



# UNIVERSAL ROBOTS

## Podręcznik PolyScope



**Wersja 3.0 (rev. 15965)**

Tłumaczenie oryginalnych instrukcji (pl)

Informacje przedstawione w niniejszym dokumencie stanowią własność firmy Universal Robots A/S i nie mogą być powielane ani w całości, ani w części bez uprzedniej pisemnej zgody firmy Universal Robots A/S. Niniejsze informacje mogą ulec zmianie bez uprzedzenia i nie stanowią zobowiązania firmy Universal Robots A/S. Ten podręcznik jest okresowo weryfikowany i aktualizowany.

Firma Universal Robots A/S nie ponosi odpowiedzialności za błędy i braki w tym dokumencie.

Copyright © 2009-2014, Universal Robots A/S

Logo Universal Robots jest zastrzeżonym znakiem towarowym firmy Universal Robots A/S.

# Spis treści

<b>II Podręcznik PolyScope</b>	<b>II-1</b>
<b>9 Wprowadzenie</b>	<b>II-3</b>
9.1 Pierwsze kroki . . . . .	II-3
9.1.1 Instalacja ramienia robota i skrzynki sterowniczej . . . . .	II-3
9.1.2 Włączanie i wyłączanie skrzynki sterowniczej . . . . .	II-4
9.1.3 Włączanie i wyłączanie ramienia robota . . . . .	II-4
9.1.4 Szybki start . . . . .	II-4
9.1.5 Pierwszy program . . . . .	II-5
9.2 Interfejs programistyczny PolyScope . . . . .	II-6
9.3 Ekran powitalny . . . . .	II-8
9.4 Ekran inicjowania . . . . .	II-9
<b>10 Edytory ekranowe</b>	<b>II-13</b>
10.1 Ekranowa klawiatura numeryczna . . . . .	II-13
10.2 Klawiatura ekranowa . . . . .	II-14
10.3 Ekranowy edytor wyrażeń . . . . .	II-14
10.4 Ekran edytora postawy . . . . .	II-15
<b>11 Sterowanie robotem</b>	<b>II-19</b>
11.1 Karta Ruch . . . . .	II-19
11.1.1 Robot . . . . .	II-19
11.1.2 Pozycja narzędzia i funkcji . . . . .	II-20
11.1.3 Porusz narzędzie . . . . .	II-20
11.1.4 Porusz przeguby . . . . .	II-20
11.1.5 Ucz. . . . .	II-20
11.2 Karta we/wy . . . . .	II-21
11.3 We/wy klienta MODBUS . . . . .	II-22
11.4 Karta Ruch automatyczny . . . . .	II-23
11.5 Instalacja → Załaduj/zapisz . . . . .	II-24
11.6 Instalacja → Konfiguracja punktu centralnego narzędzia (TCP). . . . .	II-25
11.7 Instalacja → Mocowanie . . . . .	II-26
11.8 Instalacja → Konfiguracja we/wy . . . . .	II-27
11.9 Instalacja → Bezpieczeństwo . . . . .	II-27
11.10 Instalacja → Zmienne . . . . .	II-28
11.11 Instalacja → Konfiguracja we/wy klienta MODBUS. . . . .	II-29
11.12 Instalacja → Funkcje . . . . .	II-32
11.13 Instalacja → Program domyślny . . . . .	II-36
11.13.1 Ładowanie programu domyślnego . . . . .	II-36
11.13.2 Uruchamianie programu domyślnego . . . . .	II-36
11.13.3 Automatyczne inicjowanie . . . . .	II-37

11.14	Karta rejestru . . . . .	II-37
11.15	Ekran ładowania . . . . .	II-38
11.16	Karta uruchomienia . . . . .	II-40
<b>12</b>	<b>Programowanie</b>	<b>II-43</b>
12.1	Nowy program . . . . .	II-43
12.2	Karta Program . . . . .	II-44
12.3	Zmienne . . . . .	II-45
12.4	Polecenie: Puste . . . . .	II-46
12.5	Polecenie: Ruch . . . . .	II-47
12.6	Polecenie: Ustalony punkt orientacyjny . . . . .	II-49
12.7	Ustawianie punktu orientacyjnego . . . . .	II-50
12.8	Polecenie: Względny punkt orientacyjny . . . . .	II-52
12.9	Polecenie: Zmienny punkt orientacyjny . . . . .	II-53
12.10	Polecenie: Czekaj . . . . .	II-54
12.11	Polecenie: Ustaw . . . . .	II-54
12.12	Polecenie: Wyskakujące okno . . . . .	II-55
12.13	Polecenie: Zatrzymaj . . . . .	II-56
12.14	Polecenie: Komentarz . . . . .	II-56
12.15	Polecenie: Folder . . . . .	II-57
12.16	Polecenie: Pętla . . . . .	II-58
12.17	Polecenie: PodProgram . . . . .	II-59
12.18	Polecenie: Przypisanie . . . . .	II-60
12.19	Polecenie: Instrukcja warunkowa if . . . . .	II-61
12.20	Polecenie: Skrypt . . . . .	II-62
12.21	Polecenie: Zdarzenie . . . . .	II-63
12.22	Polecenie: Wątek . . . . .	II-64
12.23	Polecenie: Wzór . . . . .	II-65
12.24	Polecenie: Siła . . . . .	II-66
12.25	Polecenie: Paleta. . . . .	II-69
12.26	Polecenie: Wyszukaj . . . . .	II-70
12.27	Polecenie: Zablokuj. . . . .	II-74
12.28	Karta Urządzenie graficzne. . . . .	II-74
12.29	Karta struktury . . . . .	II-75
12.30	Karta zmiennych . . . . .	II-76
12.31	Polecenie: Inicjalizacja zmiennych . . . . .	II-77
<b>13</b>	<b>Ekran konfiguracji</b>	<b>II-79</b>
13.1	Jezyk i jednostki . . . . .	II-80
13.2	Aktualizacja robota. . . . .	II-81
13.3	Ustawienie hasła . . . . .	II-82
13.4	Kalibracja ekranu . . . . .	II-83
13.5	Skonfiguruj sieć . . . . .	II-84
13.6	Ustaw godzinę . . . . .	II-84

<b>14 Konfiguracja bezpieczeństwa</b>	<b>II-87</b>
14.1 Zmiana konfiguracji bezpieczeństwa . . . . .	II-88
14.2 Błędy i synchronizacja bezpieczeństwa . . . . .	II-89
14.3 Tolerancje . . . . .	II-90
14.4 Suma kontrolna bezpieczeństwa . . . . .	II-90
14.5 Tryby bezpieczeństwa. . . . .	II-90
14.6 Tryb uczenia . . . . .	II-91
14.7 Blokada hasłem . . . . .	II-91
14.8 Zastosowanie. . . . .	II-92
14.9 Limity ogólne. . . . .	II-92
14.10 Limity przegubów . . . . .	II-95
14.11 Granice . . . . .	II-96
14.11.1 Wybór granicy do skonfigurowania . . . . .	II-97
14.11.2 Wizualizacja 3D . . . . .	II-98
14.11.3 Konfiguracja płaszczyzny bezpieczeństwa . . . . .	II-98
14.11.4 Konfiguracja granicy narzędzia . . . . .	II-102
14.12 We/wy bezpieczeństwa . . . . .	II-104



**Część II**

**Podręcznik PolyScope**



# 9 Wprowadzenie

Ramię robota Universal Robots składa się z przegubów i rur z wytłaczanego aluminium. Przeguby oraz ich przyjęte nazwy są pokazane na rysunku 9.1. *Podstawa* to miejsce zamocowania robota, a narzędzie robota jest przyłączane na drugim końcu (*Nadgarstek 3*). Poprzez koordynowanie ruchu każdego z przegubów robot może swobodnie przesunąć swoje narzędzie za wyjątkiem obszaru bezpośrednio nad i pod podstawą. Zasięg robota wynosi 800 mm od środka podstawy.

PolyScope to graficzny interfejs użytkownika (GUI), który pozwala użytkownikowi na obsługę ramienia robota i skrzynki sterowniczej, wykonywanie programów robota i łatwe tworzenie nowych.

Poniższa sekcja zawiera wprowadzenie do pracy z robotem. Dalej znajdują się bardziej szczegółowe opisy ekranów i funkcji PolyScope.

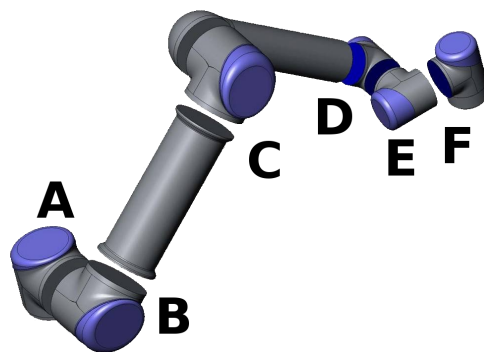
## 9.1 Pierwsze kroki

Zanim możliwe będzie używanie PolyScope, konieczne jest zainstalowanie ramienia robota i skrzynki sterowniczej oraz włączenie skrzynki.

### 9.1.1 Instalacja ramienia robota i skrzynki sterowniczej

Aby zainstalować ramię robota i skrzynkę sterowniczą, należy wykonać procedurę:

1. Rozpakuj ramię robota oraz skrzynkę sterowniczą.
2. Zamontuj ramię robota na solidnej powierzchni, na której nie występują wibracje.
3. Umieść skrzynkę sterowniczą na jej podstawie.
4. Podłącz kabel robota do robota oraz do skrzynki sterowniczej.



Rysunek 9.1: Przeguby robota. A: *Podstawa*, B: *Bark*, C: *Łokieć* i D, E, F: *Nadgarstek 1, 2, 3*

5. Podłącz wtyczkę zasilania sieciowego skrzynki sterowniczej.



**OSTRZEŻENIE:**

Zagrożenie przewróceniem. Jeśli robot nie będzie bezpiecznie zamocowany do wytrzymałej powierzchni, może się przewrócić i spowodować obrażenia.

Szczegółowe instrukcje instalacji zawiera Podręcznik instalacji sprzętu. Należy pamiętać, że zanim ramię robota wykona jakiegokolwiek zadanie konieczne jest przeprowadzenie oceny ryzyka.

### 9.1.2 Włączanie i wyłączanie skrzynki sterowniczej

Skrzynkę sterowniczą włącza się przez naciśnięcie przycisku zasilania z przedniej strony panelu z ekranem dotykowym. Ten panel jest zwykle nazywany *sterownikiem uczenia*. Kiedy skrzynka sterownicza zostaje włączona, na ekranie dotykowym pojawi się tekst z pracującego systemu operacyjnego. Po około jednej minucie na ekranie pojawi się kilka przycisków, a okno wyskakujące przeprowadza użytkownika do ekranu inicjowania (zob. 9.4).

Skrzynkę sterowniczą można wyłączyć przez naciśnięcie zielonego przycisku zasilania na ekranie lub za pomocą przycisku Wyłącz na ekranie powitalnym (zob. 9.3).



**OSTRZEŻENIE:**

Wyłączanie przez wyjęcie wtyczki z gniazdka ściennego może spowodować uszkodzenie systemu plików robota, co może doprowadzić do usterki robota.

### 9.1.3 Włączanie i wyłączanie ramienia robota

Ramię robota można włączyć, jeśli skrzynka sterownicza jest włączona i jeśli nie jest włączony żaden z przycisków zatrzymania awaryjnego. Włączanie ramienia robota odbywa się na ekranie inicjowania (zob. 9.4) przez dotknięcie przycisku Wł. na ekranie, a następnie naciśnięcie przycisku Start. Podczas uruchamiania robota wydaje on dźwięk i nieznacznie się porusza w chwili zwolnienia hamulców.

Zasilanie ramienia robota można wyłączyć przez dotknięcie przycisku Wył. na ekranie inicjowania. Zasilanie ramienia robota jest także wyłączane automatycznie w chwili wyłączenia skrzynki sterowniczej.

### 9.1.4 Szybki start

Aby szybko uruchomić robota po jego zainstalowaniu, należy wykonać czynności:

1. Naciśnij przycisk zatrzymania awaryjnego z przodu sterownika uczenia.
2. Naciśnij przycisk zasilania na sterowniku uczenia.
3. Poczekaj minutę na rozruch systemu, podczas którego na ekranie dotykowym będzie wyświetlany tekst.

4. Kiedy system będzie gotowy, na ekranie dotykowym wyświetlone zostanie okno wyskakujące z informacją, że robot wymaga inicjowania.
5. Dotknij przycisk w wyskakującym oknie dialogowym. Nastąpi przejście do ekranu inicjowania.
6. Czekaj na dialog Potwierdzenie zastosowanej konfiguracji bezpieczeństwa i naciśnij przycisk Potwierdź konfigurację bezpieczeństwa. Ta operacja zastosuje początkowy zestaw parametrów bezpieczeństwa, który musi zostać dostosowany na podstawie oceny ryzyka.
7. Odblokuj przycisk zatrzymania awaryjnego. Stan robota zmienia się z Zatrzymania awaryjnego na Wyłączenie zasilania.
8. Wyjdź poza zasięg robota (jego przestrzeń roboczą).
9. Dotknij przycisk Wł. na ekranie dotykowym. Odczekaj kilka sekund, aż stan robota zmieni się na Bezczynność.
10. Sprawdź, czy masa obciążenia i wybrane mocowanie są prawidłowe. Użytkownik jest informowany, jeśli wybrane mocowanie nie odpowiada mocowaniu wykrytemu na podstawie danych z czujników.
11. Dotknij przycisk Start na ekranie dotykowym. Robot wydaje on dźwięk i nieznacznie się porusza w chwili zwolnienia hamulców.
12. Dotknij przycisk OK, aby przejść do ekranu powitalnego.

### 9.1.5 Pierwszy program

Program to lista poleceń, które mówią robotowi, co ma robić. Dzięki PolyScope robota mogą zaprogramować nawet osoby z niewielkim doświadczeniem programistycznym. W przypadku większości zadań programowanie jest wykonywane wyłącznie przy pomocy panelu dotykowego, bez wpisywania jakichkolwiek zagadkowych poleceń.

Ponieważ ruch narzędzia jest tak istotną częścią programu robota, sposób uczenia robota, w jaki sposób ma się poruszać ma znaczenie krytyczne. W PolyScope ruchy narzędzia są podawane przy pomocy *punktów orientacyjnych*, czyli punktów w przestrzeni roboczej robota. Punkt orientacyjny można podać, przesuając robota do określonej pozycji, można go też obliczyć programowo. Aby przesunąć ramię robota do wybranej pozycji, należy albo użyć karty Przesuń (zob. 11.1), albo po prostu pociągnąć ramię robota na właściwe miejsce, trzymając wciśnięty przycisk uczenia w tylnej części sterownika uczenia.

Poza przechodzeniem przez punkty orientacyjne program może wysyłać sygnały we/wy do innych urządzeń w pewnych punktach toru robota i wykonywać polecenia, takie jak instrukcje warunkowe `if...then` i pętla w oparciu o zmienne i sygnały we/wy.

Aby utworzyć prosty program w robocie, który został już uruchomiony, należy wykonać czynności:

1. Dotknij przycisk Programuj robota i wybierz opcję Pusty program.
2. Dotknij przycisk Następny (w prawym dolnym rogu), aby wybrać wiersz `<pusty>` w strukturze drzewa po lewej stronie ekranu.

3. Przejdź do karty Struktura.
4. Dotknij przycisk Porusz.
5. Przejdź do karty Polecenie.
6. Naciśnij przycisk `Następny`, aby przejść do ustawień `Punkt orientacyjny`.
7. Naciśnij przycisk `Ustaw ten punkt orientacyjny obok obrazka „?”`.
8. Na ekranie `Ruch` można poruszać robotem, naciskając różne niebieskie strzałki, można też przesunąć robota, naciskając przycisk `Ucz` znajdujący się z tyłu sterownika uczenia, jednocześnie ciągnąc za ramię robota.
9. Naciśnij przycisk OK.
10. Naciśnij przycisk `Dodaj punkt orientacyjny przed`.
11. Naciśnij przycisk `Ustaw ten punkt orientacyjny obok obrazka „?”`.
12. Na ekranie `Ruch` przesunij robota, naciskając różne niebieskie strzałki lub naciskając przycisk `Ucz`, jednocześnie ciągnąc za ramię robota.
13. Naciśnij przycisk OK.
14. Program jest gotowy. Po naciśnięciu symbolu `Odtwarzaj` robot zacznie poruszać się między dwoma punktami. Stań w bezpiecznej odległości od niego, bądź przygotowany do naciśnięcia przycisku zatrzymania awaryjnego i naciśnij przycisk `Odtwarzaj`.
15. Gratulacje! Oto pierwszy program robota, przemieszczający go pomiędzy dwoma podanymi punktami orientacyjnymi.

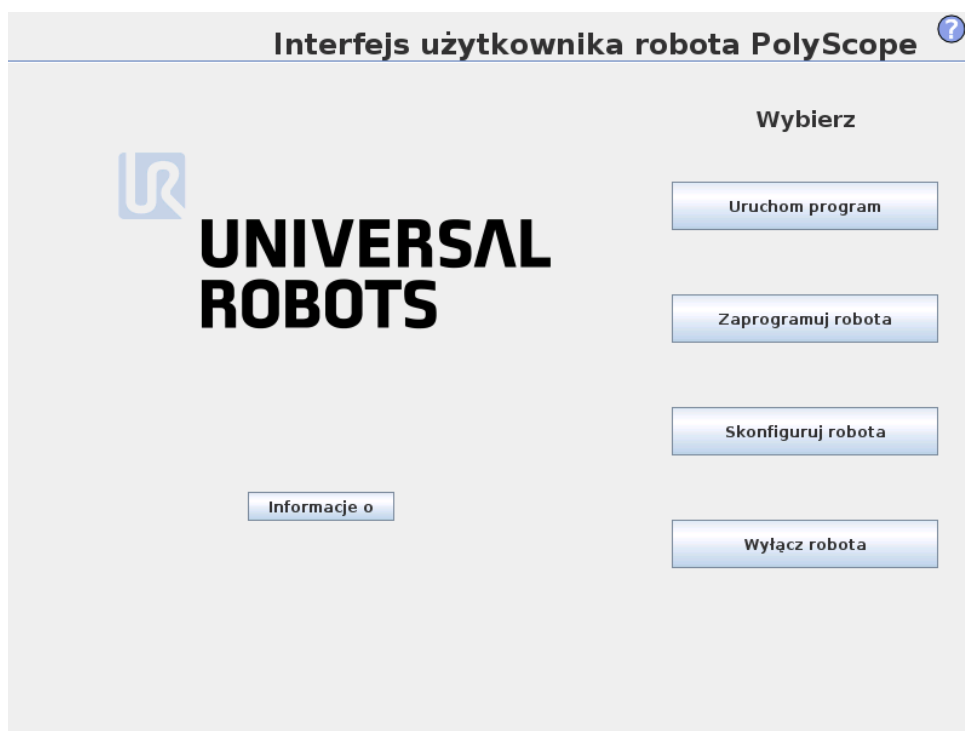


**OSTRZEŻENIE:**

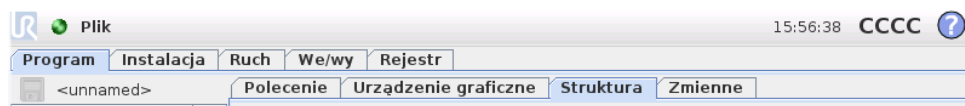
1. Nie wolno przemieszczać robota na niego ani na inne obiekty, może to spowodować jego uszkodzenie.
2. Głowę i tułów należy utrzymywać poza zasięgiem (przestrzenią roboczą) robota. Nie wolno umieszczać palców w miejscach, w których mogą być pochwycone.
3. To tylko przewodnik szybkiego startu, pokazujący jak łatwe jest używanie robota UR. Zakłada się przyjazne środowisko i obsługę bardzo ostrożnego użytkownika. Nie wolno zwiększać prędkości ani przyspieszenia powyżej wartości domyślnych. Przed każdym użyciem robota w pracy należy przeprowadzić ocenę ryzyka.

## 9.2 Interfejs programistyczny PolyScope

PolyScope pracuje na ekranie dotykowym dołączonym do skrzynki sterowniczej.



Powyższa ilustracja przedstawia ekran powitalny. Niebieskawe obszary ekranu to przyciski, które można nacisnąć przez dotknięcie ekranu palcem lub odwróconym długopisem. PolyScope ma hierarchiczną strukturę ekranów. W środowisku programowania ekrany są ułożone jako *karty*, umożliwiając łatwy dostęp.



W tym przykładzie wybrana jest karta `Program` na górnym poziomie, a poniżej wybrana jest karta `Struktura`. Karta `Program` zawiera informacje związane z aktualnie załadowanym programem. Po wybraniu karty `Ruch` ekran zmienia się na ekran `Ruch`, z którego można poruszać ramieniem robota. Podobnie wybór karty `We/wy` pozwala na monitorowanie i zmianę aktualnego stanu elektrycznych wejść i wyjść.

