PROJEKT BUDOWLANY	
Zamierzenie budowlane:	**Projekt zabezpieczenia przed obrywami skalnymi** **- w ramach ETAPU 1** **dla inwestycji: Zagospodarowanie Parku Zakrzówek w Krakowie.**
Adres inwestycji:	**Działki nr ewidencyjny: 191/11, 191/12, 191/13, 191/3, 191/5, 203, 205, obr.009 Podgórze**
Kategoria obiektów budowlanych	**Kategoria VIII – inne budowle**
Inwestor:	**Gmina Miejska Kraków- Zarząd Zieleni Miejskiej w Krakowie** **ul. Za Torem 22, 30-542 Kraków**

EGZEMPLARZ 1

Branża		Tytuł, imię, nazwisko	Nr uprawnień	Pieczątka, podpis	Data
Zabezpieczenie przed obrywami skalnymi	**Projektant Autor**	mgr inż. Jakub Bryk	Uprawnienia do projektowania bez ograniczeń w specjalności konstrukcyjno-budowlanej MAZ/0075/POOK/10		11.2018
	Sprawdziła	mgr inż. arch. Maria Mik-Piwowar	Uprawnienia do projektowania bez ograniczeń w specjalności architektonicznej MPOIA 008/2013		11.2018
	Opracował	dr inż. Remigiusz Duszyński	-		11.2018

Kraków, grudzień 2018

PRACOWNIA
PROJEKTOWA F11

PRACOWNIA PROJEKTOWA F-11 dr hab. inż. arch. Marcin Furtak
31-513 Kraków, ul. Olszańska 7A
NIP 6751164662, Regon 120492065 Tel./fax: +48 /12/ 4113102, e-mail: biuro@f-11.pl www.f-11.pl

Zamierzenie budowlane:

Projekt zabezpieczeń przed obrywami skalnymi

- w ramach ETAPU 1

dla inwestycji: Zagospodarowanie Parku Zakrzówek w Krakowie.

Temat opracowania:

PROJEKT ZAGOSPODAROWANIA TERENU

Lokalizacja:
Działki nr ewidencyjny: **191/11, 191/12, 191/13, 191/3, 191/5, 203, 205 obr.009 Podgórze**

Inwestor:
Gmina Miejska Kraków- Zarząd Zieleni Miejskiej w Krakowie
ul. Za Torem 22, 30-542 Kraków
adres korespondencyjny
ul. Reymonta 20, 30-059 Kraków

Projekt:
Pracownia Projektowa F-11
ul. Olszańska 7A
31 - 513 Kraków
tel. (12) 411 - 31 – 02

Autor:

mgr inż. Jakub Bryk

Opracowanie:

dr inż. Remigiusz Duszyński

I. PROJEKT ZAGOSPODAROWANIA TERENU - OPIS TECHNICZNY:

I.A PODSTAWA OPRACOWANIA I PRZEDMIOT INWESTYCJI.

I.A.1 Podstawa opracowania

- zlecenia z dnia 15.05.2018.

- wizja lokalna

I.A.2. Cel i zakres opracowania

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie rozwiązań projektowych służących zabezpieczeniu wskazanych stref „Parku Zakrzówek" przed zagrożeniem dla użytkowników ze strony spadających odłamków skalnych.

Zakres wykonanych prac obejmował:

- Wizje lokalne;
- Analizę dostępnych dokumentacji geologicznych;
- Analizę opracowań dotyczących sposobu eksploatacji i likwidacji kamieniołomu;
- Inwentaryzację obszarów wskazanych do zabezpieczenia;
- Określenie parametrów geomechanicznych;
- Propozycje możliwych wariantów ochrony przed spadającymi odłamkami skalnymi.

I.A.3. Lokalizacja

Przedmiotowe zabezpieczenia zostaną wykonane na działkach ewid. nr 191/13, 191/4, 191/5, 191/12, 205, 191/11, 203 obr.009 Podgórze, stanowiących obecnie teren Parku Zakrzówek. Wszystkie działki są we władaniu Inwestora. Obszar znajduje się na terenie byłego kamieniołomu „Zakrzówek" w Krakowie.

I.A.4. Przedmiot inwestycji oraz granice terenu inwestycji

Przedmiotem inwestycji są rozwiązania mające na celu zabezpieczenie istniejących skał przed obrywami skalnymi. Stanowi to etap pierwszy realizacji Inwestycji pt. „Zagospodarowanie Parku Zakrzówek", w ramach której zostaną wprowadzone liczne obiekty służące rekreacji i wypoczynkowi mieszkańców.

Przedmiot niniejszego opracowania stanowi podstawowe i niezbędne działanie służące zapewnieniu bezpieczeństwa ludzi i mienia podczas obecnego i przyszłego użytkowania całego obszaru.

Granice terenu inwestycji stanowią dz. ewid. nr 191/13, 191/4, 191/5, 191/12, 205, 191/11, 203 obr.009 Podgórze- obszar wokół zbiornika Zakrzówek.

I.A.5. Wykorzystane materiały

W opracowaniu wykorzystano następujące materiały:

1. Analiza parametrów geomechanicznych dawnego kamieniołomu „Zakrzówek" – G. Giacchetti, Officine Maccaferri S.p.A. 2018.
2. Dokumentacja geologiczna złoża wapieni jurajskich „Zakrzówek" w Krakowie w kat. B + C_1.
3. Opracowanie dokumentacji technicznej likwidacji Zakładu Górniczego „Zakrzówek" – Etap II.
4. Hückel S.: Aktualne problemy mechaniki skał, w Wybrane zagadnienia budownictwa wodnego, mechaniki gruntów i skał, część 2, Ossolineum, Wrocław.
5. Thiel K.: Badanie i prognozowanie stateczności zboczy skalnych, IBW PAN Gdańsk.
6. Thiel K.: Mechanika skał w inżynierii wodnej, PWN, Warszawa.

I.A.6. Wykorzystane oprogramowanie

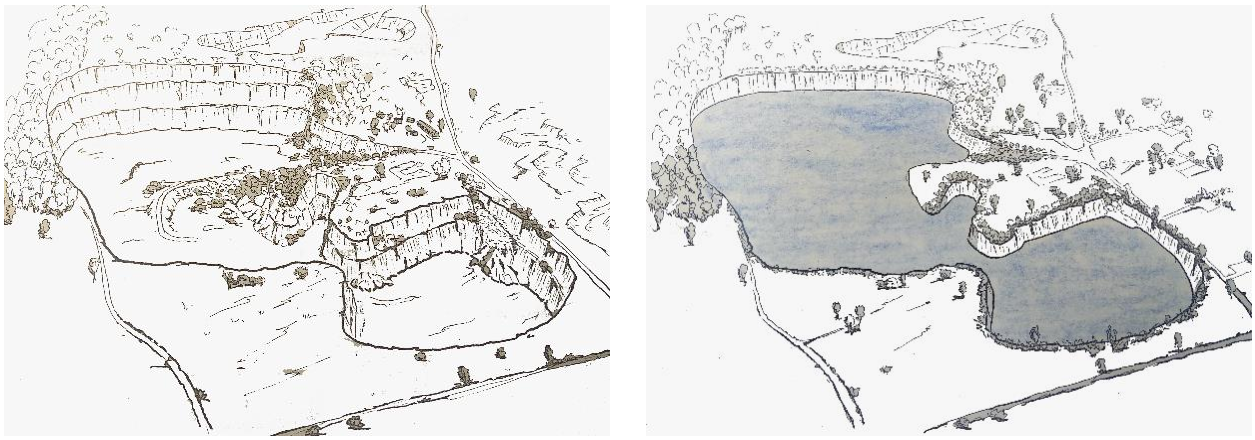
1. Rockfall – Rocsience (Toronto) – licencja Officine Maccaferri S.p.A.
2. MACRO 1 - Officine Maccaferri S.p.A.

I.B. ISTNIEJĄCE ZAGOSPODAROWANIE TERENU

I.B.1. Charakterystyka geologiczna kamieniołomu „Zakrzówek" [2]

Złoże „Zakrzówek" położone jest w południowej części Krakowa i stanowi część obszaru wapieni jurajskich ciągnących się wzdłuż brzegów Wisły. Obejmuje ono wschodnią część zrębu tektonicznego pod nazwą Skał Twardowskiego, które budują wapienie górnej jury. W złożu wyodrębniono dwa typy litologiczne wapieni: wapienie skaliste, które cechuje brak uławicenia, często gruzłowaty charakter oraz duża twardość i zwięzłość i wapienie gruboławicowe, które litologicznie są bardzo zbliżone do wapieni skalnych, a odróżniają się od nich wyraźnym uławiceniem. Miąższość ławic sięga 1,5 m, leżą one poziomo lub zapadają pod kątem 3-6° ku południowemu wschodowi. Szczeliny ciosowe, prostopadłe do uławicenia, grupują się w przedziale 30-40° i 120-130°. W fugach międzyławicowych, a także w obszarze ławic, występują liczne krzemienie w postaci buł krzemiennych lub czertów.

Złoże wapieni przecinają uskoki o przebiegu WE – SW. W południowo-zachodniej części kamieniołomu widoczny jest niewielki rów tektoniczny o tym samym kierunku, w którym na wapieniach górnej jury leżą osady górnej kredy, reprezentowane przez margle z czertami. Zapadliska tektoniczne okalające zrąb Skał Twardowskiego wypełniają osady trzeciorzędowe, reprezentowane głównie przez iły mioceńskie oraz lokalnie występujące wapienie słodkowodne tortonu. Na rysunku 1 przedstawiono szkic wyrobiska w trakcie eksploatacji oraz po wypełnieniu niecki wodą.



Rys. 1. Szkic przestrzenny kamieniołomu „Zakrzówek" przed i po wypełnieniu wodą [1]

I.B.2. Opis sytuacyjny

W związku z planowanym zagospodarowanie obszaru dawnego kamieniołomu „Zakrzówek" na cele rekreacyjne, istnieje konieczność zabezpieczenia wyznaczonych stref obszaru w celu ochrony ludzi przed spadającymi odłamkami skalnymi. W chwili obecnej niecka dawnego wyrobiska wypełniona jest wodą, tworząc dwa baseny połączone wąską cieśniną. Wokół brzegów wznoszą się skały na wysokość dochodzącą do 15 m powyżej powierzchni lustra wody. Projektując konieczne zabezpieczenia przyjęto następujące założenia:

- zachowanie naturalnego wyglądu skał poprzez zastosowanie zabezpieczeń nie wpływających na zmiany koloru skał oraz ich morfologię;
- maksymalna ochrona roślinności występującej na chronionym terenie poprzez ograniczenie wycinki drzew i krzewów do niezbędnego minimum w miejscach kolizji z projektowanymi zabezpieczeniami;
- zastosowanie technologii ochrony przed spadającymi odłamkami skalnymi dopasowanej indywidualnie do każdej lokalizacji;

- maksymalna trwałość i odporność antykorozyjna zastosowanym materiałów uwzględniająca lokalizację w rejonie występowania wysokiej wilgotności oraz miejscowy, bezpośredni kontakt z wodą.

W oparciu o otrzymane wytyczne zaprojektowano zabezpieczenie chroniące przed spadającymi odłamkami skalnymi, charakterystycznymi dla płytkiej niestateczności górotworu, wywołanej typowymi procesem wietrzenia skał. Projektowane zabezpieczenie nie chroni przed niestatecznością spowodowaną głębokimi spękaniami dużych mas górotworu.

I.B.3. Charakterystyka geomechaniczna skał [1]

W trakcie wizji lokalnej obszarów wskazanych do zabezpieczenia zidentyfikowano masyw skalny zbudowany z uwarstwionego wapienia. Wytrzymałość skał na ściskanie pomierzona młotkiem Schmidta zawiera się w przedziale od 65 do 90 MPa. Grubość warstw waha się od 0,4 m do 1,5 m. Zlokalizowano także dwie główne szczeliny ciosowe. Szczegółowe parametry zestawiono w tablicy 1.

Ze względu na liczne spękania i szczeliny, masyw skalny podzielony jest na bloki o nieregularnych kształtach zbliżonych do prostopadłościanów. Lokalnie występujące dodatkowe spękania i uskoki powodują tworzenie brył skalnych o całkowicie nieregularnych kształtach.

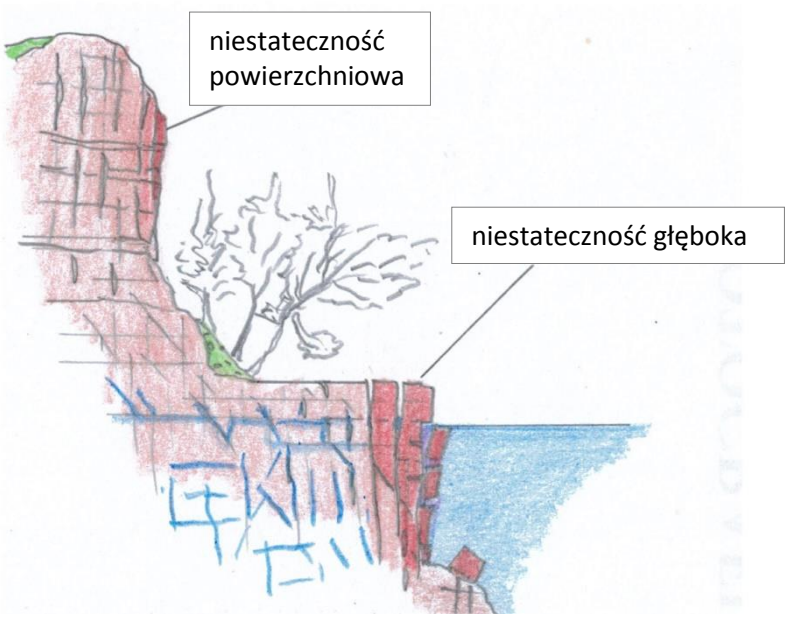
Tablica 1. Parametry geomechaniczne skał

zestaw	upad	bieg	miąższość (m)	długość (m)	długość szczelin (%)
1	85°± 10	280°± 10	0,6 – 1,5	2 - 20	15 – 30
2	85°± 10	10° ± 10	0,6 – 2,0	1 - 10	15 – 30
warstwa	0 °± 5	0°± 5	0,4 – 1,5	> 50	0

Niestabilność powierzchniowa skał powodowana jest następującymi czynnikami:

- niektóre pochyłe powierzchnie są naturalnie niestabilne ze względu na układ spękań i szczelin;
- najczęstszą przyczyną niestateczności jest przemieszczanie się bloków ułożonych jeden na drugim (patrz rys. 2 i 3);
- bezustanny proces wietrzenia skał wynikający z oddziaływania wody i lodu, zwłaszcza w rejonie strefy brzegowej;
- zmiany położenia zwierciadła wody gruntowej oraz długotrwałe opady atmosferyczne;
- postępujące odprężenie masywu skalnego wynikające z usunięcia części skał w trakcie eksploatacji kamieniołomu;
- technologia pozyskiwania skał w kamieniołomie, powodująca zaburzenia struktury skał w strefie około 1,5 – 3,0 m od ściany.

Na podstawie wizji lokalnej stwierdzono także występowanie miejsc zagrożonych możliwością powstania obrywów skalnych o grubości 1,5 – 4,0 m (rys. 2). Rejony te nie znajdują się w strefach przeznaczonych do zabezpieczenia, ponieważ w Projekcie nie przewiduje się przebywania ludzi w tych lokalizacjach. Najbardziej powszechne na obszarach wskazanych do zabezpieczenia są obrywy skalne w postaci bloków o wielkości 0,25 – 2,0 m^3 (rys. 3).



Rys. 2. Szkic głębokiej oraz powierzchniowej niestateczności bloków skalnych

Rys. 3. Typowy masyw skalny zbudowany z mniejszych bloków ułożonych jeden na drugim

I.C PROJEKTOWANE ZAGOSPODAROWANIE TERENU

I.C.1. Uwarunkowania wynikające z zapisów MPZP

Przedmiotowe działki objęte są zapisami Miejscowego Planu Zagospodarowania Przestrzennego UCHWAŁA nr LVIII/778/12 Rady Miasta Krakowa z dnia 10 października 2012 r. w sprawie uchwalenia miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego obszaru „Park Zakrzówek”:

Szczegółowe zasady zagospodarowania terenu:

ZN.3- TERENY ZIELENI		
Zapis	**Wytyczna z planu**	**Projekt**
Przeznaczenie podstawowe	Zieleń naturalna wraz z okresowymi zbiornikami wodnymi w ramach Parku Krajobrazowego.	Projekt obejmuje kompleksowe zagospodarowanie przestrzeni publicznych w ramach zamierzenia „Zagospodarowanie Parku Zakrzówek" w Krakowie. W terenie ZN.3 pozostawia się zieleń naturalną.
Dopuszczenie	a) realizacja elementów niezbędnych do zagospodarowania terenu dla celów dydaktycznych takich jak: ścieżki edukacyjne i stanowiska obserwacji gatunków chronionych; b) szlaki turystyczne urządzone wraz z niezbędnymi zabezpieczeniami; **c) realizacja urządzeń zabezpieczających skalne ściany przed następstwami erozji;** d) rekultywacja okresowych zbiorników wodnych	Projektuje się elementy zabezpieczające przed obrywami skalnymi.

ZNp.3- TERENY ZIELENI		
Zapis	**Wytyczna z planu**	**Projekt**
Przeznaczenie podstawowe	Park w powiązaniu ze ścianami skalnymi zbiornika wodnego w ramach Parku Krajobrazowego.	Projekt obejmuje kompleksowe zagospodarowanie przestrzeni publicznych w ramach zamierzenia „Zagospodarowanie Parku Zakrzówek" w Krakowie.
	Realizacja urządzeń zabezpieczających ściany skalne przed następstwami erozji	Zakłada się realizację urządzeń zabezpieczających ściany skalne przed następstwem erozji (zabezpieczających przed obrywami skalnymi).

US.2- TERENY USŁUG SPORTU I REKREACJI		
Zapis	**Wytyczna z planu**	**Projekt**
Przeznaczenie podstawowe	Terenowe urządzenia sportu i rekreacji wodnej wraz z niezbędnym zapleczem socjalnym i techniczno- magazynowym w tym: 2) w terenie US.2 realizację plaży i kąpieliska	Budowa basenów pływających w postaci pomostów pływających pełniących funkcję plaży z podwieszanym dnem i ściankami bocznymi (niecki basenowe pozwalające na naturalny przepływ wody)
Dopuszczenie	**Realizację umocnień brzegów zbiornika wodnego WS.1.**	Zakłada się realizację urządzeń zabezpieczających ściany skalne przed następstwem erozji (zabezpieczających przed obrywami skalnymi).

ZNp.2- TERENY ZIELENI		
Zapis	**Wytyczna z planu**	**Projekt**
Przeznaczenie podstawowe	Park w powiązaniu ze ścianami skalnymi zbiornika wodnego w ramach Parku Krajobrazowego.	Projekt obejmuje kompleksowe zagospodarowanie przestrzeni publicznych w ramach zamierzenia „Zagospodarowanie Parku Zakrzówek" w Krakowie.
Dopuszczenie	**Realizacja urządzeń zabezpieczających ściany skalne przed następstwami erozji**	Zakłada się realizację urządzeń zabezpieczających ściany skalne przed następstwem erozji (zabezpieczających przed obrywami skalnymi).

US.2- TERENY USŁUG SPORTU I REKREACJI		
Zapis	**Wytyczna z planu**	**Projekt**
Przeznaczenie podstawowe	Terenowe urządzenia sportu i rekreacji wodnej wraz z niezbędnym zapleczem socjalnym i techniczno- magazynowym w tym: 2) w terenie US.2 realizację plaży i kąpieliska	Budowa basenów pływających w postaci pomostów pływających pełniących funkcję plaży z podwieszanym dnem i ściankami bocznymi (niecki basenowe pozwalające na naturalny przepływ wody)
Dopuszczenie	**Realizację umocnień brzegów zbiornika wodnego WS.1.**	Zakłada się realizację urządzeń zabezpieczających ściany skalne przed następstwem erozji (zabezpieczających przed obrywami skalnymi).

ZNp.1- TERENY ZIELENI		
Zapis	**Wytyczna z planu**	**Projekt**
Przeznaczenie podstawowe	Park w powiązaniu ze ścianami skalnymi zbiornika wodnego w ramach Parku Krajobrazowego.	Projekt obejmuje kompleksowe zagospodarowanie przestrzeni publicznych w ramach zamierzenia „Zagospodarowanie Parku Zakrzówek" w Krakowie.
Dopuszczenie	**Realizacja urządzeń zabezpieczających ściany skalne przed następstwami erozji**	Zakłada się realizację urządzeń zabezpieczających ściany skalne przed następstwem erozji (zabezpieczających przed obrywami skalnymi).

Przedmiotowa inwestycja zgodna jest z zapisami MPZP.

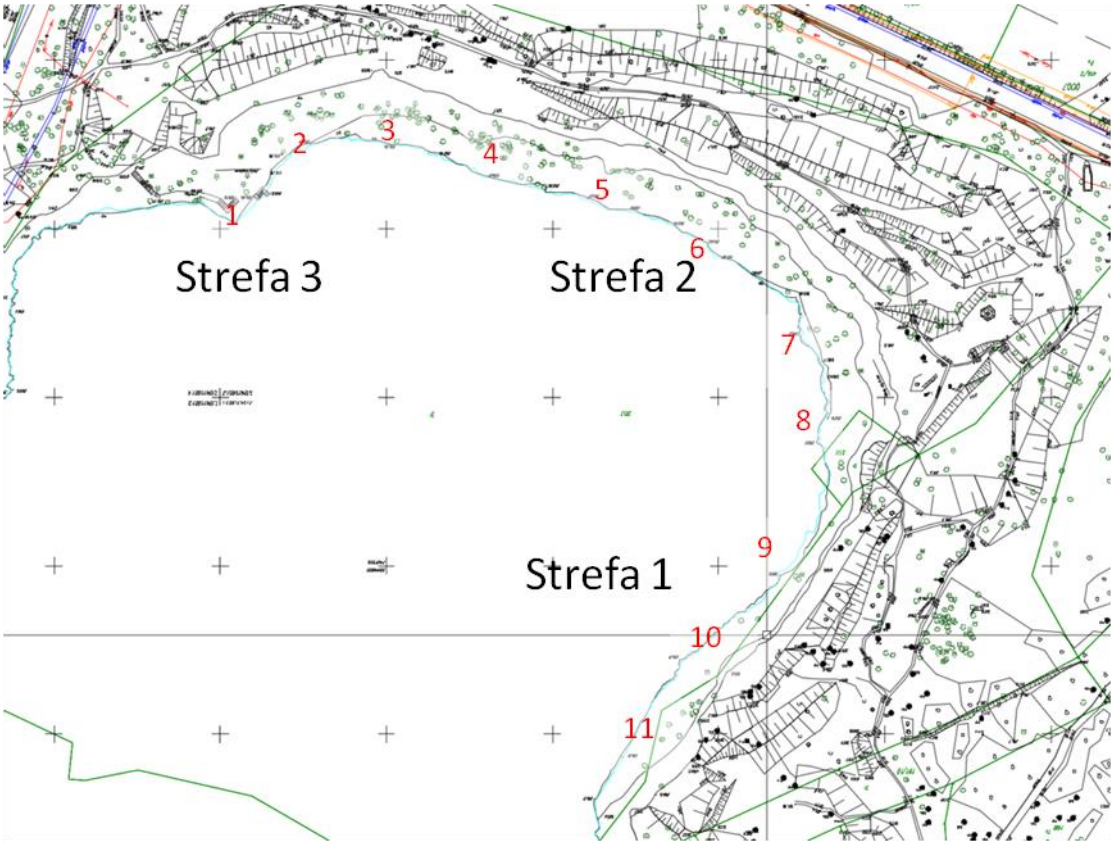
I.C.2. Założenia projektowe zagospodarowania terenu – koncepcja zabezpieczenia

Uwzględniając cel wykonania prac zabezpieczających na wskazanych obszarach przed spadającymi odłamkami skalnymi, przewiduje się zastosowanie następujących działań:

