pokazana na Rys. nr 1 oraz 2. Do budowy umocnień należy użyć koszy gabionowych, materacy gabionowych oraz walcy gabionowych z siatki z drutu stalowego o średnicy minimum  $\phi 2,7/3,7$  mm o oczkach  $8 \times 10$  cm. Drut stalowy, z którego wykonano siatkę musi być zabezpieczony przed korozją przez pokrycie powłoką ZnAl min. 245g/m<sup>2</sup> oraz dodatkową warstwą PCV. Gabiony powinny być łączone drutem o tych samych parametrach co drut z którego wykonana jest siatka zszywkami lub drutem spiralnym. Sposób montażu i łączenie koszy należy wykonać zgodnie z zaleceniami producenta.


Do wypełniania koszy, materacy, walcy gabionowych należy użyć materiału kamiennego hydrotechnicznego kl. I atestowanego ze skał twardych (otoczaki), albo kamień łamany o następujących granulacjach:

- średnia masa kamienia łamanego **W<sub>450%</sub> = 4,5 kg**
- średnia średnica kamienia łamanego **D<sub>450%</sub> = 12 cm**

Jednostkowy ciężar użytego kamienia powinien się zawierać w przedziale: **2,0 kg – 6,0 kg**.

Minimalna dopuszczalna średnica kamienia powinna być większa od wymiaru oczka siatki. Jako rozmiar optymalny przyjmuje się od 1,5 do 2 średnicy wymiaru oczka. Zastosowany materiał kamienny musi zostać zaakceptowany przez Inspektora Nadzoru. Najbardziej odpowiednia granulacja to 90÷180mm.



 Hydroprojekt a company of Royal HaskoningDHV	Nr umowy: ZP.271.1.2017 (PW-588, HP1983)	Strona 17
	Tytuł opracowania: <b>Stabilizacja osuwiska położonego w Górninie na działce nr 118/3, Obręb Miasto 2</b>	Nr arch.: 6862/17

Wielkość poszczególnych kamieni, ich mrozoodporność, wytrzymałość na ściskanie, odporność na ścieranie, powinny być nie mniejsze niż parametrami podane poniżej:

- ciężar objętościowy skały  $\geq 23 \text{ kN/m}^3$ ,
- wymiary kamienia łamanego w zależności od masy kamienia przewidzianego w projekcie,
- wytrzymałość na ściskanie  $\geq 150 \text{ MPa}$ ,
- nasiąkliwość wagowa  $W_A \text{ max } 1,5 \%$ ,
- mrozoodporność  $FT_A \leq 0,5$
- odporność na ścieranie (mikro-Deval)  $M_{DE} \leq 10$ .

Niedopuszczalne jest stosowanie kamieni porowatych, wapiennych, marglistych lub innych podatnych na erozję w środowisku wodnym.

Na końcowym odcinku zabudowy dna jaru należy wykonać dodatkową przegrodę z jednej warstwy koszy lub worków siatkowo-kamiennych ułożonych z nachyleniem jego wierzchniej warstwy – zbliżonym do nachylenia warstwy zabudowy kamiennej tj. ok. 23%. Parametry materiałowe gabionów – jak wyżej. Należy również pamiętać o zabezpieczeniu siatki gabionów przed jej uszkodzeniem przez maszyny w czasie trwania prac budowlanych.

### 7.3. Wgłębna stabilizacja skarp osuwiska.

Osuwające się skarpy są skutkiem podmycia stóp zboczy przez spływające wody opadowe. Jako zabezpieczenie przed dalszym rozmywaniem skarp, przewiduje się wykonanie warstw kamienia ułożonego na dnie wąwozu. Dzięki temu woda będzie spływała z mniejszą prędkością wewnątrz tej warstwy, a tym samym mniejsza będzie energia rozmywająca wody. Warstwa ta będzie miała także znaczenie dla stabilności skarp osuwiska, gdyż po wykonaniu całej warstwy – dno jaru będzie znacznie wyżej niż obecnie, przez co skarpy będą miały mniejszą wysokość i będą podparte narzutem warstwy odprowadzającej wody.

Zasadniczym elementem rozwiązania projektowego zabezpieczenia skarpy jest konstrukcja gwoździowana złożona z samowiercących, iniekcyjnych gwoździ gruntowych **CFG (Continuous Flush Grouting)** oraz oblicowania w postaci koszy siatkowo kamiennych. Gwoździe gruntowe służą do zapewnienia stateczności ogólnej (wgłębnej), jak również do właściwego zamocowania systemu ochrony przypowierzchniowej (opisanego w dalszej części).

W projekcie przewidziano zastosowanie gruntowych gwoździ samowiercących, formowanych iniekcyjnie. W tej technologii zbrojenie w postaci żerdzi wraz z łącznikami, elementami dystansowymi i końcówką wiertniczą tworzą zestaw wykorzystywany jednocześnie do wiercenia

otworu (przewód wiertniczy) i jego iniekcji (przewód iniekcyjny). W trakcie wiercenia stosowana jest płuczka z zaczynu cementowego (w przypadku wiercenia w stabilnych warstwach skalnych możliwe jest zastosowanie płuczki powietrznej) o stosunku wodno-cementowym  $W/C = 0,7$  (70 litrów wody na 100 kg cementu). Zaczyn podawany wewnętrznym otworem żerdzi i włączany do otworu wiertniczego poprzez otwory w końcówce wiertniczej. Ciśnienia podawania płuczki zawierają się w przedziale 5-20 bar i są zależne od warunków gruntowych i technicznych (długość gwoźdźcia). Wiercenie odbywa się bez rur osłonowych. Po dowierceniu do zadanej głębokości mikropala wykonuje się iniekcję końcową. Poprzez obracający się przewód wiertniczy tłoczony jest iniekt końcowy – zaczyn cementowy o stosunku  $W/C = 0,4$ . Ciśnienia iniekcji końcowej wynoszą zazwyczaj 20-40 bar (zależne od warunków gruntowych i technicznych). Otwór jest cementowany od dna do wierzchu. Proces wykonywania gwoźdźcia uznaje się za zakończony w momencie pojawienia się iniektu końcowego u wierzchu otworu.

W przypadku dużych ucieczek iniektu końcowego, stosuje się iniekcję wtórną. W przypadku, gdy ośrodek gruntowy jest mocno nawodniony, zaczyn cementowy do wykonania iniekcji końcowej należy sporządzić z użyciem dodatku podwodnego UW1 lub UCS, w ilości 1% (lub innego dodatku podwodnego w ilości określonej w karcie technologicznej Producenta).

Dzięki zabudowie dna jaru, możliwe będzie dotarcie do wysokich skarp i wykonanie ich docelowej stabilizacji poprzez wgłębne nawiercanie i włączanie zaczynu spajającego grunt wewnątrz mas ziemnych. Żerdzie wierzące z iniekcją zaczynu, konsolidują grunt utrzymując go w zwartej bryle.