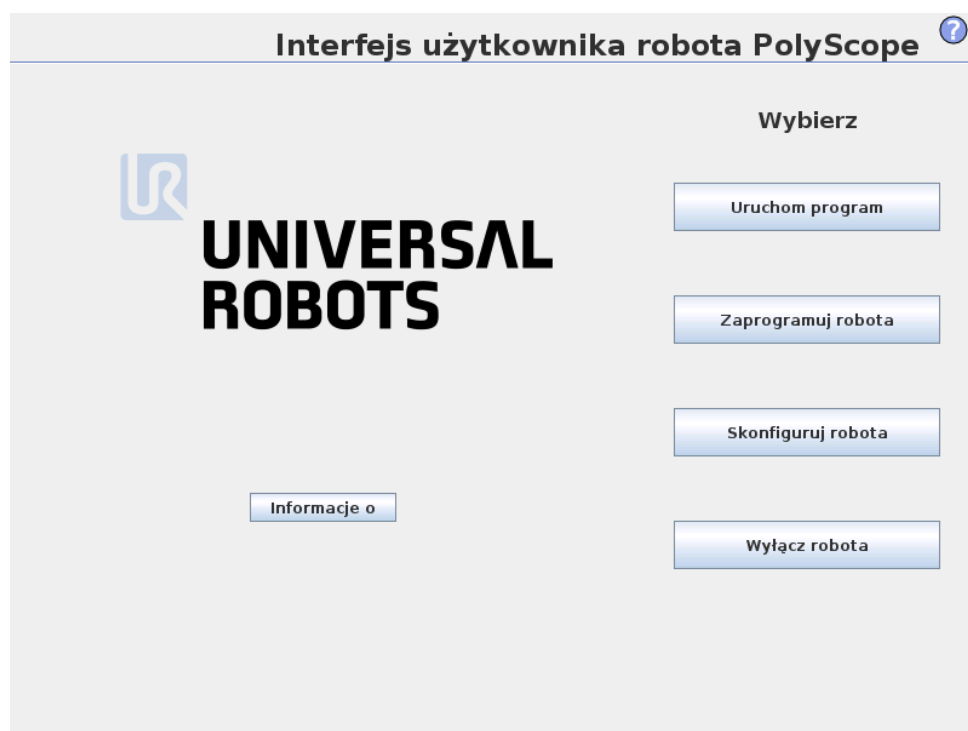
Do skrzynki sterownika lub pilota uczenia można podłączyć mysz i klawiaturę, ale nie jest to wymagane. Prawie wszystkie pola tekstowe mogą być obsługiwane dotykowo, a ich dotknięcie uruchamia klawiaturę ekranową lub standardową. Pola tekstowe nieobsługiwane dotykowo mają przy nich ikonę edytora, która umożliwia uruchomienie powiązanego edytora wprowadzania.



Powyżej przedstawiono ikony ekranowej klawiatury numerycznej, standardowej i edytora wyrażeń.

W kolejnych sekcjach zostały opisane różne ekrany PolyScope.

## 9.3 Ekran powitalny



Po włączeniu sterującego komputera PC pokazany zostaje ekran powitalny. Na ekranie tym znajdują się następujące opcje:

- **Uruchom program:** Wybór i uruchomienie istniejącego programu. To najprostszyspósb obsługi ramienia robota i skrzynki sterowniczej.
- **Zaprogramuj robota:** Zmiana programu lub utworzenie nowego.
- **Skonfiguruj robota:** Ustawienie haseł, aktualizacja oprogramowania, kontakt z pomocą techniczną, kalibracja ekranu dotykowego itp.
- **Wyłącz robota:** Wyłączenie zasilania ramienia robota i wyłączenie skrzynki sterowniczej.

## 9.4 Ekran inicjowania



Na tym ekranie można sterować inicjowaniem ramienia robota.

### Wskaźnik stanu ramienia robota

Dioda stanu wskazuje stan roboczy ramienia robota:

- Jasnoczerwona dioda oznacza, że ramię robota jest aktualnie w stanie zatrzymanym, może być kilka przyczyn.
- Jasnożółta dioda oznacza, że ramię robota jest włączone, ale nie jest gotowe do normalnej pracy.
- Zielona dioda oznacza, że ramię robota jest włączone i gotowe do normalnej pracy.

Napis pojawiający się obok diody dokładniej określa aktualny stan ramienia robota.

### Aktywne obciążenie i instalacja

Kiedy ramię robota jest włączane, masa obciążenia zastosowana w sterowniku do obsługi ramienia robota jest wyświetlana w małym, białym polu tekstowym. Tą wartość można zmienić, dotykając pola tekstowego i wprowadzając nową. Należy pamiętać, że ustawienie tej wartości nie zmienia obciążenia w instalacji robota (zob. 11.6), ustawiana jest tylko masa obciążenia, która ma być wykorzystywana przez sterownik.

Podobnie nazwa aktualnie załadowanego pliku instalacji jest wyświetlana w szarym polu tekstowym. Możliwe jest załadowanie innej instalacji przez dotknięcie

pola tekstowego lub użycie znajdującego się obok przycisku Załaduj. Możliwe jest również dostosowanie załadowanej instalacji za pomocą przycisków znajdujących się przy widoku 3D w dolnej części ekranu.

Zanim ramię robota zostanie uruchomione, bardzo ważne jest sprawdzenie, czy aktywne obciążenie i aktywna instalacja odpowiadają rzeczywistej sytuacji, w jakiej znajduje się ramię robota.

## Inicjowanie ramienia robota



### NIEBEZPIECZEŃSTWO:

Przed każdym uruchomieniem ramienia robota należy sprawdzić, czy rzeczywiste obciążenie i instalacja są prawidłowe. Jeśli te ustawienia będą błędne, ramię robota i skrzynka sterownicza nie będą działać prawidłowo i mogą stanowić zagrożenie dla osób i wyposażenia w ich pobliżu.



### PRZESTROGA:

Należy zachować wielką ostrożność, jeśli ramię robota dotyka przeszkody lub stołu, ponieważ dociskanie ramienia do przeszkody może uszkodzić przekładnię przegubu.

Duży przycisk z umieszczoną na nim zieloną ikoną służy do wykonywania rzeczywistego inicjowania ramienia robota. Napis na nim i wykonywane czynności zależą od aktualnego stanu ramienia robota.

- Po uruchomieniu komputera PC sterownika należy jeden raz nacisnąć przycisk, aby włączyć ramię robota. Stan ramienia robota zmieni się wtedy na *Włączenie zasilania*, a następnie na *Bezczynny*. Należy pamiętać, że przy zatrzymaniu awaryjnym zasilanie ramienia robota nie jest możliwe, więc przycisk ten będzie nieaktywny.
- Kiedy stan robota to *Bezczynny*, należy ponownie dotknąć przycisku w celu uruchomienia ramienia. W takiej chwili sprawdzane są dane z czujników pod kątem skonfigurowanego mocowania ramienia robota. Jeśli zostanie wykryta niezgodność (z tolerancją 30°), przycisk staje się nieaktywny, a pod nim wyświetlany jest komunikat o błędzie.

Jeśli weryfikacja mocowania będzie pomyślna, dotknięcie przycisku spowoduje zwolnienie wszystkich hamulców przegubów i ramię robota będzie gotowe do normalnej pracy. Należy pamiętać, że przy zwalnianiu hamulców robot wydaje dźwięk i nieznacznie się porusza.

- Jeśli ramię robota naruszy jeden z limitów bezpieczeństwa podczas uruchamiania, będzie działać w specjalnym *trybie przywracania*. W tym trybie dotknięcie przycisku spowoduje przełączenie do ekranu ruchu przywracającego, w którym ramię robota można wycofać do limitów bezpieczeństwa.
- W przypadku wystąpienia awarii możliwe jest ponowne uruchomienie sterownika za pomocą przycisku.

## 9.4 Ekran inicjowania

---

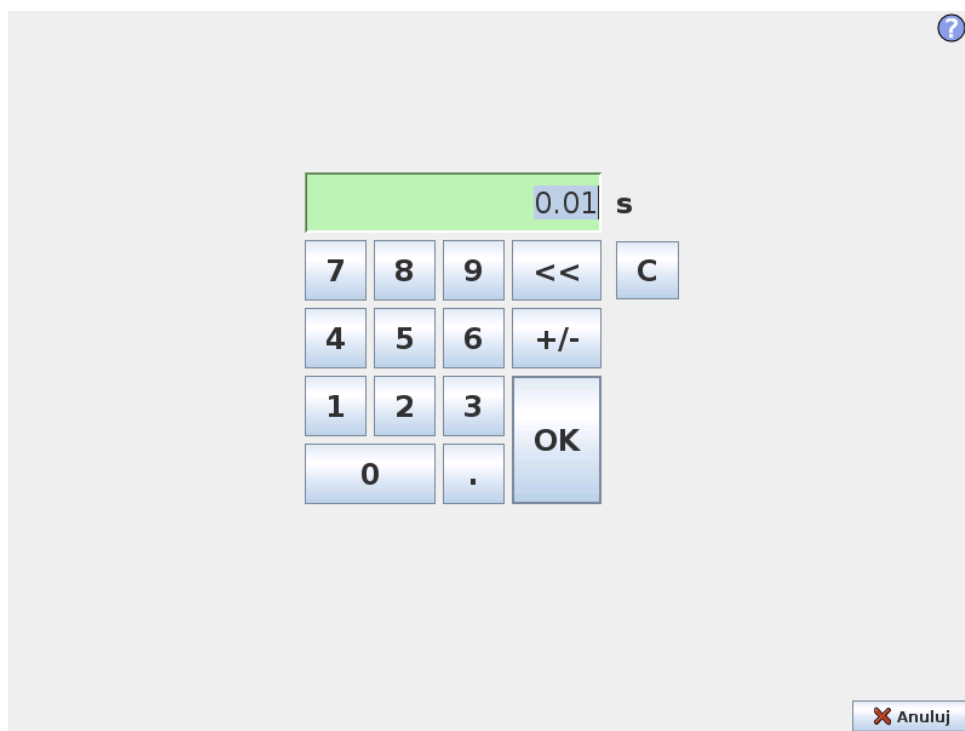
- Jeśli sterownik aktualnie nie pracuje, dotknięcie przycisku spowoduje jego uruchomienie.

Mniejszy przycisk z umieszczoną na nim czerwoną ikoną służy do wyłączenia zasilania ramienia robota.



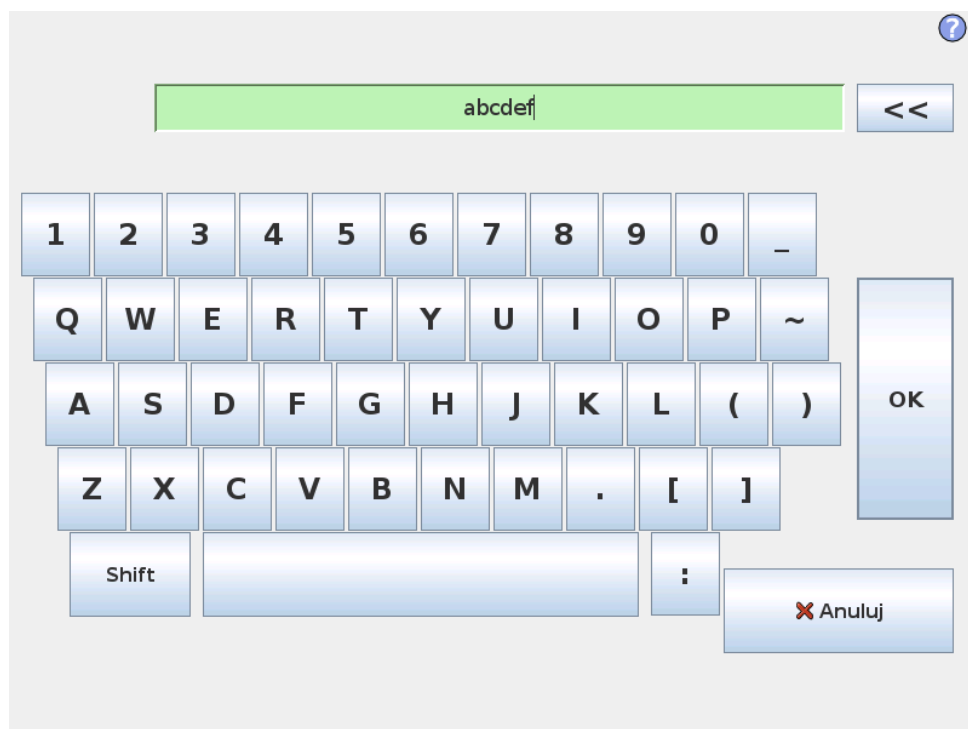
## 10 Edytory ekranowe

### 10.1 Ekranowa klawiatura numeryczna



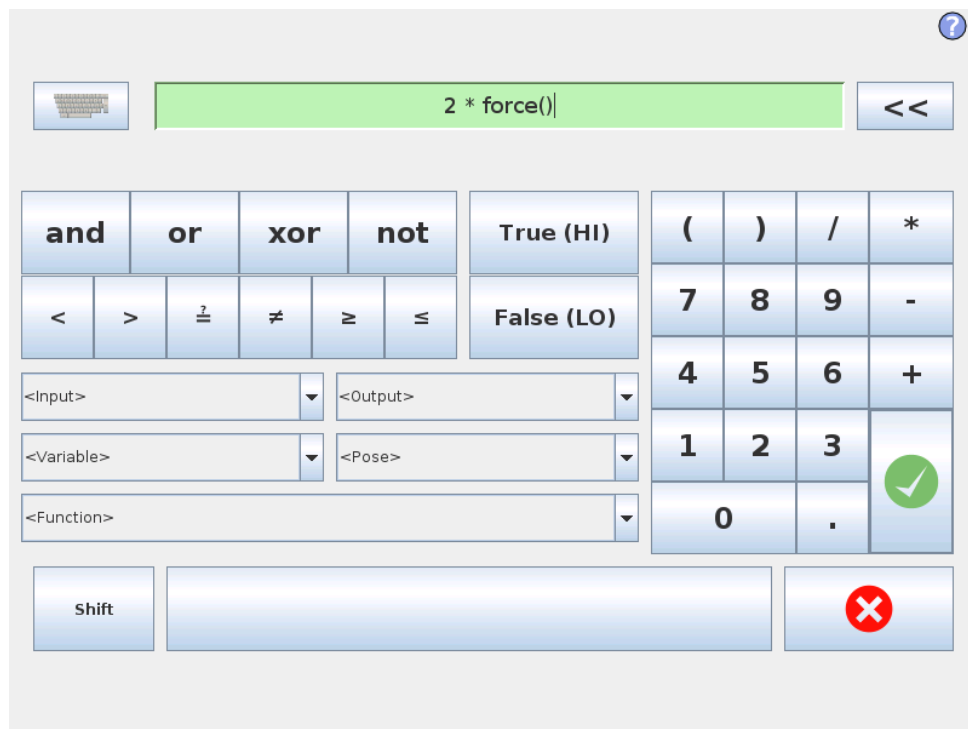
Funkcja do wprowadzania i edycji prostych liczb. W wielu przypadkach obok liczby wyświetlana jest jednostka wprowadzanej wartości.

## 10.2 Klawiatura ekranowa



Funkcja do wprowadzania i edycji prostych tekstów. Przy pomocy klawisza Shift można uzyskać dodatkowe znaki specjalne.

## 10.3 Ekranowy edytor wyrażeń



Podczas gdy samo wyrażenie jest edytowane jako tekst, to edytor wyrażeń ma kilka przycisków i funkcji do wstawiania specjalnych symboli wyrażeń, takich jak \* dla mnożenia oraz  $\leq$  dla mniejsze lub równe. Przycisk symbolu klawiatury w prawym górnym rogu ekranu przełącza na edycję tekstową wyrażenia. Wszystkie zdefiniowane zmienne można znaleźć w selektorze *Zmienne*, natomiast nazwy portów wejścia i wyjścia można znaleźć w selektorach *Wejście* i *Wyjście*. Niektóre funkcje specjalne są dostępne w selektorze *Funkcja*.

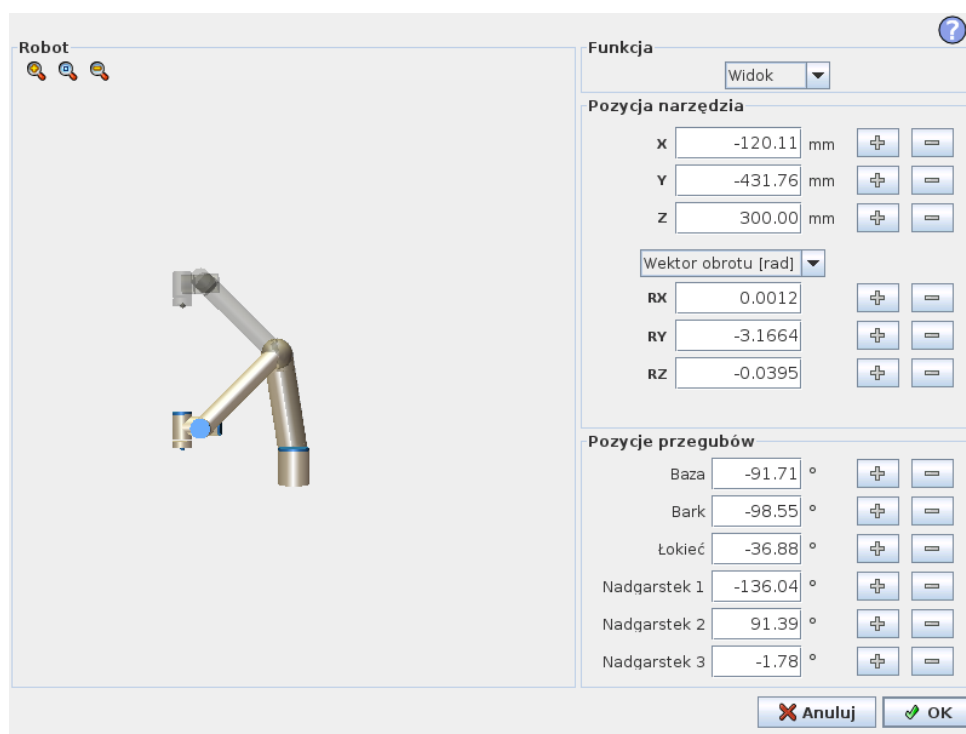
Wyrażenie jest sprawdzane pod kątem błędów gramatycznych po naciśnięciu przycisku *Ok*. Naciśnięcie przycisku *Anuluj* powoduje wyjście z ekranu z odrzuceniem wszystkich zmian.

Wyrażenie może wyglądać następująco:

```
cyfrowe_we[1] = Prawda oraz analogowe_we[0] < 0.5
```

## 10.4 Ekran edytora postawy

Na tym ekranie można wyznaczyć docelowe położenia przegubów lub docelową postawę (pozycję i orientację) narzędzia robota. Ten ekran pracuje w trybie offline i nie kontroluje bezpośrednio ramienia robota.



### Robot

Bieżące położenie ramienia robota i wyznaczona nowa pozycja docelowa są przedstawiane w grafice 3D. Rysunek 3D ramienia robota pokazuje aktualną pozycję ramienia robota, a jego „cień” pokazuje jego pozycję docelową kontrolowaną przez wartości wyznaczone po prawej stronie ekranu. Naciśnięcie ikony szkła powiększającego pozwala na powiększenie lub oddalenie, a przeciągnięcie palcem po ekranie na zmianę widoku.

Jeśli określona pozycja docelowa punktu TCP robota jest blisko płaszczyzny bezpieczeństwa lub wyzwalającej albo orientacja narzędzia robota jest w pobliżu limitu granicznego orientacji (zob. 14.11), przedstawiana jest reprezentacja 3D limitu granicznego w pobliżu.

Płaszczyzny bezpieczeństwa są przedstawiane w kolorach żółtym i czarnym z małą strzałką normalną do płaszczyzny, która wskazuje tę stronę, po której dozwolone jest pozycjonowanie punktu TCP. Płaszczyzny wyzwalające są przedstawiane w kolorach niebieskim i zielonym z małą strzałką, która wskazuje tę stronę płaszczyzny, po której aktywne są limity trybu *normalnego* (zob. 14.5). Limit graniczny orientacji narzędzia jest wizualizowany przez sferyczny stożek oraz wektor określający bieżącą orientację narzędzia robota. Wnętrze stożka odpowiada polu dopuszczalnemu dla orientacji narzędzia (wektora).

Kiedy docelowy punkt TCP robota nie jest już w pobliżu limitu, przedstawienie 3D nie jest już wyświetlane. Jeśli docelowy punkt TCP narusza lub bardzo zbliża się do limitu granicznego, wizualizacja tego limitu zmienia kolor na czerwony.

## Pozycja narzędzia i funkcji

W prawej górnej części ekranu można znaleźć selektor funkcji. Definiuje on, względem jakiej funkcji sterować ramieniem robota, podczas gdy umieszczone pod nim pola wyświetlają pełne wartości współrzędnych narzędzia względem wybranej funkcji. Wartości X, Y i Z kontrolują pozycję narzędzia, natomiast RX, RY i RZ kontrolują jego orientację.

W rozwijanym menu powyżej pól RX, RY i RZ można zmienić sposób przedstawienia orientacji. Dostępne typy to:

- **Wektor obrotu [rad]** Orientacja jest przedstawiona w formie *wektora obrotu*. Długość osi to kąt obrotu podany w radianach, a sam wektor określa oś, dookoła której dokonuje się obrót. To ustawienie jest domyślne.
- **Wektor obrotu [°]** Orientacja jest podana w formie *wektora obrotu*, którego długość odpowiada kątowi obrotu w stopniach.
- **RPY [rad]** Kąty *obrotu*, *nachylenia* i *odchylenia* (RPY – Roll/Pitch/Yaw), gdzie kąty podane są w radianach. Macierz obrotu RPY (obróty X, Y, Z) jest zdefiniowana przez:

$$R_{rpy}(\gamma, \beta, \alpha) = R_Z(\alpha) \cdot R_Y(\beta) \cdot R_X(\gamma)$$

- **RPY [°] obrót, nachylenie i odchylenie (RPY)**, gdzie kąty są podane w stopniach.

Wartości można edytować, klikając daną współrzędną. Kliknięcie przycisku + lub - z prawej strony pola pozwala na dodanie lub odjęcie pewnej wielkości do lub od wartości bieżącej. Przyciśnięcie i przytrzymanie przycisku spowoduje bezpośrednie zwiększenie lub zmniejszenie wartości. Im dłużej trwa przytrzymanie przycisku, tym większa będzie wartość powiększenia lub zmniejszenia.

## Pozycje przegubów

Pozwala na bezpośrednie określenie pozycji poszczególnych przegubów. Każde położenie przegubu może mieć przypisaną wartość w zakresie od  $-360^\circ$  do  $+360^\circ$ ,

## 10.4 Ekran edytora postawy

---

który odpowiada *limitom przegubu*. Wartości można edytować, klikając daną pozycję przegubu. Kliknięcie przycisku + lub – z prawej strony pola pozwala na dodanie lub odjęcie pewnej wielkości do lub od wartości bieżącej. Przyciśnięcie i przytrzymanie przycisku spowoduje bezpośrednie zwiększenie lub zmniejszenie wartości. Im dłużej trwa przytrzymanie przycisku, tym większa będzie wartość powiększenia lub zmniejszenia.