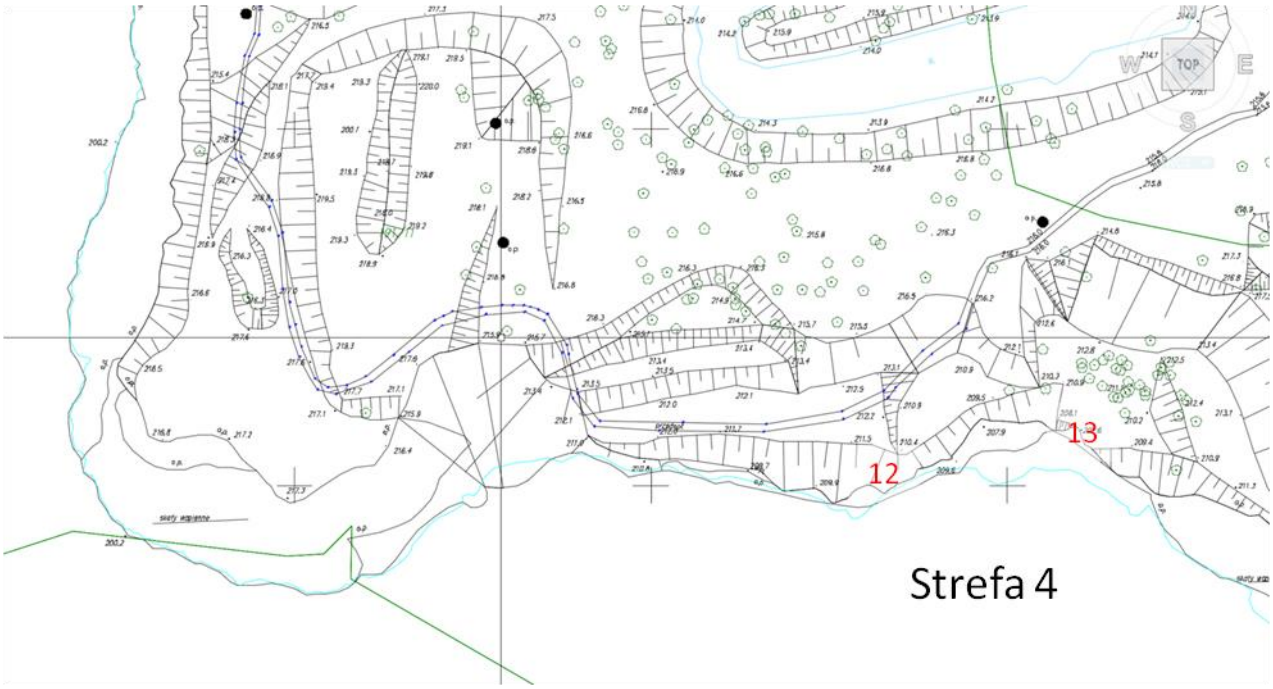
- **wstępne oczyszczenie powierzchni masywu skalnego** z luźnych odłamków skalnych w celu ochrony pracowników w trakcie montażu zasadniczych elementów zabezpieczenia oraz w celu zredukowania kosztów i częstotliwości prac konserwacyjnych. Prace powinny być wykonane przez alpinistów wyposażonych w pręty, łomy lub siłowniki hydrauliczne;
- **bariery przeciwodłamkowe** u podstawy urwiska w sąsiedztwie planowanych ścieżek i deptaków w celu zatrzymania ewentualnych odłamków skalnych. Zastosowanie barier minimalizuje konieczność wycinki drzew i krzewów rosnących na granicy urwiska i półki skalnej mającej stanowić ścieżkę komunikacyjną. Konstrukcja barier powoduje, że są one prawie niewidoczne, nawet dla osób przebywających w ich pobliżu. Przyjęto zastosowanie barier przeciwodłamkowych spełniających wymagania odnośnie Maksymalnego Poziomu Energii (MEL) zgodnie z ETAG 027. Umożliwi to zminimalizowanie czynności obsługowych w trakcie eksploatacji oraz ograniczenie ugięcia bariery w trakcie uderzenia. Jest to warunek bardzo istotny ze względu na niewielką odległość między linią montażu barier, a planowanymi ścieżkami spacerowymi. Dodatkowo przewiduje się montaż poszczególnych barier w sekcjach zlokalizowanych z niewielkim przesunięciem oraz odpowiednimi przerwami, umożliwiającymi przechodzenie tamtędy dużym zwierzętom oraz w sytuacjach awaryjnych ludziom;
- **system kurtyn siatkowych** na pionowych powierzchniach skał i urwisk, montowany za pomocą kotew. Ten rodzaj zabezpieczenia ma za zadanie wzmocnienie zwietrzałej powierzchni ścian skalnych oraz ochronę przed spadającymi odłamkami skalnymi. Zamontowanie kurtyn siatkowych wymaga wcześniejszego usunięcia niektórych drzew rosnących na skałach. Dotyczy to sytuacji, w której korzenie wrastają w szczeliny skalne powodując ich rozsadzanie i niestateczność bloków skalnych. Ze względu na konieczność ochrony przeciwkorozyjnej przewidziano zastosowanie kurtyn siatkowych wykonanych w postaci siatek stalowych zabezpieczonych powłoką galmac (cynkowo aluminiową) oraz dodatkową powłoką polimerową o podwyższonej wytrzymałości na ścieranie oraz oddziaływanie czynników korozyjnych w środowisku o znacznej wilgotności. W celu ograniczenia widoczności zabezpieczenia przewidziano użycie powłoki w kolorze zbliżonym do barwy skał. W miejscach gdzie powierzchnia urwisk jest nierówna z uwagi na występowanie licznych nierównomiernie rozłożonych bloków skalnych przewidziano zastosowanie dodatkowego wzmocnienia linami stalowymi, które umożliwią właściwe zakotwienie projektowanego zabezpieczenia. W miejscach występowania gniazd ptasich możliwe jest odpowiednie docinanie i formowanie siatki wykorzystywanej do wykonania kurtyn siatkowych w celu umożliwienia niezakłóconego dostępu ptaków do tych miejsc.
- **zbrojone maty antyerozyjne** zostały zaprojektowane jako system ochrony na zboczach skalnych podlegających silnej erozji. Zbrojona geomata polimerowa w postaci przestrzennej struktury ekstrudowanej na podwójnie splatanej sześciokątnej siatce stalowej chronionej przed korozją za pomocą powłoki galmac (cynkowo-aluminiowej) oraz dodatkowej powłoki polimerowej, posiadającej podwyższoną wytrzymałość na ścieranie i oddziaływanie czynników korozyjnych. Zaprojektowana mata antyerozyjna, po zamontowaniu za pomocą systemu kotew, umożliwia ochronę zarówno przed erozją powierzchniowa jak i wgłębną, dzięki utrzymywaniu gruntu i umożliwianiu wzrostu roślinności, której korzenie umacniają powierzchnię zboczy.
- **kotwy skalne** w miejscach wymagających zabezpieczenia stateczności większych bloków skalnych, które nie mogą być usunięte ze względu na ich wielkość lub umiejscowienie. Lokalizacja kotew została zaprojektowana tak by zminimalizować ich wpływ na estetykę bloków skalnych.

I.C.3. Strefy wyznaczone do zabezpieczenia

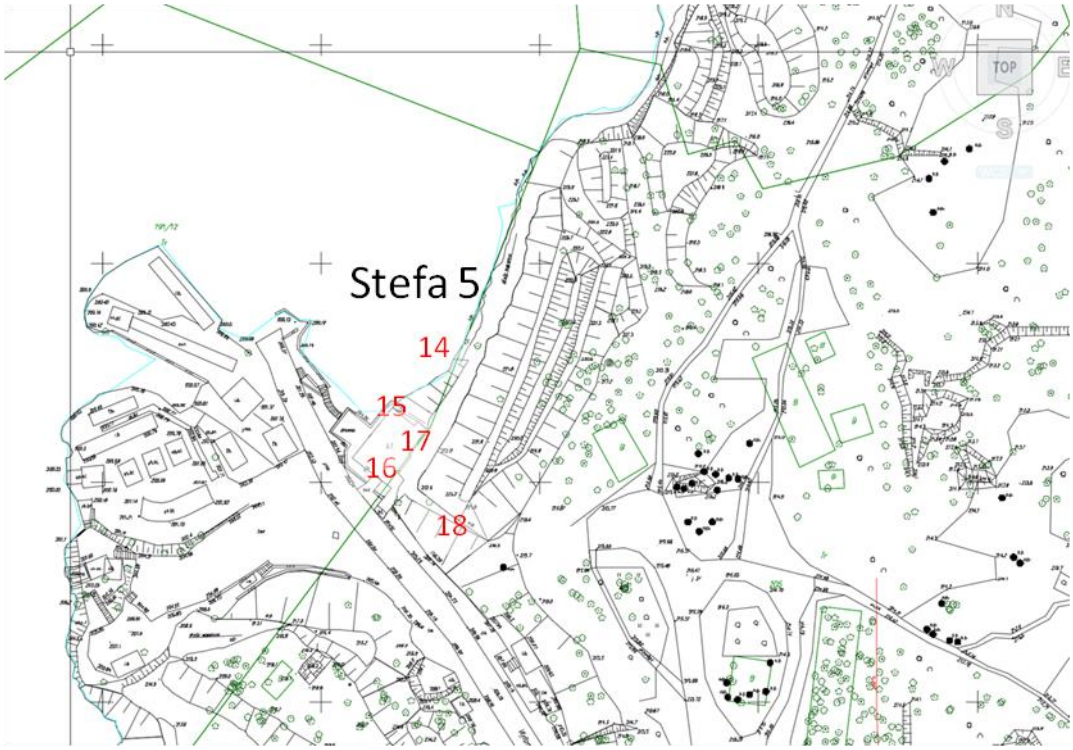
Na podstawie otrzymanych wytycznych, wskazujących obszary podlegające zabezpieczeniu, wyodrębniono 6 stref przeznaczonych do zabezpieczenia przed spadającymi odłamkami skalnymi. Lokalizację poszczególnych stref przedstawiono na rysunkach 4 - 7.



Rys. 4. Lokalizacja stref 1, 2, 3



Rys. 5. Lokalizacja strefy 4



Rys. 6. Lokalizacja strefy 5

Rys. 7. Lokalizacja strefy 6

I.C.3.1. Strefa 1

W strefie 1 (fot. 8, 9, 10, 11 - załącznik I2.3.1) występują pionowe klify o wysokościach od 18 do 25 m i rozpiętości około 210 m. Na zboczu w górnej części występują liczne niewielkie strefy niestabilności, oraz kilka większych bloków wymagających wzmocnienia (fot. 8.1, 8.2) lub usunięcia (fot. 9.1, 9.2) w trakcie prac wstępnych.

W strefie tej zaprojektowano wstępne oczyszczanie powierzchni z luźnych skał, a następnie zastosowanie kurtyn siatkowych oraz kotwienia. Lokalnie konieczne jest zastosowanie dodatkowego wzmocnienia kurtyn linami stalowymi.

I.C.3.2. Strefa 2

W strefie 2 (fot. 2, 3, 4, 5, 6, 7 - załącznik I2.3.1) występuje zbocze o długości blisko 300 m i wysokości około 25 m. Zbudowane jest z licznych schodkowo ułożonych bloków skalnych oraz nachylonych wychodni skalnych i piargów. Na zboczu rośnie wiele drzew, które należy maksymalnie chronić przed wycinką.

W strefie tej zaprojektowano wstępne oczyszczanie powierzchni z luźnych skał oraz zastosowanie czterech barier przeciwodłamkowych o nośności 100 kJ, wysokości 2,5 m i ugięciu w trakcie uderzenia poniżej 2,1 m.

I.C.3.3. Strefa 3

W strefie 3 (fot. 1 – załącznik I2.3.1) występuje seria grani, które schodkowo schodzą ze szczytu do brzegu. Wysokość klifu waha się od 4 do 25 m, a jego rozpiętość to ok. 40 m. Zbocze zbudowane jest z licznych dużych bloków skalnych, które wymagają wzmocnienia lub usunięcia (fot. 1.1 – 1.5).

W strefie tej zaprojektowano wstępne oczyszczanie powierzchni z luźnych skał, a następnie zastosowanie kurtyn siatkowych oraz kotwienia. Ze względu na lokalizację tej strefy w bezpośrednim sąsiedztwie wejścia na chroniony teren (intensywna obecność ludzi) oraz jej budowę geologiczną, konieczne jest zastosowanie długich kotew skalnych. Określenie długości kotwienia możliwe będzie po zakończeniu wstępnego oczyszczania powierzchni z luźnych skał.

I.C.3.4. Strefa 4

W strefie 4 (fot. 12, 13 – załącznik I2.3.1) skała nachylona jest łagodnie w kierunku brzegu. Jest to miejsce zapewniające dostęp do akwenu wodnego. Wysokość skały zmienia się od 0 do 3,5 m. W bezpośrednim sąsiedztwie występuje klif wykazujący problemy z głęboką niestatecznością dużych bloków skalnych (fot. 13.1, 13.2). Zapewnienie stateczności tych bloków jest skomplikowane ze względu na znaczne wychylenie bloków skalnych.

W strefie tej zaprojektowano wstępne oczyszczanie powierzchni oraz usuniecie luźnych bloków skalnych (fot. 13.1), a następnie kotwienie pozostałej powierzchni skalnej.

I.C.3.5. Strefa 5

W strefie 5 (fot. 14, 15, 16, 17, 18 – załącznik I2.3.1) występuje schodkowe, pionowe zbocze, bezpośrednio ponad istniejącymi obecnie budynkami klubu nurków. Wysokość ściany skalnej wynosi ok. 12 m, a jej szerokość w tym rejonie to ok. 30 m. Zarówno w koronie jak i na pośrednich półkach znajdują się większe bloki skalne wykazujące niestateczność. Większa liczba bloków skalnych tworzy masyw o objętości dziesiątków metrów sześciennych. Na powierzchni ściany skalnej poniżej istniejących budynków występują także niekorzystne spękania.

W strefie tej zaprojektowano intensywne wstępne oczyszczanie powierzchni (w zależności od możliwości wynikających z istnienia budynków) oraz zastosowanie kurtyn siatkowych i kotwienia. Na całej powierzchni zabezpieczonej kurtynami siatkowymi konieczne jest zastosowanie dodatkowego wzmocnienia z lin stalowych. Bloki skalne wykazujące symptomy niestateczności należy zakotwić do masywu skalnego. Ze względu na planowaną w tym miejscu budowę tarasu widokowego w bezpośredniej bliskości ściany skalnej wszystkie elementy zabezpieczenia muszą gwarantować najwyższe bezpieczeństwo w trakcie eksploatacji.

I.C.3.6. Strefa 6

W strefie 6 (fot 19, 20, 21, 22, 23, 24 – załącznik I2.3.1) zlokalizowanej na występie skalnym o wysokości około 13 m występują wychodnie skalne oraz duże obszary zwietrzałych skał i gruntu. Głównym problemem w tej strefie jest erozja powierzchniowa. Obecnie zastosowane doraźne zabezpieczenie w postaci siatki ogrodzeniowej (fot. 21 i 22) na powierzchni około 30 m^2 jest niewystarczające ze względu na niedostateczną wytrzymałość tej siatki oraz sposób jej mocowania.

W strefie tej zaprojektowano wstępne oczyszczanie powierzchni z luźnych skał, a następnie ułożenie zbrojonych siatką stalową mat antyerozyjnych, mocowanych do podłoża za pomocą kotew. W miejscach pionowych ścian zaprojektowanie zastosowanie kurtyn siatkowych i kotwienia. Na matach antyerozyjnych przewidziano wykonanie hydrosiewu.

I.C.3.7. Projektowane rozwiązania techniczne

I.C.3.7.1. Kurtyny siatkowe typu A

Kurtyny typu A nie wymagają zastosowania dodatkowego wzmocnienia z lin stalowych. Montowane są za pomocą kotew w celu ochrony powierzchni przed obrywami skalnymi. Zgodnie z definicją CIRIA[1] 2005 kurtyna pełni funkcję elastycznej konstrukcji wzmacniającej powierzchnię skalną.

W skład kurtyny typu A wchodzą:

- wysokowytrzymały elastyczny kompozyt siatkowy wykonany z podwójnie zaplatanej, sześciokątnej siatki stalowej typu 8x10 oraz wplecionych w siatkę na etapie produkcji lin stalowych w rozstawie co 30 cm. Drut stalowy stosowany do produkcji siatki podwójnie splatanej zabezpieczony jest przed korozją powłoką galmac (Zn-Al 5%) oraz dodatkową powłoką polimerową charakteryzującą się podwyższoną wytrzymałością na ścieranie (po 100.000 cykli badania wg PN-EN 60229:2008, powłoka nie ulega uszkodzeniom powodującym odsłonięcie drutu stalowego) i odpornością na działanie czynników korozyjnych (poddana działaniu obojętnej mgły solnej wg PN-EN ISO 9227:2012, po 6000 godzin ekspozycji nie wykazuje więcej niż 5% powierzchni ze śladami ciemnobrązowej rdzy). Wytrzymałość na rozciąganie kompozytu siatkowego wynosi 110 kN/m a wytrzymałość na przebicie 120 kN przy ugięciu nie większym niż 480 mm;
- kotwy skalne wykonane z prętów pełnych, gwintowanych na całej długości, o średnicy 25 mm, długości 3,0 m ze stali klasy min. 500/550 MPa, instalowanych w rozstawie prostokątnym 3 x 3 m (lub równoważnym układzie rombowym o zagęszczeniu 0,11 kotwy/m^2). Kotwy skalne zakończone będą podkładką stalową o wymiarach 250 x 250 x 8 mm i specjalnym kształcie dostosowanym do mocowania kompozytu siatkowego oraz nakrętką sześciokątną. Wszystkie elementy kotwy będą zabezpieczone przed korozją cynkowaniem na gorąco. Układ kotew powinien być regularny, dopuszcza się zmianę lokalizacji pojedynczych kotew z uwagi na dopasowanie do ukształtowania masywu skalnego;
- elementy dodatkowe i łączące: liny stalowe, zszywki, łączniki do kompozytu siatkowego, zaciski do lin.

Projektowana kolejność montażu:

- przygotowanie powierzchni skalnej zgodnie z opisem w pkt. 5 (**wstępne oczyszczenie powierzchni masywu skalnego)**;
- pokrycie powierzchni ściany skalnej elastyczną kurtyną siatkową i zamocowanie jej w koronie poprzez zakotwienia stalowej liny krawędziowej;
- kotwienie kurtyny siatkowej od góry do dołu zbocza skalnego bezpośrednio po wykonaniu zakotwienia siatek.

---

[1] Construction Industry Research and Information Association

Prace muszą być wykonane przez specjalistyczne ekipy, posiadające doświadczenie i odpowiednie uprawnienia do prowadzeniu robót na wysokości i w górach bez możliwości użycia rusztowań.

I.C.3.7.2. Kurtyny siatkowe typu B

Kurtyny typu B wymagają zastosowania dodatkowego wzmocnienia z lin stalowych. Montowane są za pomocą kotew w celu ochrony powierzchni przed obrywami skalnymi. Dodatkowe wzmocnienie z lin stalowych powinno być ułożone poziomo w miejscach wykonania planowanych zakotwień. W przypadku konieczności dopasowania się do morfologii skał możliwe jest zastosowanie lin stalowych w układzie diagonalnym. Zgodnie z definicją CIRIA 2005 kurtyna pełni funkcję elastycznej konstrukcji wzmacniającej powierzchnię skalną.

W skład kurtyny typu B wchodzą:

- wysokowytrzymały elastyczny kompozyt siatkowy wykonany z podwójnie zaplatanej, sześciokątnej siatki stalowej typu 8x10 oraz wplecionych w siatkę na etapie produkcji lin stalowych w rozstawie co 30 cm. Drut stalowy stosowany do produkcji siatki podwójnie splatanej zabezpieczony jest przed korozją powłoką galmac (Zn-Al 5%) oraz dodatkową powłoką polimerową charakteryzującą się podwyższoną wytrzymałością na ścieranie (po 100.000 cykli badania wg PN-EN 60229:2008, powłoka nie ulega uszkodzeniom powodującym odsłonięcie drutu stalowego) i odpornością na działanie czynników korozyjnych (poddana działaniu obojętnej mgły solnej wg PN-EN ISO 9227:2012, po 6000 godzin ekspozycji nie wykazuje więcej niż 5% powierzchni ze śladami ciemnobrązowej rdzy). Wytrzymałość na rozciąganie kompozytu siatkowego wynosi 110 kN/m a wytrzymałość na przebicie 120 kN przy ugięciu nie większym niż 480 mm;
- kotwy skalne wykonane z prętów pełnych, gwintowanych na całej długości, o średnicy 25 mm, długości 3,0 m ze stali klasy min. 500/550 MPa, instalowanych w rozstawie prostokątnym 3 x 3 m (lub równoważnym układzie rombowym o zagęszczeniu 0,11 kotwy/m^2). Kotwy skalne zakończone będą podkładką stalową o wymiarach 250 x 250 x 8 mm i specjalnym kształcie dostosowanym do mocowania kompozytu siatkowego oraz nakrętką sześciokątną. Wszystkie elementy kotwy będą zabezpieczone przed korozją cynkowaniem na gorąco. Układ kotew powinien być regularny, dopuszcza się zmianę lokalizacji pojedynczych kotew z uwagi na dopasowanie do ukształtowania masywu skalnego;
- liny stalowe o średnicy 14 mm;
- elementy dodatkowe i łączące: liny stalowe, zszywki, łączniki do kompozytu siatkowego, zaciski do lin.

Projektowana kolejność montażu:

- przygotowanie powierzchni skalnej zgodnie z opisem w pkt. 5 (**wstępne oczyszczenie powierzchni masywu skalnego)**;
- pokrycie powierzchni ściany skalnej elastyczną kurtyną siatkową i zamocowanie jej w koronie poprzez zakotwienia stalowej liny krawędziowej;;
- ułożenie poziomo lin stalowych w poziomach planowanych zakotwień;
- kotwienie kurtyny siatkowej od góry do spodu ściany skalnej bezpośrednio po wykonaniu zakotwienia siatek.

Prace muszą być wykonane przez specjalistyczne ekipy, posiadające doświadczenie i odpowiednie uprawnienia do prowadzeniu robót na wysokości i w górach bez możliwości użycia rusztowań.

I.C.3.7.3. Kurtyny siatkowe typu C

Kurtyny typu C wymagają zastosowania dodatkowego wzmocnienia z lin stalowych. Montowane są za pomocą kotew na zboczach terenu z wychodniami skał jako element ochrony antyerozyjnej oraz zabezpieczenie przed spadającymi blokami skalnymi. Dodatkowe wzmocnienie z lin stalowych powinno być ułożone poziomo w miejscach wykonania planowanych zakotwień. W przypadku konieczności dopasowania

się do morfologii skał możliwe jest zastosowanie lin stalowych w układzie diagonalnym. Zgodnie z definicją CIRIA 2005 kurtyna pełni funkcję elastycznej konstrukcji wzmacniającej powierzchnię skalną.

W skład kurtyny typu C wchodzą:

- zbrojona mata przeciwerozyjna wykonana z włókien polimerowych w formie przestrzennej struktury trwale połączonej na etapie produkcji z podkładem z wysokowytrzymałego, elastycznego kompozytu siatkowego. Kompozyt wykonany jest z podwójnie zaplatanej sześciokątnej siatki stalowej typu 8x10, oraz wplecionych w siatkę na etapie produkcji lin stalowych w rozstawie co 30 cm. Drut stalowy stosowany do produkcji siatki podwójnie splatanej zabezpieczony jest przed korozją powłoką galmac (Zn-Al 5%) oraz dodatkową powłoką polimerową charakteryzującą się podwyższoną wytrzymałością na ścieranie (po 100.000 cykli badania wg PN-EN 60229:2008, powłoka nie ulega uszkodzeniom powodującym odsłonięcie drutu stalowego) i odpornością na działanie czynników korozyjnych (poddana działaniu obojętnej mgły solnej wg PN-EN ISO 9227:2012, po 6000 godzin ekspozycji nie wykazuje więcej niż 5% powierzchni ze śladami ciemnobrązowej rdzy).,
- kotwy skalne wykonane z prętów pełnych, gwintowanych na całej długości, o średnicy 25 mm, długości 3,0 m ze stali klasy min. 500/550 MPa, instalowanych w rozstawie prostokątnym 3 x 3 m (lub równoważnym układzie rombowym o zagęszczeniu 0,11 kotwy/m^2). Kotwy skalne zakończone będą podkładką stalową o wymiarach 250 x 250 x 8 mm i specjalnym kształcie dostosowanym do mocowania kompozytu siatkowego oraz nakrętką sześciokątną. Wszystkie elementy kotwy będą zabezpieczone przed korozją cynkowaniem na gorąco. Układ kotew powinien być regularny, dopuszcza się zmianę lokalizacji pojedynczych kotew z uwagi na dopasowanie do ukształtowania masywu skalnego;
- liny stalowe o średnicy 14 mm;
- elementy dodatkowe i łączące: liny stalowe, zszywki, łączniki do kompozytu siatkowego, zaciski do lin.

Projektowana kolejność montażu:

- przygotowanie powierzchni skalnej zgodnie z opisem w pkt. 5 (**wstępne oczyszczenie powierzchni masywu skalnego)**;
- pokrycie powierzchni zbocza zbrojoną matą przeciwerozyjną i zamocowanie jej w koronie poprzez zakotwienia stalowej liny krawędziowej. W miejscu istotnych zmian ukształtowania powierzchni skalnej konieczne jest dodatkowe zastosowanie poziomych lin stalowych o średnicy 14 mm;
- ułożenie poziomo lin stalowych w poziomach planowanych zakotwień;
- kotwienie maty przeciwerozyjnej od góry do spodu zbocza skalnego bezpośrednio po wykonaniu zakotwienia siatek.

Prace muszą być wykonane przez specjalistyczne ekipy, posiadające doświadczenie i odpowiednie uprawnienia do prowadzeniu robót na wysokości i w górach bez możliwości użycia rusztowań.