Gwoźdźcie zostaną wykonane na płaszczyznach zboczy w miejscach, w których osunęły się skarpy, a także w uzasadnionych przypadkach – powyżej tych płaszczyzn, na zboczach o znacznym nachyleniu. Gwoźdźcie o długości 3m, 6m i 9m zostaną wykonane w rozstawie 2,0m x 1,5m. Układ gwoźdźci gruntowych: „rombowy” – z przesunięciem poziomym co drugiego rzędu gwoźdźci. Nośność gwoźdźci została określona na 196kN.

Przewiduje się zastosowanie gwoźdźci **CFG G1** o następujących parametrach:

- materiał zbrojenia (żerdzi): stal S460NH,
- siła uplastyczniająca  $\geq 260$  kN,
- nośność obliczeniowa  $\geq 196$  kN,
- średnica koronki wiertniczej: 95 mm,
- długość gwoźdźci: 3.0m, 6.0m, 9.0m,
- nachylenie gwoźdźci gruntowych  $35^\circ$  do poziomu z lokalnym zwiększeniem w górnej partii skarp (zgodnie z przekrojami),
- rozstaw gwoźdźci: pion. 2.0m (co drugi rząd gabionów) x 1.5m (poziom),

- układ gwoździ gruntowych: „rombowy” – z przesunięciem poziomym co drugiego rzędu gwoździ o odległość połowy rozstawu poziomego,
- głowica systemowa: płyty i nakrętki ocynkowane,
- zabezpieczenie antykorozyjne – rozwiązanie trwałe: ostatni 3m odcinek gwoździa (ostatnią żerdź) należy zastosować w powłoce duplex (wysokotemperaturowe cynkowanie ogniowe i powłoka epoksydowa). Jako zabezpieczenie antykorozyjne gwoździ gruntowych w ośrodku gruntowym przyjęto szczelną otulinę kamienia cementowego wokół żerdzi.
- Iniekt końcowy z cementu CEM II 32,5 R.
- Nie dopuszcza się wiercenia na płuczce wodnej.

Tolerancje wykonania:

- usytuowanie w planie -  $\pm 10\text{cm}$ ,
- orientacja głowicy gwoździa  $\pm 5^\circ$ ,
- odchylenie od osi teoretycznej  $\leq 1/30$  długości gwoździa,

Gwoździe gruntowe muszą spełnić wszystkie wymagania aktualnych norm europejskich. Iniekcyjne samowierzące gwoździe gruntowe muszą posiadać ważną aprobatę Instytutu Techniki Budowlanej.

Z uwagi na brak możliwości zastosowania systemowych siatek licujących - dociskających powierzchniowo skarpe – przewiduje się wykonanie koszy siatkowo-kamiennych ustawionych przy powierzchni skarp i dociskanych przez wykonane gwoździowanie. Z uwagi na zastosowanie odmiennego sposobu oblicowania skarp, należy przewidzieć płyty o rozmiarach umożliwiającym dociśnięcie koszy o większych oczkach niż ma to miejsce w standardowych siatkach stalowych.

#### **7.4. Oblicowanie skarp osuwiska koszami siatkowo-kamiennymi.**

Jako element wstępnego oblicowania zapewniający zachowanie stateczności przypowierzchniowej i zabezpieczenie powierzchni skarp przed obrywami fragmentów gruntu i płytkimi zsuwami zastosowano kosze siatkowo-kamienne. Kosze będą współpracować z gwoździami gruntowymi przenosząc siły z gwoździ konstrukcyjnych i parcie gruntu. Oblicowanie zabezpieczający skarpe przed rozmywaniem skarpy przy dużych opadach deszczu i gwałtownych wyrzutach wody z kolektora deszczowego..

Kosze gabionowe należy układać z nachyleniem ok.  $6^\circ$  w kierunku skarpy. Wysokość zabudowy gabionami będzie zależna od lokalizacji. Kosze będą układane nie tylko przy powierzchni

gdzie wystąpiło osuwisko, ale także w miejscach gdzie skarpy powyżej osuwiska są o nachyleniu większym niż 1:1,2. Taki przypadek występuje w rejonie przekroju poprzecznego P-3, gdzie skarpy należy zabezpieczyć na znaczną wysokość ponad krawędź oberwanej skarpy. W zależności od istniejącego nachylenia skarp, gabiony będą układane w bezpośredniej bliskości istniejących skarp lub dla uzyskania łagodniejszego nachylenia płaszczyzny koszy – w ich dolnej części, będą oddalone od łoża skarpy. Każdą warstwę gabionów należy przełożyć geowłókniną oddzielającą grunt zasypowy od porów między kamieniami wypełniającymi kosze (ułożoną w kształt zbliżony do litery „Z”). W miejscach, gdzie kosze będą znajdowały się w dalszej odległości od płaszczyzny istniejącej skarpy, geowłókninę układać, jako rozdzielanie warstw zasypywanego gruntu aż do istniejącego zbocza. Geowłóknina będzie miała zadanie separacyjne i oddzieli grunt zasypowy od kamiennego wypełnienia koszy, dzięki czemu grunt zasypowy nie będzie przedostawał się do przestrzeni między kamieniami w koszach siatkowych. Geowłóknina separacyjna musi charakteryzować się wysoką wytrzymałością, odpornością na przebicie oraz wysokim tarciem, zapobiegającym zsuwaniu się materiału zasypowego. Przewiduje się stosowanie geowłókniny o gramaturze  $400\text{g/m}^2$  i parametrach wytrzymałościowych podanych powyżej.

Grunt zasypowy do wypełnienia dopuszcza się w postaci różnoziarnistego piasku lub piasku ze żwirem, żwiru lub pospółki o uziarnieniu 0-63mm bez domieszek pylastych, ilastych i organicznych. Minimalna wymagana wartość wskaźnika zagęszczenia wynosi  $I_s = 0.95$ .

Ze względu na trwały charakter konstrukcji i okresowe narażenie na działanie wód płynących, drut na siatki do produkcji gabionów musi być zabezpieczony antykorozyjnie. Parametry materiałowe gabionów podano w opisie powyżej. Dla kompensacji nachylenia gwoździ i właściwego dopasowania gwoździ do koszy siatkowo-kamiennych przewiduje się zastosowanie reduktorów kątowych i płyt oporowych, pozwalających na dociśnięcie (dociągnięcie) koszy siatkowo-kamiennych do powierzchni skarpy. W koszach należy zabezpieczyć miejsce przejścia gwoździ gruntowych (rury PCV), pozwalające na wiercenie bez groźby uszkodzenia ich struktury po uprzednim ułożeniu zabezpieczeń na powierzchni skarpy.