---

### Przycisk OK

Jeśli ekran został aktywowany z karty *Ruch* (zob. 11.1), kliknięcie przycisku OK spowoduje powrót do karty *Ruch*, w której robot przejdzie do wyznaczonego miejsca docelowego. Jeśli ostatnią wyznaczoną wartością jest współrzędna narzędzia, ramię robota przesunie się do pozycji docelowej ruchem typu *RuchL*, jeśli natomiast ostatnią wartością jest pozycja przegubu, ruch będzie typu *RuchJ*. Różne typy ruchu opisuje 12.5.

---

### Przycisk Anuluj

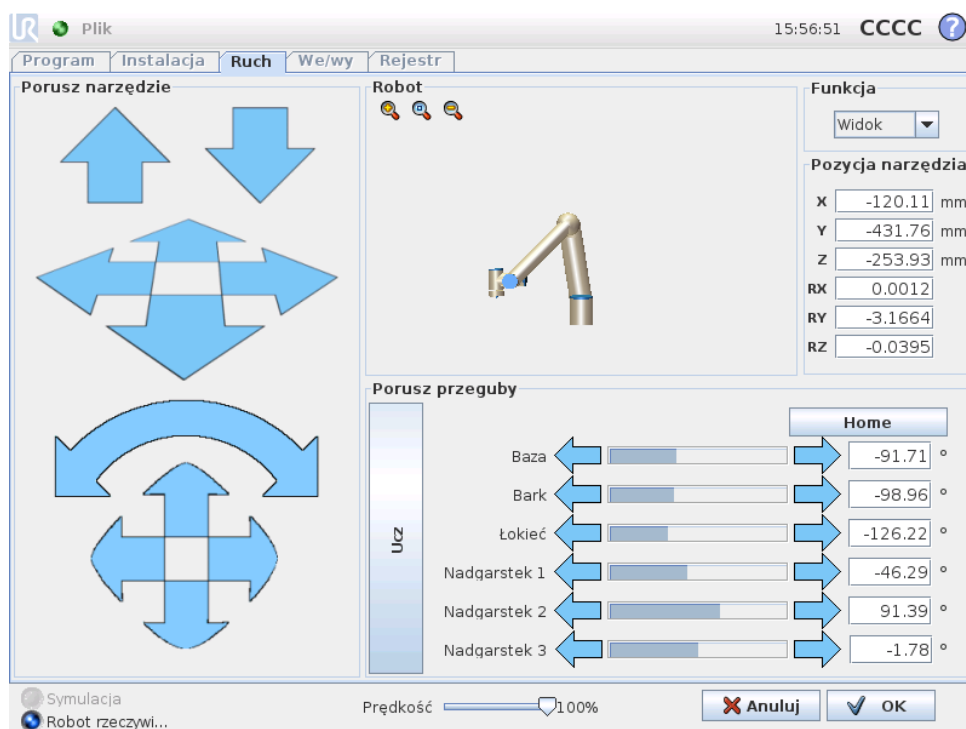
Kliknięcie przycisku *Anuluj* powoduje wyjście z ekranu z odrzuceniem wszystkich zmian.



# 11 Sterowanie robotem

## 11.1 Karta Ruch

Na tym ekranie zawsze można przesunąć ramię robota bezpośrednio (skokowo) albo przez przesuwanie i obracanie narzędzia robota, albo przez przemieszczanie przegubów robota osobno.



### 11.1.1 Robot

Bieżąca pozycja ramienia robota jest pokazana na grafice 3D. Naciśnięcie ikony szkła powiększającego pozwala na powiększenie lub oddalenie, a przeciągnięcie palcem po ekranie na zmianę widoku. Aby uzyskać najlepsze poczucie kontroli nad ramieniem robota, należy wybrać funkcję **Widok** i obrócić kąt podglądu rysunku 3D tak, aby dopasować go do swojego punktu widzenia rzeczywistego ramienia robota.

Jeśli bieżąca pozycja docelowa punktu TCP robota zbliży się do płaszczyzny bezpieczeństwa lub wyzwalającej albo orientacja narzędzia robota jest w pobliżu limitu granicznego orientacji (zob. 14.11), przedstawiana jest reprezentacja 3D pobliskiego limitu granicznego. Należy pamiętać, że kiedy robot wykonuje program, wizualizacja limitów granicznych jest wyłączona.

Płaszczyzny bezpieczeństwa są przedstawiane w kolorach żółtym i czarnym z małą strzałką normalną do płaszczyzny, która wskazuje tę stronę, po której dozwolone jest pozycjonowanie punktu TCP. Płaszczyzny wyzwalające są przedstawiane w

kolorach niebieskim i zielonym z małą strzałką, która wskazuje tę stronę płaszczyzny, po której aktywne są limity trybu *normalnego* (zob. 14.5). Limit graniczny orientacji narzędzia jest wizualizowany przez sferyczny stożek oraz wektor określający bieżącą orientację narzędzia robota. Wnętrze stożka odpowiada polu dopuszczalnemu dla orientacji narzędzia (wektora).

Kiedy punkt TCP robota nie jest już w pobliżu limitu, reprezentacja 3D nie jest już wyświetlana. Jeśli punkt TCP narusza lub bardzo zbliża się do limitu granicznego, wizualizacja tego limitu zmienia kolor na czerwony.

### 11.1.2 Pozycja narzędzia i funkcji

W prawej górnej części ekranu można znaleźć selektor funkcji. Definiuje on, względem jakiej funkcji sterować ramieniem robota, podczas gdy umieszczone pod nim pola wyświetlają pełne wartości współrzędnych narzędzia względem wybranej funkcji.

Wartości można zmienić ręcznie przez kliknięcie współrzędnych lub pozycji przegubu. Spowoduje to przejście do ekranu edytora postawy (zob. 10.4), gdzie możliwe jest określenie pozycji docelowej oraz orientacji narzędzia lub docelowych pozycji przegubów.

### 11.1.3 Porusz narzędzie

- Przytrzymanie naciśniętej strzałki przesunięcia (góra) przesunie końcówkę narzędziową robota we wskazanym kierunku.
- Przytrzymanie naciśniętej strzałki obrotu (przycisk) zmieni orientację narzędzia robota we wskazanym kierunku. Punktem obrotu będzie punkt centralny narzędzia (TCP), czyli punkt na końcu ramienia robota, będący punktem charakterystycznym narzędzia robota. Punkt centralny narzędzia (TCP) jest przedstawiany jako mała niebieska kula.

Uwaga: Zwolnienie przycisku powoduje natychmiastowe zatrzymanie ruchu!

### 11.1.4 Porusz przeguby

Pozwala na bezpośrednie kontrolowanie poszczególnych przegubów. Każdy przegub ma możliwość ruchu w zakresie od  $-360^\circ$  do  $+360^\circ$ , są to domyślne *ograniczenia przegubów* wskazywane dla każdego z nich na poziomym pasku. Kiedy przegub dotrze do swojego ograniczenia, nie będzie można go odsunąć jeszcze bardziej. Jeśli limity dla przegubu zostaną skonfigurowane z zakresem pozycji innym niż domyślny (zob. 14.10), to zakres ten jest oznaczony na poziomym pasku w kolorze czerwonym.

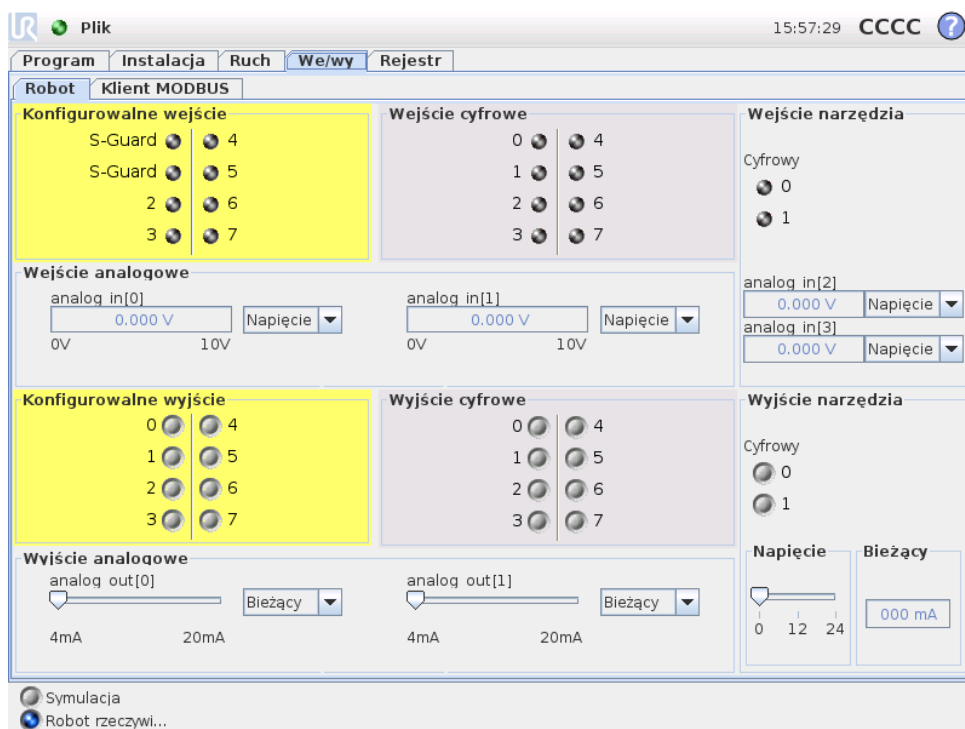
### 11.1.5 Ucz

Kiedy zostanie przytrzymany przycisk *Ucz*, można fizycznie chwycić ramię robota i przeciągnąć je do pozycji, w której powinno się znajdować. Jeśli ustawienie grawitacji (zob. 11.7) na karcie *Konfiguracja* będzie nieprawidłowe lub ramię robota będzie przenosić ciężki przedmiot, po naciśnięciu przycisku *Ucz* może dojść do ruchu (opadania) robota. W tym przypadku wystarczy ponownie zwolnić przycisk *Ucz*.

**OSTRZEŻENIE:**

1. Koniecznie należy używać właściwych ustawień instalacji (np. kąt mocowania robota, ciężar w punkcie TCP, odsunięcie TCP). Pliki instalacji powinny być zapisywane i ładowane z programem.
2. Przed użyciem przycisku **Ucz** należy sprawdzić prawidłowość ustawień TCP i mocowania robota. Jeśli te ustawienia będą nieprawidłowe, ramię robota będzie się poruszać po naciśnięciu przycisku **Ucz**.
3. Funkcji uczenia (impedancja/wycofanie) wolno używać tylko w instalacjach, w których ocena ryzyka to dopuszcza. Narzędzia i przeszkody nie powinny mieć ostrych krawędzi ani wprowadzać punktów zgniecenia. Cały personel musi pozostawać poza zasięgiem ramienia robota.

## 11.2 Karta we/wy



Na tym ekranie można zawsze monitorować i ustawiać aktualne sygnały wejściowe i wyjściowe skrzynki sterowniczej robota. Ekran wyświetla bieżący stan wejść/wyjść, także podczas wykonywania programu. Jeśli podczas wykonywania programu cokolwiek zostanie zmienione, program zostanie zatrzymany. W momencie zatrzymania programu wszystkie sygnały wyjścia zachowują swój stan. Ekran jest aktualizowany z częstotliwością zaledwie 10 Hz, tak więc bardzo szybki sygnał może nie być wyświetlany prawidłowo.

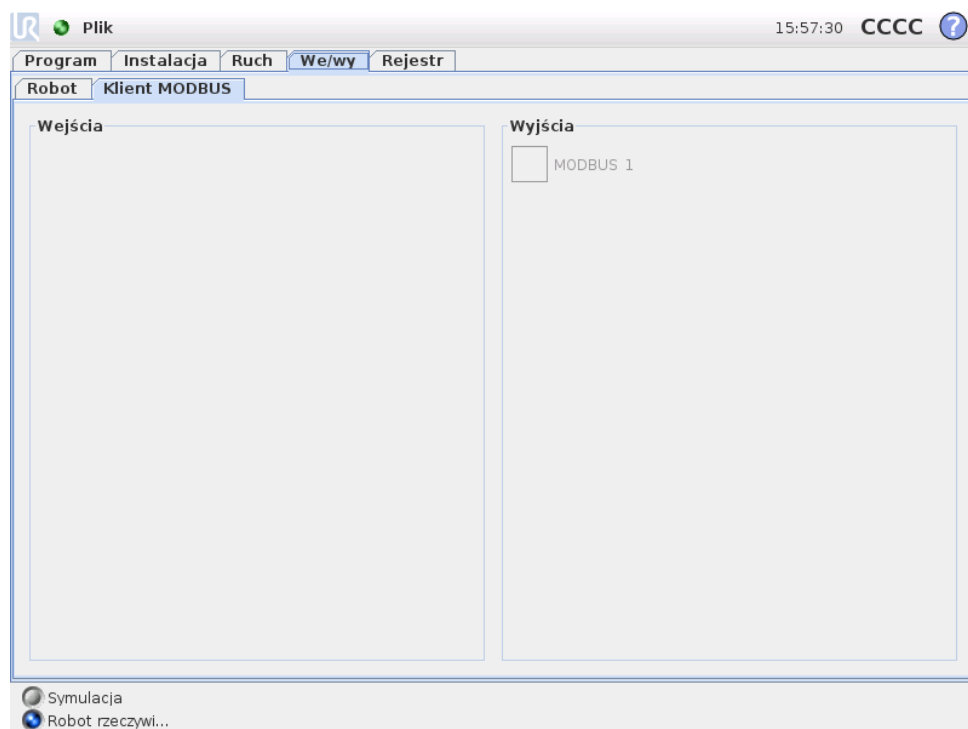
Konfigurowalne sygnały we/wy można zarezerwować dla specjalnych ustawień bezpieczeństwa zdefiniowanych w sekcji konfiguracyjnej we/wy bezpieczeństwa dla instalacji (zob. 14.12). Sygnały zarezerwowane będą miały nazwę funkcji bezpieczeństwa zamiast nazwy domyślnej lub zdefiniowanej przez użytkownika. Konfigurowalne wyjścia zarezerwowane dla ustawień bezpieczeństwa są nieprzełączalne i zawsze będą wyświetlane wyłącznie jako diody.

Szczegóły elektryczne sygnałów są opisane w podręczniku użytkownika.

**Ustawienia w domenie analogowej** Wyjścia i wejścia analogowe można ustawić albo jako prądowe [4–20 mA], albo napięciowe [0–10 V]. Kiedy program zostanie zapisany, to ustawienia te zostaną zapamiętane do ewentualnych późniejszych ponownych uruchomień sterownika robota.

## 11.3 We/wy klienta MODBUS

Tutaj pokazane są cyfrowe sygnały we/wy klienta MODBUS skonfigurowane w instalacji. W razie utraty połączenia sygnału, odpowiadający mu element na tym ekranie zostaje wyłączony.



### Wejścia

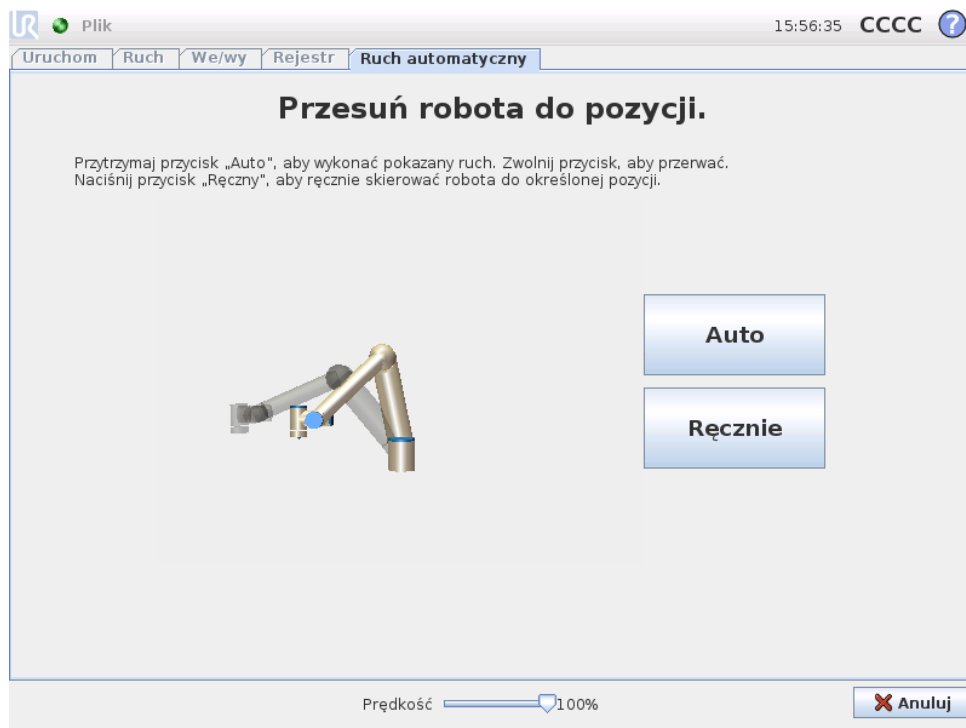
Wyświetlanie stanu cyfrowych wejść klienta MODBUS.

### Wyjścia

Wyświetlanie i przełączanie stanu cyfrowych wyjść klienta MODBUS. Sygnał może być przełączany tylko wtedy, kiedy pozwala na to pole wyboru karty kontroli we/wy (opisane w 11.8).

## 11.4 Karta Ruch automatyczny

Karta Ruch automatyczny jest przydatna, kiedy konieczne jest przeniesienie ramienia robota do szczególnej pozycji w przestrzeni roboczej. Do przykładów można zaliczyć przeniesienie ramienia robota do pozycji początkowej programu przed jego wykonaniem lub przeniesienie do punktu orientacyjnego na czas modyfikowania programu.



### Animacja

Animacja pokazuje ruch ramienia robota, który zostanie za chwilę wykonany.



**PRZESTROGA:**

Animację należy porównać z pozycją prawdziwego ramienia robota w celu sprawdzenia, czy ramię może bezpiecznie wykonać ruch bez kolizji z żadnymi przeszkodami.



**PRZESTROGA:**

Funkcja ruchu automatycznego pracuje w przestrzeni przegubów, a nie w przestrzeni liniowej (kartezjańskiej). Kolizje mogą spowodować uszkodzenie robota lub innego wyposażenia.

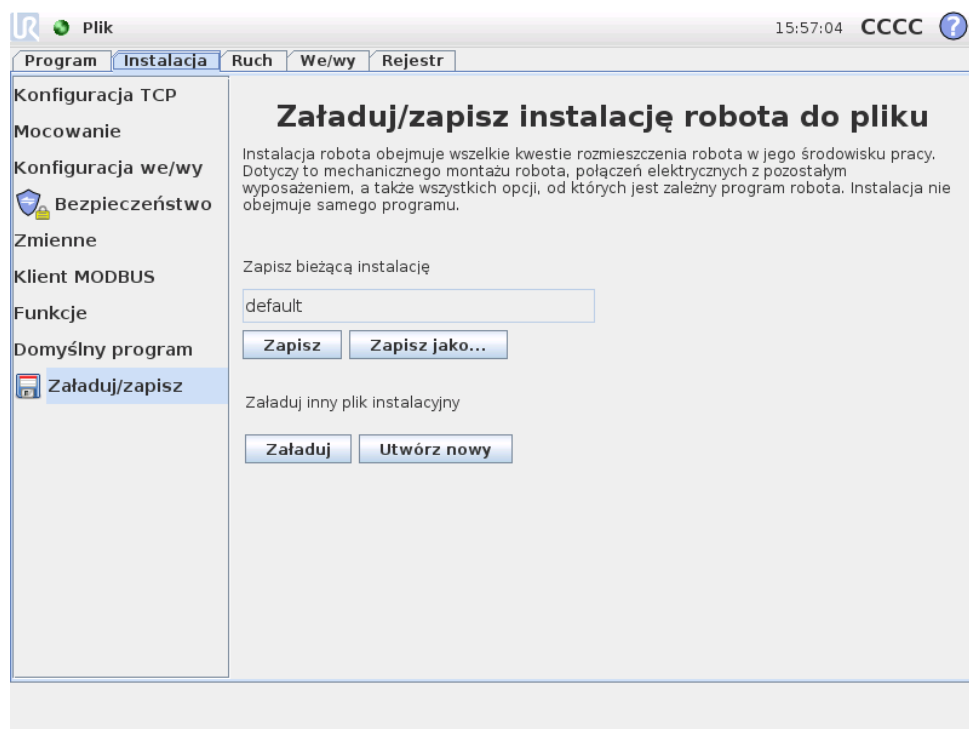
### Auto

Aby przesunąć ramię robota tak, jak pokazano na animacji, należy nacisnąć i przytrzymać przycisk **Auto**. Uwaga: *Zwolnienie przycisku powoduje natychmiastowe zatrzymanie ruchu!*

## Ręcznie

Naciśnięcie przycisku **Ręcznie** spowoduje przejście do karty **Ruch**, na której możliwe jest ręczne przemieszczanie ramienia robota. Jest to konieczne tylko wtedy, kiedy ruch przedstawiony na animacji nie jest optymalny.

## 11.5 Instalacja → Załaduj/zapisz



Instalacja robota obejmuje kwestie rozmieszczenia ramienia robota i skrzynki sterowniczej w środowisku pracy. Dotyczy to mechanicznego montażu ramienia robota, połączeń elektrycznych z pozostałym wyposażeniem, a także wszystkich opcji, od których jest zależny program robota. Instalacja nie obejmuje samego programu.

Te ustawienia można określać na różnych ekranach karty **Instalacja** za wyjątkiem danych **we/wy**, które określa się na karcie **We/Wy** (zob. 11.2).

Można mieć więcej niż jeden plik instalacji dla danego robota. Stworzone programy będą korzystały z aktywnej instalacji i będą ją automatycznie ładować, kiedy będą wykorzystywane.