I.C.3.7.4. Bariery przeciwodłamkowe 100 kJ

Bariery przeciwodłamkowe dostarczane są w postaci zestawu zawierającego wszystkie niezbędne komponenty (poza kotwami skalnymi), przygotowane zgodnie z projektem uwzględniającym lokalizację, przewidywaną wielkość spadających odłamków skalnych (siłę uderzenia) oraz trajektorię ich spadania. W strefie 2 przewidziano zastosowanie barier przeciwodłamkowych 100 kJ o wysokości nominalnej H = 2,5 m, wysokości rezydualnej (po uderzeniu bloku skalnego w barierę) $H_R \geq 0,8$ H oraz maksymalnym odkształceniu w chwili uderzenia D = 2,1 m.

W skład bariery wchodzą:

- panele siatkowe;
- słupy stalowe wraz z podstawami;
- systemy rozpraszania energii;

- elementy łączące: liny stalowe, zszywki, zaciski do lin.

Projektowana kolejność montażu:

- przygotowanie powierzchni skalnej zgodnie z opisem w pkt. 5 (**wstępne oczyszczenie powierzchni masywu skalnego)**;
- wykonanie bloków fundamentowych;
- montaż słupów;
- montaż paneli siatkowych;
- montaż systemu rozpraszania energii (hamulców);

Prace muszą być wykonane przez specjalistyczne ekipy, posiadające doświadczenie i odpowiednie uprawnienia do prowadzeniu robót na wysokości i w górach bez możliwości użycia rusztowań.

I.D BILANS TERENU.

Przedmiotowa inwestycja nie wprowadza zmian w bilansie terenu.

I.E INFORMACJE UZUPEŁNIAJĄCE DOTYCZĄCE TERENU I LOKALIZACJI INWESTYCJI.

I.E.1 Rejestr zabytków – informacje dotyczące ochrony konserwatorskiej działki.

Przedmiotowe działki inwestycyjne nie są objęte ochroną konserwatorską.

I.E.2 Kategoria geotechniczna obiektu budowlanego.

Nie dotyczy.

I.E.3 Informacje dotyczące wpływu eksploatacji górniczej.

Brak.

I.E.4 Zagospodarowanie mas ziemi.

Nie dotyczy.

I.E.5 Miejsca gromadzenia odpadów stałych.

Nie dotyczy.

I.E.6 Strefa oddziaływania inwestycji.

W granicach terenu inwestycji.

I.E.7 Informacje w odniesieniu do Miejscowego Planu Zagospodarowania Przestrzennego.

Zgodnie z punktem I.C.1.

I.E.8 Informacje o przewidywanym zagrożeniu dla środowiska oraz higieny i zdrowia ludzi.

Przedmiotowa inwestycja nie wprowadza zagrożenia dla środowiska oraz higieny i zdrowia ludzi.

I.E.9 Informacje dotyczące programu „Natura 2000”.

Nie dotyczy.

I.E.10 Ochrona interesów osób trzecich.

Projektowana inwestycja nie narusza interesu prawnego osób trzecich, ani nie powoduje pogorszenia warunków użytkowania sąsiednich nieruchomości.

I.E.11 Dostępność dla osób niepełnosprawnych.

Nie dotyczy.

I.E.12 Ochrona przeciwpożarowa.

Nie dotyczy.

I.F INNE KONIECZNE DANE WYNIKAJĄCE ZE SPECYFIKI, CHARAKTERU I STOPNIA SKOMPLIKOWANIA OBIEKTU BUDOWLANEGO ORAZ ROBÓT BUDOWLANYCH.

Dla przedmiotowego przedsięwzięcia „Park Zakrzówek" została opracowana przez dr Małgorzatę Schmager na przełomie 2017 i 2018r. waloryzacja przyrodnicza, która m.in. określa wpływ zabezpieczeń ścian skalnych na ptaki i nietoperze:

„W związku z planowanym zabezpieczeniem kotwionym systemem oblicowania nie spoistych niewielkich fragmentów ścian skalnych nie przewiduje się negatywnych oddziaływań na ptaki i nietoperze. Aktualnie w miejscach planowanych prac zabezpieczających, nie stwierdzono obecności chronionych gatunków ptaków i nietoperzy. Ponieważ jednak nie wyklucza się możliwości ich pojawienia się, bezpośrednio przed przystąpieniem do prac przygotowawczych i montażowych zostanie wykonana szczegółowa ekspertyza przyrodniczą, która potwierdzi obecność lub brak chronionych gatunków ptaków i nietoperzy w danym fragmencie zabezpieczanych ścian skalnych, półek. Ekspertyzę taką przeprowadzą specjaliści z zakresu ornitologii oraz chiropterologii, najlepiej między kwietniem a czerwcem w roku poprzedzającym prace. Określone zostaną miejsca, w których ptaki mogą się gnieździć oraz jaka jest liczba par lęgowych. Pomoże zaplanować działania minimalizujące wpływ na środowisko oraz ewentualną kompensację przyrodniczą w postaci budek lęgowych dla ptaków i budek dla nietoperzy.

W przypadku stwierdzenia obecności gatunków chronionych konieczne będzie, zgodnie z zapisami ustawy *o ochronie przyrody* z dnia 16 kwietnia 2004 roku (t.j. Dz. U. z 2018 r. poz. 142), wystąpienie do Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska o wydanie zezwolenia na odstępstwa od zakazów, tj. zezwolenia na zniszczenie siedlisk chronionych gatunków. Dotyczy to również usuwania z półek i ścian skalnych opuszczonych ptasich gniazd poza okresem lęgowym (obowiązuje od 1 marca do 16 października). Po uzyskaniu decyzji na odstępstwa od zakazów, po zakończeniu okresu lęgowego, a przed rozpoczęciem prac konieczne będzie zabezpieczenie ww. miejsc przed ponownym zasiedleniem gatunków.

Po zakończeniu prac zabezpieczających ściany i półki skalne, w ramach kompensacji należy zawiesić budki lęgowe (dla ptaków i nietoperzy) w miejscach wytypowanych przez przyrodników. Zaleca się również prowadzenie monitoringu udatności budek lęgowych, które pozwolą ocenić, czy jest to rozwiązanie w wystarczającym stopniu minimalizujące wpływ na siedliska chronionych gatunków ptaków i nietoperzy.

Należy wspomnieć, że siatki wykorzystane do oblicowania ścian skalnych będą kotwione w taki sposób (tj. poprzez ścisłe przyleganie do podłoża), aby wyeliminować lub maksymalnie ograniczać możliwość przedostania się zwierząt pod siatki (pułapki bez wyjścia). Bardzo istotną cechą siatki, z której wykonuje się oblicowanie ścian skalnych jest jej podwójny splot (3-6 zwoi). Takie rozwiązanie powoduje, że uszkodzenie, przecięcie pojedynczych drutów nie stwarza niebezpieczeństwa rozprzestrzeniania się uszkodzeń. Aby nie doszło do przerastania przez siatki przez roślinność drzewiastą, krzewy itp. konieczna będzie okresowa kontrola siatki i ręczne usuwanie przerastającej roślinności, szczególnie w miejscach gdzie pojawi się zwiększone ryzyko (wyłamanie, oberwanie etc.) zagrożenia dla osób i mienia."

I.H. ZAŁĄCZNIKI PROJEKTOWE

- Dokumentacja fotograficzna
- Analizy obliczeniowe barier przeciwodłamkowych
- Wyniki obliczeń barier przeciwodłamkowych programem Rockfall – Rocsience, Licencja Officine Maccaferri S.p.A.
- Analizy obliczeniowe kurtyn siatkowych
- Wyniki obliczeń kurtyn siatkowych programem MACRO 1 - Officine Maccaferri S.p.A.

Autor:
mgr inż. Jakub Bryk

Opracował:
dr inż Remigiusz Duszyński

Strefa 1

Strefa 2

Strefa 3

Przekrój 1

Przekrój 2

Przekrój 3

Bariera 1

Bariera 2

Bariera 3

Bariera 4

Strefa chroniona kurtynami siatkowymi i/lub zbrojonymi matami antyerozyjnymi

Strefa z niestabilnymi, dużymi blokami skalnymi wymagającymi kotwienia

Bariery przeciwodłamkowe

PODZIAŁ NA ARKUSZE:

PZT 1

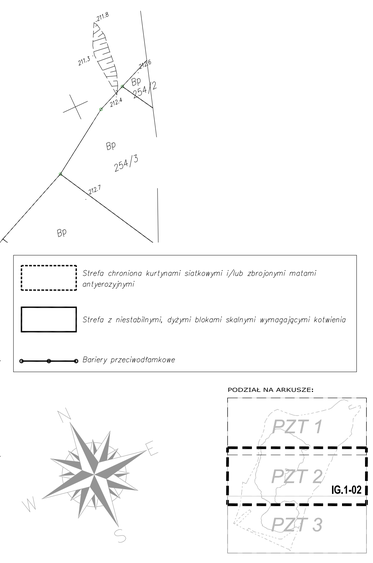
PZT 2

PZT 3

IG.1-01

PRACOWNIA PROJEKTOWA F-11 / 31-513 Kraków / Olszańska 7a / 012 411 31 02 / biuro@f-11.pl

INWESTOR	GMINA MIEJSKA KRAKÓW- ZARZĄD ZIELENI MIEJSKIEJ ul. Za Torem 22, 30-542 Kraków adres korespondencyjny: ul. Reymonta 20, 30-059 Kraków				
ADRES OBIEKTU	działka nr ewidencyjny: 64/1 obręb 8 Podgórze, 150, 190, 201, 204, 299, 191/5, 191/11, 202, 203, 141, 195, 144, 151, 300, 292, 298, 191/3, 191/4, 191/6, 191/1, 198, 199, 191/9, 193, 194, 197, 191/10, 191/8, 191/13, 191/12, 142/1, 189/3, 205, 206, 295/1, 291, 192, 149 obręb 9 Podgórze				
FAZA	**PROJEKT BUDOWLANY**		BRANŻA	**ARCHITEKTURA**	
TEMAT	**Zagospdoarowanie Parku Zakrzówek w Krakowie - zabezpieczenie ścian skalnych**				
TREŚĆ RYSUNKU	**Lokalizacja stref zabezpieczenia ścian skalnych**	nr UPRAWN.	PODPIS	DATA	**09/2018**
				SKALA RYS.	**1 : 500**
PROJEKTANT	**mgr inż. Jakub Bryk**	**MAZ/0075/POOK/10**		NR RYS.	**IG.1-01**
UWAGI					



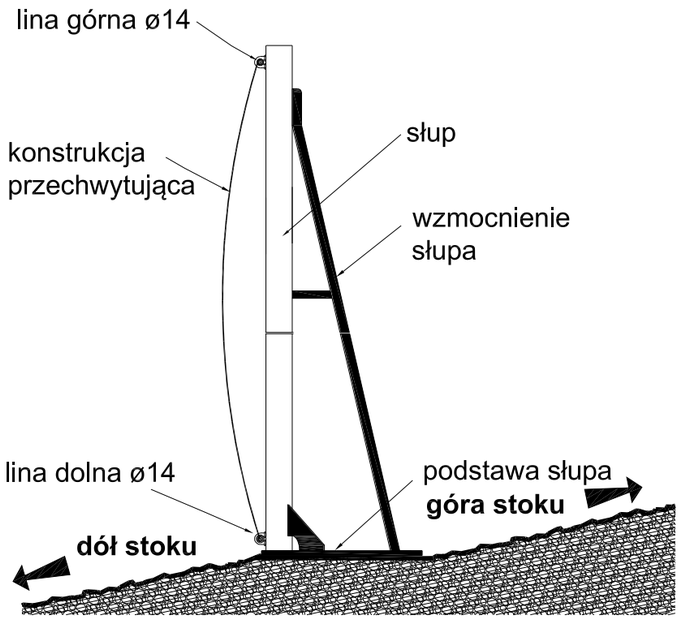
PRACOWNIA PROJEKTOWA F-11 / 31-513 Kraków / Olszańska 7a / 012 411 31 02 / biuro@f-11.pl

INWESTOR	GMINA MIEJSKA KRAKÓW- ZARZĄD ZIELENI MIEJSKIEJ ul. Za Torem 22, 30-542 Kraków adres korespondencyjny: ul. Reymonta 20, 30-059 Kraków				
ADRES OBIEKTU	działka nr ewidencyjny: 64/1 obręb 8 Podgórze, 150, 190, 201, 204, 299, 191/5, 191/11, 202, 203, 141, 195, 144, 151, 300, 292, 298, 191/3, 191/4, 191/6, 191/1, 196, 199, 191/9, 193, 194, 197, 191/10, 191/8, 191/13, 191/12, 142/1, 189/3, 205, 206, 295/1, 291, 192, 149 obręb 9 Podgórze				
FAZA	PROJEKT BUDOWLANY		BRANŻA	ARCHITEKTURA	
TEMAT	Zagospdoarowanie Parku Zakrzówek w Krakowie - zabezpiecznie ścian skalnych				
TREŚĆ RYSUNKU	Lokalizacja stref zabezpieczenia ścian skalnych	nr UPRAWN.	PODPIS	DATA	11/2018
				SKALA RYS.	1 : 500
PROJEKTANT	mgr inż. Jakub Bryk	MAZ/0075/POOK/10		NR. RYS.	IG.1-02
UWAGI					

PRACOWNIA PROJEKTOWA F-11 / 31-513 Kraków / Olszańska 7a / 012 411 31 02 / biuro@f-11.pl					
INWESTOR	GMINA MIEJSKA KRAKÓW- ZARZĄD ZIELENI MIEJSKIEJ ul. Za Torem 22, 30-542 Kraków adres korespondencyjny: ul. Reymonta 20, 30-059 Kraków				
ADRES OBIEKTU	działka nr ewidencyjny: 64/1 obręb 8 Podgórze, 150, 190, 201, 204, 299, 191/5, 191/11, 202, 203, 141, 195, 144, 151, 300, 292, 298, 191/3, 191/4, 191/6, 191/1, 196, 199, 191/9, 193, 194, 197, 191/10, 191/8, 191/13, 191/12, 142/1, 189/3, 205, 206, 295/1, 291, 192, 149 obręb 9 Podgórze				
FAZA	PROJEKT BUDOWLANY		BRANŻA	ARCHITEKTURA	
TEMAT	Zagospdoarowanie Parku Zakrzówek w Krakowie - zabezpiecznie ścian skalnych				
TREŚĆ RYSUNKU	Lokalizacja stref zabezpieczenia ścian skalnych	nr UPRAWN.	PODPIS	DATA	11/2018
				SKALA RYS.	1 : 500
PROJEKTANT	mgr inż. Jakub Bryk	MAZ/0075/POOK/10		NR. RYS.	IG.1-03
UWAGI					

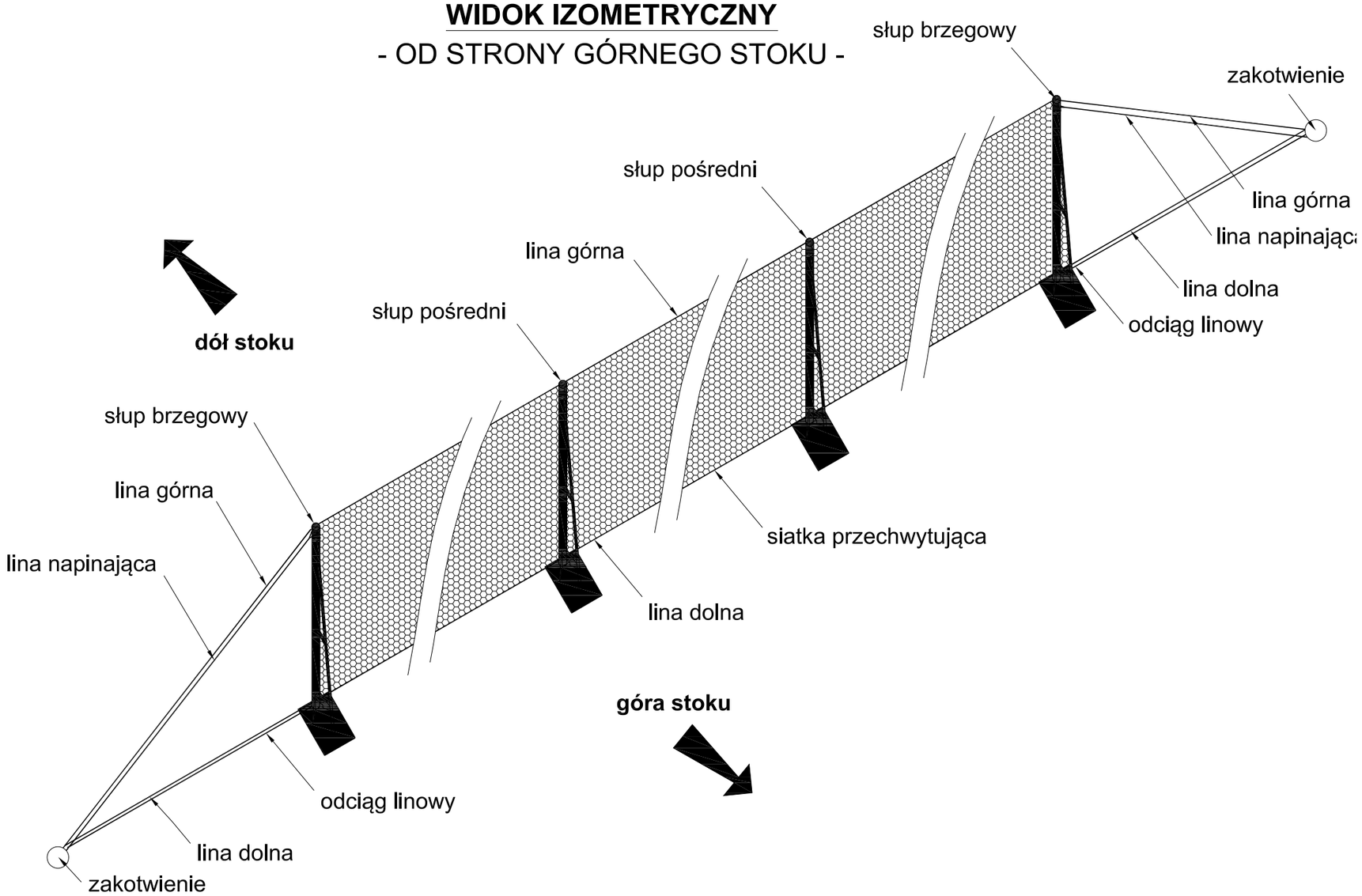
BARIERA PRZECIWODŁAMKOWA

- TYPOWY PRZEKRÓJ -

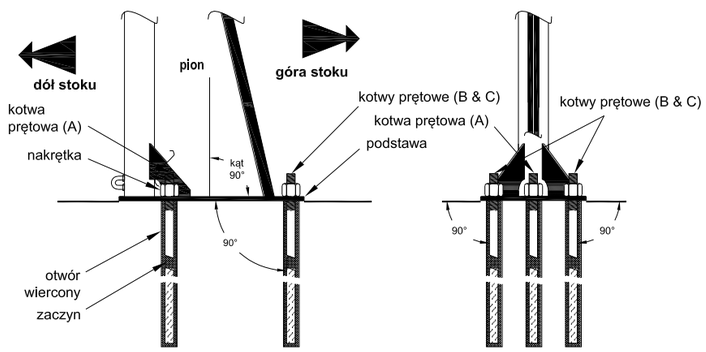


WIDOK IZOMETRYCZNY

- OD STRONY GÓRNEGO STOKU -

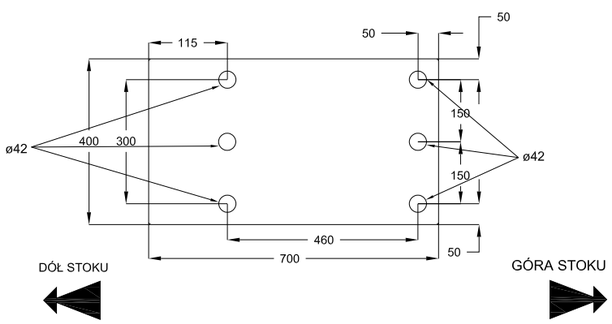


ZAKOTWIENIE SŁUPA



PODSTAWA

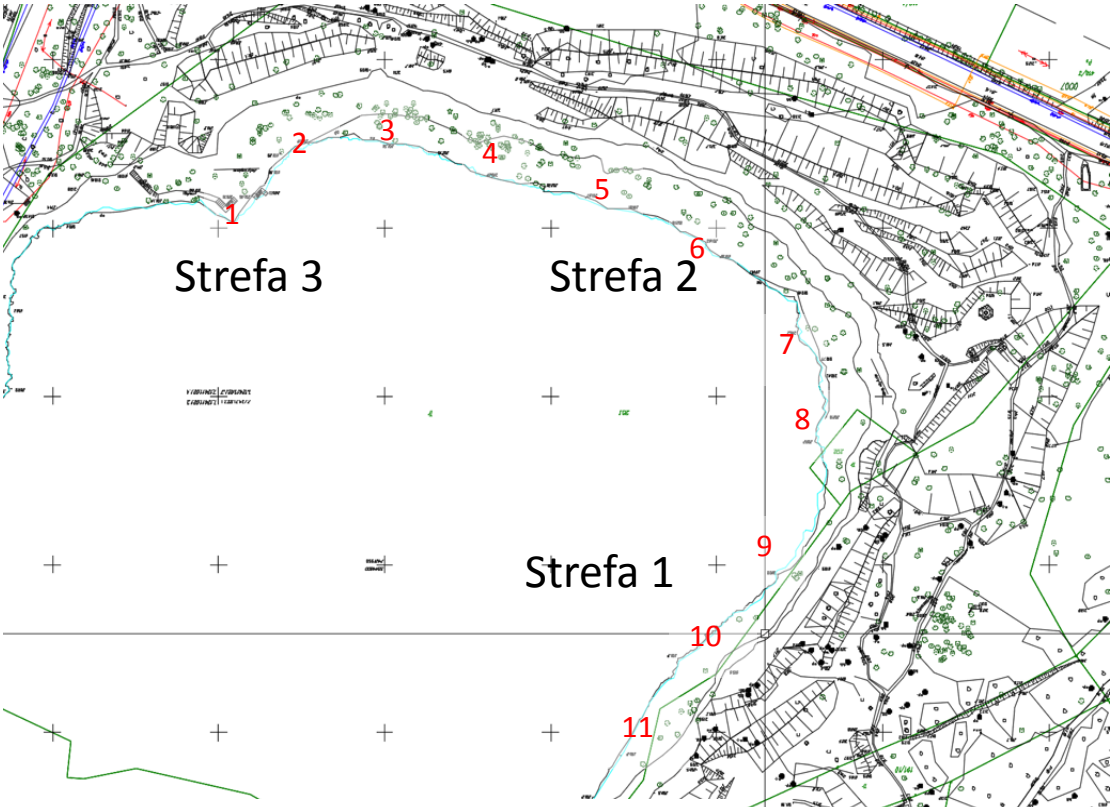
- WIDOK Z GÓRY -



PRACOWNIA PROJEKTOWA F-11 / 31-513 Kraków / Olszańska 7a / 012 411 31 02 / biuro@f-11.pl					
INWESTOR	GMINA MIEJSKA KRAKÓW- ZARZĄD ZIELENI MIEJSKIEJ ul. Za Torem 22, 30-542 Kraków adres korespondencyjny: ul. Reymonta 20, 30-059 Kraków				
ADRES OBIEKTU	działka nr ewidencyjny: 64/1 obręb 8 Podgórze, 150, 190, 201, 204, 299, 191/5, 191/11, 202, 203, 141, 195, 144, 151, 300, 292, 298, 191/3, 191/4, 191/6, 191/1, 198, 199, 191/9, 193, 194, 197, 191/10, 191/8, 191/13, 191/12, 142/1, 189/3, 205, 206, 295/1, 291, 192, 149 obręb 9 Podgórze				
FAZA	**PROJEKT BUDOWLANY**		BRANŻA	**ARCHITEKTURA**	
TEMAT	**Zagospdoarowanie Parku Zakrzówek w Krakowie - zabezpiecznie ścian skalnych**				
TREŚĆ RYSUNKU	**Rysunki typowe**	nr UPRAWN.	PODPIS	DATA	**11/2018**
				SKALA RYS	**-**
PROJEKTANT	**mgr inż. Jakub Bryk**	**MAZ/0075/POOK/10**		NR RYS.	**IG.2**
UWAGI					