Poszczególne gabiony należy łączyć ze sobą trwale przy pomocy systemowych łączników. W zależności od nachylenia skarpy przewidziano wykonanie koszy o różnych rozmiarach (1,0x1,0x1,0m / 1,0x1,0x2,0m / 1,0x2,0x2,0m) z ich nachyleniem pozwalającym na „dociśnięcie” istniejących zboczy. W niektórych przypadkach (przede wszystkim przekrój P-2) dla złagodzenia kąta nachylenia wysokiej skarpy, projektuje się odsunąć kosze gabionowe od powierzchni skarpy, a powstałą przestrzeń zasypać piaskiem wraz z jego zagęszczeniem.

Kosze siatkowo-kamienne należy okresowo poddawać przeglądowi pod kątem weryfikacji ich stanu technicznego i trwałości oraz związanej z tym funkcji konstrukcyjnej. Po wykryciu ewentualnych uszkodzeń należy je niezwłocznie naprawić lub wymienić uszkodzone elementy na nowe.

### **7.5. Zabezpieczenie muru oporowego.**

W projekcie, do zabezpieczenia muru oporowego przewidziano zastosowanie samowiercących mikropali i mikropali kotwiących, formowanych iniekcyjnie w technologii opisanej w punkcie 5.3. Przewiduje się zastosowanie mikropali **CFG M1** o następujących parametrach:

- materiał: stal S460NH,
- siła uplastyczniająca  $\geq 830\text{kN}$ ,
- nośność obliczeniowa  $\geq 600\text{kN}$ ,
- sztywność giętna  $\geq 125\text{ kNm}^2$ ,
- średnica koronki wiertniczej 175mm,
- długość: 9.0m,
- rozstaw 1.0m
- układ mikropali - odchylnie naprzemienne: 10 i 25 ° od pionu.

Jako kotwienie muru, przewidziano mikropale kotwiące **CFG Mk1** o następujących parametrach:

- materiał: stal S460NH,
- siła uplastyczniająca  $\geq 425\text{kN}$ ,
- nośność obliczeniowa  $\geq 323\text{kN}$ ,
- sztywność giętna  $\geq 15\text{ kNm}^2$ ,
- średnica koronki wiertniczej 150mm (w przypadku dużych oporów wiercenia dopuszcza się koronkę 90mm),
- długość: 9.0m,
- rozstaw 2.0m,
- układ mikropali: nachylenie 25° do poziomu.

Zabezpieczenie antykorozyjne mikropali i mikropali kotwiących – mikropale trwałe: ostatni 3m odcinek mikropala kotwiącego (ostatnią żerdź) należy zastosować w powłoce duplex (wysokotemperaturowe cynkowanie ogniowe i powłoka epoksydowa), płyta oporowa systemowa +

nakrętka ocynkowane. Jako zabezpieczenie antykorozyjne mikropali w ośrodku gruntowym przyjęto szczelną otulinę kamienia cementowego wokół żerdzi.

Uwaga: Mikropale oraz mikropale kotwiące należy zainstalować przez wykonane w murze oporowym otwory. Otwory wykonać przez przewiert wstępny koronką diamentową. W przypadku gdyby rozluźnione fragmenty muru uniemożliwiały poprawny przebieg wiercenia, należy wykonać przewiert wieloetapowo, tzn. w miarę postępu wiercenia spoinować fragment muru przy otworach i dopiero po osiągnięciu odpowiedniej wytrzymałości zespojanego trzonu muru - kontynuować wiercenie.


### **7.6. Pryzma dociążająca mur oporowy (przypora muru).**

Zabezpieczeniem muru oporowego, podmytego wodami opadowymi, będzie warstwa kamienia wypełniającego dno (koryto) wąwozu. W celu dodatkowego podparcia tej konstrukcji, zaprojektowano pryzmę z koszy siatkowo-kamiennych (gabiony) przylegającą bezpośrednio do powierzchni muru oporowego. Kosze gabionowe należy układać tak, aby ściśle przylegały do powierzchni muru oporowego. Wymiary koszy dostosować do schodkowego charakteru podparcia (Rys. 2).

Projektuje się wykonanie pryzmy gabionowej do rzędnej 114,30mnpm (korona pryzmy – górnego kosza). Wylot kanalizacji zostanie obudowany koszami gabionowymi z ich schodkowym ułożeniem według Rys. 2 oraz przekroju P-1 na Rys. 3. Dodatkowa wysoka konstrukcja zapewni podparcie dla muru, a zastosowanie koszy siatkowo-kamienny pozwoli na rozproszenie energii wody wyrzucanej z rurociągu oraz jej wnikanie w głąb warstwy kamienia i odprowadzenie w dół wąwozu. Ustawianie koszy – bezpośrednio na kamiennej warstwie wbudowanej w dno jaru. Parametry koszy – analogiczne do opisu powyżej.

### **7.7. Remont rurociągu kanalizacji deszczowej.**

Stan techniczny kanalizacji deszczowej na terenie miasta jest nieznanym. Możliwe nieszczelności tego rurociągu mogą być przyczyną wycieków wód w okolicach muru oporowego. Według informacji uzyskanych w gminie, odcinek rurociągu zlokalizowany bezpośrednio przed ostatnią studnią, został w ostatnich miesiącach wymieniony na nowy. Ostatni fragment rurociągu przechodzący przez mur oporowy jest w złym stanie technicznym i konieczny jest jego remont. Rurociąg przechodzący przez mur oporowy jest załamany, a tym samym nieszczelny. Z uwagi na trudny dostęp do tego odcinka przewiduje się przeprowadzenie remontu polegającego na zastosowaniu specjalistycznego rękawa uszczelniającego. Rękaw będzie wykonany na długości całego odcinka rurociągu od studni znajdującej się bezpośrednio za murem, aż do jego wylotu – na widocznej

 Hydroprojekt <small>a company of Royal HaskoningDHV</small>	Nr umowy: ZP.271.1.2017 (PW-588, HP1983)	Strona 23
	Tytuł opracowania: <b>Stabilizacja osuwiska położonego w Górninie na działce nr 118/3, Obręb Miasto 2</b>	Nr arch.: 6862/17

powierzchni muru oporowego. Zastosowanie tej metody zabezpieczy przed wnikaniem wody w konstrukcję muru i wypływem wody pod jego konstrukcją.

### **7.8. Dodatkowa przypora dolnej części skarp.**

Dla dodatkowego zabezpieczenia dolnych części skarp, bezpośrednio powyżej zabudowy dna, projektuje się materace gabionowe o grubości 0,5m. Takie zabezpieczenie wykonane będzie obustronnie na lewej i prawej skarpie jaru, z pominięciem miejsc gdzie skarpa będzie zabezpieczona kosztami gabionowymi. Materace o szerokości 3m i łącznej długości ok. 130m należy wbudować na istniejącej skarpie (na podkładzie z chudego betonu) wpuszczając je ok. 0,5m w warstwę kamienia stanowiącego wypełnienie dna jaru. Taki sposób wbudowania pozwoli na zabudowę skarpy powyżej kamiennej zabudowy dna – tj. na pozostałej długości materaca, czyli na ok. 2,5m.