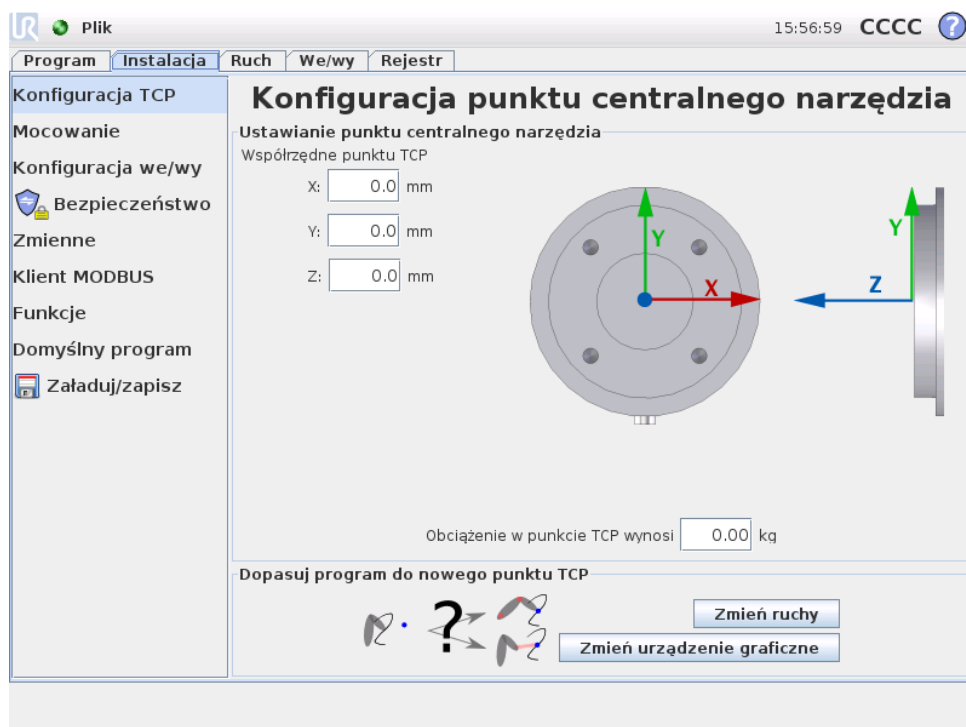
Wszelkie zmiany w instalacji muszą zostać zapisane, aby zostały zachowane po wyłączeniu zasilania. Jeśli istnieją jakiegokolwiek niezapisane dane instalacji, obok napisu **Załaduj/zapisz** z lewej strony karty **Instalacja** wyświetlana jest ikona dyskietki.

Instalację można zapisać, naciskając przycisk **Zapisz** lub **Zapisz jako...**. Zapisanie programu także powoduje zapisanie aktywnej instalacji. Aby załadować inny plik instalacji, należy nacisnąć przycisk **Załaduj**. Naciśnięcie przycisku **Utwórz nowy** przywraca wszystkie ustawienia instalacji robota do wartości domyślnych.

**PRZESTROGA:**

Nie zaleca się używania robota przy instalacji ładowanej z nośnika USB. Aby zastosować instalację zapisaną na nośniku USB, należy ją najpierw załadować, a następnie zapisać w lokalnym folderze programy za pomocą przycisku **Zapisz jako...**

## 11.6 Instalacja → Konfiguracja punktu centralnego narzędzia (TCP)



*Punkt centralny narzędzia (TCP)* to punkt na końcu ramienia robota, stanowiący punkt charakterystyczny na narzędziu robota. Kiedy ramię robota porusza się liniowo, to właśnie ten punkt przesuwa się w linii prostej. To również ruch TCP jest przedstawiony na karcie grafiki. TCP jest podawany w stosunku do kołnierza montowania narzędzia, tak jak pokazano to w grafice na ekranie.

**OSTRZEŻENIE:**

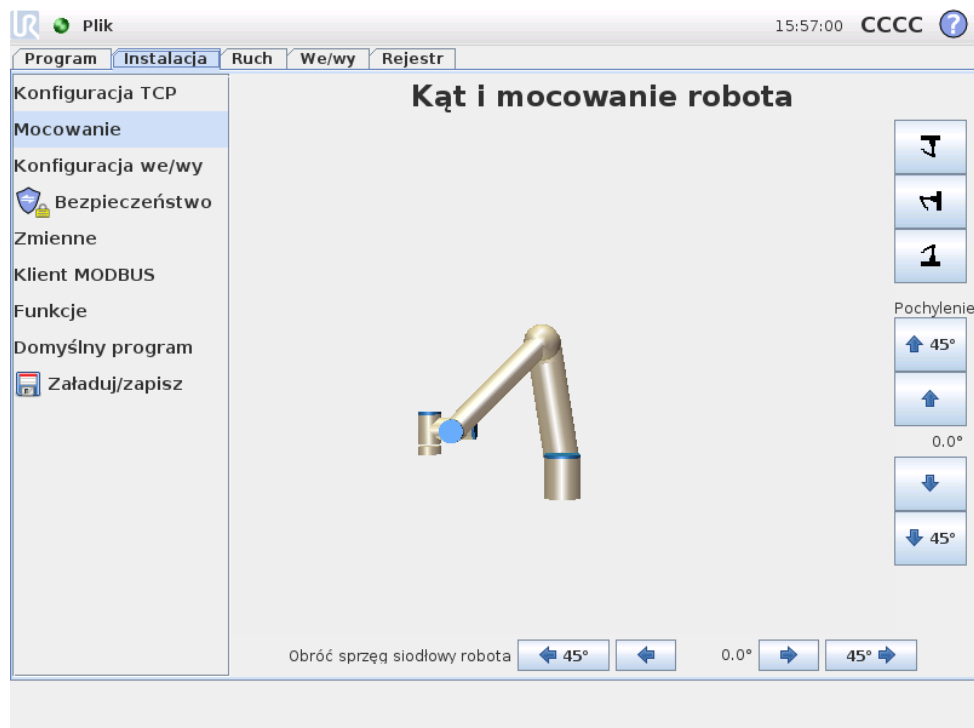
Należy używać właściwych ustawień instalacji. Pliki instalacji powinny być zapisywane i ładowane razem z programem.

Przy zmianie TCP ważne są dwa przyciski na dole ekranu.

- **Zmień ruchy** przelicza wszystkie pozycje w programie robota tak, aby pasowały do nowego punktu TCP. Stosuje się go, kiedy zmieniony został kształt lub rozmiar narzędzi.

- Zmień grafikę rysuje od nowa graficzną reprezentację programu tak, aby pasowała do nowego punktu TCP. Stosuje się go, kiedy zmieniony został TCP, bez żadnych fizycznych zmian narzędzia.

## 11.7 Instalacja → Mocowanie



Można tutaj podać mocowanie ramienia robota. Spełnia to dwa cele:

1. Powoduje, że ramię robota jest prawidłowo przedstawione na ekranie.
2. Mówi sterownikowi, w jakim kierunku działa siła ciężenia.

Sterownik wykorzystuje zaawansowany model dynamiki, aby zapewnić płynne i precyzyjne ruchy ramienia robota oraz samoczynne podtrzymywanie ramienia przy włączonym trybie *uczenia*. Z tego powodu istotne jest prawidłowe ustawienie mocowania ramienia robota.



### OSTRZEŻENIE:

Zaniedbanie właściwego ustawienia mocowania ramienia robota może spowodować częste zatrzymania ochronne i/lub doprowadzić do ruchu ramienia robota po naciśnięciu przycisku uczenia.

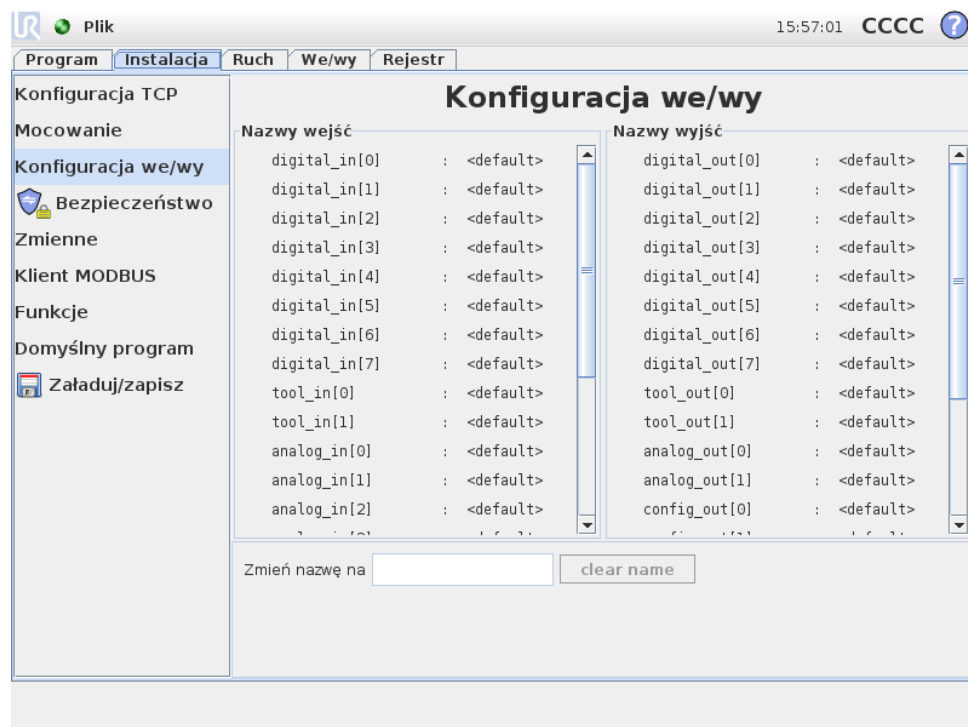
Standardowo zakłada się, że ramię robota jest zamontowane na płaskim stole lub na podłodze, w takim przypadku na tym ekranie nie trzeba wprowadzać żadnych zmian. Jeśli jednak ramię robota jest *zamontowane na suficie*, *zamontowane na ścianie* lub zamontowane pod kątem, wymagane jest wprowadzenie zmian za pomocą przycisków. Przyciski po prawej stronie ekranu służą do zmiany kąta zamontowania ramienia robota. Trzy górne przyciski po prawej stronie ustawiają kąt na *sufit*

(180°), ścianę (90°), podłogę (0°). Dowolny kąt można ustawić za pomocą przycisków Pochylenie. Przyciski w dolnej części ekranu służą do obracania mocowania ramienia robota tak, aby zgadzało się z rzeczywistym zamocowaniem.

**OSTRZEŻENIE:**

Należy używać właściwych ustawień instalacji. Pliki instalacji powinny być zapisywane i ładowane z programem.

## 11.8 Instalacja → Konfiguracja we/wy



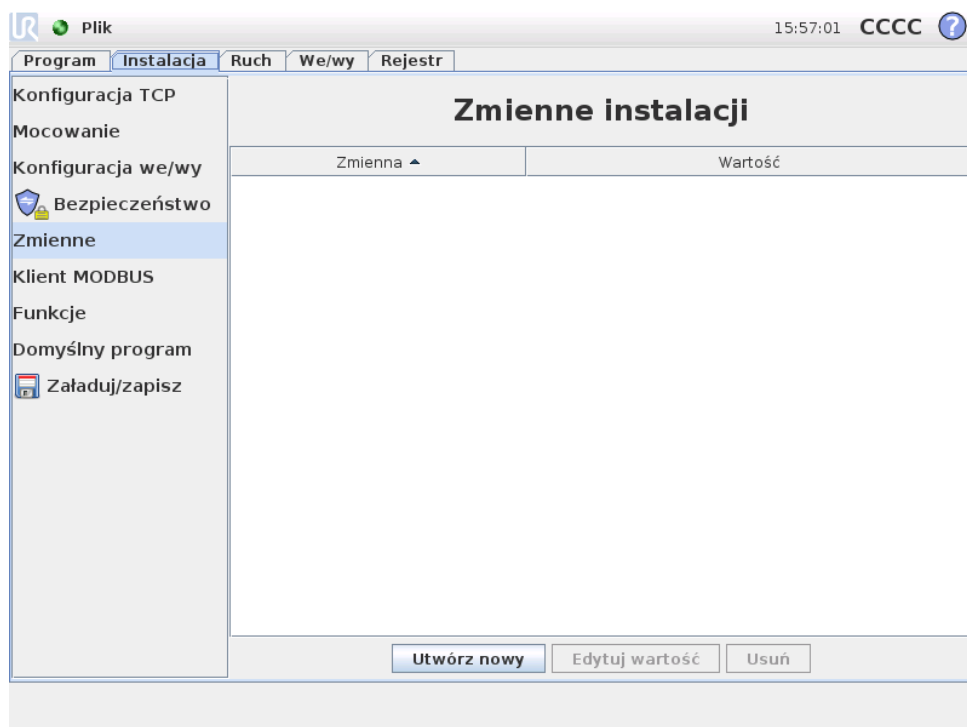
Sygnalom wejścia i wyjścia można nadawać nazwy. Ułatwia to zapamiętanie, jaką czynność wykonuje dany sygnał przy pracy z robotem. Wybierz wejście/wyjście, klikając je, a następnie ustaw nazwę przy pomocy wyświetlanej na ekranie klawiatury. Można wyzerować nazwę, ustawiając w niej tylko puste znaki.

Przy wybraniu wyjścia zostaje włączonych kilka opcji. Za pomocą pola wyboru można ustawić standardową wartość dla wyjścia na poziom niski albo wysoki. Oznacza to, że kiedy program nie pracuje, to wyjście zostanie ustawione na tę wartość. Jeśli pole wyboru nie zostanie zaznaczone, to wyjście zachowuje swój stan bieżący po zakończeniu programu. Można też podać, czy wyjściem można sterować na karcie we/wy (albo przez programistów, albo przez operatorów oraz programistów), czy też jego wartość mogą zmieniać wyłącznie programy robota.

## 11.9 Instalacja → Bezpieczeństwo

Zob. rozdział 14.

## 11.10 Instalacja → Zmienne



Utworzone tu zmienne są nazywane zmiennymi instalacji i można ich używać tak, jak normalnych zmiennych programowych. Zmienne instalacji są specjalne, ponieważ zachowują swoje wartości nawet po zatrzymaniu i ponownym uruchomieniu programu, a także kiedy zostanie wyłączone i przywrócone zasilanie ramienia robota i/lub skrzynki sterowniczej. Ich nazwy i wartości są zapisywane razem z instalacją, można więc używać tej samej zmiennej w wielu programach.



Po naciśnięciu przycisku **Utwórz nowy** pojawi się panel z sugerowaną nazwą dla nowej zmiennej. Można zmienić nazwę, a wartość można wprowadzić dotykając jednego z pól tekstowych. Przycisk **OK** można kliknąć tylko wtedy, kiedy nowa nazwa nie jest używana w danej instalacji.

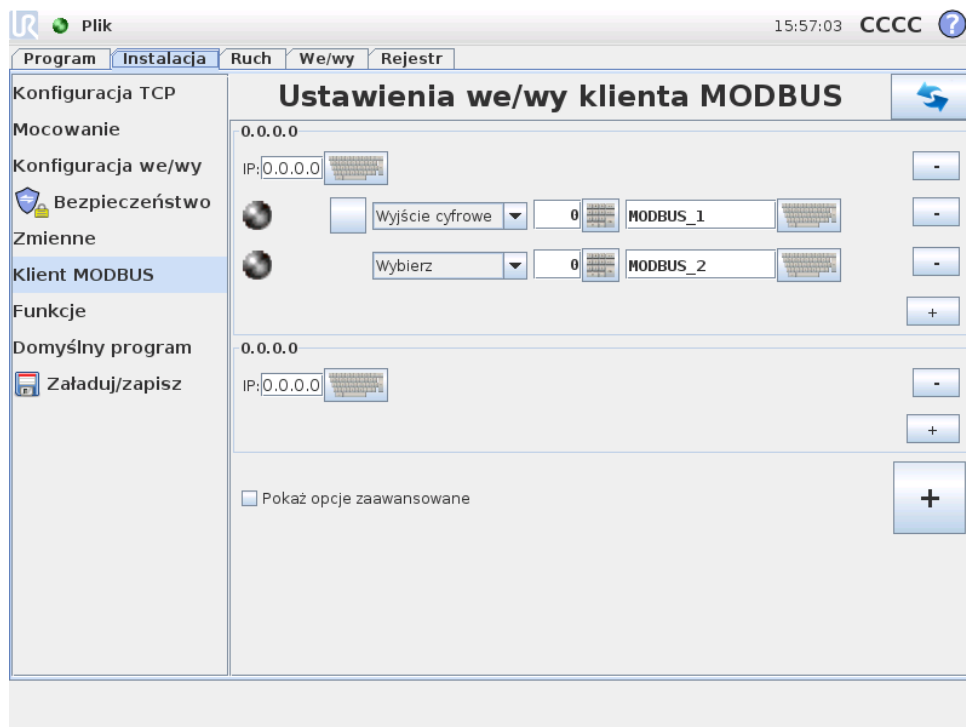
Można zmienić wartość zmiennej instalacji przez jej zaznaczenie na liście, a następnie kliknięcie opcji **Edytuj wartość**.

Aby usunąć zmienną, należy ją wybrać w liście i kliknąć przycisk **Usuń**.

Po skonfigurowaniu zmiennych instalacji zachowanie tej konfiguracji wymaga zapisania samej instalacji, zob. 11.5. Zmienne instalacji i ich wartości są także zapisywane automatycznie co 10 minut.

Jeśli załadowany zostanie program lub instalacja i jedna lub więcej zmiennych programowych będzie miało taką samą nazwę, co zmienne instalacji, użytkownik będzie miał do wyboru dwa rozwiązania tego problemu: zastosowanie zmiennych instalacji o danej nazwie zamiast zmiennych programowych lub automatyczną zmianę nazw zmiennych, które powodują konflikt.

## 11.11 Instalacja → Konfiguracja we/wy klienta MODBUS



Tutaj można skonfigurować sygnały klienta (mastera) MODBUS. Połączenie z serwerami (lub jednostkami podrzędnymi) MODBUS o określonym adresie IP można utworzyć za pomocą sygnałów wejścia/wyjścia (rejestrów lub cyfrowych). Każdy sygnał ma unikalną nazwę, można jej więc używać w programach.

### Odśwież

Naciśnięcie przycisku spowoduje odświeżenie wszystkich połączeń MODBUS.

### Dodaj urządzenie

Naciśnięcie przycisku spowoduje dodanie nowego urządzenia MODBUS.

### Usuń urządzenie

Naciśnięcie przycisku spowoduje usunięcie urządzenia MODBUS i wszystkich jego sygnałów.

### Ustaw IP urządzenia

Tutaj pokazany jest adres IP urządzenia MODBUS. Naciśnij przycisk, aby go zmienić.

---

## Dodaj sygnał

Naciśnięcie przycisku spowoduje dodanie sygnału do odpowiedniego urządzenia MODBUS.

---

## Usuń sygnał

Naciśnięcie przycisku spowoduje usunięcie sygnału z odpowiedniego urządzenia MODBUS.

---

## Ustaw typ sygnału

Przy pomocy tego menu rozwijanego można wybrać typ sygnału. Dostępne typy to:

- **Wejście cyfrowe:** Wejście cyfrowe (cewka) to jednobitowa wielkość odczytywana z urządzenia MODBUS z cewki podanej w polu adresowym sygnału. Wykorzystywany jest kod funkcji 0x02 (Odczytaj wejścia dyskretne).
- **Wyjście cyfrowe:** Wyjście cyfrowe (cewka) to wielkość jednobitowa, którą można ustawić w poziomie wysokim lub niskim. Do momentu, kiedy wartość tego wyjścia zostanie ustawiona przez użytkownika, jest ona odczytywana ze zdalnego urządzenia MODBUS. To oznacza, że stosowany jest kod funkcji 0x01 (Odczytaj cewki). Od chwili, kiedy wyjście zostanie ustawione przez program robota lub przez naciśnięcie przycisku „ustaw wartość sygnału”, używany jest już kod funkcji 0x05 (Zapisz pojedynczą cewkę).
- **Wejście rejestru:** Wejście rejestru to liczba 16-bitowa odczytywana z adresu podanego w polu adresu. Wykorzystywany jest kod funkcji 0x04 (Odczytaj rejestry wejścia).
- **Wyjście rejestru:** Wyjście rejestru to liczba 16-bitowa, której wartość może ustawić użytkownik. Zanim wartość rejestru zostanie ustawiona, wartość ta jest odczytywana ze zdalnego urządzenia MODBUS. To oznacza, że używany jest kod funkcji 0x03 (Odczytaj rejestry tymczasowe). Kiedy wyjście zostanie ustawione przez program robota lub przez określenie wartości sygnału w polu „ustaw wartość sygnału”, do ustawienia wartości w zdalnym urządzeniu MODBUS używany jest kod funkcji 0x06 (Zapisz pojedynczy rejestr).

---

## Ustaw adres sygnału

To pole pokazuje adres w zdalnym serwerze MODBUS. Można wybrać inny adres przy pomocy wyświetlanej na ekranie klawiatury numerycznej. Prawidłowe adresy zależą od producenta oraz konfiguracji zdalnego urządzenia MODBUS.

---

## Ustaw nazwę sygnału

Użytkownik może przypisać sygnałowi nazwę za pomocą klawiatury ekranowej. Kiedy sygnał jest wykorzystywany w programach, używana jest ta nazwa.

## Wartość sygnału

Tutaj pokazana jest aktualna wartość sygnału. Dla sygnałów rejestrów wartość ta jest wyrażona jako liczba całkowita bez znaku. Dla sygnałów wyjścia pożądana wartość sygnału może zostać ustawiona przy pomocy przycisku. Również dla wyjścia rejestru wartość do zapisania do urządzenia musi zostać podana jako liczba całkowita bez znaku.