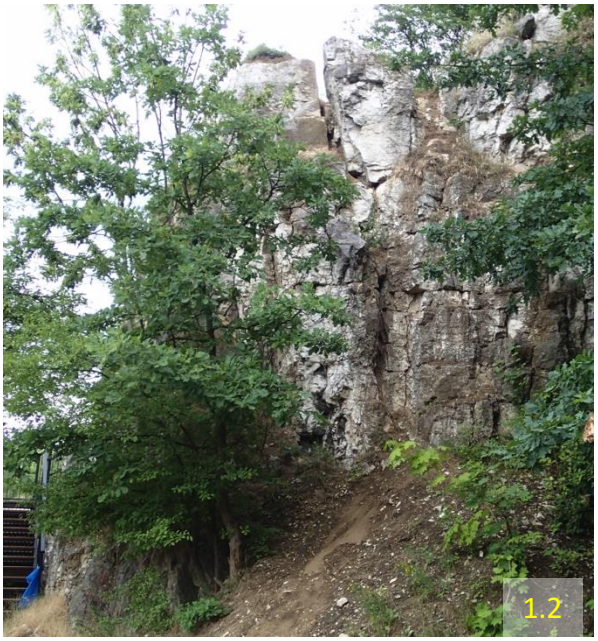
Załącznik I2.3.1

Dokumentacja fotograficzna

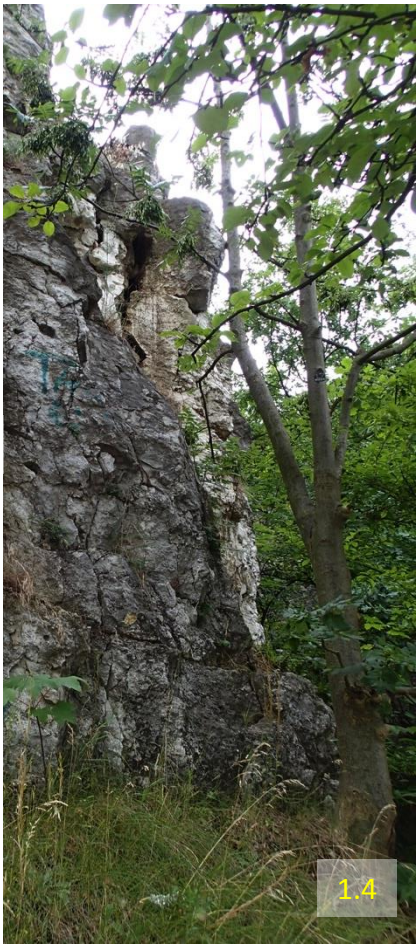


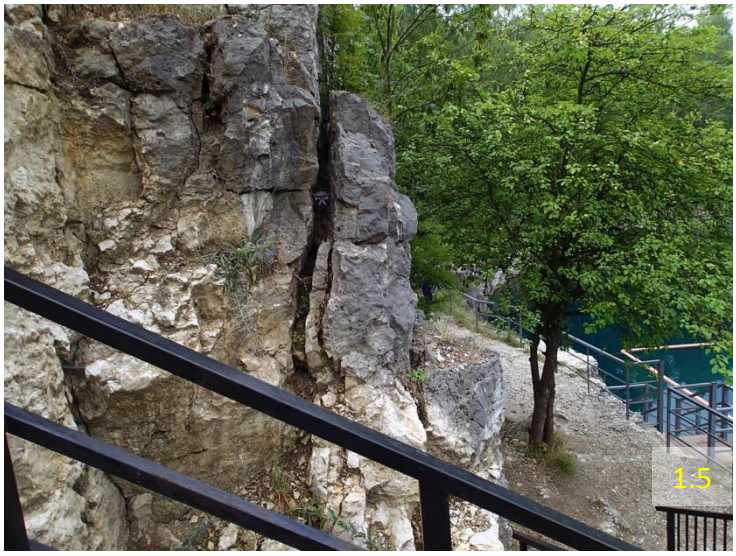
Mapa stref 1, 2 i 3 z lokalizacją zdjęć

1.1


1.2

1.3


1.4


1.5

1.5

1.6

2

2.1

3

3.1

3.2

4

5

5.1

5.2

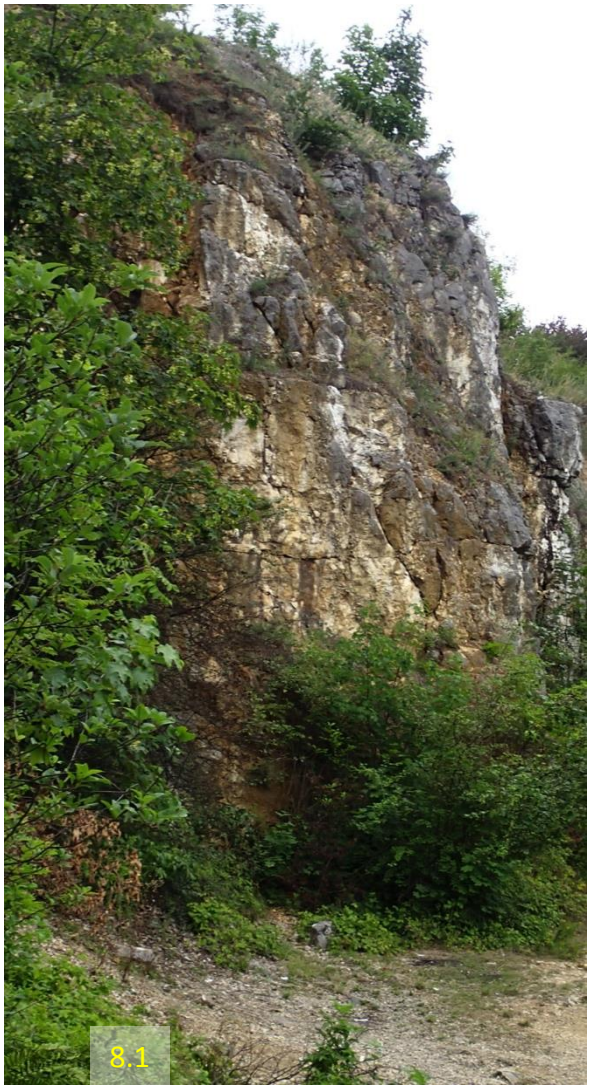
6

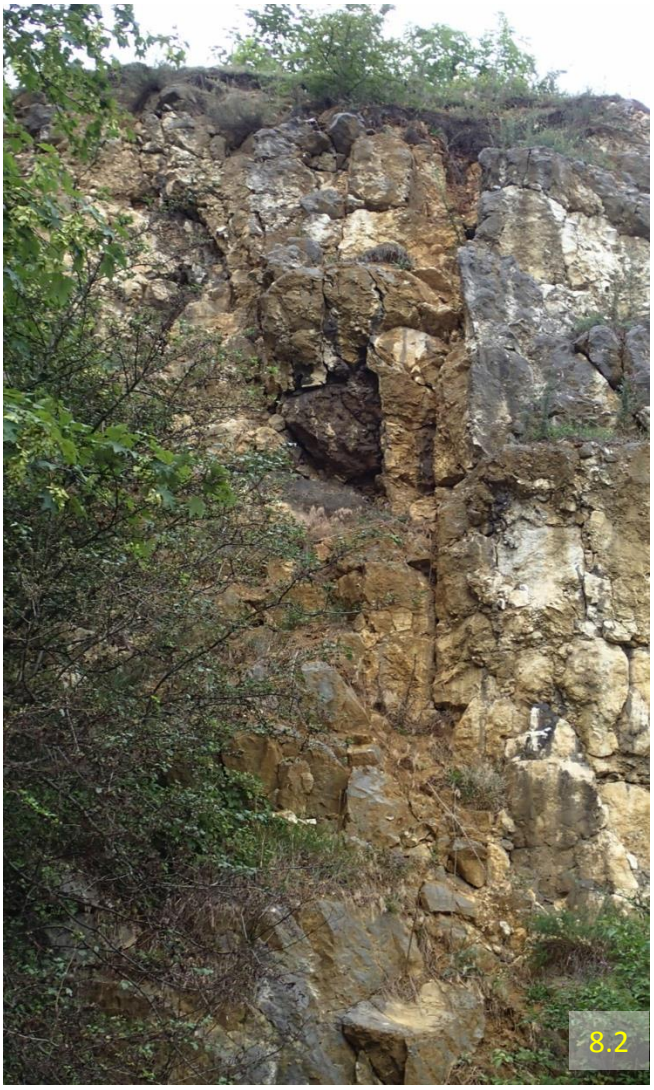
5

6

7

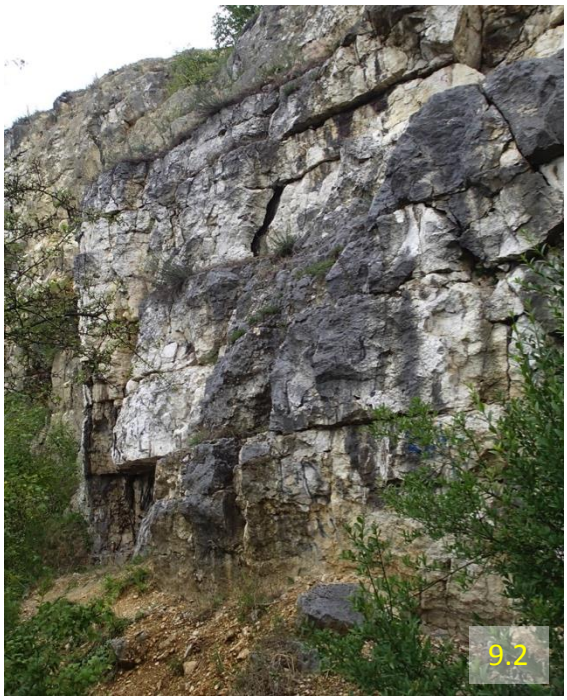
8


8.1

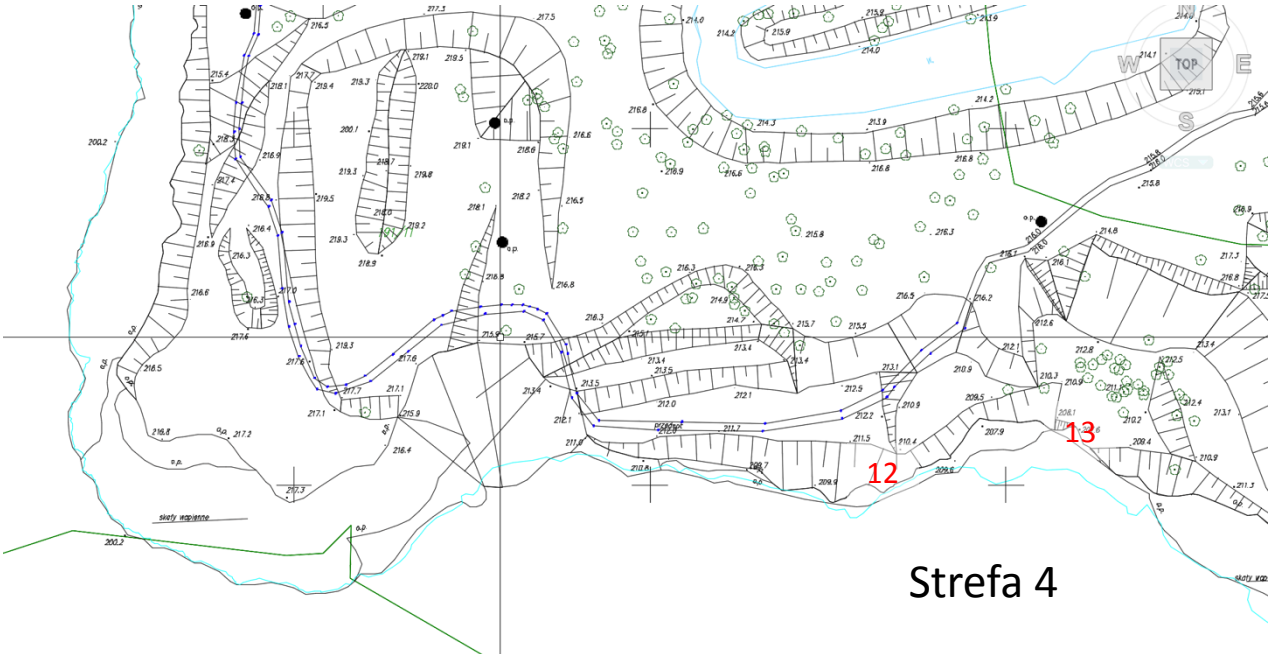

8.2

9

9.1

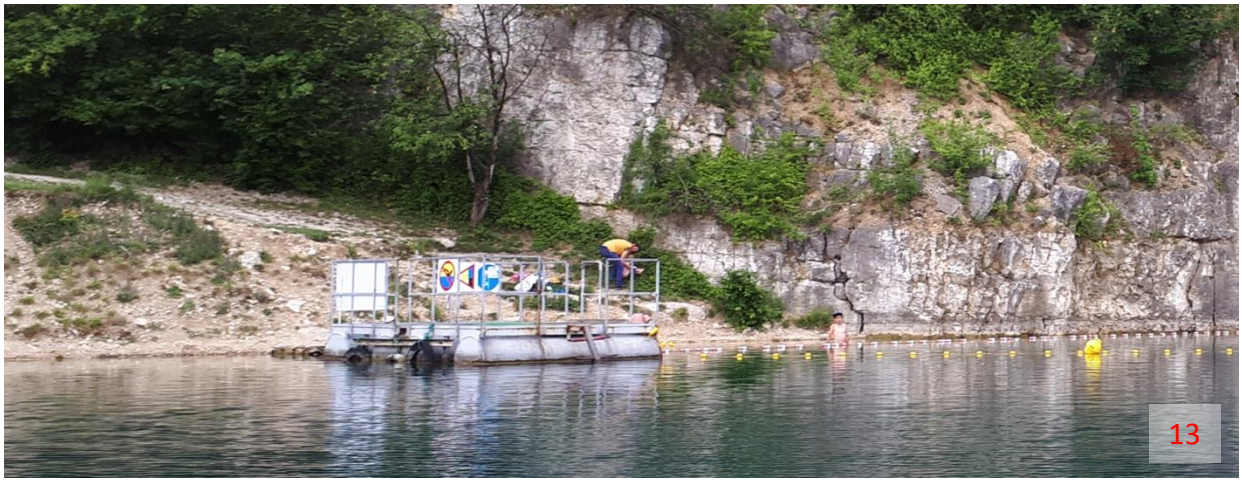

9.2

10



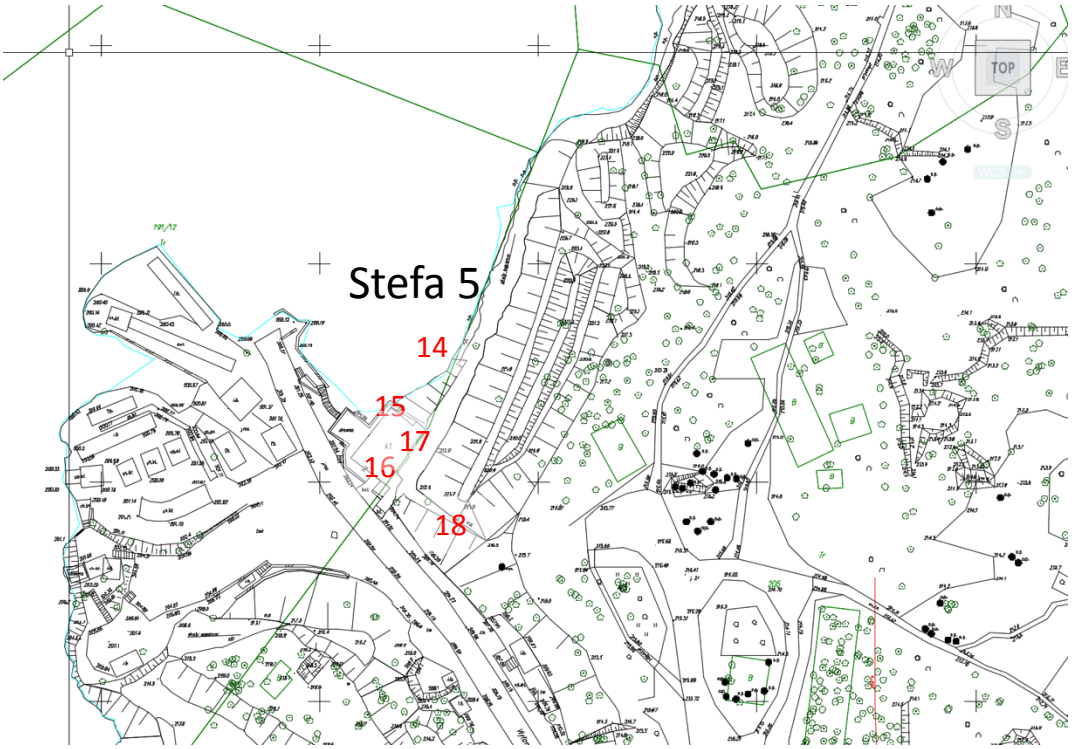
Mapa strefy 4 z lokalizacją zdjęć

12


13

13.1

13.2



Mapa strefy 5 z lokalizacją zdjęć

15

16

17

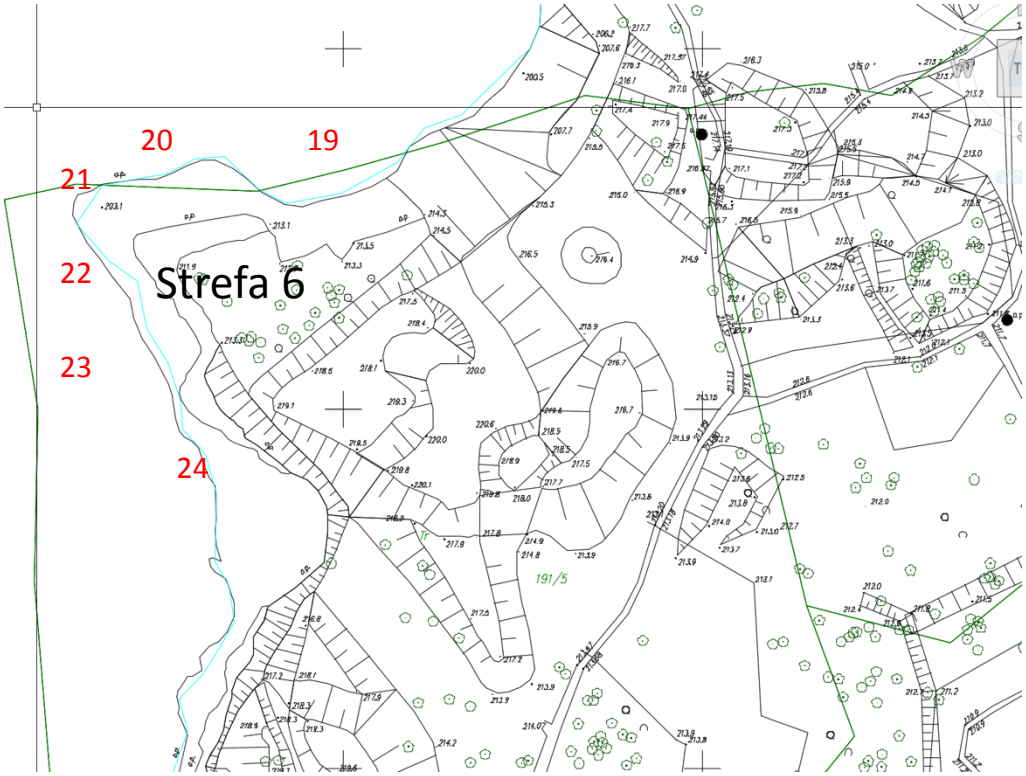
OGRODY ZAKRZÓWEK
profesjonalne usługi
535 212 238
WILLA REGLE
NOCLEGI W ZAKOPANEM
Pazola
Targi Nurkowe
900m

18

Pazola
Targi Nurkowe
900m

18.1

18.2



Mapa strefy 6 z lokalizacją zdjęć

19

20

21

22

23

24

Załącznik I2.3.2A

Analizy obliczeniowe barier przeciwodłamkowych

1 WPROWADZENIE

W niniejszym załączniku przedstawiono założenia do obliczeń oraz wyniki analiz obliczeniowych dla barier przeciwodłamkowych przyjętych jako zabezpieczenie w Strefie 2.

2 INFORMACJE OGÓLNE

W strefie 2 występuje zbocze o długości około 300 m i wysokości do 25 m. Zbudowane jest z licznych schodkowo ułożonych bloków skalnych oraz nachylonych wychodni skalnych i piargów. Na zboczu rośnie wiele drzew, które należy maksymalnie chronić przed wycinką.

W strefie tej zaprojektowano wstępne oczyszczanie powierzchni z luźnych skał oraz zastosowanie czterech barier przeciwodłamkowych o nośności 100 kJ, wysokości 2,5 m i ugięciu w trakcie uderzenia poniżej 2,1 m. Zastosowanie barier minimalizuje konieczność wycinki drzew i krzewów rosnących na granicy urwiska i półki skalnej mającej stanowić ścieżkę komunikacyjną. Konstrukcja barier powoduje, że są one prawie niewidoczne, nawet dla osób przebywających w ich pobliżu.

Przyjęto zastosowanie barier spełniających wymagania odnośnie Maksymalnego Poziomu Energi (MEL) zgodnie z ETAG 027. Umożliwi to zminimalizowanie czynności obsługowych w trakcie eksploatacji oraz ograniczenie ugięcia bariery w trakcie uderzenia. Jest to warunek bardzo istotny ze względu na niewielką odległość między linią montażu barier, a planowanymi ścieżkami spacerowymi. Dodatkowo przewiduje się montaż poszczególnych barier w sekcjach zlokalizowanych z niewielkim przesunięciem oraz odpowiednimi przerwami, umożliwiającymi przechodzenie tamtędy dużym zwierzętom oraz w sytuacjach awaryjnych ludziom.

3 ZAŁOŻENIA DO OBLICZEŃ BARIER

Bariery przeciwodłamkowe zostały zaprojektowane wg poniższej procedury:

A) Wybór charakterystycznych przekrojów obliczeniowych.
B) Określenie oddziaływań dynamicznych w trakcie uderzenia spadających odłamków skalnych.
C) Wybór miarodajnej wielkości głazów do analiz obliczeniowych.
D) Obliczenia prędkości oraz trajektorii lotu spadających odłamków skalnych w wybranych przekrojach obliczeniowych.
E) Przyjęcie barier o odpowiednich parametrach (wytrzymałość, wysokość).

Obliczenia barier przeciwodłamkowych wykonano zgodnie z normą EC7 oraz UNI 11211-4:2012 która została zaimplementowana w programie *Rocfall* firmy Rocscience (Toronto), licencja Officine Maccaferri S.p.A.

Do analiz obliczeniowych przyjęto bariery przeciwodłamkowe spełniające wymagania ETAG 027, charakteryzujące się następującymi parametrami:

Maksymalny Poziom Energii MEL = 111 kJ

Wysokość rezydualna H_R = 80,5%

Wysokość H = 2,50 m

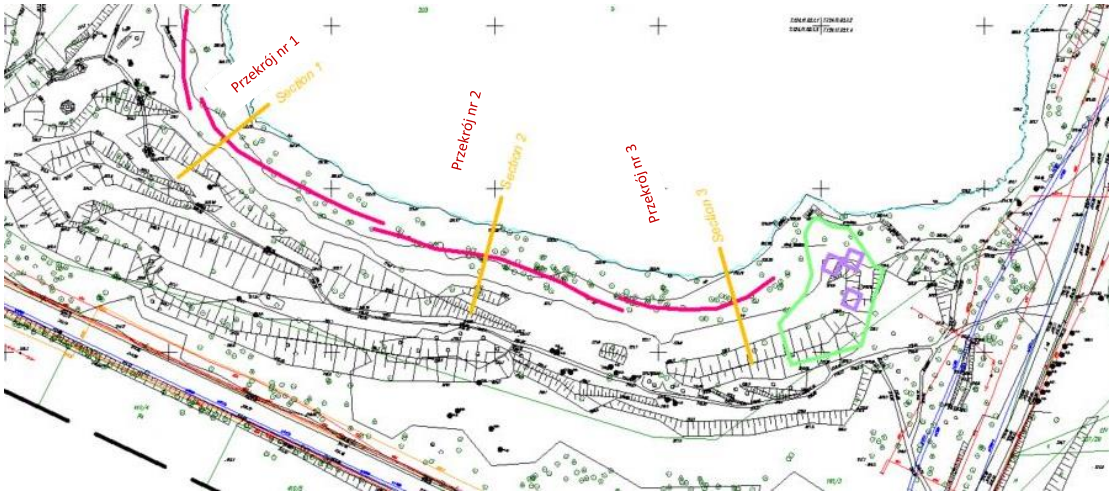
Ugięcie przy MEL = 2,1 m

4 ANALIZA OBLICZENIOWA

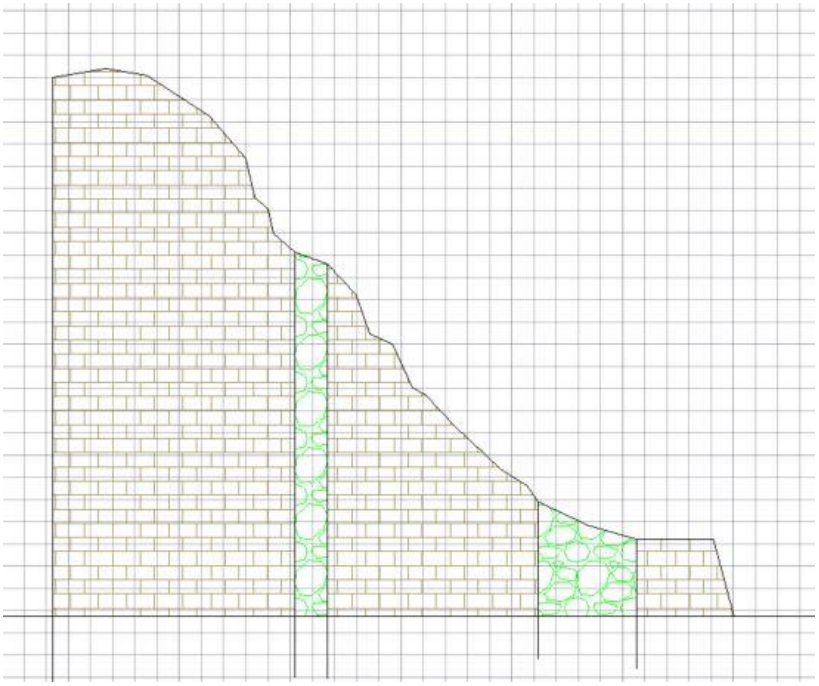
4.1 Wybór przekrojów obliczeniowych

Obliczenia wykonano dla 3 charakterystycznych przekrojów obliczeniowych (Rys. 3, 4, 5).