Wykonanie tego elementu pozwoli na dodatkowe, powierzchniowe podparcie skarp oraz zabezpieczy przed ich rozmywaniem w przypadku bardzo dużych wezbrań po opadach deszczu.

Parametry materiałowe z jakich wykonane będą kosze – analogicznie jak wyżej.

### **7.9. Pomnik przyrody – głąz narzutowy.**

Występujący na placu budowy głąz narzutowy (widoczny na Fot. 1 oraz Fot. 2, otrzymanych z RDOŚ w Bydgoszczy), należy zabezpieczyć w trakcie prac budowlanych i przemieszczania się maszyn w wąwozie.

Z informacji uzyskanych z Regionalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska w Bydgoszczy, głąz ten powinien pozostać na widoku po zakończonych pracach budowlanych. W związku z powyższym, pomnik przyrody musi być zabezpieczony i docelowo powinien zostać wyniesiony na powierzchnię wykonywanej zabudowy dna jaru.

W chwili obecnej głąz jest mniej widoczny z uwagi na ruch osuwiska i jego częściowe przysypanie oraz przewrócone drzewo zalegające w bezpośredniej bliskości głązu. Fot. 3. ukazuje widok na głąz z łagodnej skarpy zachodniej (kierunek jak na Fot. 2).



Fot. 1. Głaz narzutowy – Pomnik Przyrody. Widok w kierunku muru oporowego. Źródło: RDOŚ.



Fot. 2. Głaz narzutowy – Pomnik Przyrody. Widok z łagodnej skarpy zachodniej. Źródło: RDOŚ.





Fot. 3. Głaz narzutowy – Pomnik Przyrody. Aktualne zdjęcie (październik 2017r) z łagodnej skarpy zachodniej. Widoczne przewrócone drzewo oraz częściowe przysypanie głazu.

#### **7.10. Wykonanie, organizacja i kolejność robót.**

Prace związane z zabezpieczeniem osuwiska należy wykonywać etapami, na każdym etapie zwracając uwagę na ewentualne zagrożenie utraty stateczności skarpy.

Instalację gwoździ i oblicowania należy wykonywać od dołu, prowadząc ruch sprzętu i ludzi przy podstawie skarpy. Prace prowadzić po wykonaniu pełnego wypełnienia dna jaru narzutem.

Instalację gwoździ gruntowych prowadzi metodą down-top wraz ze wznoszeniem koszy siatkowo-kamiennych, tzn. w pierwszej kolejności ustawić i zastabilizować dolne rzędy koszy oraz zainstalować dolne rzędy gwoździ, a idąc z pracami w górę, jednocześnie z układaniem gabionów i wypełnianiem przestrzeni między nimi a skarpą, należy instalować kolejne poziomy gwoździ gruntowych. Niedopuszczalne jest pozostawienie muru z koszy siatkowo-kamiennych bez jednoczesnego zabezpieczenia ich gwoździami gruntowymi.

Do prac można przystąpić po przygotowaniu stabilnej powierzchni terenu, odpowiedniej do pracy urządzeń technicznych. Zakłada się, że platformę roboczą stanowić będzie umocnione i wypełnione narzutem dno jaru. Maksymalny wysięg (po skłonie) roboczy to 16m. Nie wyklucza się konieczności budowy dodatkowych, tymczasowych platform roboczych (na nasypie).

Proponuje się następującą kolejność realizacji prac:


- a. prace przygotowawcze,
- b. wykonanie betonowej podbudowy oraz kamiennej i gabionowej zabudowy dna jaru,
- c. wykonanie mikropali i mikropali kotwiących zabezpieczających mur oporowy,
- d. wykonanie gwoździowania skarp z jednoczesnym wykonaniem jej oblicowania z gabionów,
- e. wykonanie przymy dociążającej, stanowiącej przyporę dla muru oporowego,
- f. wykonanie remontu odcinka rurociągu  $\varnothing$  600mm w murze oporowym,
- g. wykonanie dodatkowej przypory (obustronnie) z materacy siatkowo-kamiennych w dolnych partiach skarp.

Część z wyżej wymienionych prac można wykonywać w innej kolejności niż zaproponowana. Możliwe jest również wykonywanie kilku z wymienionych prac jednocześnie. Ostateczna kolejność i technologia wykonywania robót zostanie określona przez Wykonawcę robót budowlanych.

Zapewnienie poprawności technologicznej przyjętego rozwiązania konstrukcyjnego stabilizacji osuwiska (gwoździowania) wymaga prowadzenia prac w następującej kolejności:

#### Zabezpieczenie osuwiska

1. Oczyszczenie powierzchni skarp z luźnych fragmentów skał i gruntu w zakresie niezbędnym do umożliwienia instalacji zabezpieczenia.
2. Wykonanie oblicowania skarpy.
3. Na kamiennej zabudowie dna jaru ułożyć pierwszy rząd koszy siatkowo-kamiennych, zastabilizować ich pozycję, łączenia gabionów wykonać według systemowego rozwiązania. W koszach zabezpieczyć miejsca przejść gwoździ gruntowych (np. rurą PVC) z geodezyjnym wytyczeniem linii rozmieszczenia gwoździ gruntowych.
4. Nadbudowa skarpy z gruntu zasypowego (miedzy projektowaną linią gabionów a licem skarpy). Po wbudowaniu gabionów należy nadbudować skarpe z gruntu zasypowego warstwami o wysokości umożliwiającej jej odpowiednie zagęszczenie. Grunt zasypowy należy zagęszczać ubijakami ręcznymi od krawędzi zewnętrznej do środka segmentu. Poszczególne warstwy zasypu budowlanego powinny mieć taką samą miąższość na całej szerokości. Wyżej leżąca warstwa gruntu zasypowego może być układana dopiero po całkowitym zagęszczeniu warstwy niżej leżącej (zagęszczenie każdej warstwy podlega odbiorowi przez Inspektora Nadzoru na podstawie wyników badań dostarczonych przez Wykonawcę). Nadbudowę wykonać do wysokości wierzchu wbudowanego rzędu gabionów.
5. Wykonanie gwoździ gruntowych w technologii opisanej w punkcie 7.3.

 a company of Royal HaskoningDHV	Nr umowy: ZP.271.1.2017 (PW-588, HP1983)	Strona 27
	Tytuł opracowania: <b>Stabilizacja osuwiska położonego w Górnice na działce nr 118/3, Obręb Miasto 2</b>	Nr arch.: 6862/17

6. Wykonać próbne obciążenia gwoździ gruntowych.
7. Na powierzchni czołowej koszy należy zamocować głowicę gwoździ, kasując luzy.
8. Wykonać zasyp i ułożyć kolejne rzędy gabionów aż do wysokości kolejnego projektowanego rzędu gwoździ gruntowych; zainstalować gwoździe gruntowe. Czynności powtarzać aż do osiągnięcia najwyższego projektowanego rzędu gabionów.