## Stan połączenia sygnału

Ikona ta pokazuje, czy sygnał można prawidłowo odczytać lub zapisać (zielona), czy też odpowiedź od urządzenia jest nieoczekiwana lub nie można się z nim połączyć (szara). W przypadku odebrania odpowiedzi z wyjątkiem MODBUS wyświetlany jest kod odpowiedzi. Odpowiedzi z wyjątkami MODBUS-TCP są następujące:

- **E1 NIEPRAWIDŁOWA FUNKCJA (0x01):** Kod funkcji odebrany w zapytaniu nie określa dopuszczalnego działania serwera (lub urządzenia podrzędnego).
- **E2 NIEPRAWIDŁOWY ADRES DANYCH (0x02):** Kod funkcji odebrany w zapytaniu nie określa dopuszczalnego działania serwera (lub urządzenia podrzędnego). Należy sprawdzić, czy wprowadzony adres sygnału odpowiada konfiguracji zdalnego serwera MODBUS.
- **E3 NIEPRAWIDŁOWA WARTOŚĆ DANYCH (0x03):** Wartość zawarta w polu danych zapytania nie jest wartością dopuszczalną dla serwera (lub urządzenia podrzędnego). Należy sprawdzić, czy wprowadzona wartość sygnału jest prawidłowa dla określonego adresu w zdalnym serwerze MODBUS.
- **E4 AWARIA URZĄDZENIA PODRZĘDNEGO (0x04):** Podczas próby wykonania żądanej czynności przez serwer (lub urządzenie podrzędne) wystąpił nieodwracalny błąd.
- **E5 POTWIERDZENIE (0x05):** Specjalistyczne zastosowanie w połączeniu z poleceniami programistycznymi, wysyłane do zdalnego urządzenia MODBUS.
- **E6 URZĄDZENIE PODRZĘDNE ZAJĘTE (0x06):** Specjalistyczne zastosowanie w połączeniu z poleceniami programistycznymi, wysyłane do zdalnego urządzenia MODBUS. Urządzenie podrzędne (serwer) nie może teraz odpowiedzieć.

## Pokaż opcje zaawansowane

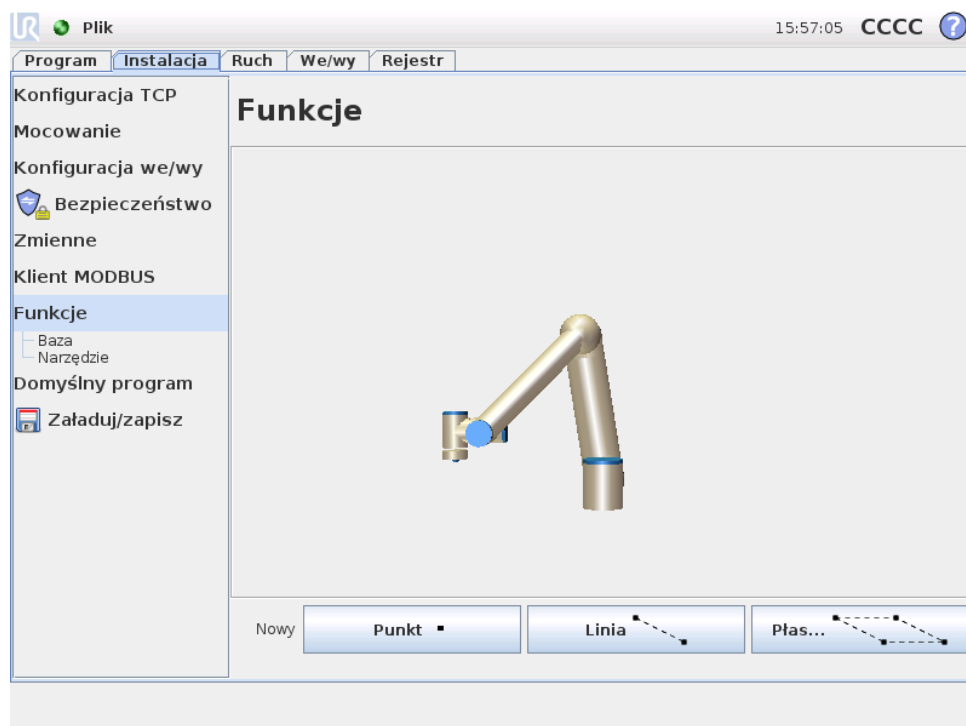
To pole wyboru pokazuje/ukrywa opcje zaawansowane dla każdego z sygnałów.

## Opcje zaawansowane

- **Częstotliwość aktualizacji:** Przy pomocy tego menu można zmienić częstotliwość aktualizacji sygnału. Oznacza to częstotliwość, z jaką wysyłane są do zdalnego urządzenia MODBUS żądania odczytu lub zapisu wartości sygnału.

- **Adres podrzędny:** W tym polu tekstowym można ustawić określony adres podrzędny dla żądań odpowiadających określonemu sygnałowi. Wartość musi się mieścić w zakresie od 0 do 255, przy czym standardową wartością jest 255. W przypadku zmiany tej wartości zaleca się sprawdzenie w podręczniku zdalnego urządzenia MODBUS, czy jego działanie ze zmienionym adresem podrzędnym będzie nadal prawidłowe.

## 11.12 Instalacja → Funkcje



Klienci kupujący roboty przemysłowe zwykle chcą mieć możliwość sterowania lub manipulowania ramieniem robota oraz jego programowania, to wszystko względem różnych obiektów oraz ograniczeń w otoczeniu ramienia robota, takich jak urządzenia, obiekty lub półfabrykaty, osprzęt, przenośniki, palety lub systemy wizyjne. Tradycyjnie jest to realizowane przez definiowane „ram” (układów współrzędnych), które wiążą wewnętrzny układ współrzędnych ramienia robota (układ współrzędnych podstawy) z układem współrzędnych odpowiedniego obiektu. Możliwe są odwołania zarówno do „współrzędnych narzędzia” jak i do „współrzędnych podstawy” ramienia robota.

Problemem z takimi układami jest pewien poziom wiedzy matematycznej wymagany do zdefiniowania takich systemów współrzędnych oraz czasochłonność procesu definiowania, nawet dla osób przeszkolonych w sztuce programowania i instalacji robotów. Zadanie to często wymaga obliczania macierzy 4x4. W szczególności przedstawianie orientacji jest dość złożone z punktu widzenia osoby, która nie ma wystarczającego doświadczenia, aby zrozumieć ten problem.

Często zadawane przez klientów pytania to, na przykład:

- Czy będzie możliwe odsunięcie robota o 4 cm od chwytaka mojej obrabiarki sterowanej numerycznie?
- Czy możliwe jest obrócenie narzędzia robota o 45 stopni w stosunku do stołu?
- Czy możemy sprawić, czy ramię robota przesunie się pionowo w dół z obiektem, puści obiekt, a następnie przesunie się ponownie pionowo do góry?

Znaczenie takich i podobnych pytań jest bardzo proste dla przeciętnego klienta, który chce używać robota na różnych stanowiskach w zakładzie produkcyjnym. Fakt, że nie ma prostej odpowiedzi na tak *ważne* pytania, może być dla klienta irytujący i niezrozumiały. Istnieje kilka skomplikowanych przyczyn takiego stanu i aby rozwiązać te problemy, firma Universal Robots stworzyła wyjątkowe i proste sposoby, za pomocą których klient może określić lokalizację różnych obiektów w stosunku do ramienia robota. Dlatego też możliwe jest zrobienie w kilku krokach dokładnie tego, o co pytają klienci.

---

## Zmień nazwę

Przycisk ten umożliwia zmianę nazwy elementu.

---

## Usuń

Przycisk ten usuwa wybraną funkcję oraz wszelkie jej podfunkcje, jeśli takie istnieją.

---

## Pokaż osie

Wybór, czy osie współrzędnych wybranej funkcji będą widoczne na grafice 3D. Wybór ten działa na tym ekranie oraz na ekranie Przesuń.

---

## Z możliwością impulsowania

Wybór, czy wybrana funkcja będzie mieć możliwość impulsowania. To określa, czy pojawi się on w menu funkcji na ekranie Przesuń.

---

## Zmienna

Wybór, czy wybrana funkcja może być stosowana jako zmienna. Kiedy ta opcja jest wybrana, podczas edycji programów robota dostępna będzie zmienna o nazwie funkcji z dołączonym ciągiem „\_var”. Tej zmiennej można przypisać nową wartość w programie i następnie jej używać do sterowania punktami orientacyjnymi, które zależą od wartości funkcji.

---

## Ustaw lub zmień pozycję

Ten przycisk pozwala ustawić lub zmienić wybrany element. Pojawia się ekran Przesuń i możliwe jest ustawienie nowej lub innej pozycji elementu.

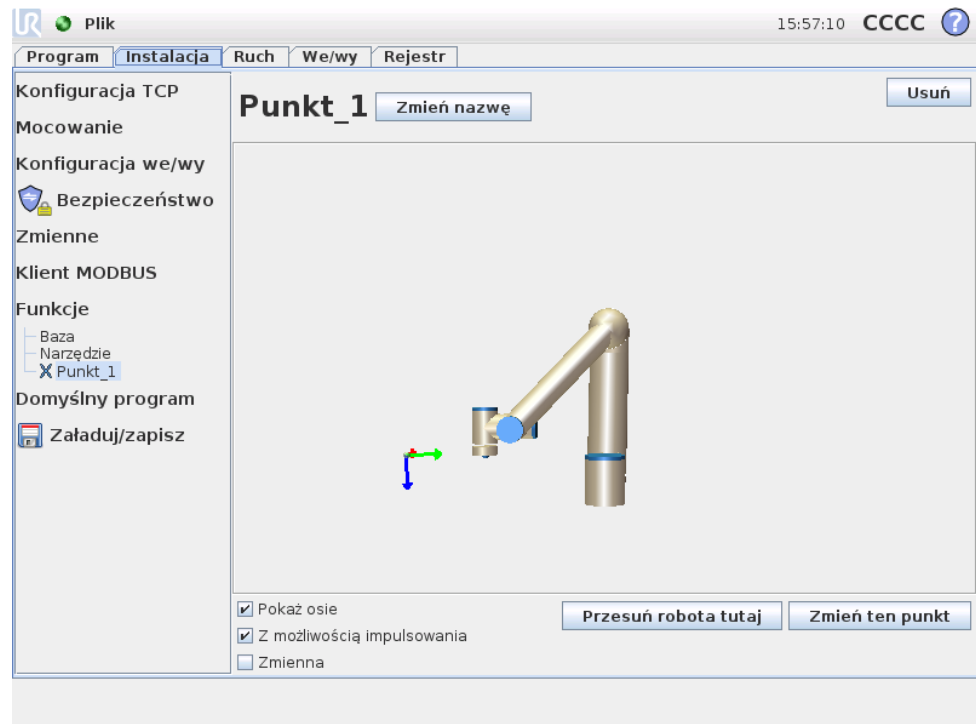
---

## Przesuń robota do funkcji

Naciśnięcie tego przycisku przesunie robota w stronę wybranej funkcji. Pod koniec tego ruchu układy współrzędnych elementu oraz punktu centralnego narzędzia (TCP) będą się pokrywać, za wyjątkiem obrotu o 180 stopni wokół osi x.

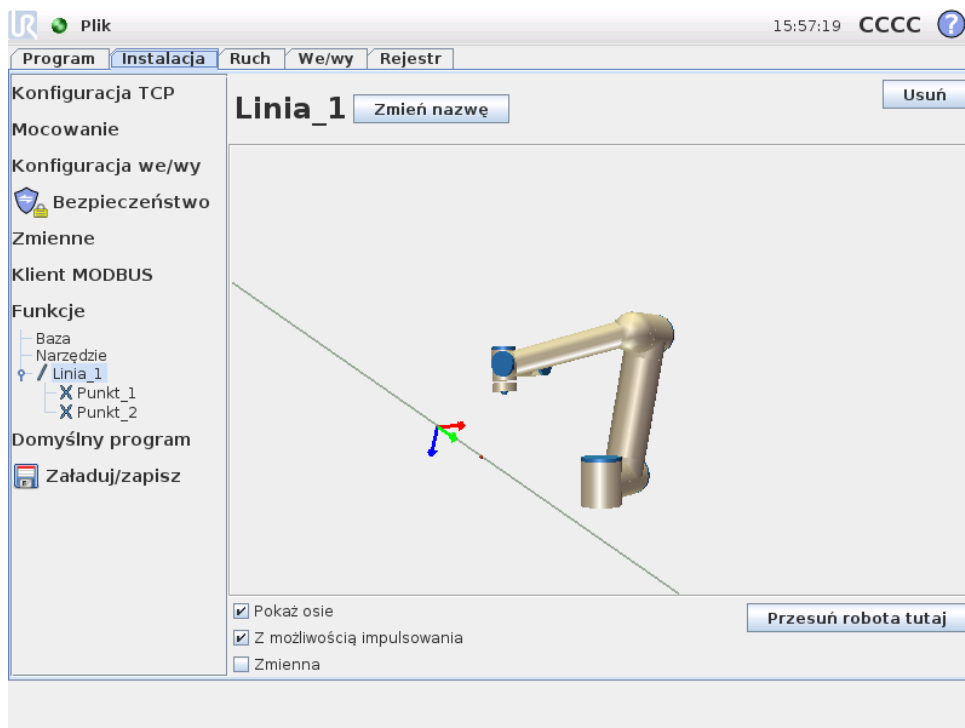
## Dodaj punkt

Naciśnięcie tego przycisku spowoduje dodanie do instalacji funkcji punktowej. Pozycja funkcji punktowej jest zdefiniowana jako pozycja punktu centralnego narzędzia (TCP). Orientacja funkcji punktowej jest taka sama jak orientacja TCP, za wyjątkiem obrotu o 180 stopni dookoła osi x. To powoduje, że oś Z funkcji punktowej jest skierowana w kierunku przeciwnym do TCP w tym punkcie.



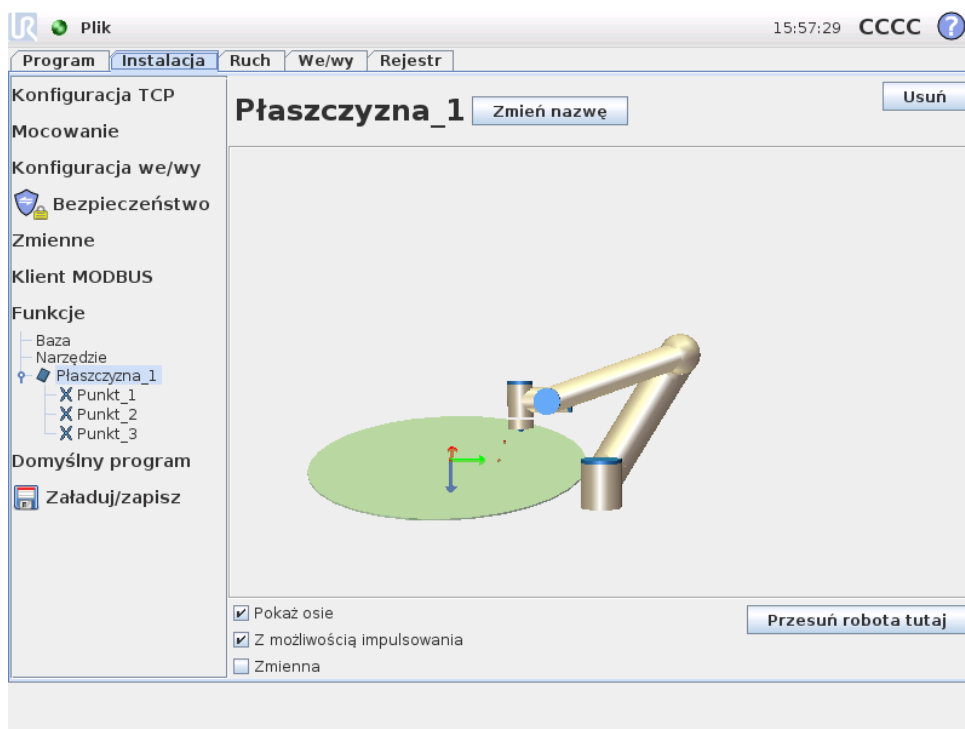
## Dodaj linię

Naciśnięcie tego przycisku spowoduje dodanie do instalacji funkcji liniowej. Linia jest definiowana jako oś pomiędzy dwoma funkcjami punktowymi. Oś ta, skierowana od pierwszego do drugiego punktu, będzie stanowić oś y układu współrzędnych linii. Oś z będzie definiowana przez rzutowanie osi z pierwszego podpunktu na płaszczyznę prostopadłą do linii. Pozycja układu współrzędnych linii jest taka sama, co pozycja pierwszego podpunktu.

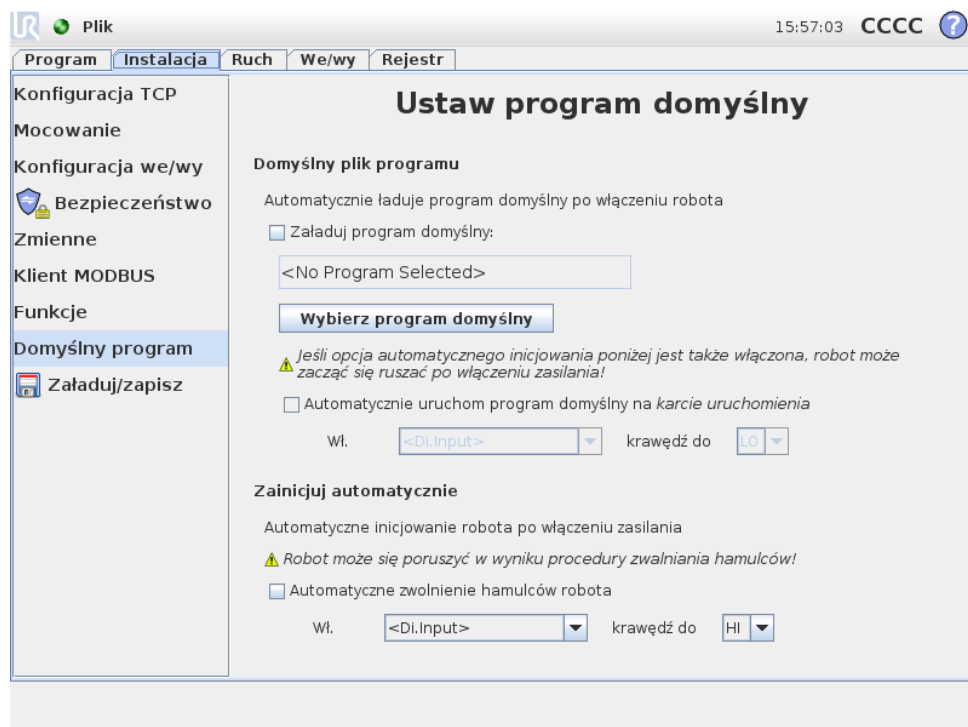


## Dodaj płaszczyznę

Naciśnięcie tego przycisku spowoduje dodanie do instalacji funkcji płaszczyzny. Płaszczyzna jest definiowana przez trzy funkcje punktowe. Pozycja układu współrzędnych jest taka sama, jak pozycja pierwszego podpunktu. Oś z to normalna płaszczyzny, a oś y jest skierowana od pierwszego punktu do drugiego. Dodatni kierunek osi z jest ustawiony w taki sposób, aby kąt pomiędzy osią z płaszczyzny a osią z pierwszego punktu był mniejszy niż 180 stopni.



## 11.13 Instalacja → Program domyślny



Na tym ekranie znajdują się ustawienia automatycznego ładowania i uruchamiania programu domyślnego, a także automatycznego inicjowania ramienia robota po włączeniu zasilania.



### OSTRZEŻENIE:

Jeśli włączone będą wszystkie trzy opcje: automatycznego ładowania, automatycznego uruchomienia i inicjowania, robot rozpocznie wykonywanie wybranego programu od razu po włączeniu skrzynki sterowniczej.

### 11.13.1 Ładowanie programu domyślnego

Można wybrać opcję ładowania programu domyślnego po włączeniu skrzynki sterowniczej. Ponadto program domyślny będzie ładowany także po przejściu do ekranu *Uruchom program*, kiedy nie jest załadowany żaden program (zob. 9.3).

### 11.13.2 Uruchamianie programu domyślnego

Na ekranie *Uruchom program* możliwe jest automatyczne rozpoczęcie programu domyślnego. Wykonywanie programu zostanie rozpoczęte automatycznie po załadowaniu domyślnego programu i wykryciu zmiany określonej przez zbrocze zewnętrznego sygnału wejściowego.

Należy pamiętać, że przy uruchamianiu bieżący poziom sygnału wejściowego jest niezdefiniowany, a wybranie zmiany, która odpowiada poziomowi sygnału przy uruchomieniu spowoduje natychmiastowe rozpoczęcie wykonywania programu.

Ponadto opuszczenie ekranu *Uruchom program* lub naciśnięcie przycisku zatrzymania na *Tablicy przyrządów* zdezaktywuje funkcję automatycznego rozpoczęcia aż do ponownego naciśnięcia przycisku uruchomienia.

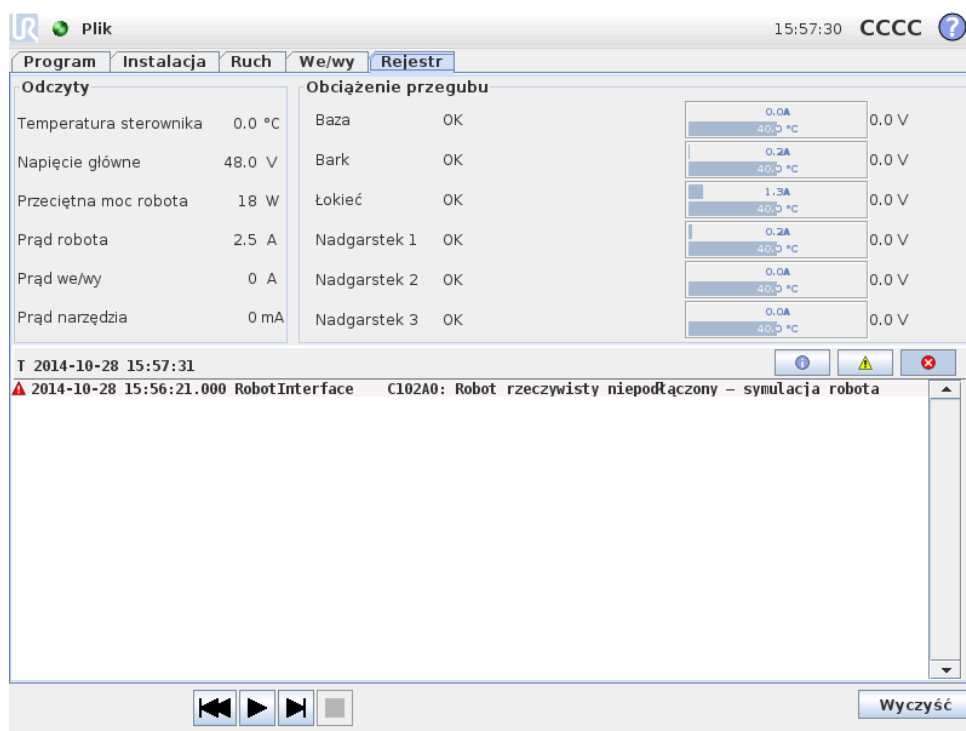
### 11.13.3 Automatyczne inicjowanie

Ramię robota może zostać automatycznie zainicjowane, na przykład w chwili włączenia skrzynki sterowniczej. Ramię robota zostanie całkowicie zainicjowane w przypadku wykrycia przejścia z boczna w wybranym, zewnętrznym sygnale wejściowym, niezależnie od tego, który ekran jest widoczny.