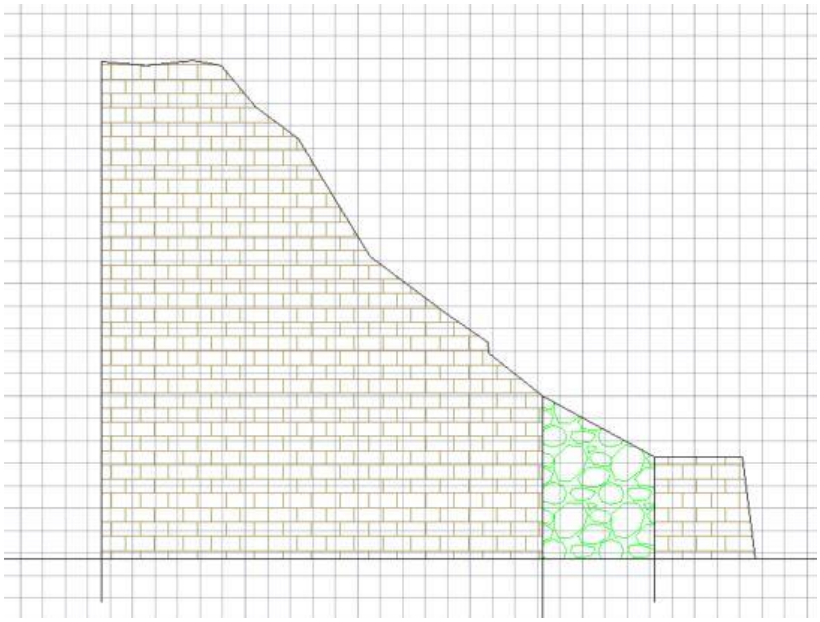
Rys. 1. Lokalizacja strefy 2 zabezpieczonej barierami



Rys. 2. Lokalizacja przekrojów obliczeniowych



Rys. 3. Przekrój nr 1



Rys. 4. Przekrój nr 2

Rys. 5. Przekrój nr 3

Dynamiczne zachowanie się spadających bloków skalnych zostało przeanalizowane za pomocą programu *RocFall* firmy *Rocscience*, który umożliwia statystyczną analizę tysięcy trajektorii lotu spadających odłamków skalnych.

4.2 Wybór charakterystycznych, obliczeniowy bloków skalnych

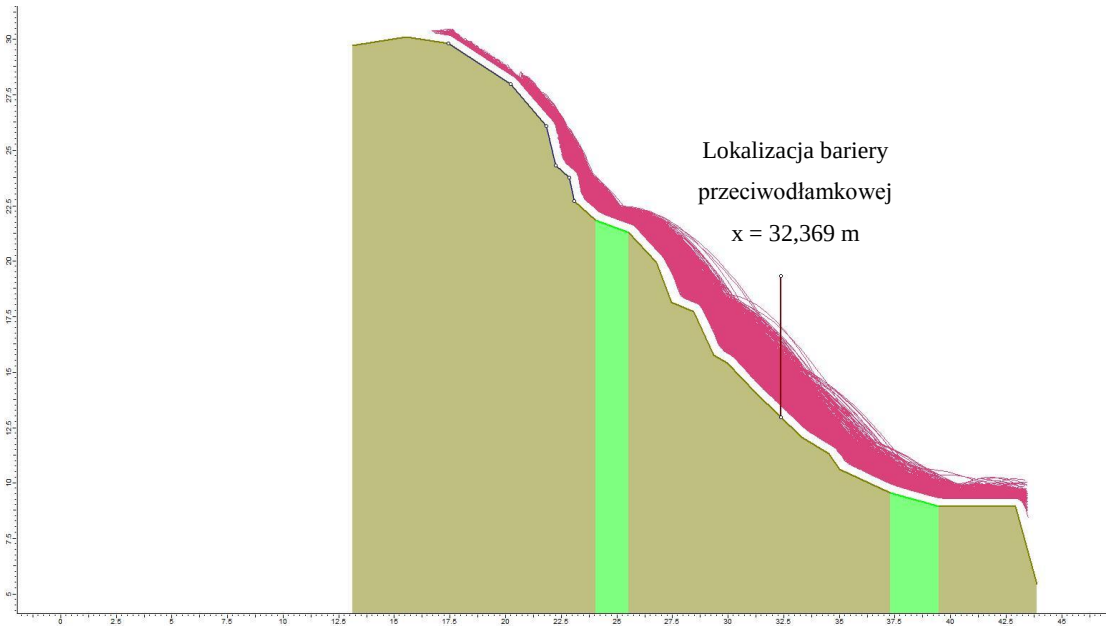
Dla wszystkich trzech przekrojów obliczeniowych przyjęto sztywny blok prostopadłościenny o zaokrąglonych krawędziach i masie 1215 kg. Liczbę analizowanych trajektorii lotu odłamków skalnych ustalono na 2000.
Parametry geotechniczne podłoża gruntowego w przekrojach obliczeniowych przyjęto z bazy danych programu.

4.3 Wyniki obliczeń

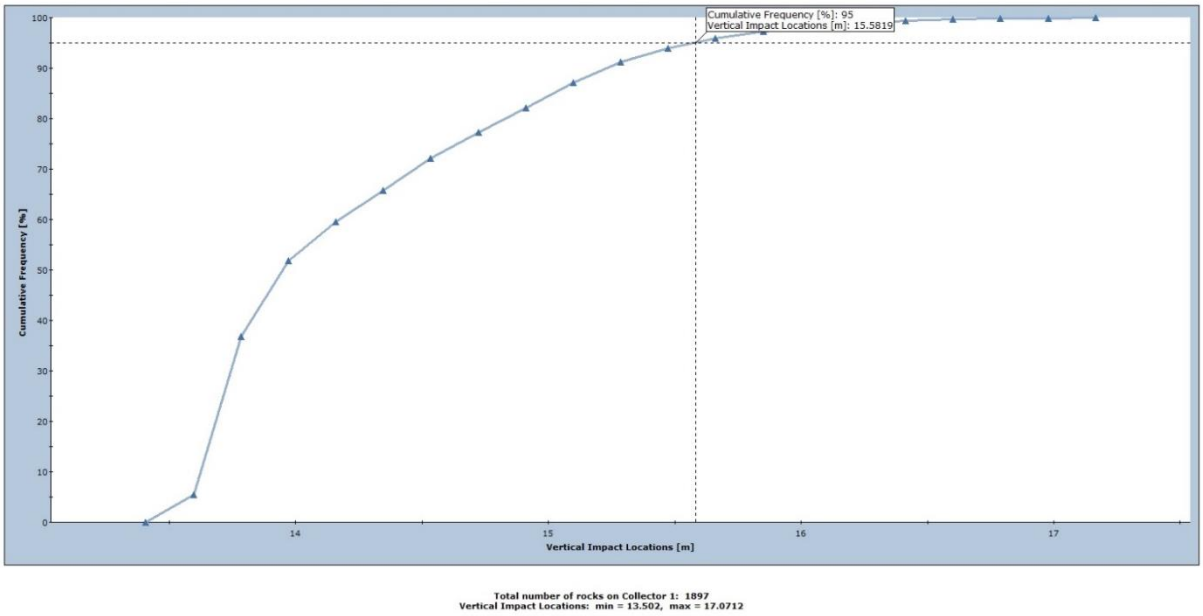
W celu przeprowadzenia obliczeń wykorzystano dane dotyczące parametrów skał pochodzące z dokumentacji geologicznej obszaru kamieniołomu. W przypadku braku informacji dane były przyjmowane w oparciu o doświadczenie z realizacji podobnych inwestycji na świecie.
Dla każdego przekroju obliczeniowego wyznaczono:

- Trajektorie przemieszczania się spadających bloków skalnych.
- Wykres statystycznego rozkładu wysokości odbicia się spadających bloków skalnych, pozwalający na wyznaczenie trajektorii największej wysokości odbicia dla 95% populacji.
- Wykres statystycznego rozkładu prędkości spadania bloków skalnych, pozwalający na wyznaczenie trajektorii najszybciej spadającego odłamka dla 95% populacji.

4.4 Przekrój obliczeniowy nr 1



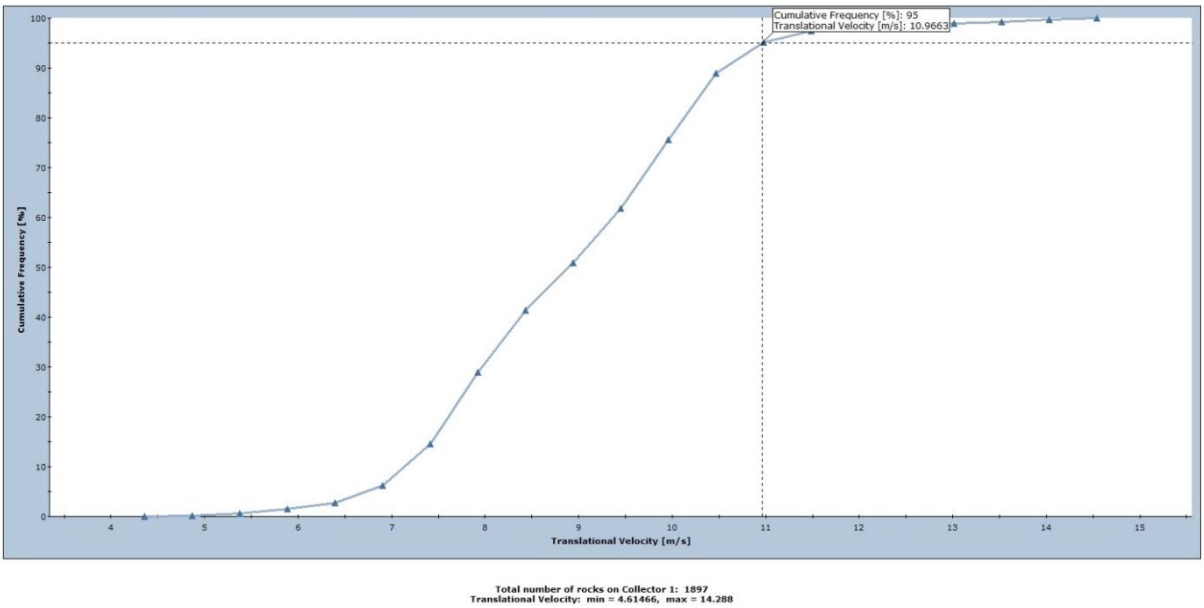
Rys. 6. Trajektorie spadania bloków skalnych oraz lokalizacja bariery przeciwodłamkowej



Rys. 7. Wysokości odbicia się spadających bloków skalnych (x = 32,369)

Wysokość odbicia – analiza statystyczna dla x = 32,369

Liczba analizowanych trajektorii:	2000
Wysokość minimalna (m):	0,10
Wysokość maksymalna (m):	3,67
Wysokość miarodajna dla 95% (m):	2,17

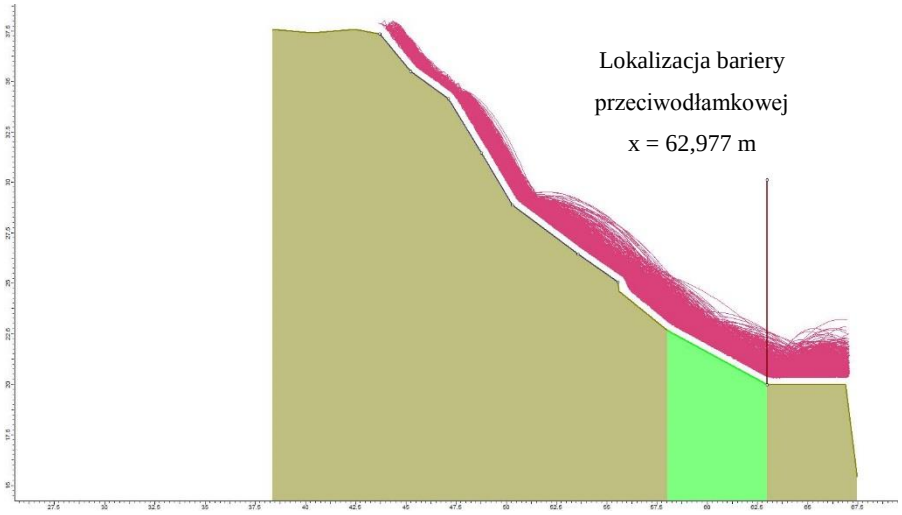


Rys. 8. Prędkości przemieszczania się spadających bloków skalnych (x = 32,369)

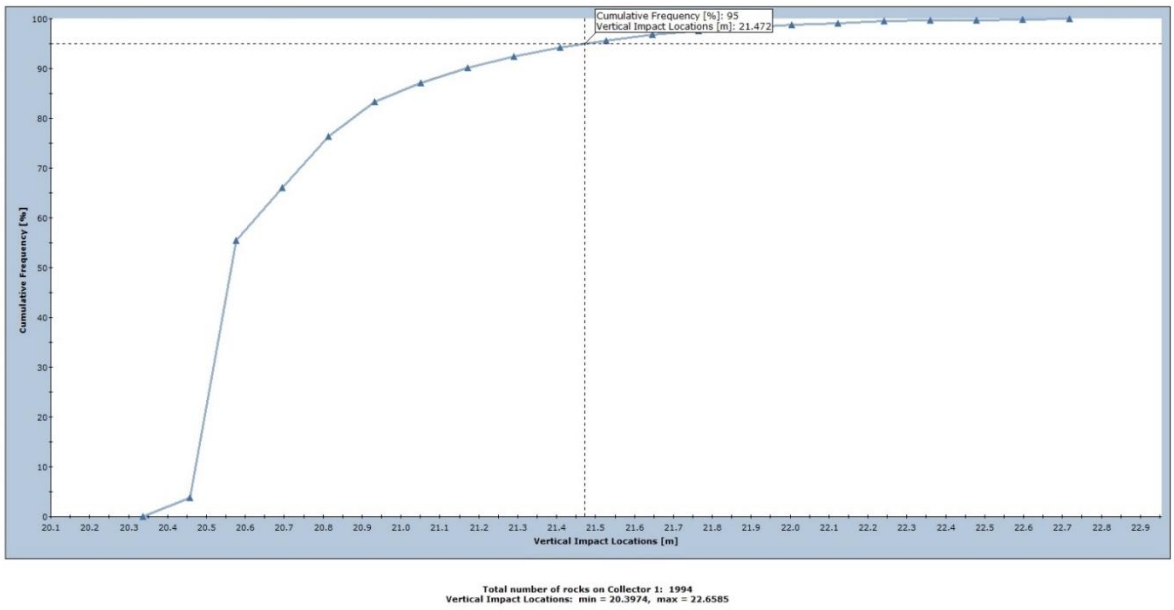
Prędkość spadania - analiza statystyczna dla x = 32,369

Liczba analizowanych trajektorii:	2000
Prędkość minimalna (m/s):	4,61
Prędkość maksymalna (m/s):	14,29
Prędkość miarodajna dla 95% (m/s):	10,97

4.5 Przekrój obliczeniowy nr 2



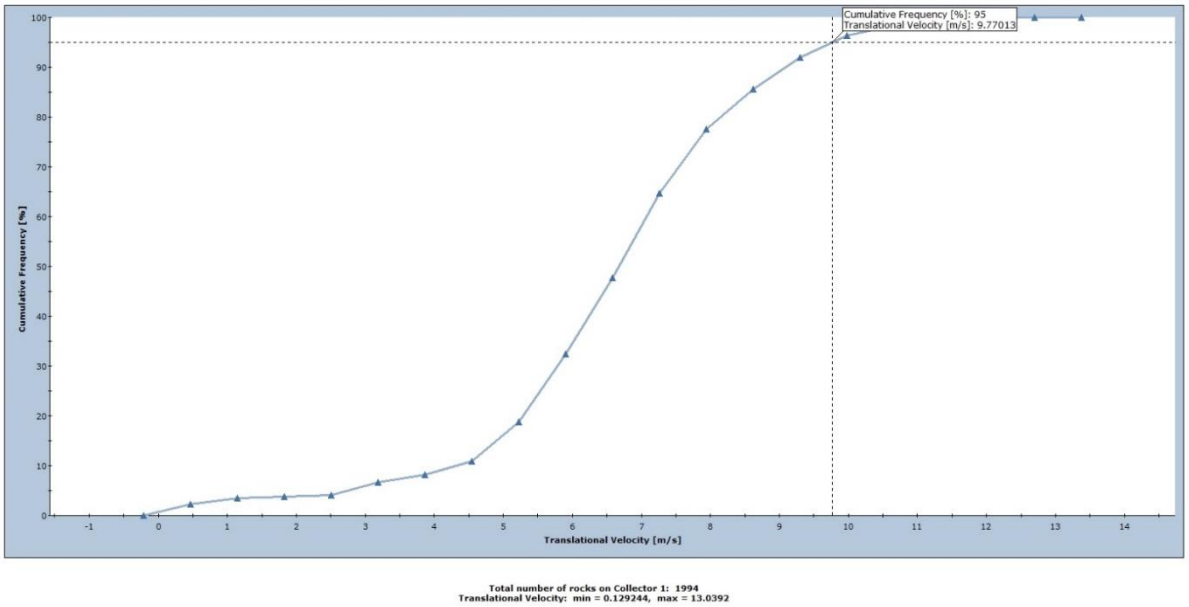
Rys. 9. Trajektorie spadania bloków skalnych oraz lokalizacja bariery przeciwodłamkowej



Rys. 10. Wysokości odbicia się spadających bloków skalnych (x = 62,977)

Wysokość odbicia – analiza statystyczna dla x = 62,977

Liczba analizowanych trajektorii:	2000
Wysokość minimalna (m):	0,06
Wysokość maksymalna (m):	2,32
Wysokość miarodajna dla 95% (m):	1,13

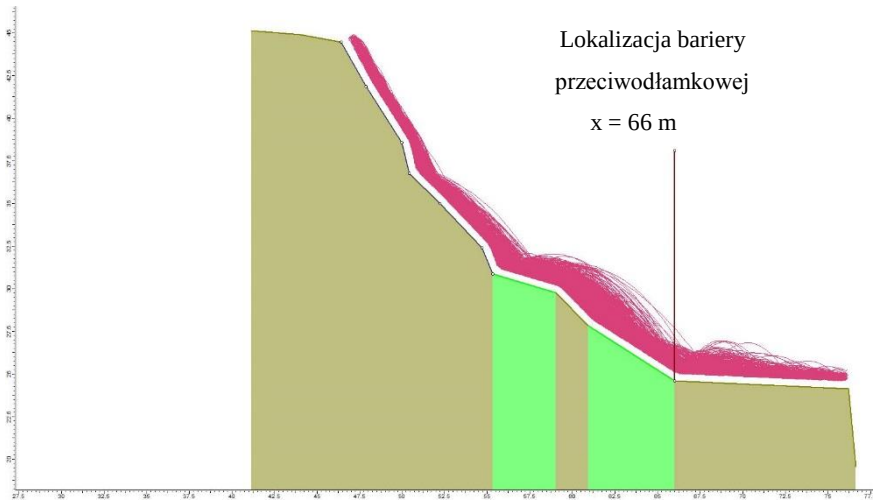


Rys. 11. Prędkości przemieszczania się spadających bloków skalnych (x = 62,977)

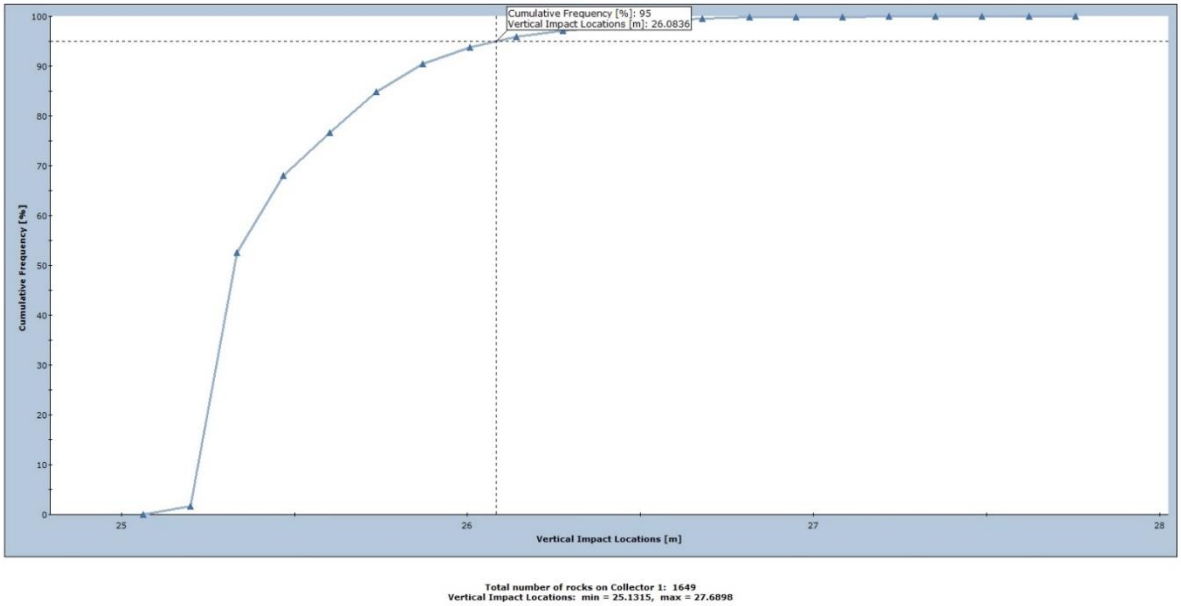
Prędkość spadania - analiza statystyczna dla x = 62,977

Liczba analizowanych trajektorii:	2000
Prędkość minimalna (m/s):	0.13
Prędkość maksymalna (m/s):	13.04
Prędkość miarodajna dla 95% (m/s):	9.77

4.6 Przekrój obliczeniowy nr 3



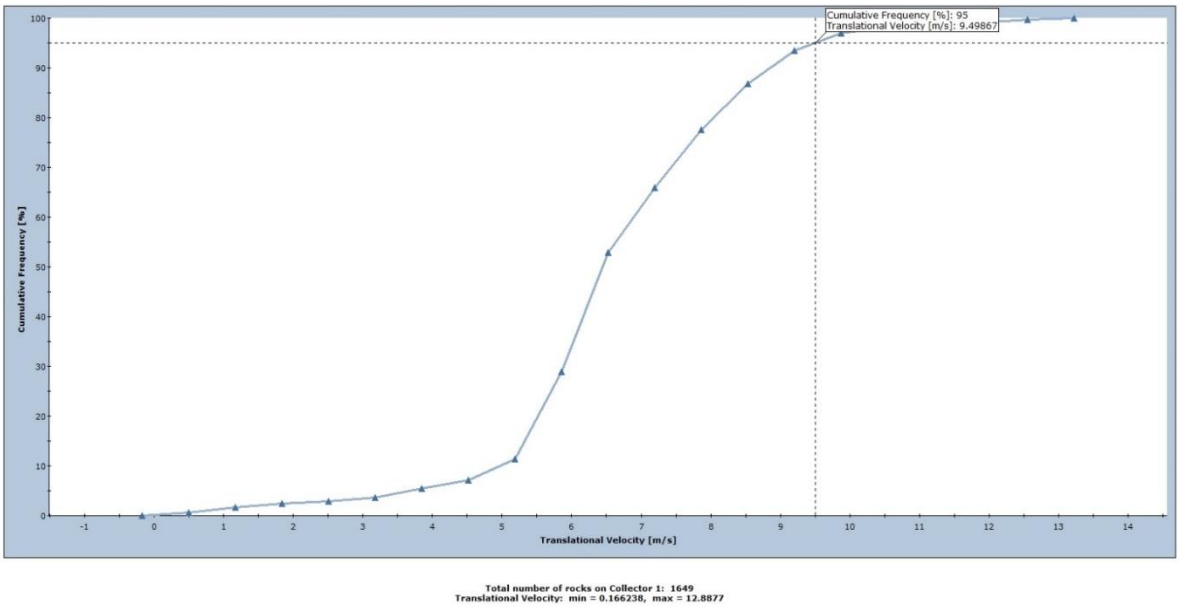
Rys. 12. Trajektorie spadania bloków skalnych oraz lokalizacja bariery przeciwodłamkowej



Rys. 13. Wysokości odbicia się spadających bloków skalnych (x = 66)

Wysokość odbicia – analiza statystyczna dla x = 66

Liczba analizowanych trajektorii:	2000
Wysokość minimalna (m):	0,07
Wysokość maksymalna (m):	2,63
Wysokość miarodajna dla 95% (m):	1,02



Rys. 14 - Prędkości przemieszczania się spadających bloków skalnych (x = 66)

Prędkość spadania - analiza statystyczna dla x = 66

Liczba analizowanych trajektorii:	2000
Prędkość minimalna (m/s):	0,17
Prędkość maksymalna (m/s):	12,89
Prędkość miarodajna dla 95% (m/s):	9,50

5 PROJEKTOWANE BARIERY PRZECIWODŁAMKOWE

Bariery zostały zaprojektowanie zgodnie z Eurocodem przy założeniu, że 95% spadających bloków skalnych będzie miało trajektorie przecinająca się z barierami przeciwodłamkowymi.