Możliwa jest alternatywna kolejność prac: wykonanie gwoździ gruntowych, zasypu, ułożenie koszy gabionowych (z zachowaniem przedstawionych etapów)

UWAGA: Należy zwrócić uwagę ewentualne objawy niestateczności (obsuwy, spękania na i ponad koroną skarpy) oraz wycieki wody ze skarpy.

#### Zalecenia:

- Potwierdzeniem poprawności wykonania elementów konstrukcji geotechnicznej oraz założeń projektowych w zakresie rozpoznania konstrukcyjnego są próbne obciążenia (wykonanie i warunki odbioru zgodnie z programem próbnych obciążeń).
- Prace związane z reprofilacją i zabezpieczeniem skarpy i dna rozpocząć po oczyszczeniu powierzchni z drzew i krzewów oraz luźnych fragmentów w zakresie niezbędnym do umożliwienia bezpiecznej instalacji zabezpieczenia.
- Przed przystąpieniem do prac należy przygotować stabilne platformy robocze.
- Podczas realizacji prac należy przestrzegać opisanej kolejności robót i reżimów technologicznych.
- Prace należy wykonywać w okresie suchym.
- Na każdym etapie prac należy obserwować ewentualne objawy niestateczności (obsuwy, spękania skarpy), stan gruntów budujących skarpy (ich zgodność z dokumentacją geotechniczną) oraz wycieki ze skarpy, a w razie pojawienia się wątpliwości poinformować zespół projektowy.

#### **7.11. Kontrola poprawności rozwiązania.**

W ramach prac kontrolnych należy wykonać próbne obciążenia gwoździ gruntowych. Badania te zweryfikują założone do obliczeń parametry pracy gwoździ oraz dadzą obraz charakterystyki „obciążenie-przemieszczenie”. Program badań i kryteria oceny poprawności należy opracować na podstawie przedstawionych poniżej założeń.

Z uwagi na sposób pracy gwoździ iniekcyjnych (nośność uzyskiwana z tarcia na pobocznicę buławy) badania można przeprowadzić w oparciu o normę PN-EN-14490, wg programu:

- stopniowe obciążanie: począwszy od obciążenia wstępnego 0.2 F siła w gwoździu zwiększana jest stopniowo do 0.4 F; 0.6 F; 0.8 F; 1.0 F. Na każdym stopniu obciążenia dokonuje się odczytu

wartości przemieszczenia gwoźdźcia. Następnie dokonuje się stopniowego odciążenia do osiągnięcia wartości siły 0.2 F, wykonując odczyty przemieszczenia przy każdym stopniu relaksacji. Uwaga: Przy obciążeniu 0.2 F, należy wyzerować urządzenie pomiarowe. Na tym poziomie obciążenia, pomiarów przemieszczenia nie dokonuje się.

- badanie przemieszczenia pod stałym obciążeniem (pełzanie): wykonywane podczas stopniowego obciążania – po osiągnięciu kolejnego stopnia obciążenia dokonuje się pomiarów przemieszczenia w przedziałach czasowych podanych poniżej:

dla 0.4 F: po 1min,

dla 0.6 F: po 1min,

dla 0.8 F: po 1min,

dla 1.00 F: po 1, 2, 5, 10, 15min.

Warunkiem dopuszczenia gwoździ gruntowych do użytkowania jest wartość różnicy przemieszczenia odczytanych dla obciążenia projektowego pomiędzy 15 i 5 minutą, nie większa niż 0.25 mm:

$$\Delta s = s_{15'} - s_{5'} \leq 0.25 \text{ mm}$$

Do próbnych obciążeń należy przewidzieć 2.0% wszystkich wykonanych gwoździ gruntowych, przy czym należy przewidzieć badanie min. 2 gwoździ w każdej strefie litologicznej w obrębie każdej skarpy. Lokalizację gwoździ do badań ustali Inspektor Nadzoru Inwestorskiego.

## 7.12. Uwagi końcowe.

1. Zgodnie z zaleceniami zawartymi w Dokumentacji geologiczno-inżynierskiej, odcinek ul. Pocztovej powinien być objęty monitoringiem geodezyjnym. Monitoring należy rozpocząć przed wykonaniem jakichkolwiek prac budowlanych związanych z przedsięwzięciem i prowadzić w czasie trwania wszelkich robót budowlanych. Po zakończeniu prac budowlanych, Inwestor powinien w dalszym ciągu prowadzić monitoring tego terenu.

2. Projektowane prace obejmują obszar działki nr 118/3. Dno wąwozu oraz skarpy na dalszym odcinku nie zostały objęte niniejszym opracowaniem. Zaleca się, aby prace przewidziane w korycie jaru na dz. 118/3 były kontynuowane także na dalszym fragmencie. Mając na względzie zmniejszający się spadek podłużny dna w kierunku jeziora oraz zmniejszającą się szerokość wąwozu, należałoby przeanalizować zastąpienie zabudowy dna kamieniem, poprzez wykonanie rurociągu. Łagodniejszy spadek pozwoli na poprowadzenie wód w zamkniętym kanale, a nadal strome i osuwające się skarpy wąwozu będą rozparte zastosowanym rurociągiem. Biorąc pod uwagę, że tereny zlokalizowane

poniżej działki 118/3 są terenami prywatnymi, wykonanie dalszych prac może okazać się trudne do wykonania i finansowania przez ich Właścicieli.

## 8. Dojazd.

Teren inwestycji nie koliduje z drogami powiatowymi, wojewódzkimi i krajowymi. Dojazd do terenu inwestycji może odbywać się z kilku stron, choć należy się liczyć z trudnościami terenowymi związanymi z dojazdem i dostawą materiałów.

Plac budowy jest zlokalizowany w trudnych warunkach. Odnosi się to zarówno w stosunku do ukształtowania terenu, jak i możliwości dotarcia z dróg publicznych. W zależności od wybranej drogi dojazdowej należy się liczyć z przeszkodami takimi jak: istniejące zagospodarowanie terenu (schody, bariery, ogrodzenia, szerokości przejazdów), sąsiadujące tereny prywatne (w tym przejazdowe – od dołu), które mogą stanowić problem w dotarciu maszynami budowlanymi czy dostawie materiałów.

Istnieje możliwość bezpośredniego dojazdu do granicy działki od strony ul. Pocztowej. W miejscu tym znajduje się brama wjazdowa, aczkolwiek dostęp z tej strony może być utrudniony z uwagi na wysoką skarpe podpartą murem oporowym. Odległość muru od bramy wjazdowej jest na tyle duża, że może stanowić problem dla zasięgu dźwigów. Przy tej lokalizacji należy wziąć pod uwagę rurociągi znajdujące się w ulicy, oraz obciążenie maszyn oddziałujące na podmyty mur oporowy.