Ostatni etap inicjowania to *zwolnienie hamulców*. Kiedy robot zwalnia hamulce, dochodzi do jego nieznacznego przesunięcia i słyszalny jest dźwięk. Ponadto hamulców nie można automatycznie zwolnić, jeśli skonfigurowane zamocowanie nie odpowiada mocowaniu wykrytemu na podstawie danych z czujników. W takim przypadku konieczna jest ręczne inicjowanie robota na ekranie inicjowania (zob. 9.4).

Należy pamiętać, że przy uruchamianiu bieżący poziom sygnału wejściowego jest niezdefiniowany, a wybranie zmiany, która odpowiada poziomowi sygnału przy uruchomieniu spowoduje natychmiastowe inicjowanie ramienia robota.

## 11.14 Karta rejestru



**Kondycja robota** W górnej połowie ekranu wyświetlana jest kondycja ramienia robota i skrzynki sterowniczej. Lewa strona pokazuje informacje związane ze skrzynką sterowniczą robota, podczas gdy prawa strona pokazuje informacje o każdym z przegubów robota. Każdy z przegubów robota pokazuje informacje o temperaturze silnika oraz elektroniki, obciążeniu przegubu oraz elektrycznym napięciu na przegubie.

**Rejestr robota** W dolnej połowie ekranu wyświetlane są komunikaty rejestru. Pierwsza kolumna określa kategorię istotności pozycji rejestru. Druga kolumna pokazuje czas pojawienia się komunikatu. Kolejna kolumna pokazuje nadawcę komunikatu. Ostatnia kolumna pokazuje sam komunikat. Komunikaty można filtrować za pomocą przycisków przełączających właściwych dla istotności. Powyższy rysunek ilustruje wyświetlanie błędów przy odfiltrowaniu komunikatów informacyjnych i ostrzegawczych. Niektóre komunikaty rejestru mają na celu przekazanie większej ilości informacji, do których dostęp jest możliwy po wybraniu pozycji rejestru.

## 11.15 Ekran ładowania

Na tym ekranie można wybrać program do załadowania. Istnieją dwie wersje tego ekranu: jedna jest używana, gdy użytkownik chce tylko załadować i wykonać program, a druga pozwala na jego edytowanie.



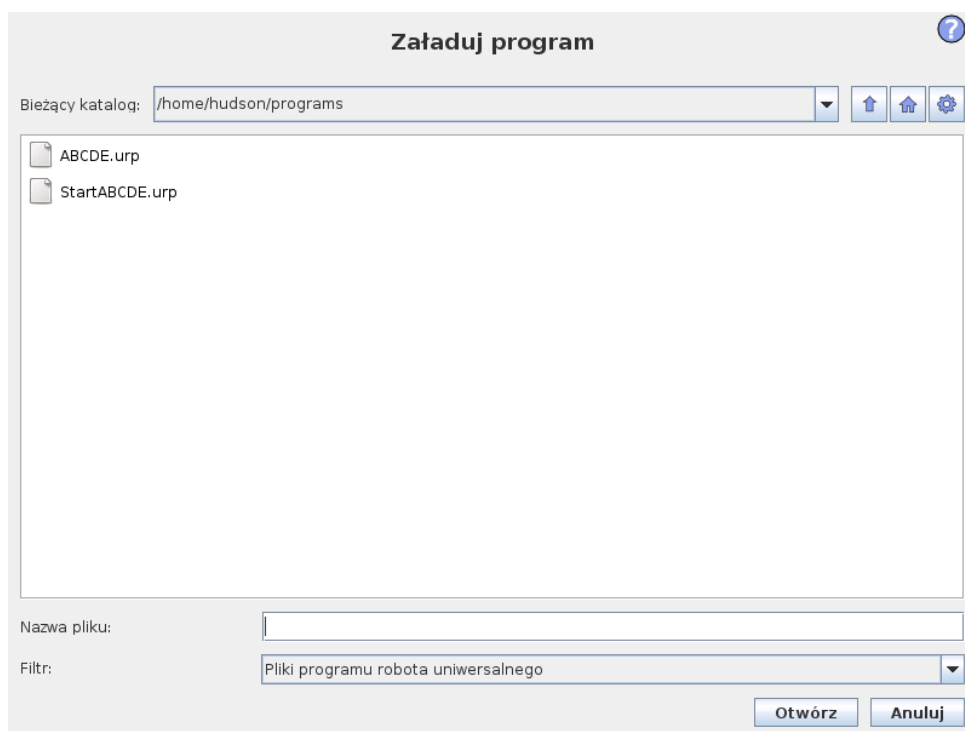
### UWAGA:

Wykonywanie programu z nośnika USB jest niezalecane. Aby wykonywać program zapisany na nośniku USB, należy go najpierw załadować, a następnie zapisać w lokalnym folderze `Programy` za pomocą opcji `Zapisz jako...` z menu `Plik`.

Główne różnice polegają na tym, które działania są dostępne dla użytkownika. Na podstawowym ekranie ładowania użytkownik będzie miał możliwość wyłącznie dostępu do plików bez możliwości ich modyfikowania ani usuwania. Ponadto użytkownik nie może opuścić struktury katalogów, zaczynającej się od folderu `programy`. Użytkownik może przejść do podkatalogu, ale nie może wejść na poziom nadrzędny dla folderu `programy`.

W związku z tym wszystkie programy należy umieszczać w folderze programów i/lub w jej podfolderach.

## Układ ekranu



Ten rysunek przedstawia rzeczywisty ekran ładowania. Składa się z poniższych istotnych obszarów i przycisków:

**Historia ścieżki** Historia ścieżki pokazuje listę ścieżek prowadzących do aktualnej lokalizacji. Oznacza to, że pokazane są wszystkie katalogi nadrzędne aż do katalogu głównego komputera. Można tutaj zauważyć, że dostęp do katalogów powyżej folderu programów jest niemożliwy.

Po wybraniu nazwy folderu na liście okno dialogowe ładowania zmienia się na ten katalog i wyświetla go w obszarze wyboru plików 11.15.

**Obszar wyboru pliku** W tym obszarze okna dialogowego pokazana jest zawartość rzeczywistego obszaru. Pozwala to użytkownikowi na wybranie pliku przez pojedyncze kliknięcie jego nazwy lub otwarcie pliku przez kliknięcie dwukrotne. W przypadku dwukrotnego kliknięcia katalogu okno dialogowe przechodzi do tego folderu i wyświetla jego zawartość.

**Filtr plików** Przez wykorzystanie filtra plików można ograniczyć wyświetlane pliki tylko do pożądanego typu. Wybranie opcji „Pliki kopii zapasowej” powoduje, że w obszarze wyboru plików będzie wyświetlanych ostatnich 10 zapisanych wersji każdego z programów, gdzie rozszerzenie `.old0` to wersja najnowsza, a `old9` najstarsza.

**Pole pliku** Tutaj pokazany jest aktualnie wybrany plik. Użytkownik ma możliwość ręcznego wprowadzenia nazwy pliku, klikając ikonę klawiatury z prawej strony pola. Pojawi się wtedy klawiatura ekranowa, przy pomocy której użytkownik może wprowadzić nazwę pliku bezpośrednio na ekranie.

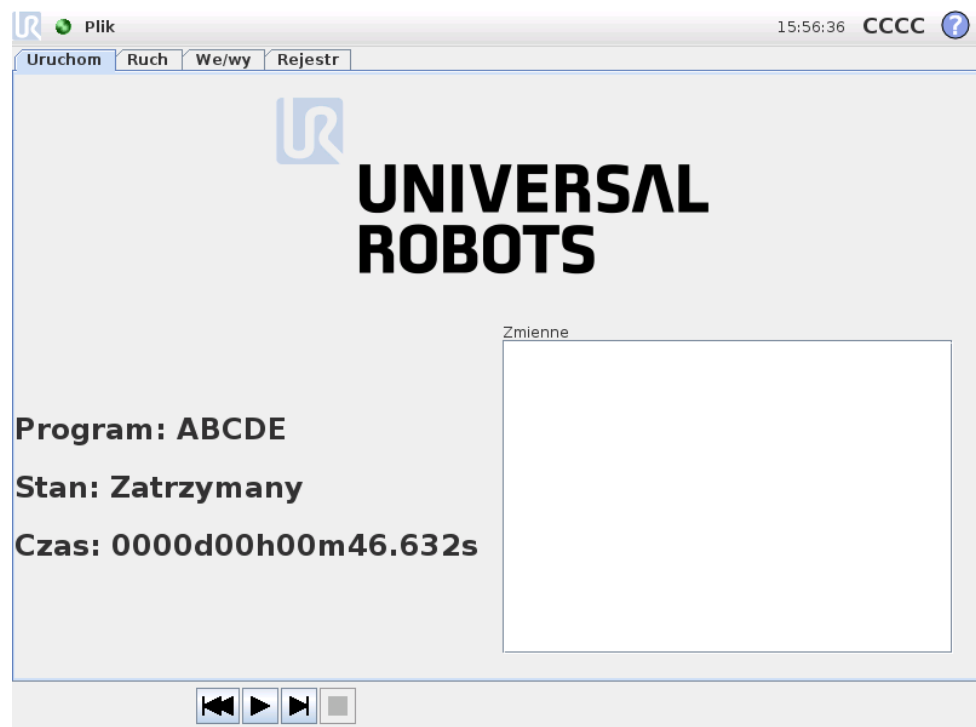
**Przycisk Otwórz** Kliknięcie przycisku Otwórz spowoduje otwarcie aktualnie wybranego pliku i powrót do poprzedniego ekranu.

**Przycisk Anuluj** Kliknięcie przycisku Anuluj spowoduje przerwanie trwającego procesu ładowania i przełączenie ekranu do poprzedniego obrazu.

**Przyciski działań** Zestaw przycisków pozwala użytkownikowi na wykonywanie działań, które normalnie byłyby dostępne po kliknięciu prawym przyciskiem nazwy pliku w zwykłym oknie dialogowym. Dostępna jest także możliwość poruszania się w górę struktury katalogów i bezpośrednio do folderu programów.

- Nadrzędny: Przejście do góry w strukturze katalogów. Ten przycisk będzie nieaktywny w dwóch przypadkach: kiedy bieżący katalog jest na najwyższym poziomie lub kiedy ekran działa w trybie ograniczonym i bieżący katalog jest folderem programu.
- Przejdź do folderu programu: Przejdź do ekranu głównego
- Działania: Działania takie jak utworzenie katalogu, usunięcie pliku itp.

## 11.16 Karta uruchomienia



Ta karta umożliwia bardzo prostą obsługę ramienia robota i skrzynki sterowniczej i zawiera minimalną możliwą liczbę przycisków i opcji. W połączeniu z zabezpieczeniem hasłem części PolyScope odpowiadającej za programowanie (zob. 13.3) pozwala ona przekształcić robota w narzędzie, w którym można uruchamiać wyłącznie gotowe napisane programy.

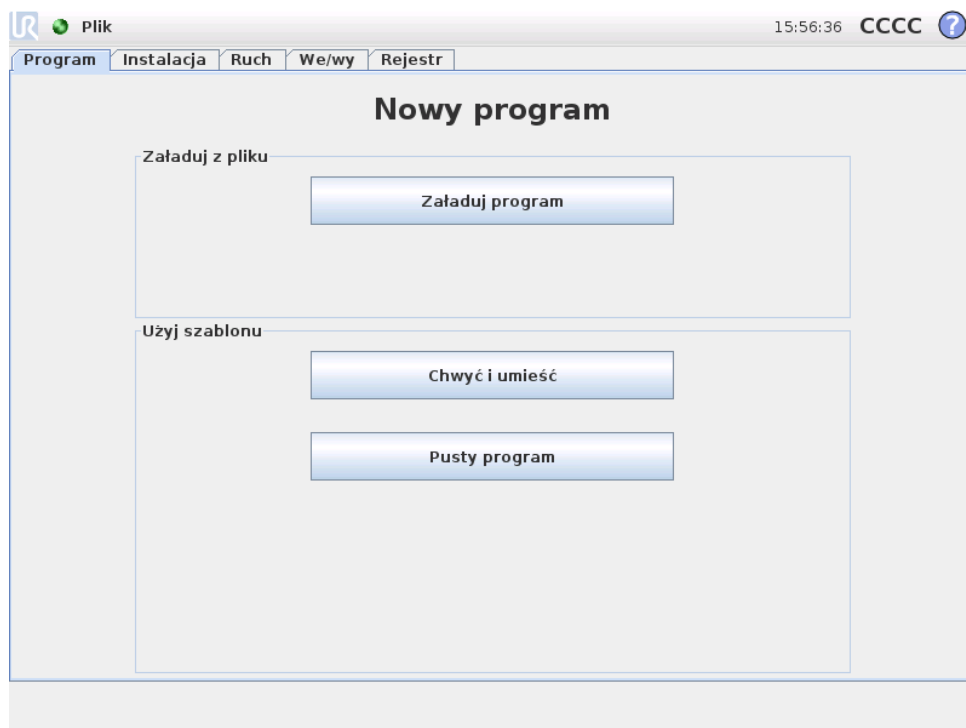
Ponadto w tej karcie możliwe jest automatyczne załadowanie i uruchomienie programu domyślnego na podstawie przejścia z boczna zewnętrznego sygnału wejściowego (zob. 11.13). Połączenie automatycznego ładowania i uruchamiania programu domyślnego oraz automatycznego inicjowania przy uruchomieniu może być użyte na przykład do zintegrowania ramienia robota z inną maszyną.



Copyright © 2009-2014, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

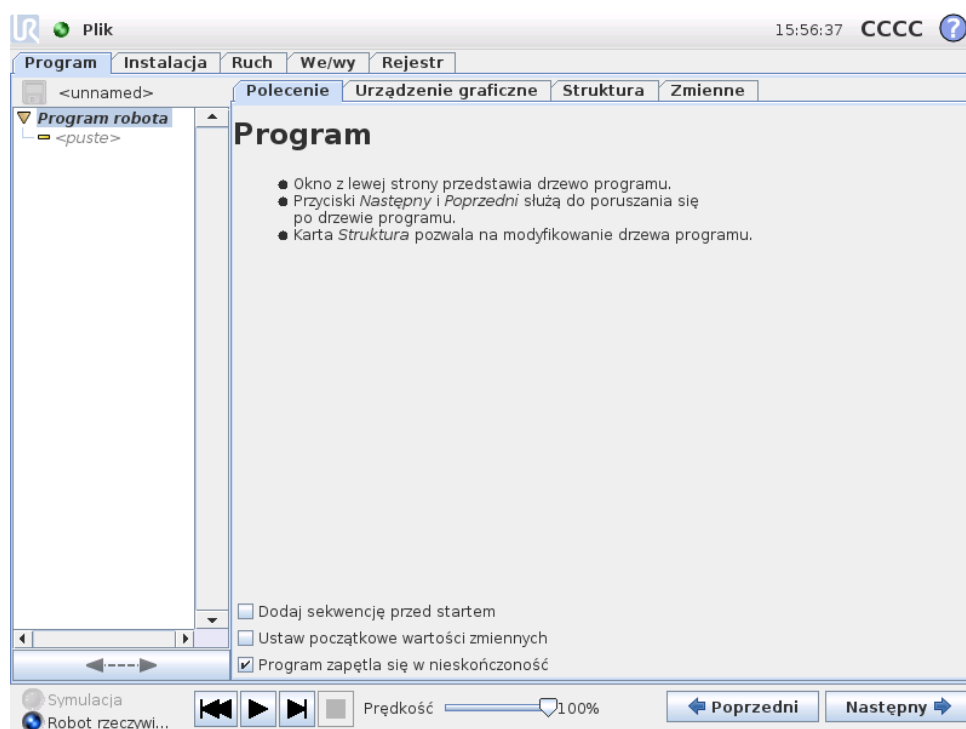
# 12 Programowanie

## 12.1 Nowy program



Nowy program robota można zacząć pracę albo od *szablonu*, albo od istniejącego (zapisanego) programu robota. *Szablon* może zapewnić ogólną strukturę programu, tak że konieczne jest tylko uzupełnienie szczegółów programu.

## 12.2 Karta Program



Na karcie Program jest wyświetlany aktualnie edytowany program.

*Drzewo programu* z lewej strony ekranu wyświetla program jako listę poleceń, zaś obszar z prawej strony ekranu wyświetla informacje dotyczące bieżącego polecenia. Bieżące polecenie wybiera się, klikając listę poleceń lub używając przycisków *Poprzedni* i *Następny* w prawej dolnej części ekranu. Polecenia można wstawiać i usuwać na karcie *Struktura*, której opis zawiera 12.29. Nazwa programu jest wyświetlana bezpośrednio nad listą poleceń z małą ikoną dyskiety, którą można kliknąć, aby szybko zapisać program.

Najniższa część ekranu to *Tablica przyrządów*. *Tablica przyrządów* zawiera zestaw przycisków podobnych do tych ze starych magnetofonów, za pomocą których można uruchamiać i zatrzymywać programy, wykonywać je krokowo i ponownie uruchamiać. *Suwak szybkości* umożliwi regulację szybkości programu w dowolnej chwili, co bezpośrednio wpływa na szybkość ruchów robota. Ponadto *suwak szybkości* w czasie rzeczywistym pokazuje względną szybkość ruchu ramienia robota z uwzględnieniem ustawień bezpieczeństwa. Wskazywana wartość procentowa to maksymalna szybkość, jaką można osiągnąć w działającym programie bez narażenia systemu bezpieczeństwa.

Z lewej strony *Tablicy przyrządów* znajdują się przyciski *Symulacja* i *Robot rzeczywisty*, które przełączają uruchomienie programu między pracą w trybie symulacji i pracą na prawdziwym robocie. Podczas pracy w trybie symulacji ramię robota się nie porusza, dzięki czemu nie może ulec uszkodzeniu ani uszkodzić pobliskiego wyposażenia w efekcie kolizji. Symulacja służy do testowania programów, jeśli nie ma pewności co do czynności ramienia robota.

**NIEBEZPIECZEŃSTWO:**

1. Po naciśnięciu przycisku `Odtwarzaj` należy koniecznie pozostać poza przestrzenią roboczą robota. Zaprogramowany ruch może się różnić od oczekiwanego.
2. Po naciśnięciu przycisku `Krok` należy koniecznie pozostać poza przestrzenią roboczą robota. Działanie przycisku `Krok` może być trudne do zrozumienia. Należy go używać tylko w razie absolutnej konieczności.
3. Program należy zawsze sprawdzać z szybkością ograniczoną przez suwak szybkości. Logiczne błędy programowania popełnione przez integratora mogą powodować nieoczekiwane ruchy ramienia robota.

Podczas pisania programu wynikowe ruchy ramienia robota są pokazywane na rysunku 3D na karcie `Urządzenie graficzne`, której opis zawiera 12.28.

Obok każdego polecenia programu znajduje się mała ikona, która ma barwę czerwoną, żółtą lub zieloną. Czerwona ikona oznacza, że w danym poleceniu występuje błąd, żółta oznacza, że polecenie nie jest ukończone, zaś zielona oznacza, że całość jest prawidłowa. Program można uruchomić tylko wtedy, kiedy wszystkie polecenia są zielone.

## 12.3 Zmienne

Program robota może używać zmiennych do zapisywania i aktualizowania różnych wartości podczas pracy. Dostępne są dwa rodzaje zmiennych:

*Zmienne instalacji:* Te zmienne mogą być używane przez wiele programów, a ich nazwy i wartości są powiązane z instalacją robota (więcej szczegółowych informacji zawiera 11.10);

*Zwykłe zmienne programowe:* Te zmienne są dostępne wyłącznie dla wykonywanego programu, a ich wartości są tracone od razu po zatrzymaniu programu.

Dostępne są poniższe typy zmiennych:

*logiczna* Zmienna logiczna, której wartość to albo `Prawda`, albo `Fałsz`.

*całk.* Liczba całkowita z zakresu od  $-32768$  do  $32767$ .

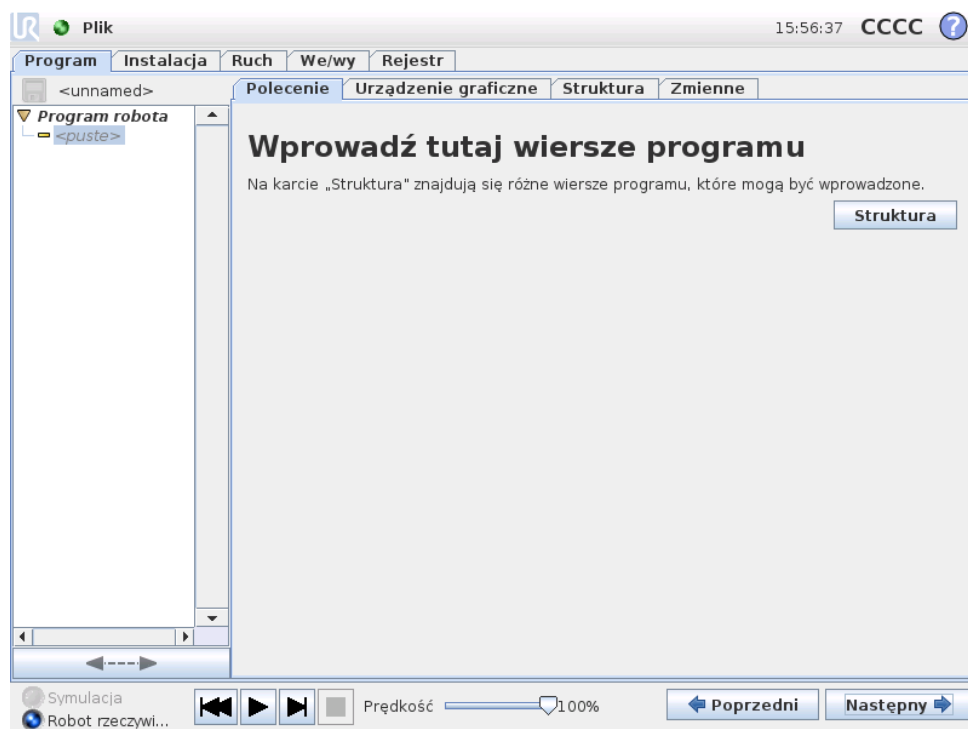
*zm.przec* Liczba zmiennoprzecinkowa (dziesiętna).