Do obliczeń przyjęto częściowe współczynniki bezpieczeństwa zwiększające prędkość spadania odłamków skalnych, ich ciężar oraz wysokość odbicia. Wielkości tych współczynników są uzależnione od ukształtowania powierzchni skalnych oraz parametrów geomechanicznych masywu skalnego. Częściowe współczynniki bezpieczeństwa zastosowano także do wyznaczenia parametrów wytrzymałościowych barier przeciwodłamkowych. Przyjęte w projekcie bariery spełniają wymagania stawiane w ETAG 027[1].

5.1 Procedura obliczeniowa

5.1.1 Określenie energii pochłanianej przez bariery

Projektowanie barier przeciwodłamkowych wymaga przeprowadzenia obliczeń zgodnie z normą UNI 11211:4 – 2012. Podstawowe równanie metody ma postać:

$$E_{sd} < E_{barrier} / \gamma_E \qquad (1)$$

[1] ETAG 027 - Guideline for European technical approval of falling rock protection kits - Edition 2013, used as EAD.

gdzie:

E_{sd} energia projektowego bloku skalnego w momencie uderzenia w barierę;

$E_{barrier}$ energia absorbowana przez barierę, określona na podstawie badań przeprowadzanych zgodnie z ETAG 027 (MEL lub SEL);

γ_E współczynnik bezpieczeństwa zależny od metody obliczeń (γ_E > 1,0 dla metody MEL; γ_E = 1,0 dla metody SEL) i długości bariery L (γ_E > 1,0 dla L<30 m; γ_E = 1,0 dla L≥ 30 m).

Wartość E_{Sd} wyznaczana jest z podstawowego równania energii kinetycznej przy uwzględnieniu współczynnika bezpieczeństwa (□R ≥ 1.0). Wpływ rotacji spadającego bloku skalnego może być pominięty:

$$E_{sd} = (1/2\ M_d\ v_d^2)\ \gamma_R \qquad (2)$$

gdzie:

M_d masa projektowego bloku skalnego;

$$M_d = (Vol_B\ \gamma)\ \gamma_{VOL}\ \gamma \qquad (3)$$

v_d prędkość projektowego bloku skalnego.

$$v_d = v_t\ \gamma_{Tr}\ \gamma_{Dp} \qquad (4)$$

gdzie:

Vol_B - objętość projektowego bloku skalnego;

γ - ciężar objętościowy skały;

γ_{VOL} - z dokładnością danych (γ_{VOL} ≥ 1,0);

γ© - współczynnik bezpieczeństwa związany z ciężarem obj. skały (γ© ≥ 1,0);

vt - prędkość wyznaczona w analizach dla 95% bloków skalnych;

γ_{Tr} - współczynnik bezpieczeństwa związany z wiarygodnością symulacji upadku bloku skalnego (γ_{Tr} ≥ 1,0);

γ_{Dp} - współczynnik bezpieczeństwa związany z dokładnością rozpoznania topograficznego terenu (γ_{Dp} ≥ 1,0).

5.1.2 Wysokość bariery

Minimalna wysokość bariery musi uwzględniać wysokość projektową (h_d) oraz zapas wysokości (f_{min}):

$$H_{tot} = H_d + f_{min} \quad (4)$$

gdzie:

H_{tot} - nominalna wysokość bariery zgodnie z ETAG 027

H_d - projektowana wysokość trajektorii wyznaczona z równania:

$$H_d \geq H_t \, \gamma_{Tr} \, \gamma_{Dp} + R_{block} \, \gamma_R \quad (5)$$

H_{95} - wysokość trajektorii wyznaczona w analizach obliczeniowych dla 95% analizowanych przypadków;

R_{block} - średni promień bloku skalnego;

γ_R - współczynnik bezpieczeństwa związany z promieniem bloku skalnego ($\gamma_R \geq 1{,}0$);

f_{min} - wysokość strefy bezpieczeństwa powyżej strefy uderzenia ($f_{min} \geq 50$ cm).

5.1.3 Odległość między barierą a strefą chronioną

Minimalna odległość pomiędzy barierą a strefą chronioną wyznaczana jest z wzoru:

$$D_A \geq D_b \, \gamma_d \quad (6)$$

gdzie:

D_A - Minimalna odległość pomiędzy barierą a strefą chronioną;

Db - maksymalne odkształcenie dynamiczne bariery mierzone zgodnie z ETAG 027 w testach w skali rzeczywistej dla MEL;

γd - współczynnik bezpieczeństwa związany z energią uderzenia przyjętą w trakcie obliczeń.

6 WYNIKI OBLICZEŃ

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń, do ochrony przed spadającymi odłamkami skalnymi w strefie 2 przyjęto bariery przeciwodłamkowe o wytrzymałości 100 kJ, wysokości 2,5 m, wysokości rezydualnej powyżej 2,0 m oraz ugięciu w trakcie uderzenia poniżej 2,1 m.

Zaprojektowane bariery zapewniają ochronę z odpowiednim współczynnikiem bezpieczeństwa. Przewidziano zastosowanie 4 barier w oddzielonych od siebie sekcjach, co pozwoli na swobodne przemieszczanie się między nimi zwierząt i ludzi. Przyjęte bariery przeciwodłamkowe mają lekką konstrukcję, która eliminuje konieczność stosowania górnego kotwienia słupów umożliwiając w ten sposób niezakłócony wzrost roślinności w rejonie wykonanych barier.

Załącznik I2.3.2B

Wyniki obliczeń barier przeciwodłamkowych programem Rockfall – Rocsience, licencja Officine Maccaferri S.p.A.

PRZEKRÓJ OBLICZENIOWY NR 1

Zagospodarowanie Parku Zakrzówek w Krakowie – Projekt Zabezpieczenia Przed Obrywami Skalnymi			
Rockfall section n. 1		1	
Rockfall barrier n.			
Barrier model		**RB 100 UAF**	Model
Nominal maximum energy level of the barrier	**MEL**	100	[kJ]
Maximum energy level of the barrier		111	[kJ]
Data analysis			
Simulation developped with		2000	trajectories
Confidence limit: statistical approach on the		95%	of the population
Average inclination of the slope	[α]	45.00	[°]
Tollerance for the barrier inclination	[β]	1.00	[°]
Trajectory height on the vertical for the 95% of the cases	[Hv]	2.17	[m]
Trajectory height on the barrier plane [cos (α -β) * Hv]	[Ht]	1.97	[m]
Minimum distance between barrier and infrastructure	[Di]	3.00	[m]
Velocity (translational) - confidence limit 95%	[Vt]	10.97	[m/s]
Block size	[Vol]	0.45	[m3]
Block shape	[shape]	cube	
Unit weight of the rock	[γ]	2700.00	[kg/m3]
Partial safery coefficient			
Quality of the Topographic survey	[γdp]	1.07	
Quality of the Geomechanical survey - size	[γVolF]	1.05	
Quality of the Geomechanical survey - unit weight	[γγ]	1.00	
Quality of the rockfall simulation	[γtr]	1.02	
Design trajectory			
Design velocity [Vt * γtt * γdp]	[Vd]	11.97	[m/s]
Design mass [Vol *γVolF * γ * γγ]	[Md]	1275.75	[kg]
Design height [Ht * + block raius *1.3]	[Hd]	2.46	[m]
Design Energy [0.5 * Md * Vd ^2]	[Ed]	91.44	[kJ]
RMC Maccaferri rockfall barrier features			
Maximum Energy Level according to ETAG 27	[MEL]	111.00	[kJ]
Serviceability Energy Level according to ETAG 27	[SEL]	-	[kJ]
Maximum dynamic elongation of the barrier at the MEL test	[Db]	2.10	[m]
Standard height of the barrier: between 2 m and 2.5 m			
Nominal height of the barrier	[Hb]	2.5	[m]
		IN STANDARD	
Residual height of the barrier after the impact	[Hres]	2.0	[m]
Nominal upper free border [to be considered for lumped mass analysis]	[Fmin]	0.5	[m]
Design Method			
Design procedure aimed to (MEL or SEL)	**MEL**	**MEL**	
Maximum Energy Level - using energy	[$E_{BARRIERA}$]	111.00	[kJ]
Amplification factor which considers the risk of places having:			
(1)_low economical value, and can be easily repaired	[i]	1.00	
Number of span of the barrier		**more than 3 spans**	
Safety coefficient for reduction of the barrier energy	[γ_E]	1.2	
Safety coefficient for the deformation	[γ_{DB}]	1.3	
Design Performance of the Barrier			
Design Energy [Ed / (γ_E *i)]	[Esd]	91.44	[kJ]
Design Deformation [Db * γ_{DB}]	[D]	2.73	[m]
Design Height [Hd]	[Hd]	2.46	[m]
Barrier Proof			
Energy proof [(Esd - Ebarriera/ γE) ≤ 0]		-1.06	Fullfilled
Elongation proof [(D - Di) ≤ 0]		-0.27	Fullfilled
Height proof [(Hd- Hb) ≤ 0]		-0.04	Fullfilled

PRZEKRÓJ OBLICZENIOWY NR 2

Zagospodarowanie Parku Zakrzówek w Krakowie – Projekt Zabezpieczenia Przed Obrywami Skalnymi			
Rockfall section n. 2		1	
Rockfall barrier n.			
Barrier model		**RB 100 UAF**	Model
Nominal maximum energy level of the barrier	**MEL**	100	[kJ]
Maximum energy level of the barrier		111	[kJ]
Data analysis			
Simulation developped with		2000	trajectories
Confidence limit: statistical approach on the		95%	of the population
Average inclination of the slope	[α]	45.00	[°]
Tollerance for the barrier inclination	[β]	1.00	[°]
Trajectory height on the vertical for the 95% of the cases	[Hv]	2.17	[m]
Trajectory height on the barrier plane [cos (α -β) * Hv]	[Ht]	1.97	[m]
Minimum distance between barrier and infrastructure	[Di]	3.00	[m]
Velocity (translational) - confidence limit 95%	[Vt]	10.97	[m/s]
Block size	[Vol]	0.45	[m3]
Block shape	[shape]	cube	
Unit weight of the rock	[γ]	2700.00	[kg/m3]
Partial safery coefficient			
Quality of the Topographic survey	[γdp]	1.07	
Quality of the Geomechanical survey - size	[γVolF]	1.05	
Quality of the Geomechanical survey - unit weight	[γγ]	1.00	
Quality of the rockfall simulation	[γtr]	1.02	
Design trajectory			
Design velocity [Vt * γtt * γdp]	[Vd]	11.97	[m/s]
Design mass [Vol *γVolF * γ * γγ]	[Md]	1275.75	[kg]
Design height [Ht * + block raius *1.3]	[Hd]	2.46	[m]
Design Energy [0.5 * Md * Vd ^2]	[Ed]	91.44	[kJ]
RMC Maccaferri rockfall barrier features			
Maximum Energy Level according to ETAG 27	[MEL]	111.00	[kJ]
Serviceability Energy Level according to ETAG 27	[SEL]	-	[kJ]
Maximum dynamic elongation of the barrier at the MEL test	[Db]	2.10	[m]
Standard height of the barrier: between 2 m and 2.5 m			
Nominal height of the barrier	[Hb]	2.5	[m]
		IN STANDARD	
Residual height of the barrier after the impact	[Hres]	2.0	[m]
Nominal upper free border [to be considered for lumped mass analysis]	[Fmin]	0.5	[m]
Design Method			
Design procedure aimed to (MEL or SEL)	**MEL**	**MEL**	
Maximum Energy Level - using energy	[$E_{BARRIERA}$]	111.00	[kJ]
Amplification factor which considers the risk of places having:			
(1)_low economical value, and can be easily repaired	[i]	1.00	
Number of span of the barrier		**more than 3 spans**	
Safety coefficient for reduction of the barrier energy	[γ_E]	1.2	
Safety coefficient for the deformation	[γ_{DB}]	1.3	
Design Performance of the Barrier			
Design Energy [Ed / (γ_E *i)]	[Esd]	91.44	[kJ]
Design Deformation [Db * γ_{DB}]	[D]	2.73	[m]
Design Height [Hd]	[Hd]	2.46	[m]
Barrier Proof			
Energy proof [(Esd - Ebarriera/ γE) ≤ 0]		-1.06	Fullfilled
Elongation proof [(D - Di) ≤ 0]		-0.27	Fullfilled
Height proof [(Hd- Hb) ≤ 0]		-0.04	Fullfilled

PRZEKRÓJ OBLICZENIOWY NR 3

Zagospodarowanie Parku Zakrzówek w Krakowie – Projekt Zabezpieczenia Przed Obrywami Skalnymi			
Rockfall section n. 3		3	
Rockfall barrier n.			
Barrier model		**RB 100 UAF**	Model
Nominal maximum energy level of the barrier	**MEL**	100	[kJ]
Maximum energy level of the barrier		111	[kJ]
Data analysis			
Simulation developped with		2000	trajectories
Confidence limit: statistical approach on the		95%	of the population
Average inclination of the slope	[α]	45.00	[°]
Tollerance for the barrier inclination	[β]	1.00	[°]
Trajectory height on the vertical for the 95% of the cases	[Hv]	1.02	[m]
Trajectory height on the barrier plane [cos (α -β) * Hv]	[Ht]	0.92	[m]
Minimum distance between barrier and infrastructure	[Di]	3.00	[m]
Velocity (translational) - confidence limit 95%	[Vt]	9.50	[m/s]
Block size	[Vol]	0.45	[m3]
Block shape	[shape]	cube	
Unit weight of the rock	[γ]	2700.00	[kg/m3]
Partial safery coefficient			
Quality of the Topographic survey	[γdp]	1.07	
Quality of the Geomechanical survey - size	[γVolF]	1.05	
Quality of the Geomechanical survey - unit weight	[γγ]	1.00	
Quality of the rockfall simulation	[γtr]	1.02	
Design trajectory			
Design velocity [Vt * γtt * γdp]	[Vd]	10.37	[m/s]
Design mass [Vol *γVolF * γ * γγ]	[Md]	1275.75	[kg]
Design height [Ht * + block raius *1.3]	[Hd]	1.42	[m]
Design Energy [0.5 * Md * Vd ^2]	[Ed]	68.57	[kJ]
RMC Maccaferri rockfall barrier features			
Maximum Energy Level according to ETAG 27	[MEL]	111.00	[kJ]
Serviceability Energy Level according to ETAG 27	[SEL]	-	[kJ]
Maximum dynamic elongation of the barrier at the MEL test	[Db]	2.10	[m]
Standard height of the barrier: between 2 m and 2.5 m			
Nominal height of the barrier	[Hb]	2.5	[m]
		IN STANDARD	
Residual height of the barrier after the impact	[Hres]	2.0	[m]
Nominal upper free border [to be considered for lumped mass analysis]	[Fmin]	0.5	[m]
Design Method			
Design procedure aimed to (MEL or SEL)	**MEL**	**MEL**	
Maximum Energy Level - using energy	[$E_{BARRIERA}$]	111.00	[kJ]
Amplification factor which considers the risk of places having:			
(1)_low economical value, and can be easily repaired	[i]	1.00	
Number of span of the barrier		**more than 3 spans**	
Safety coefficient for reduction of the barrier energy	[γ_E]	1.2	
Safety coefficient for the deformation	[γ_{DB}]	1.3	
Design Performance of the Barrier			
Design Energy [Ed / (γ_E *i)]	[Esd]	68.57	[kJ]
Design Deformation [Db * γ_{DB}]	[D]	2.73	[m]
Design Height [Hd]	[Hd]	1.42	[m]
Barrier Proof			
Energy proof [(Esd - Ebarriera/ γE) ≤ 0]		-23.93	Fullfilled
Elongation proof [(D - Di) ≤ 0]		-0.27	Fullfilled
Height proof [(Hd- Hb) ≤ 0]		-1.08	Fullfilled

Załącznik I2.3.3A

Analizy obliczeniowe kurtyn siatkowych i kotew

1 WPROWADZENIE

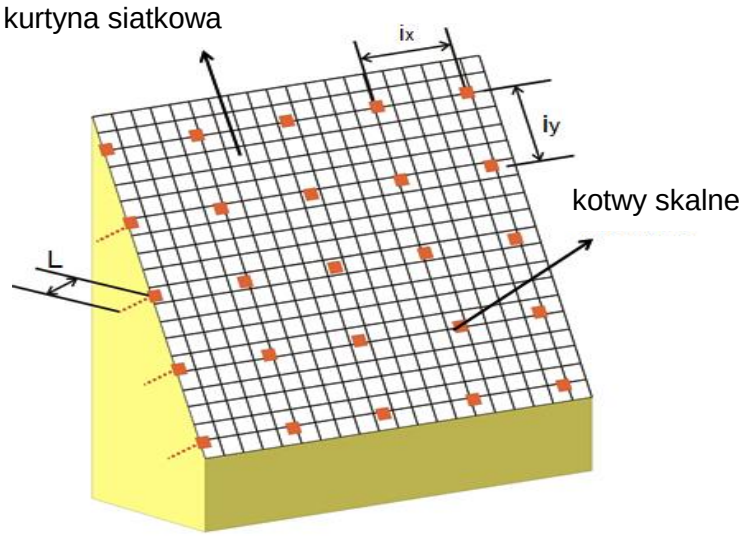
W niniejszym załączniku przedstawiono założenia do obliczeń oraz wyniki analiz obliczeniowych dla kurtyn siatkowych przyjętych jako zabezpieczenie w Strefach 1, 3, 5 i 6.

2 INFORMACJE OGÓLNE

Strefy 1, 3,5 i 6 charakteryzują się występowaniem skał typowych dla rejonów eksploatacji górniczej w kamieniołomach. Masyw skalny zbudowany jest z uwarstwionego wapienia. Wytrzymałość skał na ściskanie pomierzona młotkiem Schmidta zawiera się w przedziale od 65 do 90 MPa. Grubość warstw waha się od 0,4 m do 1,5 m. Ze względu na liczne spękania i szczeliny, masyw skalny podzielony jest na bloki o nieregularnych kształtach zbliżonych do prostopadłościanów. Lokalnie występujące dodatkowe spękania i uskoki powodują tworzenie brył skalnych o całkowicie nieregularnych kształtach. Na podstawie wizji lokalnej stwierdzono także występowanie miejsc zagrożonych możliwością powstania obrywów skalnych o grubości 1,5 – 4,0 m, ze względu na oddziaływanie czynników zewnętrznych (np. mrozu) na szczeliny zlokalizowane w koronie ścian skalnych.

W strefie tej zaprojektowano wstępne oczyszczanie powierzchni z luźnych skał oraz zastosowanie kurtyn siatkowych, mocowanych za pomocą kotew skalnych. Głównym zadaniem kurtyn siatkowych jest zwiększenie stateczności powierzchniowej zboczy oraz zatrzymywanie pod powierzchnią siatki ewentualnych odłamków skalnych (rys.1). Z punktu widzenia geomechaniki zabezpieczenia w postaci kurtyn siatkowych są zabezpieczeniami biernymi, ponieważ ich funkcje aktywują się dopiero w momencie powstania obrywu skalnego lub przemieszczania się rumoszu skalnego[1].

Właściwe zaprojektowanie kurtyn siatkowych wymaga uwzględnienia wielu czynników spośród których najistotniejsze to: topografia terenu, właściwości masywu skalnego, lokalizacja szczelin i spękań oraz ich rodzaj i charakter, rodzaj siatki z jakiej wykonana jest kurtyna oraz sposób jej mocowania do podłoża.



Rys. 1. Schemat montażu kurtyny siatkowej

[1] Turner A.K, Schuster R.L. Editors (2012) Rockfall Characterization and control – Transportation Research Board, Washington D.C, str. 570

Podstawowe wymagania odnośnie projektowanych kurtyn siatkowych w strefach 1, 3, 4, 5, 6:

- Z uwagi na lokalizacje w bezpośrednim sąsiedztwie zbiornika wodnego konieczne jest zastosowanie kurtyn wykonanych z siatki o podwyższonej odporności na korozję. Minimalne wymagania obejmują powłokę galmac (cynkowo aluminiową) oraz dodatkową powłokę polimerową o podwyższonej odporności na abrazję (po 100.000 cykli badania wg PN-EN 60229:2008, powłoka nie ulega uszkodzeniom powodującym odsłonięcie drutu stalowego) i działanie czynników korozyjnych (poddana działaniu obojętnej mgły solnej wg PN-EN ISO 9227:2012, po 6000 godzin ekspozycji nie wykazuje więcej niż 5% powierzchni ze śladami ciemnobrązowej rdzy).
- Do obliczeń przyjmowane są parametry wytrzymałości kurtyn na rozciąganie i przebicie określone zgodnie z normą UNI 11437:2012.

3 ELEMENTY SYSTEMU KURTYN SIATKOWYCH

Do zabezpieczenia powierzchni ścian i zboczy skalnych przyjęto kurtyny siatkowe wykonane w postaci siatek stalowych zabezpieczonych powłoką galmac (cynkowo aluminiową) oraz dodatkową powłoką polimerową o podwyższonej wytrzymałości na ścieranie oraz oddziaływanie czynników korozyjnych w środowisku o znacznej wilgotności. W miejscach gdzie powierzchnia urwisk jest nierówna z uwagi na występowanie licznych nierównomiernie rozłożonych bloków skalnych przewidziano zastosowanie dodatkowego wzmocnienia linami stalowymi, które umożliwią właściwe zakotwienie projektowanego zabezpieczenia. W celu ograniczenia widoczności zabezpieczenia przewidziano użycie powłoki w kolorze zbliżonym do barwy skał.

3.1 Kurtyny siatkowe typu A

Kurtyny stosowane na zboczach, których powierzchnia wykazuje oznaki zwietrzenia do głębokości 0,5 m. Mocowane kotwami skalnymi w układzie prostokątnym 3 x 3 m lub zamiennie romboidalnym 3 x 6 m.
W skład kurtyny typu A wchodzą:

- wysokowytrzymały elastyczny kompozyt siatkowy wykonany z podwójnie zaplatanej, sześciokątnej siatki stalowej typu 8x10 oraz wplecionych w siatkę na etapie produkcji lin stalowych w rozstawie co 30 cm. Drut stalowy stosowany do produkcji siatki podwójnie splatanej zabezpieczony jest przed korozją powłoką galmac (Zn-Al 5%) oraz dodatkową powłoką polimerową charakteryzującą się podwyższoną wytrzymałością na ścieranie (po 100.000 cykli badania wg PN-EN 60229:2008, powłoka nie ulega uszkodzeniom powodującym odsłonięcie drutu stalowego) i odpornością na działanie czynników korozyjnych (poddana działaniu obojętnej mgły solnej wg PN-EN ISO 9227:2012, po 6000 godzin ekspozycji nie wykazuje więcej niż 5% powierzchni ze śladami ciemnobrązowej rdzy).
  Parametry wytrzymałościowe siatki:
  - minimalna wytrzymałość na rozciąganie 110 kN/m (UNI 11437:2012),
  - minimalna wytrzymałość na przebicie 120 kN (UNI 11437:2012),
  - ugięcie poniżej 480 mm,
  - powłoka antykorozyjna Zn – Al. 5% 245 g/m^2 oraz dodatkowa powłoka polimerowa min 0,35 mm.
- kotwy skalne
  - rodzaj żerdzi: pełna,

- średnica 25 mm,
- klasa stali min. 500/550 MPa (granica plastyczności/wytrzymałości),
- długość 3,0 m (średnio),
- rozstaw w układzie romboidalnym 3 x 6 m (odl. pozioma/odl. pionowa),
- rozstaw w układzie kwadratowym 3 x 3 m.

3.2 Kurtyny siatkowe typu B

Kurtyny stosowane na zboczach, których powierzchnia wykazuje oznaki zwietrzenia do głębokości 0,50 m. Lokalnie wzmacniane linami stalowymi. Mocowane kotwami skalnymi.