Dostęp do dna jaru jest możliwy także po zachodniej skarpie. Należy jednak liczyć się z przeszkodami w postaci drzew porastających to zbocze, a także betonowych schodów stanowiących komunikację (skrót) z pobliskiej alejki do jeziora.

Dojazd dla niewielkich maszyn budowlanych może być również rozważany od strony jeziora. Są to jednak działki prywatne i wymagać będą uzgodnienia wjazdu na teren prywatny. Dojazd z tej strony wymagać będzie uporządkowania ich powierzchni oraz ukształtowania koryta jaru dla przejazdu i poruszania się maszyn. Na trasie rowu (jaru) odprowadzającego wody z terenów osuwiska, występuje pochylone drzewo, które wymagać będzie wycięcia. Bez tego – dojazd do terenu budowy będzie niemożliwy z tej strony jaru.

Dostęp do wąwozu jest również możliwy od strony wschodniej z działki nr 161 (dostęp wstępnie uzgodniony z Właścicielem). Jest to jednak wysoka skarpa - zagrożona procesami osuwiskowymi, z której nie ma dostępu do dna wąwozu. Dodatkowo korzystanie z niej wymagałoby dostosowania wjazdu z ul. Okrężnej dla umożliwienia dotarcia na działkę.

Każda z wymienionych dróg dojazdowych ma swoje utrudnienia, które Wykonawca powinien przeanalizować i wybrać dogodną (najłatwiejszą) dla swojej technologii prac.

## 9. Wyciąg z obliczeń.

### Założenia

Przedmiotowa konstrukcja zabezpieczająca osuwisko analizowana była pod kątem sprawdzenia dwóch stanów granicznych (stanu granicznego nośności i stanu granicznego użyteczności), gdzie sprawdzono w każdym przypadku stateczność zewnętrzną i stateczność wewnętrzną.

Zgodnie z pkt. 2.4.7.3 normy PN-EN 1997-1 Eurokod 7 Projektowanie geotechniczne Część 1: Zasady ogólne, należy wykazać:

$$\frac{R_d}{E_d} \geq 1, \text{ gdzie:}$$

$R_d$  – wartość obliczeniowa oporu przeciw oddziaływaniu

$E_d$  – wartość obliczeniowa efektu oddziaływań

Dla zachowania zgodności z dotychczasową praktyką inżynierską oraz w oparciu o wytyczne Instrukcji ITB przyjęto, że maksymalne wymagany współczynnik wykorzystania stateczności  $\mu = 1/FS$  powinien wynosić:

$$\mu = \frac{E_d}{R_d} \leq 0.83, \text{ co odpowiada } FS = \frac{R_d}{E_d} \geq 1.20$$

W celu określenia warunków stateczności omawianej skarpy osuwiskowej skarp oraz rodzaju i przybliżonego zakresu niezbędnych zabiegów wzmacniających, przeprowadzono modelowanie stateczności. Modele obliczeniowe stworzono na bazie przekrojów poprzecznych skarpy. Układ warstw oraz parametry geotechniczne przedstawione są na wyciągach z obliczeń (wynikach modelowania). Do analizy stateczności oraz modelowania zabezpieczeń wykorzystano programy GGU-STABILITY – dla metody Bishopa i kołowo-cylindrycznej powierzchni poślizgu oraz metody Janbu i łamaną powierzchnię poślizgu. Częściowe współczynniki do obliczeń projektowych należy przyjęto zgodnie z Załącznikiem A do normy PN-EN 1997 – 1: 2004. Obliczenia prowadzono dla trwałej sytuacji obliczeniowej.

### Warunki geologiczno-inżynierskie

Warunki geologiczno-inżynierskie opisano w punkcie 3 (opis z dokumentacji geologiczno-inżynierskiej). Przekroje obliczeniowe zbudowane na bazie przekrojów b-b i c-c z Dokumentacji geologiczno-inżynierskiej.

Parametry wytrzymałościowe wydzielonych warstw geotechnicznych przyjęte do obliczeń przedstawiono na ryc. 9-1.

### Sposób obliczeń i wyniki

Do zasadniczych obliczeń stateczności skarp wykopów użyto programu wykorzystującego metody równowagi granicznej, czyli tzw. metodę „pasków”. W tym celu zastosowano program GGU-STABILITY wraz z modułem GGU-NAIL, do analizy konstrukcji gwoździowanych. Program oblicza najbardziej niekorzystny wskaźnik stateczności, a przy w przyjętej metodzie obliczeń, bazującej na PN-EN 1997 – 1:2004 wynik pokazywany jest jako odwrotność wskaźnika stateczności – współczynnik wykorzystania nośności:

$$\mu = \frac{1}{FS}$$

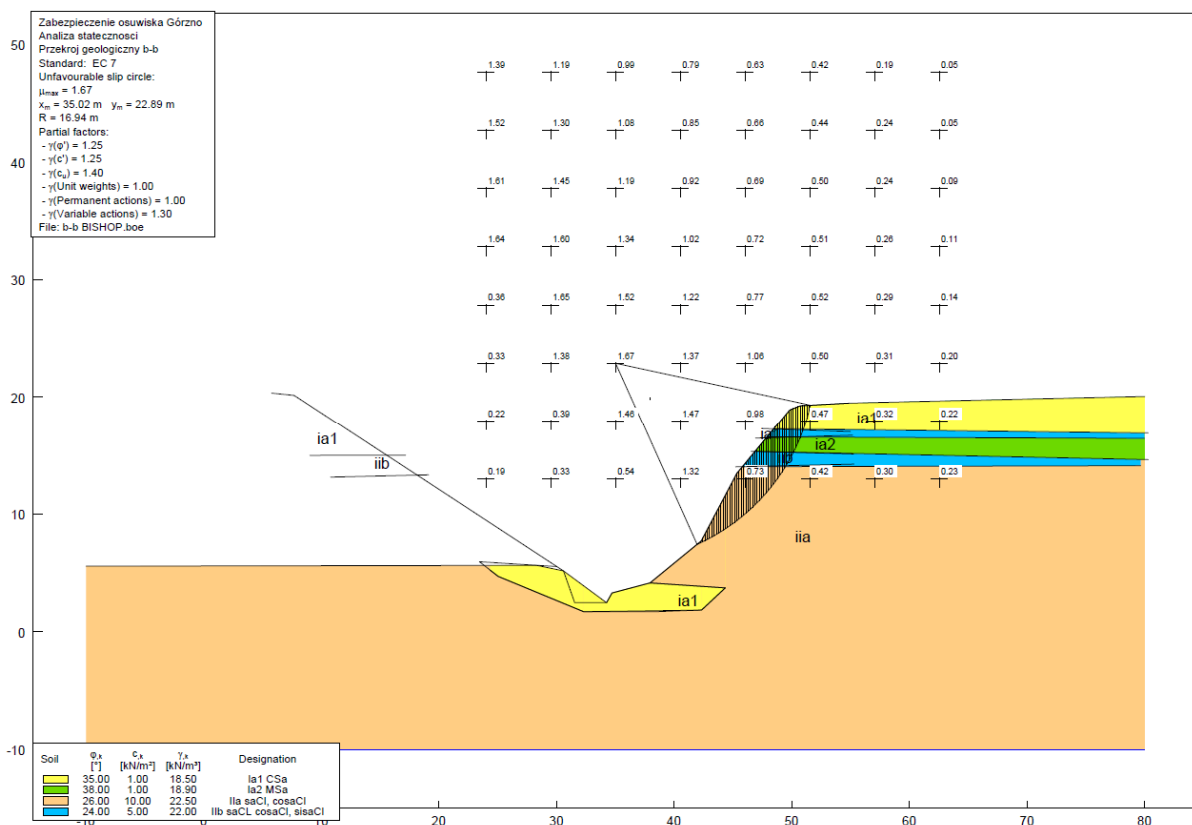
Przy czym przyjęto, że:  $\mu \leq 0.83$ .