*ciąg* Ciąg znaków.

*postawa* Wektor opisujący lokalizację i orientację w przestrzeni kartezjańskiej. Jest to połączenie wektora wodzącego  $(x, y, z)$  i wektora obrotu  $(rx, ry, rz)$  określającego orientację, z zapisem `p[x, y, z, rx, ry, rz]`.

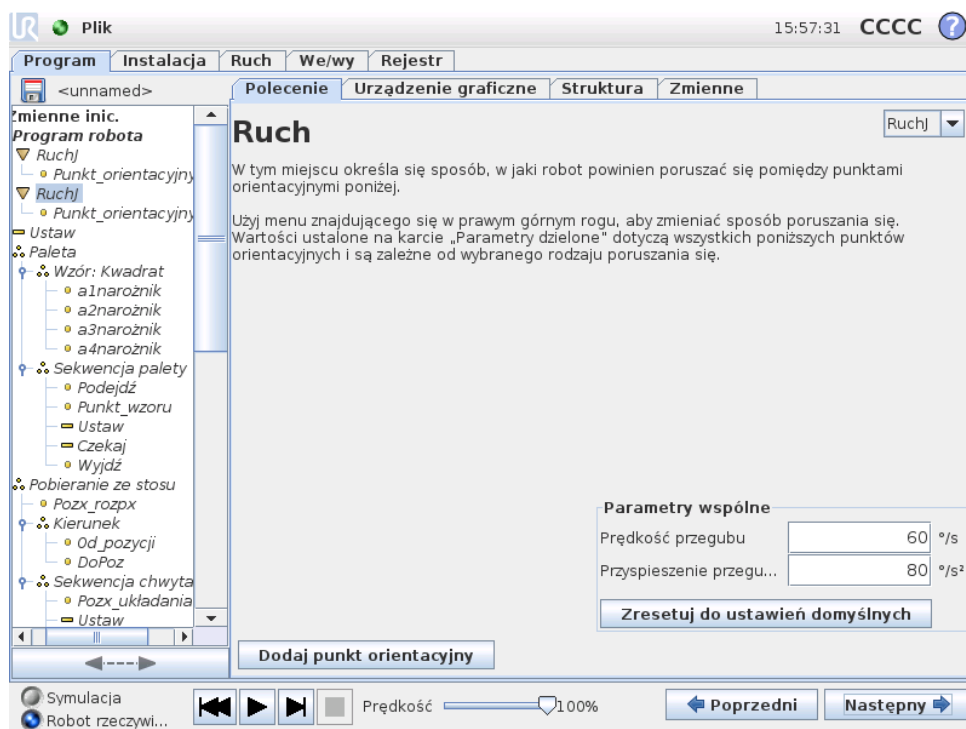
*lista* Ciąg zmiennych.

## 12.4 Polecenie: Puste



Tutaj należy wstawić polecenia programu. Aby przejść do karty struktury, gdzie można znaleźć różne wiersze programu do wybrania, należy nacisnąć przycisk **Struktura**. Programu nie można uruchomić zanim wszystkie wiersze nie zostaną określone i zdefiniowane.

## 12.5 Polecenie: Ruch



Polecenie Ruch steruje ruchem robota przez zadane punkty orientacyjne. Punkty orientacyjne muszą zostać określone w ramach polecenia Ruch. Polecenie Ruch określa przyspieszenie i szybkość, z jaką ramię robota będzie się poruszać między tymi punktami orientacyjnymi.

### Rodzaje ruchów

Można wybrać jeden z trzech rodzajów ruchów: *RuchJ*, *RuchL* oraz *RuchP*, które zostały opisane poniżej.

- **RuchJ** powoduje wykonywanie ruchów obliczanych w *przestrzeni przegubów* ramienia robota. Każdy przegub jest sterowany tak, aby jednocześnie osiągnąć żądane położenie końcowe. Ten rodzaj ruchu daje zakrzywiony tor narzędzia. Wspólnymi parametrami mającymi zastosowanie do tego rodzaju ruchu są maksymalna szybkość przegubu i przyspieszenie przegubu, używane w obliczeniach ruchu i wyrażane odpowiednio w jednostkach  $deg/s$  i  $deg/s^2$ . Jeśli ramię robota ma się szybko przemieścić między punktami orientacyjnymi bez względu na tor narzędzia między nimi, należy wybrać ten rodzaj ruchu.
- **RuchL** powoduje liniowy ruch narzędzia między punktami orientacyjnymi. Oznacza to, że każdy przegub wykonuje dużo bardziej złożony ruch, aby utrzymać narzędzie na prostym torze. Wspólnymi parametrami, które można ustawić dla tego rodzaju ruchu są żądana szybkość narzędzia i przyspieszenie narzędzia wyrażane odpowiednio w jednostkach  $mm/s$  i  $mm/s^2$ , a także funkcja. Wybrana funkcja określa, w jakiej przestrzeni funkcji są reprezentowane pozycje narzędzia w punktach orientacyjnych. Szczególnie interesujące

z punktu widzenia przestrzeni funkcji są zmienne funkcje i zmienne punkty orientacyjne. Zmiennych funkcji można użyć, gdy pozycja narzędzia w punkcie orientacyjnym powinna zostać określona przez rzeczywistą wartość zmiennej funkcji, gdy działa program robota.

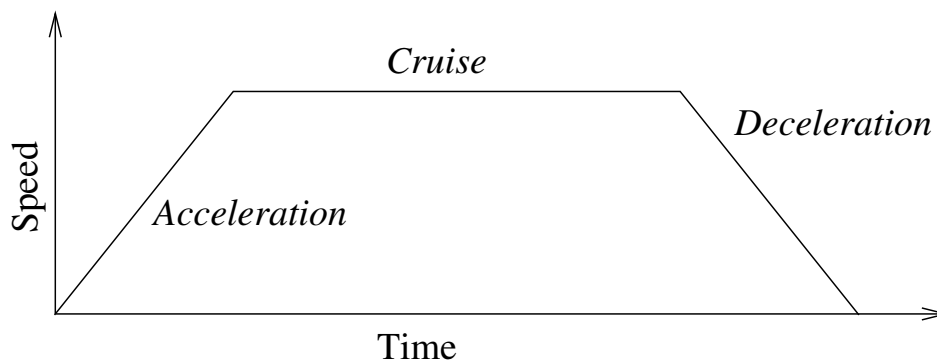
- **RuchP** powoduje liniowy ruch narzędzia ze stałą szybkością z kołowym mieszaniem i służy do wykonywania takich operacji, jak klejenie lub dozowanie. Wielkość promienia mieszania jest domyślnie wspólną wartością dla wszystkich punktów orientacyjnych. Mniejsza wartość spowoduje, że tor będzie ostrzejszy, zaś większa wartość spowoduje, że tor będzie łagodniejszy. Gdy ramię robota porusza się między punktami orientacyjnymi ze stałą szybkością, skrzynka sterownicza robota nie może oczekiwać na operację we/wy ani czynność operatora. Taka sytuacja może zatrzymać ruch ramienia robota lub spowodować zatrzymanie ochronne.

Do polecenia RuchP można dodać **ruch po okręgu**, który składa się z dwóch punktów orientacyjnych: pierwszy określa punkt przejściowy na łuku okręgu, a drugi punkt końcowy ruchu. Robot rozpocznie ruch po okręgu z bieżącej pozycji, a następnie przejdzie przez dwa określone punkty orientacyjne. Zmiana orientacji narzędzia przez ruch po okręgu jest określona jedynie orientacją początkową i orientacją w punkcie końcowym, więc orientacja punktu przejściowego nie wpływa na ten ruch. Ruch po okręgu zawsze musi być poprzedzony punktem orientacyjnym pod tym samym poleceniem RuchP.

## Wybór funkcji

Dla opcji *RuchL* i *RuchP* można wybrać, w jakiej przestrzeni funkcji będą reprezentowane punkty orientacyjne w ramach polecenia Ruch, gdy te punkty orientacyjne będą określane. Oznacza to, że podczas ustawiania punktu orientacyjnego program będzie pamiętał współrzędne narzędzia w przestrzeni funkcji dla wybranej funkcji. Istnieje kilka okoliczności wymagających dokładniejszego omówienia.

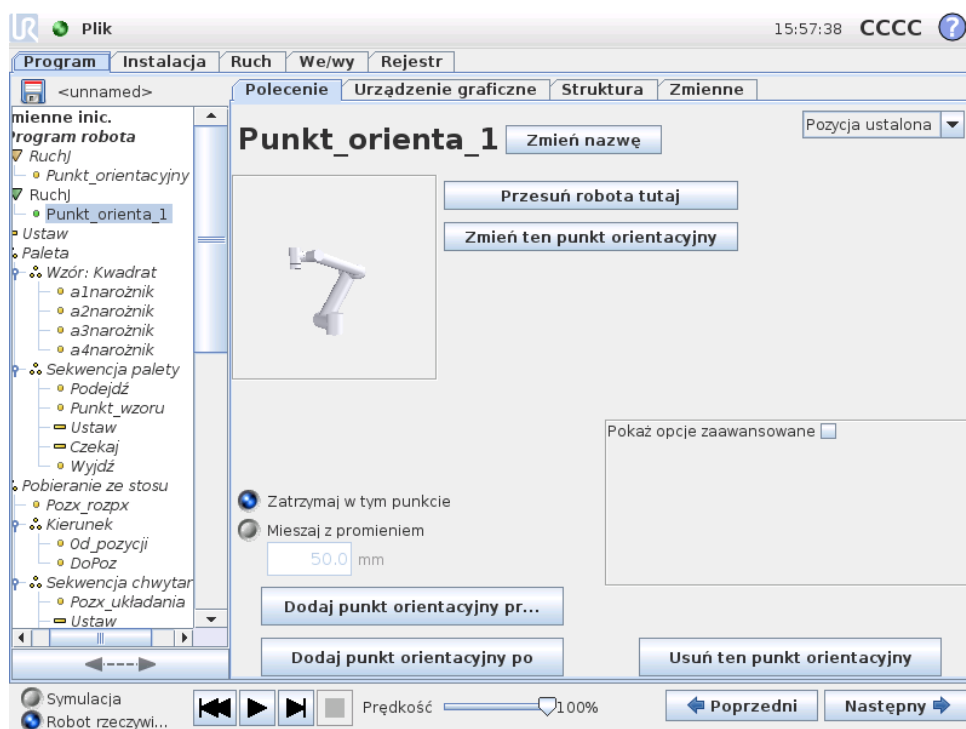
- **Funkcja stała:** Jeśli zostanie wybrana funkcja stała, jak np. *Baza*, nie będzie to miało żadnego wpływu na punkty orientacyjne *Ustalone* i *Względne*. Zachowanie *zmiennych* punktów orientacyjnych opisano poniżej.
- **Funkcja zmienna:** Jeśli dowolna z funkcji w aktualnie załadowanej instalacji zostanie określona jako zmienna, odpowiadające jej zmienne będzie również można wybrać w menu wyboru funkcji. Jeśli zostanie wybrana zmienna funkcji (nazywana nazwą funkcji i z przedrostkiem „\_var”), ruchy ramienia robota (z wyjątkiem punktów orientacyjnych *Względne*) będą zależeć od bieżącej wartości zmiennej podczas działania programu. Wartością początkową zmiennej funkcji jest wartość rzeczywistej funkcji. Oznacza to, że ruchy ulegną zmianie tylko, gdy zmienna funkcji zostanie aktywnie zmieniona przez program robota.
- **Zmienny punkt orientacyjny:** Gdy ramię robota porusza się do zmiennego punktu orientacyjnego, docelowe położenie narzędzia zawsze będzie obliczane jako współrzędne zmiennej w przestrzeni wybranej funkcji. W związku z tym ruch ramienia robota do zmiennego punktu orientacyjnego zawsze się zmieni w przypadku wybrania innej funkcji.



Rysunek 12.1: Profil szybkości dla ruchu. Krzywą można podzielić na trzy części: przyspieszenie, stała szybkość i hamowanie. Poziomą fazę stała szybkość jest określany przez ustawienie szybkości ruchu, zaś nachylenie faz przyspieszenia i hamowania są określane przez parametr przyspieszenia.

Ustawienia wspólnych parametrów polecenia Ruch dotyczą toru od bieżącego położenia ramienia robota do pierwszego punktu orientacyjnego w ramach polecenia, a stamtąd do każdego kolejnego punktu orientacyjnego. Ustawienia polecenia Ruch nie mają zastosowania do toru idącego *od* ostatniego punktu orientacyjnego w ramach danego polecenia Ruch.

## 12.6 Polecenie: Ustalony punkt orientacyjny



Punkt na torze robota. Punkty orientacyjne są najważniejszą częścią programu robota i kierują ramię robota, gdzie ma się znaleźć. Punkt orientacyjny o ustalonej pozycji jest określany przez fizyczne przesunięcie ramienia robota do danej pozycji.

## 12.7 Ustawianie punktu orientacyjnego

Należy nacisnąć ten przycisk, aby przejść do ekranu Ruch, gdzie można określić pozycję ramienia robota dla tego punktu orientacyjnego. Jeśli punkt orientacyjny został za pomocą polecenia Ruch umieszczony w przestrzeni liniowej (RuchL lub RuchP), dla tego polecenia Ruch musi zostać wybrana poprawna funkcja, aby można było nacisnąć ten przycisk.

---

### Nazwy punktów orientacyjnych

Nazwy punktów orientacyjnych można zmieniać. Dwa punkty orientacyjne o tej samej nazwie to zawsze ten sam punkt orientacyjny. Punkty orientacyjne są numerowane podczas definiowania.

---

### Promień mieszany

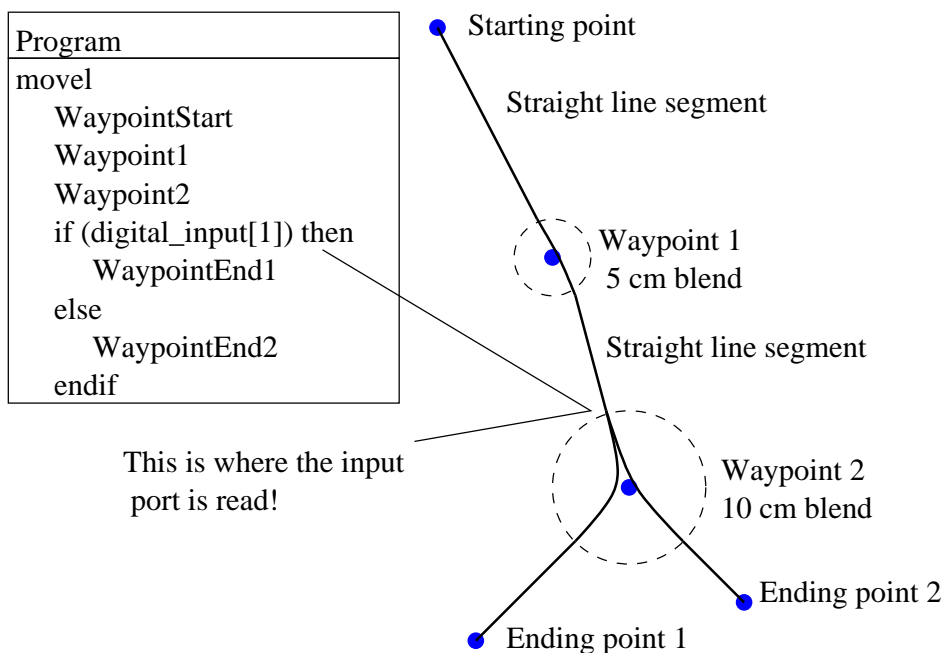
W przypadku ustawienia promienia mieszane trajektoria ramienia robota zmienia się wokół punktu orientacyjnego, co pozwala ramieniu nie zatrzymywać się w tym punkcie. Fragmenty mieszania nie mogą się nakładać, więc nie można ustawić promienia mieszane nakładającego się na promień mieszany poprzedniego lub następnego punktu orientacyjnego. Punkt zatrzymania jest to punkt orientacyjny o promieniu mieszanym równym  $0,0mm$ .

---

### Uwaga dotycząca synchronizacji we/wy

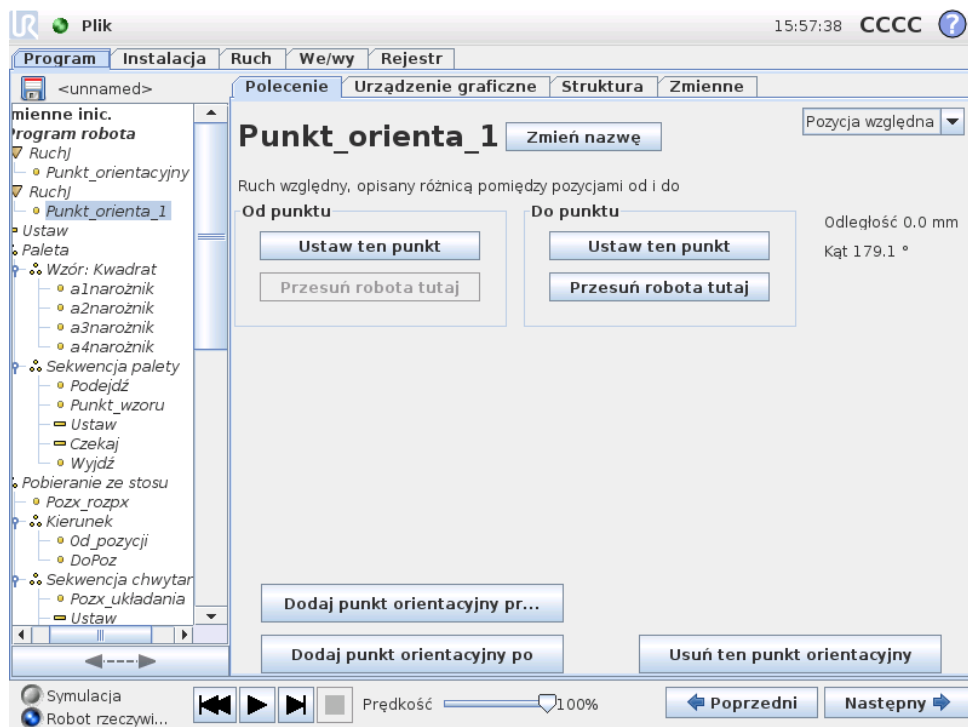
Jeśli punkt orientacyjny jest punktem zatrzymania z poleceniem we/wy jako następnym poleceniem, polecenie we/wy zostanie wykonane po zatrzymaniu ramienia robota w tym punkcie orientacyjnym. Jeśli jednak punkt orientacyjny będzie miał promień mieszany, kolejne polecenie we/wy zostanie wykonane, gdy ramię robota wejdzie w obszar mieszania.

## Przykład



Prosty przykład, w którym program robota przemieszcza narzędzie z pozycji początkowej do jednej z dwóch pozycji końcowych w zależności od stanu wejścia `digital_input[1]`. Należy zauważyć, że trajektoria narzędzia (gruba czarna linia) porusza się po liniach prostych poza obszarami mieszania (przerywane kółka), przy czym trajektoria narzędzia odchyła się od linii prostej wewnątrz obszarów mieszania. Należy również zauważyć, że stan czujnika `digital_input[1]` jest odczytywany przed samym wejściem ramienia robota do obszaru mieszania wokół punktu orientacyjnego 2, pomimo że instrukcja warunkowa `if...then` znajduje się za poleceniem `punkt orientacyjny 2` w sekwencji programu. Jest to nieco sprzeczne z intuicją, ale jest potrzebne przy wyborze poprawnego toru mieszania.

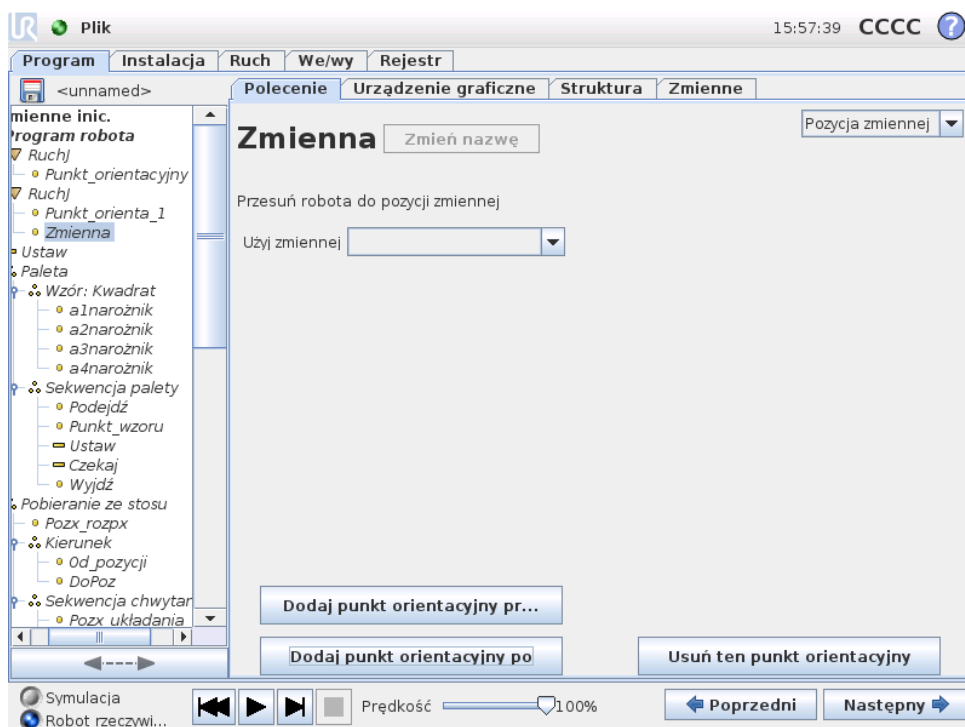
## 12.8 Polecenie: Względny punkt orientacyjny



Punkt orientacyjny, którego pozycja jest podana względem poprzedniej pozycji ramienia robota, na przykład „dwa centymetry w lewo”. Pozycja względna jest zdefiniowana jako różnica pomiędzy dwoma podanymi pozycjami (od lewej do prawej). Należy pamiętać, że powtarzane wykorzystanie pozycji względnych może przesunąć ramię robota poza jego przestrzeń roboczą.