W skład kurtyny typu B wchodzą:

- wysokowytrzymały elastyczny kompozyt siatkowy wykonany z podwójnie zaplatanej, sześciokątnej siatki stalowej typu 8x10 oraz wplecionych w siatkę na etapie produkcji lin stalowych w rozstawie co 30 cm. Drut stalowy stosowany do produkcji siatki podwójnie splatanej zabezpieczony jest przed korozją powłoką galmac (Zn-Al 5%) oraz dodatkową powłoką polimerową charakteryzującą się podwyższoną wytrzymałością na ścieranie (po 100.000 cykli badania wg PN-EN 60229:2008, powłoka nie ulega uszkodzeniom powodującym odsłonięcie drutu stalowego) i odpornością na działanie czynników korozyjnych (poddana działaniu obojętnej mgły solnej wg PN-EN ISO 9227:2012, po 6000 godzin ekspozycji nie wykazuje więcej niż 5% powierzchni ze śladami ciemnobrązowej rdzy).
  Parametry wytrzymałościowe siatki:
  - minimalna wytrzymałość na rozciąganie 110 kN/m (UNI 11437:2012),
  - minimalna wytrzymałość na przebicie 120 kN (UNI 11437:2012),
  - ugięcie poniżej 480 mm,
  - powłoka antykorozyjna Zn – Al. 5% 245 g/m^2 oraz dodatkowa powłoka polimerowa min 0,35 mm.
- kotwy skalne
  - rodzaj żerdzi: pełna,
  - średnica 25 mm,
  - klasa stali min. 500/550 MPa (granica plastyczności/wytrzymałości),
  - długość 3,0 m (średnio),
  - rozstaw w układzie romboidalnym 3 x 6 m (odl. pozioma/odl. pionowa),
  - rozstaw w układzie kwadratowym 3 x 3 m.
- liny stalowe
  - średnica 14 mm,
  - rodzaj 6x7-WSC (PN-EN 12385-2),
  - wytrzymałość stali 1770 MPa,
  - układ poziomo wzdłuż kotew skalnych.

3.3 Kurtyny siatkowe typu C

Kurtyny z funkcją przeciwerozyjną stosowane na zboczach, których powierzchnia wykazuje oznaki erozji powierzchniowej. Lokalnie wzmacniane linami stalowymi. Mocowane kotwami skalnymi.

W skład kurtyny typu C wchodzą:

- zbrojona mata przeciwerozyjna wykonana z włókien polimerowych w formie przestrzennej struktury trwale połączonej na etapie produkcji z podkładem z wysokowytrzymałego, elastycznego kompozytu siatkowego. Kompozyt wykonany jest z podwójnie zaplatanej sześciokątnej siatki stalowej typu 8x10, oraz wplecionych w siatkę na etapie produkcji lin stalowych w rozstawie co 30 cm. Drut stalowy stosowany do produkcji siatki podwójnie splatanej zabezpieczony jest przed korozją powłoką galmac (Zn-Al 5%) oraz dodatkową powłoką polimerową charakteryzującą się podwyższoną wytrzymałością na ścieranie (po 100.000 cykli badania wg PN-EN 60229:2008, powłoka nie ulega uszkodzeniom powodującym odsłonięcie drutu stalowego) i odpornością na działanie czynników korozyjnych (poddana działaniu obojętnej mgły solnej wg PN-EN ISO 9227:2012, po 6000 godzin ekspozycji nie wykazuje więcej niż 5% powierzchni ze śladami ciemnobrązowej rdzy).

  Parametry maty przeciwerozyjnej:

  - rodzaj polimeru polipropylen,
  - masa powierzchniowa 450 g/m^2 (PN-EN ISO 9864),
  - gęstość polimeru 900 kg/m^3,
  - odporność na UV stabilizowany,
  - temperatura topnienia 150° C,

  Parametry wytrzymałościowe zbrojenia maty przeciwerozyjnej:

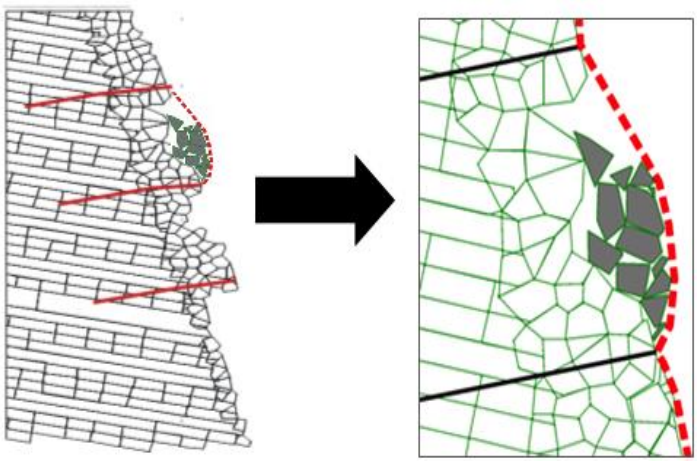
  - minimalna wytrzymałość na rozciąganie 110 kN/m (UNI 11437:2012),
  - minimalna wytrzymałość na przebicie 120 kN (UNI 11437:2012),
  - ugięcie poniżej 480 mm,
  - powłoka antykorozyjna Zn – Al. 5% 245 g/m^2 oraz dodatkowa powłoka polimerowa min 0,35 mm.
- kotwy skalne
  - rodzaj żerdzi: pełna,
  - średnica 25 mm,
  - klasa stali min. 500/550 MPa (granica plastyczności/wytrzymałości),
  - długość 3,0 m (średnio),
  - rozstaw w układzie romboidalnym 3 x 6 m (odl. pozioma/odl. pionowa),
  - rozstaw w układzie kwadratowym 3 x 3 m.
- liny stalowe
  - średnica 14 mm,
  - rodzaj 6x7-WSC (PN-EN 12385-2),
  - wytrzymałość stali 1770 MPa,
  - układ poziomo wzdłuż kotew skalnych.

4 ANALIZA OBLICZENIOWA

4.1 Współpraca kurtyny siatkowej z kotwami

Podejście obliczeniowe zakłada, że zabezpieczenia wymaga powierzchniowo zwietrzały masyw skalny (silnie spękany, o strukturze naruszonej w trakcie wybuchów) charakteryzujący się płytką niestatecznością oraz występującymi lokalnie obrywami skalnymi. Przyjęto, że grubość warstwy skał wynosi *s*, a kąt nachylenie β. Spośród licznych spękań przecinających powierzchnię masywu, najbardziej niekorzystne pochylone są pod kątem α. Działanie kotew i kurtyny siatkowej wyzwalane jest gdy:

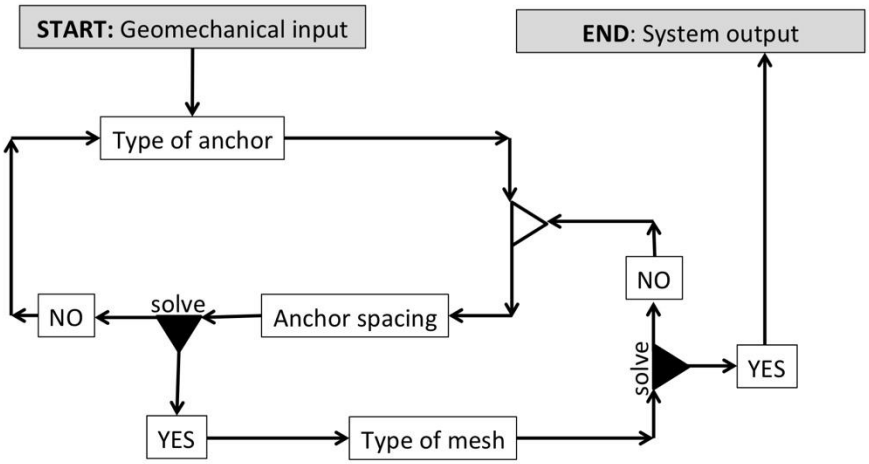
- zwietrzałe skały osuwają się po powierzchni nachylonej pod kątem β. Jest to przypadek globalnej niestateczności zwietrzałej powierzchni masywu skalnego. Obciążenie przejmują w takim przypadku kotwy skalne (rys 2a);
- przemieszczeniu ulega pojedynczy blok skalny, odrywający się od powierzchni masywu skalnego i przemieszczający się po powierzchni nachylonej pod kątem α. Jest to przypadek niestateczności lokalnej (rys. 2b).



a) b)

Rys. 2. Masyw skalny o silnie zwietrzałej powierzchni:
a) wzmocnienie za pomocą kotew, b) wzmocnienie za pomocą kurtyny siatkowej

Analizy obliczeniowe dotyczące kurtyn siatkowych i kotew skalnych prowadzone są wg schematu przedstawionego na rys. 3.



Rys. 3. Algorytm obliczeń kurtyn siatkowych i kotew skalnych

5 SIŁY DESTABILIZUJĄCE

Zakładając bierny charakter działania zabezpieczenia, przy obliczeniach kotew skalnych przyjmuje się, że zbocze skalne znajduje się w chwiejnym stanie równowagi (współczynnik bezpieczeństwa wynosi 1,0). W takim przypadku siła utrzymująca ma wartość równą sile przesuwającej.

siła utrzymująca = W sinβ

siła przesuwająca = W cosβ tanα

współczynnik bezpieczeństwa = siła utrzymująca / siła przesuwająca = 1,0

siła utrzymująca = siła przesuwająca -> W sinβ = W cosβ tanα (1)

gdzie:

β – kąt nachylenia powierzchni masywu skalnego, po której może dojść do poślizgu bloku skalnego,

φ – kąt tarcia na powierzchni poślizgu zgodnie z kryterium Bartona-Bandisa dla szczelin,

W – ciężar niestatecznej części masywu, wymagającej wzmocnienia

$W = i_x\, i_y\, s\, \gamma$

i_x, i_y – odległości między osiami kotew poziomych i pionowych,

s – grubość niestatecznej warstwy masywu skalnego,

γ - ciężar jednostkowy skały.

Po uwzględnieniu kryterium Bartona-Bandisa, Równanie (1) przyjmuje postać:

$$W (\sin\beta - c \cdot \sin\beta \tan\phi) + R_{stab} \geq W (\sin\beta + c \cdot \cos\beta) \qquad (2)$$

gdzie:

R_{stab} – siła utrzymująca od kotew skalnych,

c – współczynnik sejsmiczny,

φ – kąt tarcia na powierzchni spękań,

Zachowanie równowagi wymaga spełnienia nierówności

$$W (\sin\beta + c \cdot \cos\beta)\, \gamma_{DW} \leq W (\sin\beta - c \cdot \sin\beta \tan\phi) / \gamma_{RW} + R_{stab} \qquad (3)$$

gdzie:

$\gamma_{RW} = \gamma_{THI}\, \gamma_{WG}\, \gamma_{BH}$

γ_{THI} - wsp. uwzględniający niedokładność oceny grubości niestabilnej warstwy masywu skalnego (1,2 lub 1,3)

γ_{WG} - wsp. uwzględniający niedokładność wyznaczenia ciężaru masywu skalnego (1,0)

γ_{BH} - wsp. uwzględniający zachowanie się masywu skalnego (1,0 – 1,05)

$\gamma_{RW} = \gamma_M\, \gamma_O$

γ_M - wsp. uwzględniający morfologię masywu skalnego

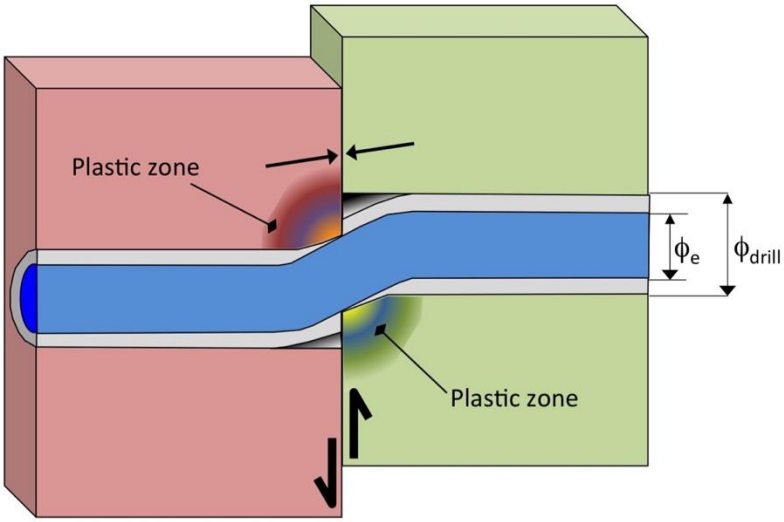
γ_O - wsp. uwzględniający trudne do określenia działanie sił zewnętrznych

Równanie (3) pozwala wyznaczyć wielkość siły w kotwie, która stabilizuje masyw skalny.

Obliczenia dla kurtyn siatkowych mocowanych kotwami skalnymi przeprowadzono z wykorzystaniem programu MACRO 1 – Officine Maccaferri S.p.A

6 WPŁYW KOTEW NA STATECZNOŚĆ MASYWU SKALNEGO

Kotwy skalne przecinające szczeliny między warstwami skał poddawane są działaniu zarówno sił ścinających jak i rozciągających (rys. 4)



Rys. 4. Kotwy poddane działaniu naprężenia ścinającego

Wytrzymałość żerdzi stalowych wzdłuż powierzchni poślizgu (F_y) wyznacza się z równania maksymalnej pracy[2].

$$F_y = \left[\frac{1+\frac{m^2}{16}}{1+\frac{m^2}{4}}\right]^{0.5} Ne \qquad (4)$$

gdzie:

Ne – wytrzymałość żerdzi stalowej na rozciąganie

$N_e = \pi / 4 ((\phi_e - 2\, t_c)^2 - \phi i^2)\, \sigma_A / \gamma_A$

σ_A – graniczne naprężenie rozciągające żerdzi stalowej,

γ_A – współczynnik zmniejszający wytrzymałość stali,

ϕ_e – zewnętrzna średnica żerdzi stalowej,

t_c – grubość warstwy skorodowanej,

ϕi – wewnętrzna średnica żerdzi stalowej

[2] Panet, M. 1995. Le Calcul des Tunnels par la Méthode Convergence Confinement. Paris: Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées.

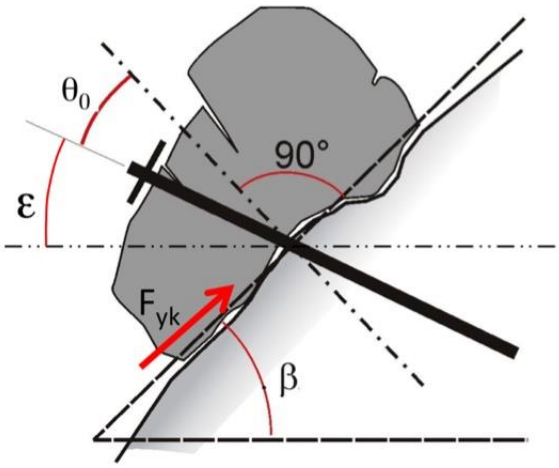
m = cotan ($\theta o + \delta$)

δ – szerokość szczeliny na powierzchni poślizgu,

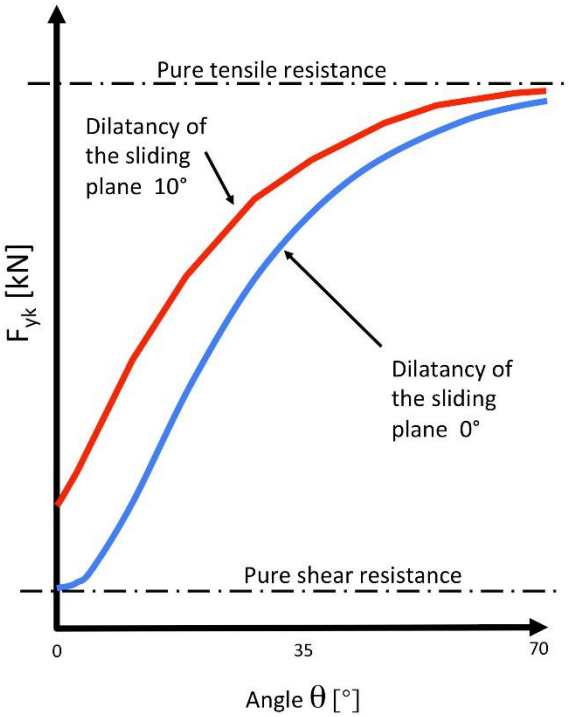
θ_0 – kąt pomiędzy osią żerdzi stalowej a normalną do płaszczyzny poślizgu.

$\varepsilon = 90° - \beta - \theta_0$

ε – kąt nachylenia osi żerdzi stalowej do poziomu



Rys. 5. Zakotwiony blok skalny



Rys. 6. Zależność wytrzymałości F_{yk} żerdzi od kąta jej nachylenia θ_0

Zgodnie z kryterium wytrzymałościowym Bartona – Bandisa[3], wartość δ wyznacza się ze wzoru:

$\delta \approx 1/3\ JRC \log (JCS/\sigma_n)$

gdzie:

$\sigma_n = s\ \gamma \cos \alpha$

α – nachylenie najbardziej niekorzystnej powierzchni poślizgu,

JRC – współczynnik szorstkości połączenia[4]

$$JRC_0 \cdot \left[\frac{L_g}{L_0}\right]^{(-0.02 \cdot JRC_0)}$$

JCS – jednoosiowa wytrzymałość połączenia na ściskanie

$$JCS_0 \cdot \left[\frac{L_g}{L_0}\right]^{(-0.03 \cdot JRC_0)}$$

JCS_0 – wytrzymałość połączenia na ściskanie w odniesieniu do próbki testowej

JRC_0 – szorstkość połączenia w odniesieniu do próbki testowej

L_0 – długość połączenia (0,1 m w przypadku braku dokładnych danych)

L_g – długość powierzchni ścięcia połączenia (pionowy rozstaw kotew).

6.1 Wytrzymałość kotew skalnych

Przyjmuje się, że kotwy spełniają wymagania odnośnie wytrzymałości jeżeli spełnione są poniższe warunki:

$$F_y - R_{stab} > 0 \quad \text{lub} \quad F_y / R_{stab} > 1{,}0$$

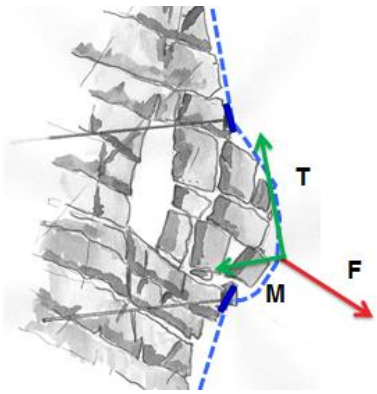
7 WYMIAROWANIE KURTYN SIATKOWYCH

Niektóre bloki skalne mogą zsunąć się pomiędzy kotwami, wzdłuż powierzchni nachylonej pod kątem α, mniejszym od kąta nachylenia zbocza β, i napierać na kurtynę siatkową. Maksymalny rozmiar bloku skalnego napierającego na kurtynę zależy od grubości warstwy s oraz pionowego rozstawu sąsiednich kotew iy. Siły działające na kurtynę siatkową przedstawiono na rys. 7:

---

[3] Singh B., Goel R.K. (1999) Rock mass Classification A practical approach in civil engineering - Elsevier ; Bell F.G. (2007). Engineering Geology – Elsevier BH, strona 69

[4] Barton N. (1992): Scale effects or sampling bias? Proc. Int. Workshop Scale Effects in Rock Masses, Balkema Publ., Rotterdam, str. 37–38



Rys. 7. Siły działające na kurtynę siatkową

F – siła naporu bloku skalnego zsuwającego się wzdłuż powierzchni nachylonej pod kątem α,

T – siła działająca w płaszczyźnie kurtyny siatkowej wywołana naporem bloku skalnego.

M – siła przebijająca wywołana prostopadłym uderzeniem bloku skalnego w kurtynę, powstała z uwagi na ograniczenie bocznych odkształceń kurtyny siatkowej na skutek oddziaływania kotew oraz sąsiednich kurtyn.

Warunek nośności kurtyny siatkowej jest spełniony, jeżeli

$$T_{adm} - T \geq 0$$

gdzie:

T_{adm} – dopuszczalne naprężenie rozciągające w kurtynie siatkowej

$$T_{adm} = T_m / \gamma_{MH}$$

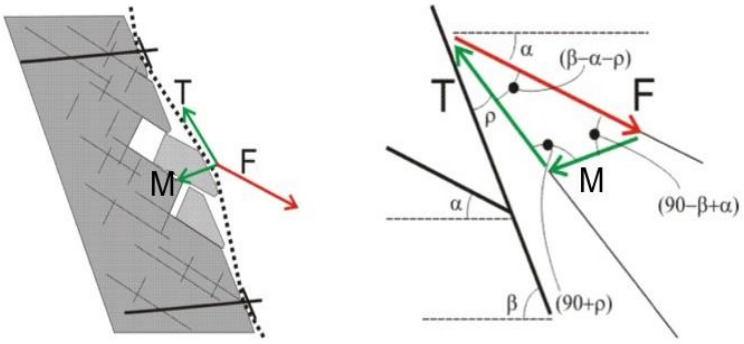
gdzie:

T_m – wytrzymałość na rozciąganie kurtyny siatkowej

γ_{MH} – współczynnik bezpieczeństwa zmniejszający wytrzymałość na rozciąganie kurtyny siatkowej.

Siła T działająca w płaszczyźnie kurtyny zależy od siły przebijającej M (rys. 8), którą można wyznaczyć z równania (5):

$$M = F \sin(\beta - \alpha)\, i_x = (M_{bdrv} - M_{bstb}) \sin(\beta - \alpha)\, i_x \qquad (5)$$



Rys. 8. Schemat sił działających na kurtynę siatkową

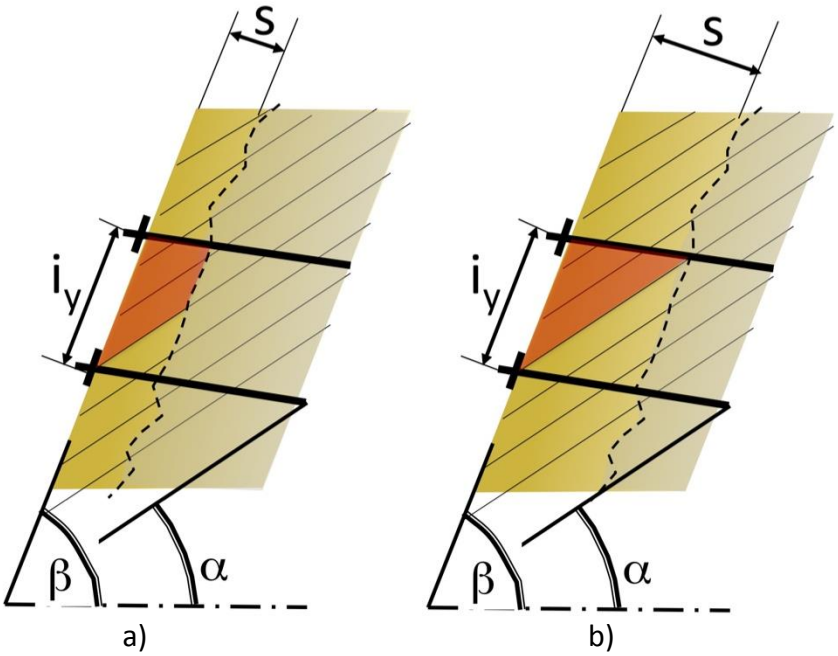
gdzie:

$M_{bdrv} = M_b (\sin \alpha + c \cos \alpha) \gamma_{DW}$ - siły przesuwające

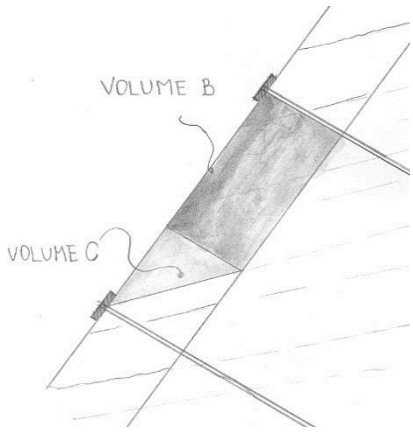
$M_{bstb} = (M_b \sin \alpha (1- c)) \gamma_{RW}$ - siły utrzymujące

$M_b = V \gamma$ - ciężar niestatecznego bloku skalnego

V – maksymalna objętość niestatecznego masywu skalnego pomiędzy kotwami skalnymi.



Rys. 9. Możliwe kształty bloków skalnych przemieszczających się między kotwami
a) trapezowy, b) trójkątny



Rys. 10. Wyznaczenie objętości masywu skalnego pomiędzy kotwami

W celu przeprowadzenia obliczeń w programie MACRO 1 Officine Maccaferri S.p.A przyjęto następujące założenia (rys. 10) dotyczące warunków brzegowych:

góra: głowica kotwy (dla uproszczenia przyjmuje się kotwy prostopadłe do powierzchni poślizgu),

dół: powierzchnia poślizgu pochylona pod kątem α przecina powierzchnię skał w miejscu montażu głowicy dolnej kotwy,

bok: powierzchnia poślizgu pochylona pod kątem β.