W procesie obliczeniowym poszukiwano najniekorzystniejszej powierzchni poślizgu (o najniższym wskaźniku stateczności), analizując kolejnymi przybliżeniami zestawy środków i promieni krzywizn, uzyskując w efekcie przebieg pow. poślizgu o najniższym wskaźniku stateczności FS. Na pierwszym etapie obliczeń analizowano skarpy osuwiska o projektowanej geometrii w stanie naturalnym, tj. bez zabezpieczeń. Etap ten miał na celu ustalenie wyjściowych wskaźników stateczności i wytypowane rejonów, w których wymagane będzie ew. zastosowanie wglębnych zabezpieczeń geotechnicznych.

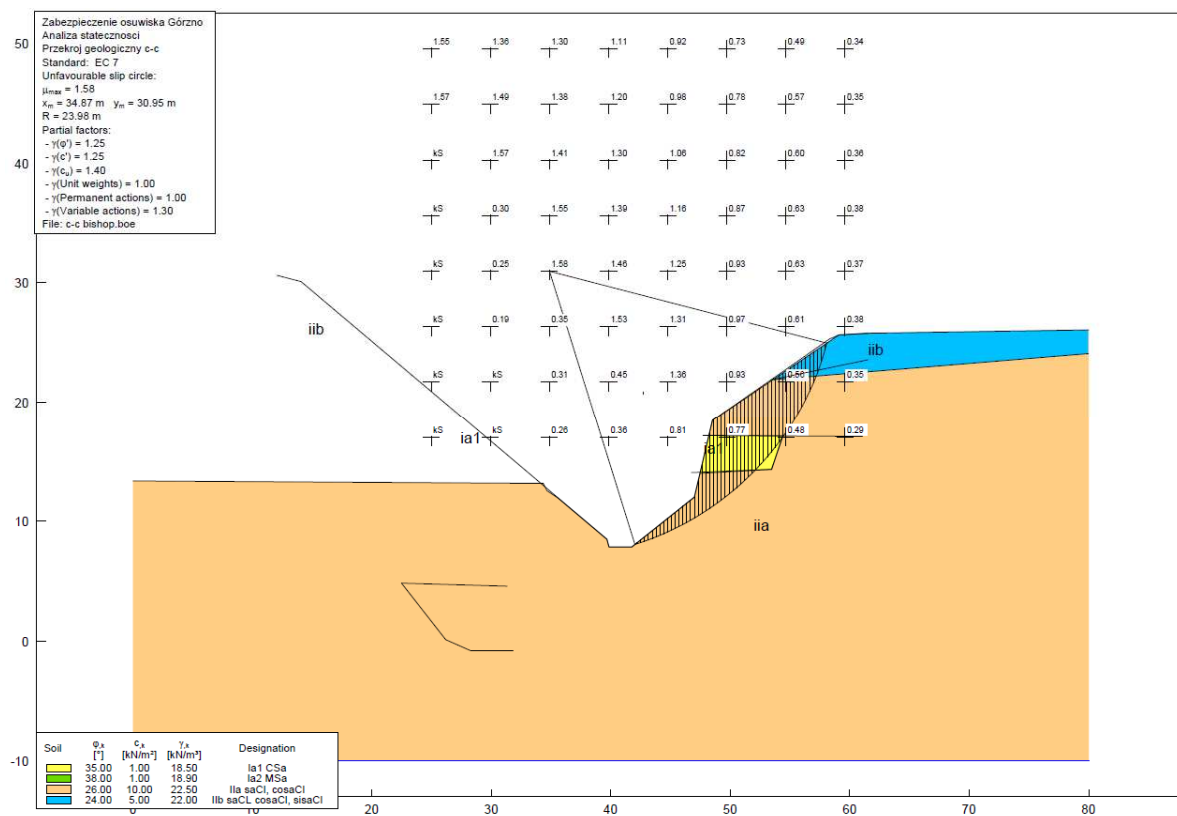
Analiza wyników wykazała, że przedmiotową skarpe należy wzmocnić w celu technicznego zapewnienia jej długotrwałej stateczności (tzn. obliczenia wykazały  $FS < 1$ , co oznacza wysokie prawdopodobieństwo postępowania procesów osuwiskowych). Wyniki obliczeń przedstawiono na rycinach 9-1 i 9-2. W celu określenia zakresu niezbędnych zabezpieczeń geotechnicznych, przekroje przeanalizowano ponownie modelując wprowadzone zabezpieczenia. W kolejnych etapach prowadzono obliczenia stateczności ogólnej z uwzględnieniem przyjętych systemów zabezpieczenia, tak by dla konstrukcji zabezpieczającej w docelowym kształcie (ostatecznej geometrii i obciążeniach działających na konstrukcję) wskaźnik stateczności był zgodny z wymaganym.

Wyniki obliczeń dla najbardziej niekorzystnego przekroju obliczeniowego przedstawiono na rycinach 9-3 i 9-4.

**Współczynnik stateczności dla każdego przekroju obliczeniowego w stanie docelowym spełnia warunek obliczeniowy stateczności.**

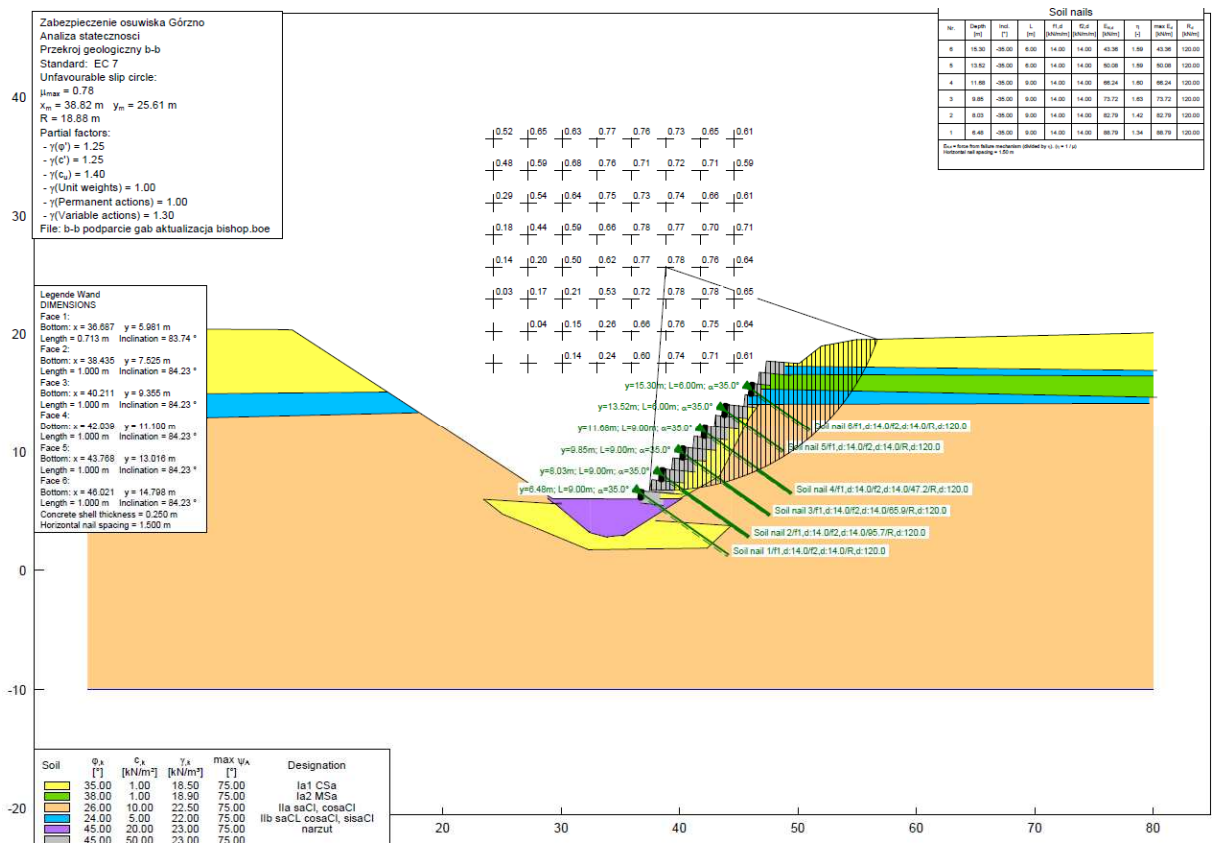


Rycina 9-1. Wynik obliczeń stateczności dla przekroju b-b w stanie aktualnym, niezabezpieczonym ( $FS=1/1.67=0.60$ ).

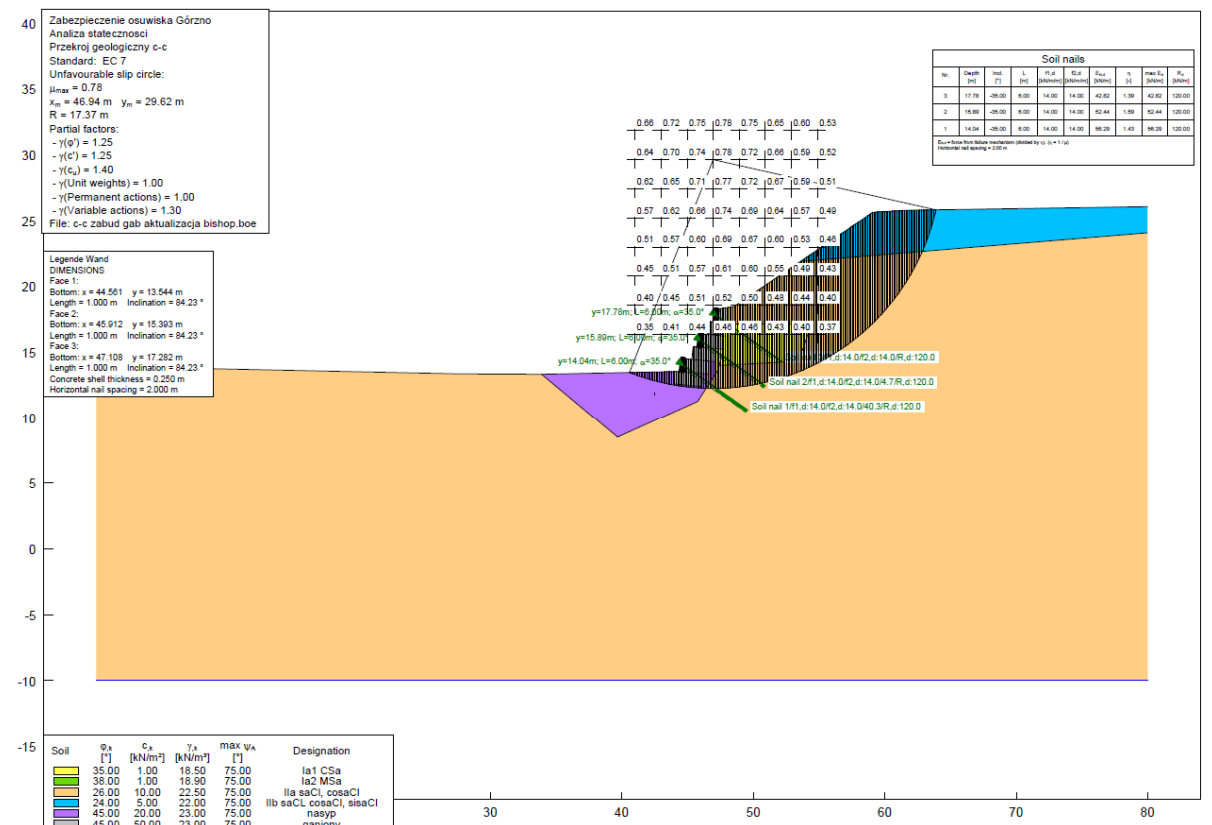


Rycina 9-2. Wynik obliczeń stateczności dla przekroju c-c w stanie aktualnym, niezabezpieczonym ( $FS=1/1.58=0.63$ ).





Rycina 9-3 Wynik obliczeń stateczności dla przekroju b-b w stanie docelowym z zabezpieczeniem (FS=1/0.78=1.28).



Rycina 9-4. Wynik obliczeń stateczności dla przekroju c-c w stanie docelowym z zabezpieczeniem (FS=1/0.78=1.28).