7.1 Ugięcie kurtyny siatkowej na skutek działania siły przebijającej

W obliczeniach MACRO 1 Officine Maccaferri S.p.A przyjmuje się, że siła przebijająca działająca na kurtynę siatkową może być w każdym przypadku większa od ciężaru bloku skalnego zlokalizowanego pomiędzy kotwami. Przy takim założeniu sprawdza się następujące warunek:

$$M/i_x /\sin(\beta-\alpha-\rho_p) < M_b \sin\beta \qquad (6)$$

jeżeli jest spełniony to

$$T = M / i_x / \sin(\beta-\alpha-\rho_p)$$

w przeciwnym przypadku

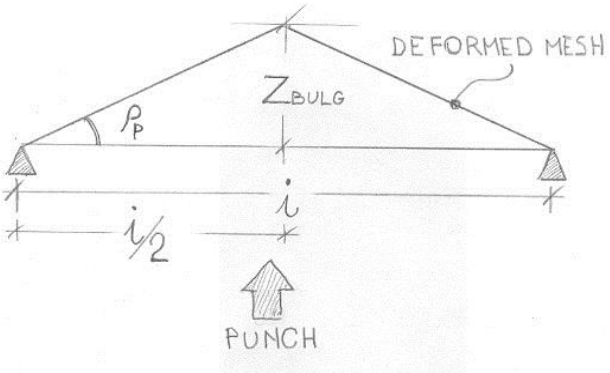
$$T = M_b \sin\beta$$

gdzie:

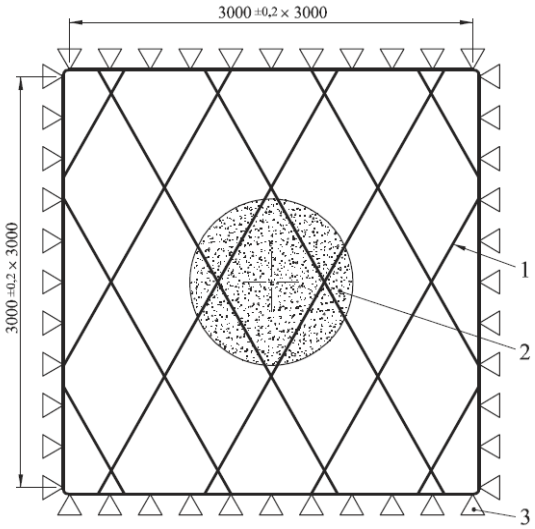
Z_{bulg} - przemieszczenie na skutek działania siły przebijającej M,

$\rho_p = \arctan(2\, Z_{bulg} / i)$ - kąt ugięcia kurtyny siatkowej,

$i = (i_x * i_y)\ 0{,}5$ - średni rozstaw kotew skalnych.



Rys. 11. Schemat obciążenia kurtyny siła przebijającą



Rys. 12. Schemat stanowiska do badania na przebicie zgodnie z normą UNI 11437:2012
1. badana kurtyna siatkowa, 2. trzpień przebijający (Φ=1,0 m), 3. mocowanie do ramy

Po osiągnięciu maksymalnego przemieszczenia Z_{bulg}, rozpoczyna się proces przerwania kurtyny siatkowej. Wielkość ugięcia Z_{bulg} jest bezpośrednio związana z powierzchnią badanej próbki i rośnie wraz z wielkością próbki co jest związane z efektem skali. Ogólną zasadę efektu skali opisują poniższe zależności

$$x = x_0 \, \mu_x$$

$$y = y_0 \, \mu_y$$

gdzie:

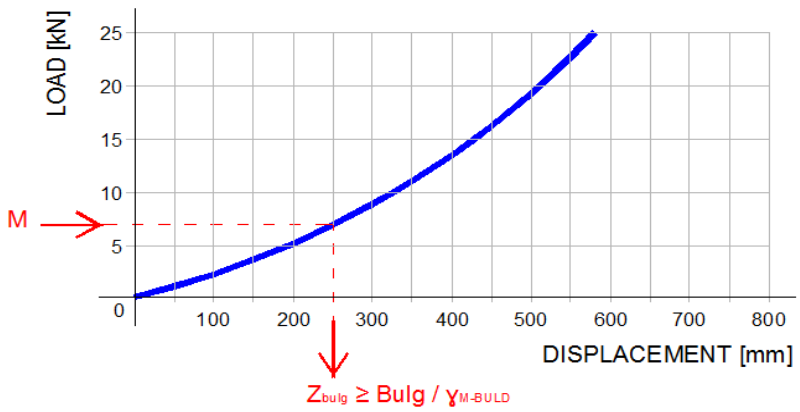
(x, y) – ogólne współrzędne skalowanego obiektu

(x_0, y_0) – ogólne współrzędne obiektu bazowego

(μ_x, μ_y) – współczynniki skali

Dla krzywych obciążenie-przemieszczenie wyznaczonych zgodnie z normą UNI 11437 (dla próbki o wymiarach 3,0 x 3,0 m), wymiarem referencyjnym dla wyznaczenia współczynnika skali jest wielkość 3,0 m (rys. 12).

Program MACRO 1 Officine Maccaferri S.p.A. automatycznie modyfikuje zależności krzywych obciążenie-przemieszczenie uwzględniając współczynnik skali.



Rys. 13. Przykładowe krzywe obciążenie-przemieszczenie stosowane do obliczeń kurtyn siatkowych w Stanie Granicznym Użytkowalności

7.2 Wymiarowanie kurtyn siatkowych w SGU

W stanie granicznym użytkowalności konieczne jest określenie następujących czynników:

- częstotliwość czynności konserwacyjnych,
- ryzyko odsłonięcia żerdzi kotwy na skutek wykruszenia się zwietrzałej skały,
- ryzyko uszkodzenia infrastruktury na skutek nadmiernych przemieszczeń.

Warunek SGU jest spełniony jeżeli:

$$B_{ulg} - Z_{bulg} \geq 0$$

gdzie:

$B_{ulg} = D_{mbulg} / \gamma_{mbulg}$ – dopuszczalne przemieszczenie,

D_{mbulg} – maksymalne projektowane przemieszczenie,

γ_{mbulg} – współczynnik bezpieczeństwa,

Z_{bulg} – odkształcenie powierzchni kurtyny siatkowej na podstawie badań na przebicie wykonanych przez Officine Maccaferri S.p.A. (rys. 13).

8 WZMOCNIENIE POJEDYNCZYCH BLOKÓW SKALNYCH

Pojedyncze duże bloki skalne znajdujące się w wyznaczonych strefach wymagają zabezpieczenia za pomocą kotew skalnych. Obliczenia kotew przeprowadzono zgodnie z procedurą opisaną powyżej. Zakładając użycie kotew wykorzystywanych do mocowania kurtyn siatkowych (stal 500/550 MPa, średnica żerdzi 25 mm, układ prostokątny 3,0 x 3,0 m, grubość zwietrzałego masywu skalnego 0,5 m) na pionowej ścianie skalnej każda kotwa pozwala zabezpieczyć blok skalny o objętości 4,5 m^3.

Przykładowo, jeżeli zabezpieczenia wymaga blok skalny o objętości 6 m^3, potrzebna liczba kotew wynosi 2.

$6\ m^3 / 4{,}5\ m^3 = 1{,}33 \Rightarrow 2$

Obliczenia takie wykonuje się przy założeniu, że wzmacniany blok skalny jest monolityczny. Założenie to należy zweryfikować na miejscu budowy, sprawdzając czy w bloku nie występują spękania I szczeliny.

9 WSPÓŁCZYNNIKI BEZPIECZEŃSTWA STOSOWANE W OBLICZNENIACH

Obliczenia dla stanów granicznych wykonano zgodnie z normą PN-EN 1997-1:2008 – Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne stosując współczynniki częściowe wg podejścia 2 (tab.1).

$$R = (\tau / M) / (\tau_D / A)$$

gdzie

M – współczynnik redukujący wytrzymałość,

A – współczynnik zwiększający obciążenie,

τ_D – naprężenie ścinające na powierzchni poślizgu,

τ – wytrzymałość zbocza na ścinanie.

Tablica 1. Wartości częściowych współczynników bezpieczeństwa wg EC7

Współczynnik bezpieczeństwa	EC 7	kotwy Static - Seismic	stateczność Static - Seismic
A	A1	1,35 – 1,00	1,35 – 1,00
M	M1	1,00 – 1,00	1,00 – 1,00
R	R2	1,10 – 1,10	1,10 – 1,10

W przypadku zabezpieczeń składających się z kilku elementów (kotwione kurtyny siatkowe) wytrzymałość zależy w dużej mierze od obciążeń oraz ukształtowania zabezpieczanej powierzchni skalnej. Najsłabszym elementem układu jest kurtyna siatkowa, która może być poddana działaniu obciążeń trudnych do przewidzenia. Projektowanie kotew jest dość dokładnie opisane w literaturze fachowej, a przez to prostsze w realizacji. Z tego powodu obciążenia działające na kurtyny siatkowe należy przyjmować z odpowiednio wysokim współczynnikiem bezpieczeństwa. Dla analizowanego przypadku ustalono wartość współczynnika bezpieczeństwa równą 6,0.

Tablica 2. Współczynniki bezpieczeństwa stosowane w programie MACRO 1 Officine Maccaferri S.p.A.

Współczynnik bezpieczeństwa	EC 7	kotwy Seismic	stateczność Seismic
A	A1	1,16 obciążenia 1,35 kotwy 6,00 kurtyny	1,16
M	M1	1,15	1,15
R	R2	> 2,0	> 1,13

10 WNIOSKI

Wyniki obliczeń (załącznik) wskazują, że kurtyny siatkowe mocowane kotwami skalnymi w układzie prostokątnym 3,0 x 3,0 m (1 kotwa na 9 m^2) stanowią efektywne zabezpieczenie masywu skalnego, którego powierzchnie pionowe wykazują oznaki zwietrzenia do głębokości 0,5 m, a powierzchnie nachylone do głębokości 0,7 m.

W miejscach występowania pojedynczych bloków skalnych wykazujących objawy niestateczności, które nie mogą być wzmocnione kotwami lub usunięte na etapie wstępnego oczyszczania powierzchni masywu skalnego, konieczne jest wzmocnienie kurtyn siatkowych poprzez zamocowanie poziomych lin stalowych, połączonych z kotwami skalnymi.

Teoretyczna długość kotew skalnych montowanych w masywie skalnym może wynosić 1,5 m, a na powierzchniach mocno zerodowanych 2,0 m. Ze względu na silne zaburzenie wgłębne masywu skalnego, związane z pozyskiwaniem kruszywa w trakcie eksploatacji kamieniołomu, konieczne jest przyjęcie minimalnej długości kotew skalnych równej 3,0 m.

Ze względu na intensywność oddziaływania czynników korozyjnych przyjęto zastosowanie materiałów zabezpieczonych powłoką galmac (cynkowo aluminiową) oraz dodatkową powłoką polimerową o podwyższonej wytrzymałości na ścieranie i korozję.

Zabezpieczenie dużych bloków skalnych, które nie mogą być usunięte należy wykonać za pomocą odpowiednio dobranych kotew skalnych. Obliczenia kotew należy wykonać oddzielnie dla każdego bloku skalnego, uwzględniając jego wymiary oraz kinematyczny charakter niestateczności. W przypadku braku dostatecznych danych należy kierować się zasadą, że kotwa skalna ze stali o wytrzymałości minimalnej 500/550 MPa, o średnicy żerdzi 25 mm może stanowić zabezpieczenie bloku skalnego o maksymalnej objętości 4,5 m^3.

Załącznik I2.3.3B

Wyniki obliczeń kurtyn siatkowych programem MacRo1 Officine Maccaferri S.p.A.

Kurtyny siatkowe typu A i B

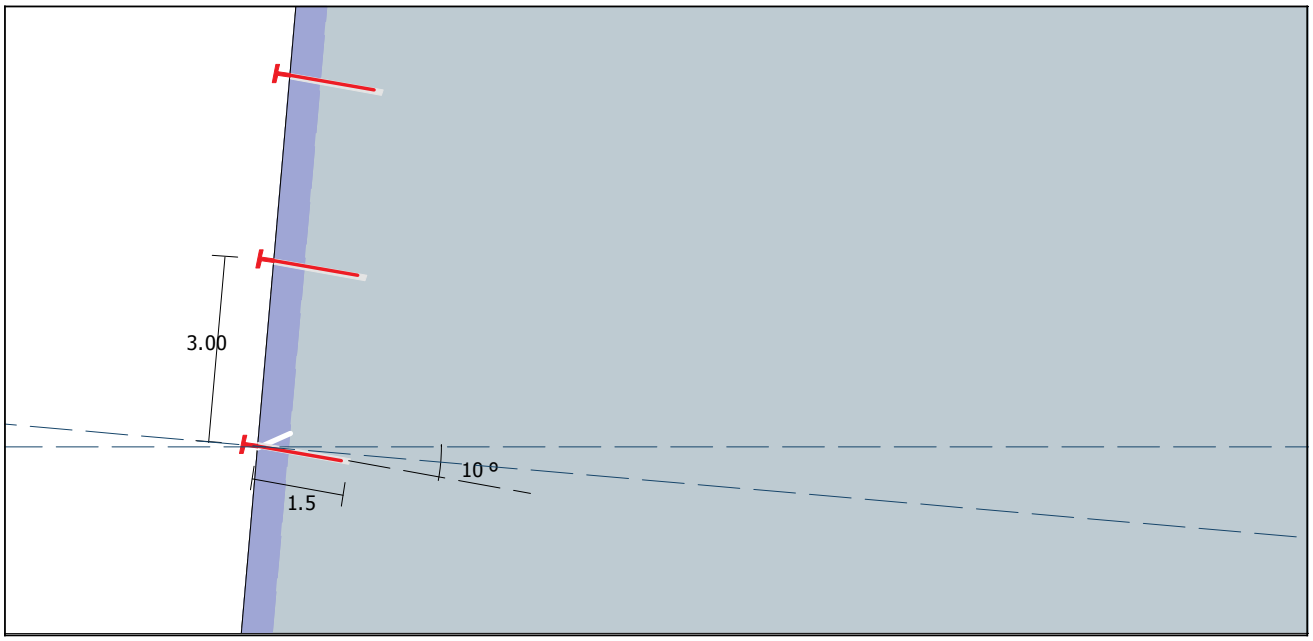
do stabilizacji zboczy skalnych wykazujących oznaki zwietrzenia do głębokości 0,5 m
mocowane kotwami skalnymi w rozstawie 3 x 3 m

Project Information

Title:
Number:
Client:
Designer:

Description:

Input Data



Rock Slope

Inclination of the slope [º]	85
Thickness of the surficial instability [m]	0.50
Density of the rock [kN/m³]	27.00
Assumed plasticization between rock and anchor [m]	0.10

Most critical set of joints

Dip of the set of joints [º]	25
Compressive strength of the critical joint [MPa]	40.00
Roughness Coefficient of the critical joint	10.00

Seismicity

Horizontal seismic coefficient	0.00
Vertical seismic coefficient	0.00

External Loads

External load applied on the anchor [kN]	0.00
Inclinação da força externa	90.00

Anchor Bar

Geometry

Horizontal spacing between the anchors [m]	3.00
Vertical spacing between the anchors [m]	3.00
Inclination of bar to the horizontal [º]	10

Anchor Type

Anchor type	**Fully threaded steel bars 500/ 550**
Innner diameter of the anchor bar [mm]	0
External diameter of the anchorbar [mm]	25
Thickness of the crow of corrosion [mm]	2.00
Yield tensile stress of the anchor [MPa]	500.00
Bond stress between grout and rock [MPa]	0.35

Mesh

Mesh type	**Steelgrid HR 30 PVC**
Nominal tensile resistance in lab test [kN/m]	118.00
Maximum design displacement [m]	0.425

MACRO Studio | | Copyright® Maccaferri 2016-2018 | v 3.0.2.7 | 2018.06.13 | Notice: Maccaferri is not responsible for the drawings and the calculations transmited, since they should be intended as general design outlines and advice, aiming only to the best use of the produts.

Results / Check

Sliding of the surficial zone

FOS R	1.40	
Anchor working rate	45.37	%

Mesh Analisys

	Tensile Stress	Punching	
FOS R	1.35	1.22	
Working rate	73.90	82.18	%

Sliding of the surficial zone

Sum of the stabilizing forces, design value [kN]	203.55
Sum of the driving forces, design value [kN]	145.25
Factor of resistance	1.40

Anchor

Sum of the driving forces, design value [kN]	48.42
Capacity of the anchor, design value [kN]	106.72
Anchor working rate	45.37

Bar design

Angle between anchor axis and horizontal [°]	-5.00
Yield stress, design value [MPa]	434.78
Effective area of the anchor bar [mm²]	490.87
Sliding plane stabilizing forces - per anchorage [kN]	106.72
Nominal diameter of drilling [mm]	32.00
Pullout force related to the mesh [A] [kN]	15.89
Pullout force related to the sliding of the surficial zone [B] [kN]	4.22
Maximum pullout force (greater between A and B) [kN]	15.89
Length of the anchor in the stable zone [m]	0.74
Length of the anchor in the unstable zone [m]	0.60
Minimum lenght of the anchor [m]	1.50

Mesh

Tensile Stress

Tensile resistance of the mesh, design value [kN/m]	47.20
Tensile stress acting on the mesh, design value [kN/m]	34.88
Factor of resistance of the mesh	1.35

Punching

Punch resistance of the mesh, design value [kN]	20.44
Punch force acting on the mesh [kN]	16.80
Factor of resistance for the deflection of the mesh	1.22

Mesh design

Rock volume that can slide among the anchors [m³]	4.25
Rock weight that can slide among anchors [kN]	114.77
Sum of acting on the sliding plane, design value [kN]	58.20
Sum of resistances on the sliding plane, design value [kN]	38.80
Punch force acting on the mesh [kN]	16.80
Maximum displacement before maintenance [m]	0.483

Safety Coefficients

Safety coefficient to reduce stabilizing forces	1.25
Safety coefficient to increase the driving forces	1.20

Mesh

Coefficient applied on the tensile resistance of the mesh	2.50
Coefficient applied on the mesh deflection	1.30

Anchor type

Coefficient applied on the yield stress of the bar	1.15
Coefficient applied on bond stress	1.80

MACRO Studio | | Copyright® Maccaferri 2016-2018 | v 3.0.2.7 | 2018.06.13 | Notice: Maccaferri is not responsible for the drawings and the calculations transmited, since they should be intended as general design outlines and advice, aiming only to the best use of the produts.

Kurtyny siatkowe typu C

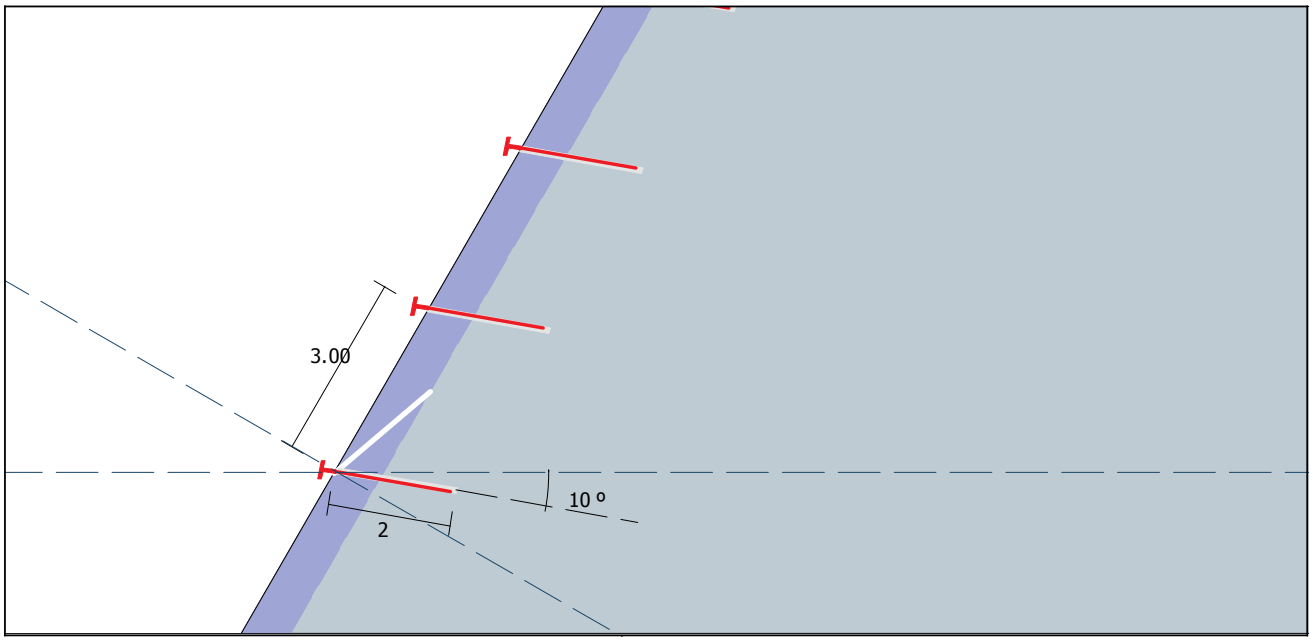
do stabilizacji zboczy skalnych wykazujących oznaki erozji powierzchniowej
mocowane kotwami skalnymi w rozstawie 3 x 3 m
lokalnie wzmacniane linami stalowymi

Project Information

Title:
Number:
Client:
Designer:

Description:

Input Data



Rock Slope

Inclination of the slope [º]	60
Thickness of the surficial instability [m]	0.70
Density of the rock [kN/m³]	22.00
Assumed plasticization between rock and anchor [m]	0.15

Most critical set of joints

Dip of the set of joints [º]	40
Compressive strength of the critical joint [MPa]	40.00
Roughness Coefficient of the critical joint	10.00

Seismicity

Horizontal seismic coefficient	0.00
Vertical seismic coefficient	0.00

External Loads

External load applied on the anchor [kN]	0.00
Inclinação da força externa	90.00

Anchor Bar

Geometry

Horizontal spacing between the anchors [m]	3.00
Vertical spacing between the anchors [m]	3.00
Inclination of bar to the horizontal [º]	10

Anchor Type

Anchor type	**Fully threaded steel bars 500/ 550**
Innner diameter of the anchor bar [mm]	0
External diameter of the anchorbar [mm]	25
Thickness of the crow of corrosion [mm]	2.00
Yield tensile stress of the anchor [MPa]	500.00
Bond stress between grout and rock [MPa]	0.35

Mesh

Mesh type	**Steelgrid HR 30 PVC**
Nominal tensile resistance in lab test [kN/m]	118.00
Maximum design displacement [m]	0.425

Results / Check

Sliding of the surficial zone

FOS R	1.82	
Anchor working rate	28.98	%

Mesh Analisys

	Tensile Stress	Punching	
FOS R	2.13	2.32	
Working rate	46.98	43.04	%

Sliding of the surficial zone

Sum of the stabilizing forces, design value [kN]	261.68
Sum of the driving forces, design value [kN]	144.04
Factor of resistance	1.82

Anchor

Sum of the driving forces, design value [kN]	48.01
Capacity of the anchor, design value [kN]	165.66
Anchor working rate	28.98

Bar design

Angle between anchor axis and horizontal [°]	20.00
Yield stress, design value [MPa]	434.78
Effective area of the anchor bar [mm²]	490.87
Sliding plane stabilizing forces - per anchorage [kN]	165.66
Nominal diameter of drilling [mm]	32.00
Pullout force related to the mesh [A] [kN]	16.54
Pullout force related to the sliding of the surficial zone [B] [kN]	16.42
Maximum pullout force (greater between A and B) [kN]	16.54
Length of the anchor in the stable zone [m]	0.77
Length of the anchor in the unstable zone [m]	0.89
Minimum lenght of the anchor [m]	2.00

Mesh

Tensile Stress

Tensile resistance of the mesh, design value [kN/m]	47.20
Tensile stress acting on the mesh, design value [kN/m]	22.17
Factor of resistance of the mesh	2.13

Punching

Punch resistance of the mesh, design value [kN]	20.44
Punch force acting on the mesh [kN]	8.80
Factor of resistance for the deflection of the mesh	2.32

Mesh design

Rock volume that can slide among the anchors [m³]	4.55
Rock weight that can slide among anchors [kN]	100.06
Sum of acting on the sliding plane, design value [kN]	77.18
Sum of resistances on the sliding plane, design value [kN]	51.45
Punch force acting on the mesh [kN]	8.80
Maximum displacement before maintenance [m]	0.385

Safety Coefficients

Safety coefficient to reduce stabilizing forces	1.25
Safety coefficient to increase the driving forces	1.20

Mesh

Coefficient applied on the tensile resistance of the mesh	2.50
Coefficient applied on the mesh deflection	1.30

Anchor type

Coefficient applied on the yield stress of the bar	1.15
Coefficient applied on bond stress	1.80

MACRO Studio | | Copyright® Maccaferri 2016-2018 | v 3.0.2.7 | 2018.06.13 | Notice: Maccaferri is not responsible for the drawings and the calculations transmited, since they should be intended as general design outlines and advice, aiming only to the best use of the produts.