Odległością jest tutaj odległość kartezjańska pomiędzy punktem TCP w dwóch pozycjach. Kąt określa, jak bardzo zmienia się orientacja TCP pomiędzy dwoma pozycjami. Dokładniej mówiąc, chodzi o długość wektora obrotu opisującą zmianę orientacji.

## 12.9 Polecenie: Zmienny punkt orientacyjny



Punkt orientacyjny, którego pozycja została podana jako zmienna, w tym przypadku obliczona\_poz. Zmienna musi stanowić *postawę*, na przykład  $\text{var}=\text{p}[0.5, 0.0, 0.0, 3.14, 0.0, 0.0]$ . Pierwsze trzy odpowiadają  $x,y,z$ , a ostatnie trzy stanowią informację o orientacji podaną w postaci *wektora obrotu* zdefiniowanego przez wektor  $rx,ry,rz$ . Długość osi to kąt obrotu podany w radianach, a sam wektor określa oś, dookoła której dokonuje się obrót. Pozycja jest zawsze podawana względem układu odniesienia albo układu współrzędnych zdefiniowanego przez wybraną cechę. Do zmiennego punktu orientacyjnego ramię robota zawsze przemieszcza się liniowo.

Na przykład w celu przesunięcia robota o 20 mm wzdłuż osi z narzędzia:

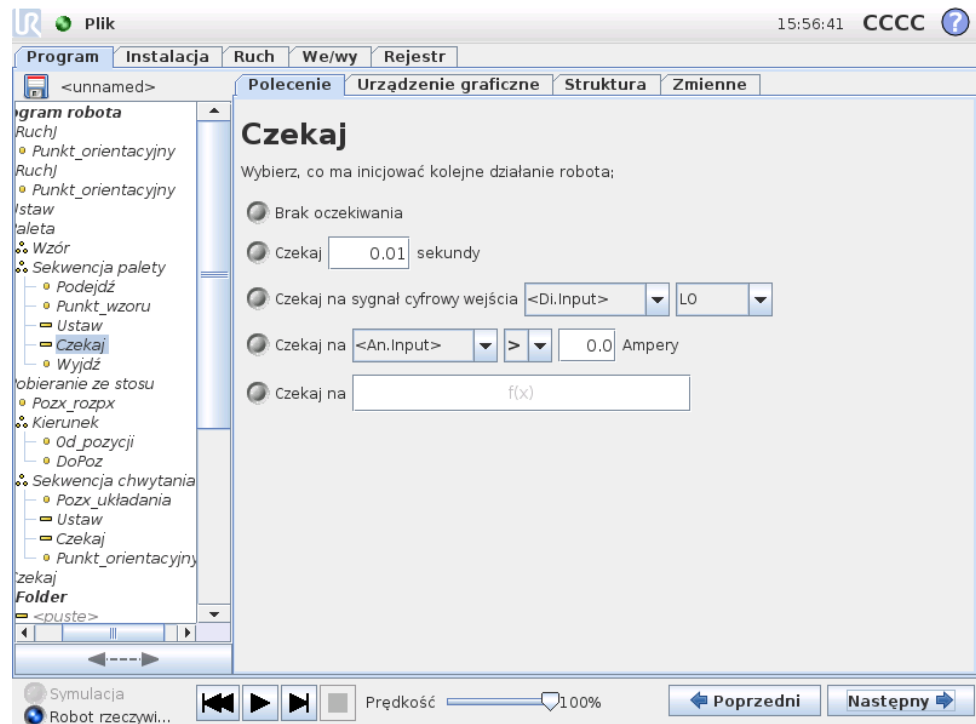
```
zm_1=p[0,0,0.02,0,0,0]
```

```
RuchL
```

```
  Punkt orientacyjny_1 (zmienna pozycja):
```

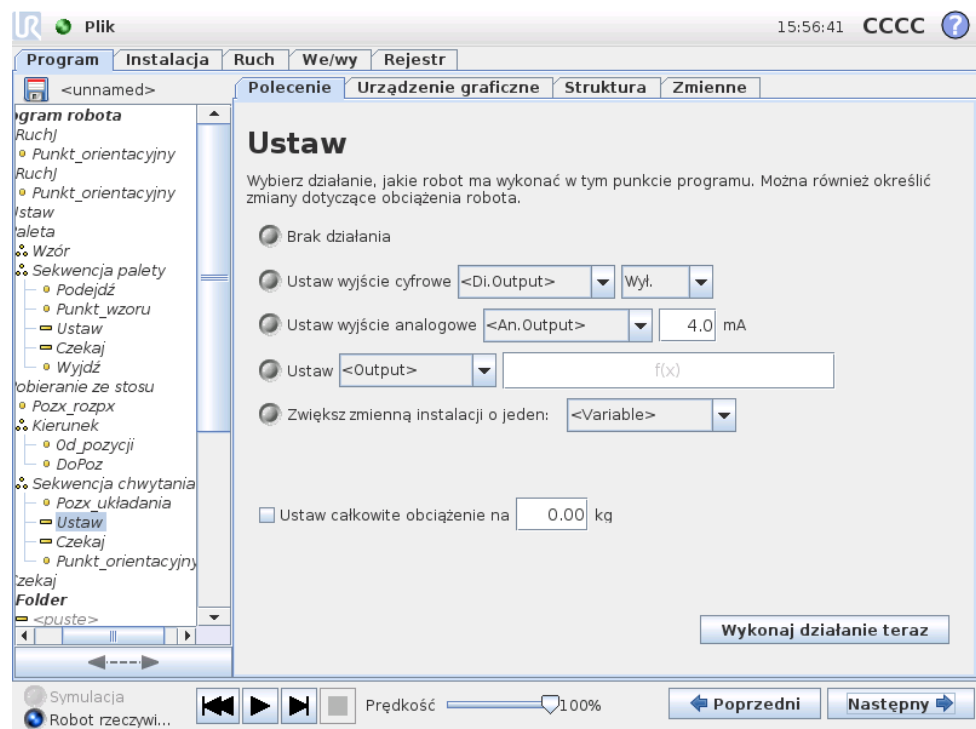
```
  Użyj zmiennej=zm_1, Funkcja=Narzędzie
```

## 12.10 Polecenie: Czekaj



Czeka określony czas lub na sygnał we/wy.

## 12.11 Polecenie: Ustaw

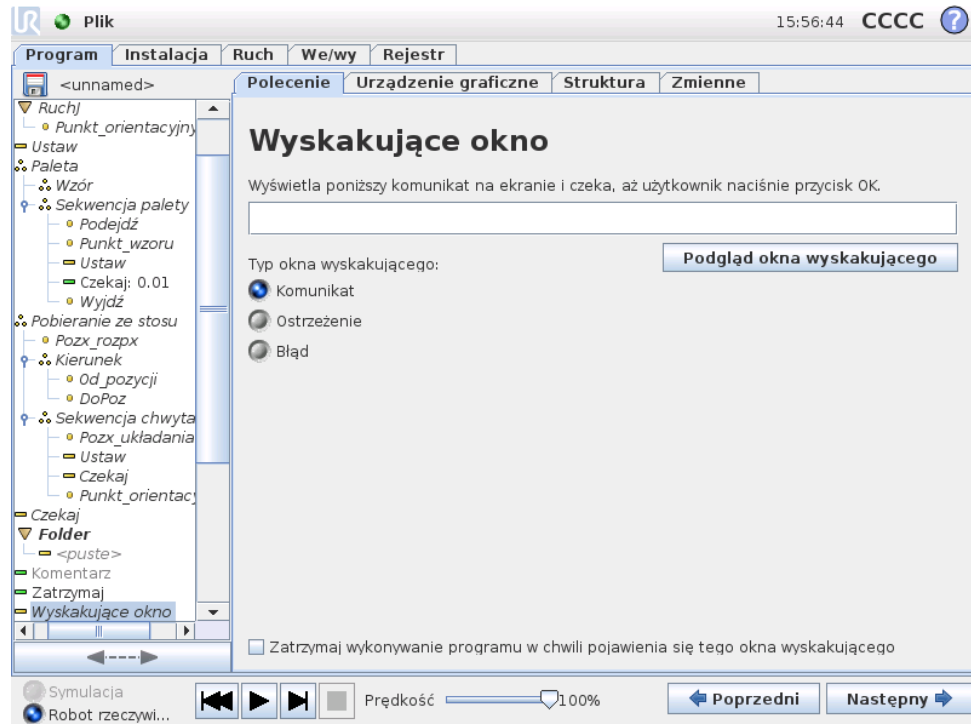


Ustawia wyjścia cyfrowe albo analogowe na zadaną wartość. Może również służyć do ustawiania obciążenia ramienia robota, na przykład ciężaru podnoszonego w

## 12.12 Polecenie: Wyskakujące okno

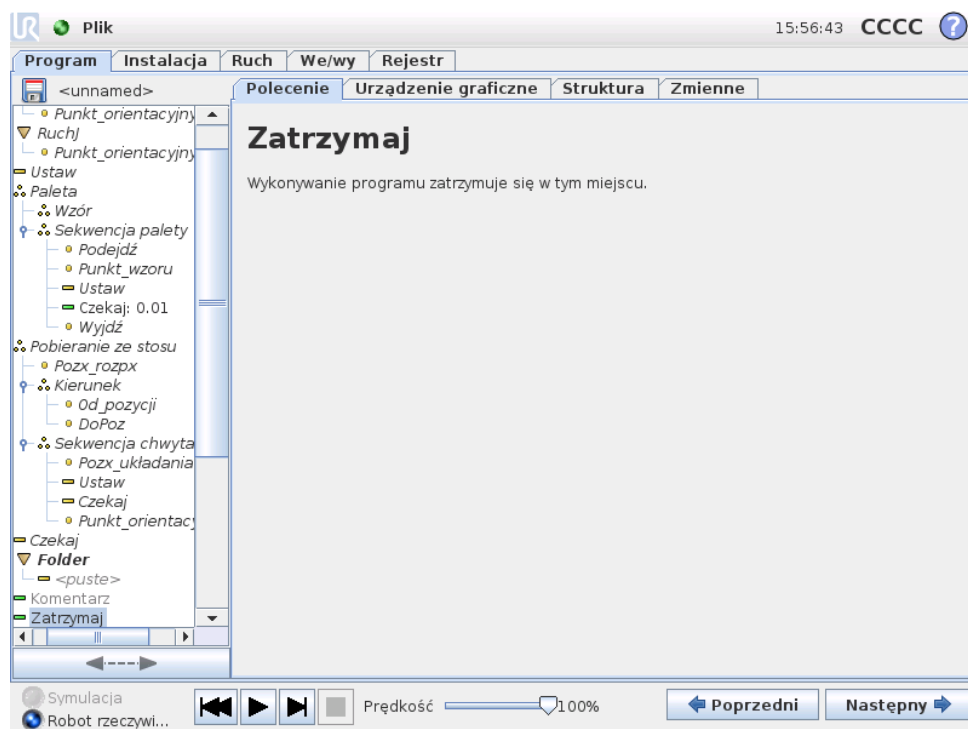
efekcie danego działania. Regulacja ciężaru może być konieczna, aby zapobiec nieoczekiwanemu zatrzymaniu ochronnemu robota, gdy ciężar na narzędziu jest inny od oczekiwanego.

## 12.12 Polecenie: Wyskakujące okno



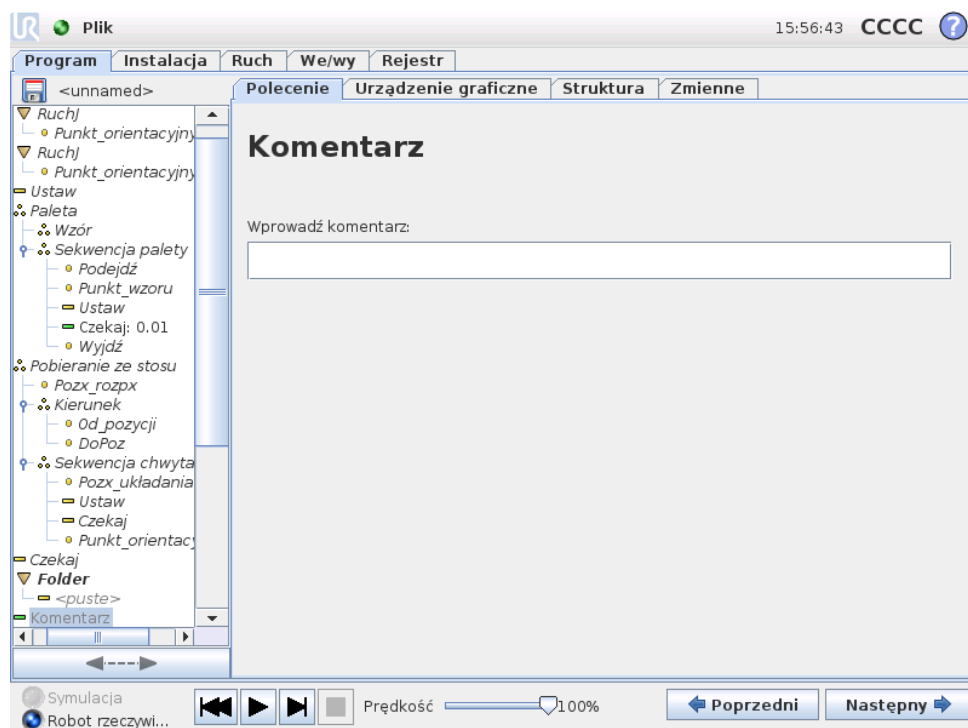
Okienko wyskakujące to komunikat wyświetlany na ekranie, gdy program dojdzie do tego polecenia. Można wybrać styl komunikatu, zaś sam tekst można wprowadzić za pomocą klawiatury ekranowej. Przed kontynuacją programu robot czeka, aż użytkownik lub operator naciśnie przycisk OK pod okienkiem wyskakującym. W przypadku wybrania opcji „Zatrzymaj wykonywanie programu” program robota zatrzyma się na tym okienku wyskakującym.

## 12.13 Polecenie: Zatrzymaj



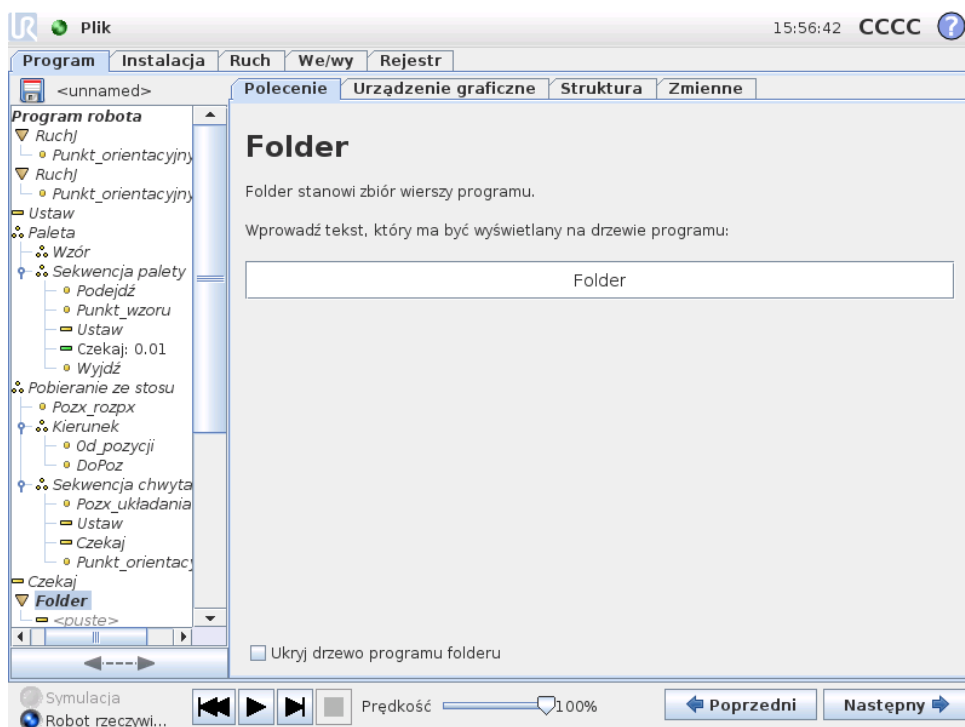
Wykonywanie programu zatrzymuje się w tym miejscu.

## 12.14 Polecenie: Komentarz



Daje programiście możliwość dodania wiersza tekstu do programu. Ten wiersz tekstu nie ma żadnego wpływu na wykonanie programu.

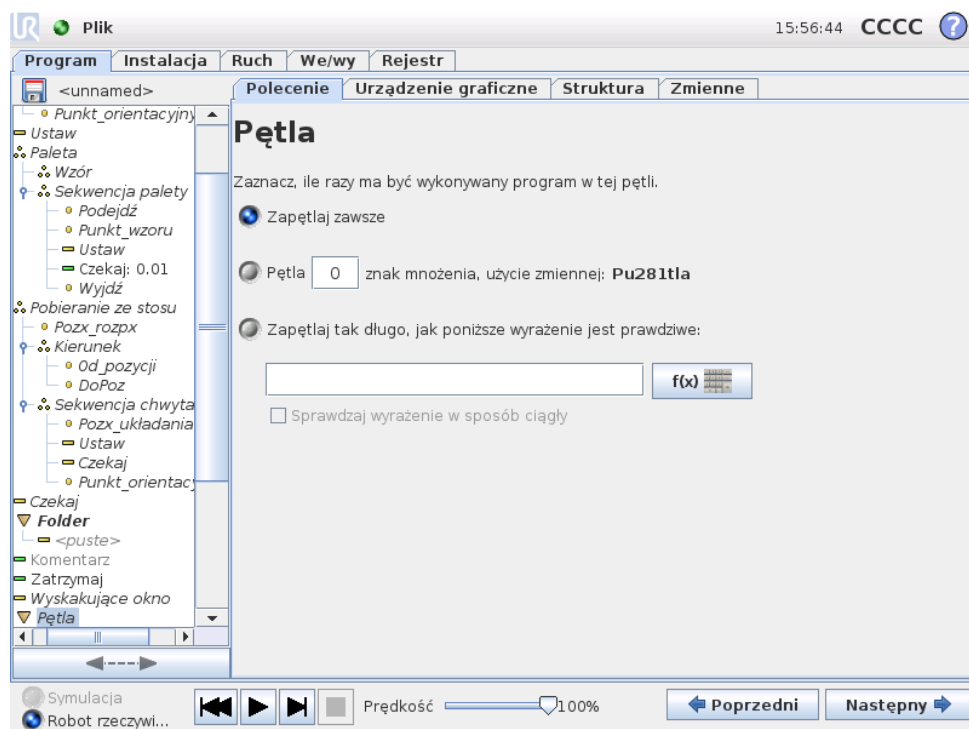
## 12.15 Polecenie: Folder



Folder służy do porządkowania i znakowania konkretnych części programu, do czyszczenia drzewa programu oraz zwiększania czytelności i upraszczania nawigacji programu.

Sam w sobie folder nic nie robi.

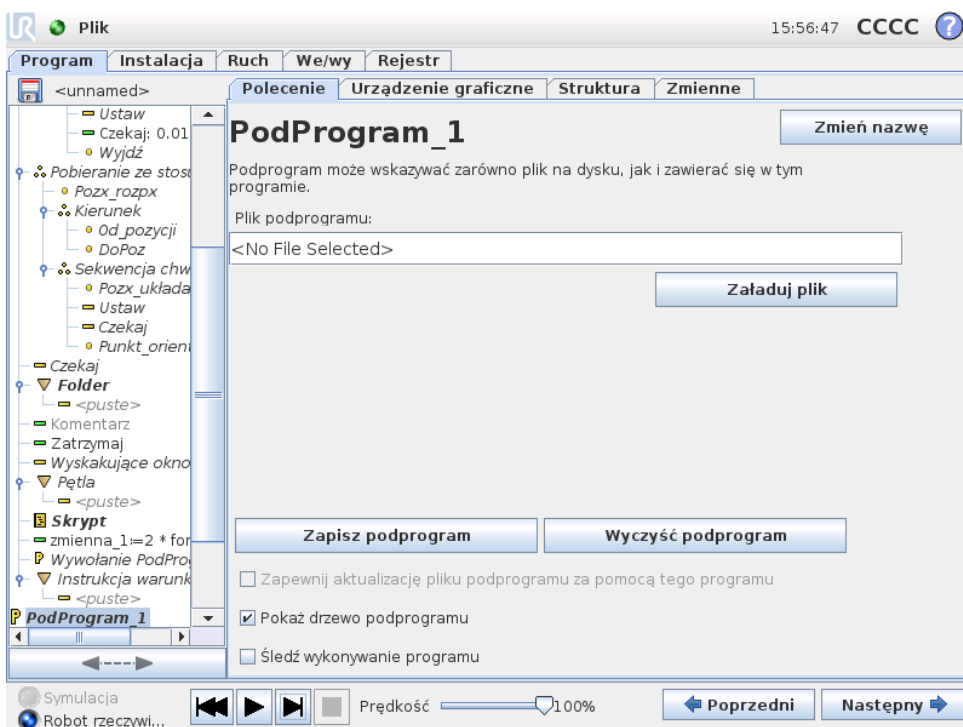
## 12.16 Polecenie: Pętla



Zapętla wykonywanie zawartych w niej poleceń programu. W zależności od wybranej opcji zawarte w pętli polecenia programu są zapętłone w nieskończoność, wykonywane określoną liczbę razy albo dopóki podany warunek jest prawdziwy. W przypadku wykonywania pętli określoną liczbę razy jest tworzona dedykowana zmienna pętli (na zrzucie ekranu powyżej nazwana `pętla_1`), której można używać w wyrażeniach wewnątrz pętli. Zmienna pętli przybiera kolejne wartości od 0 do  $N - 1$ .

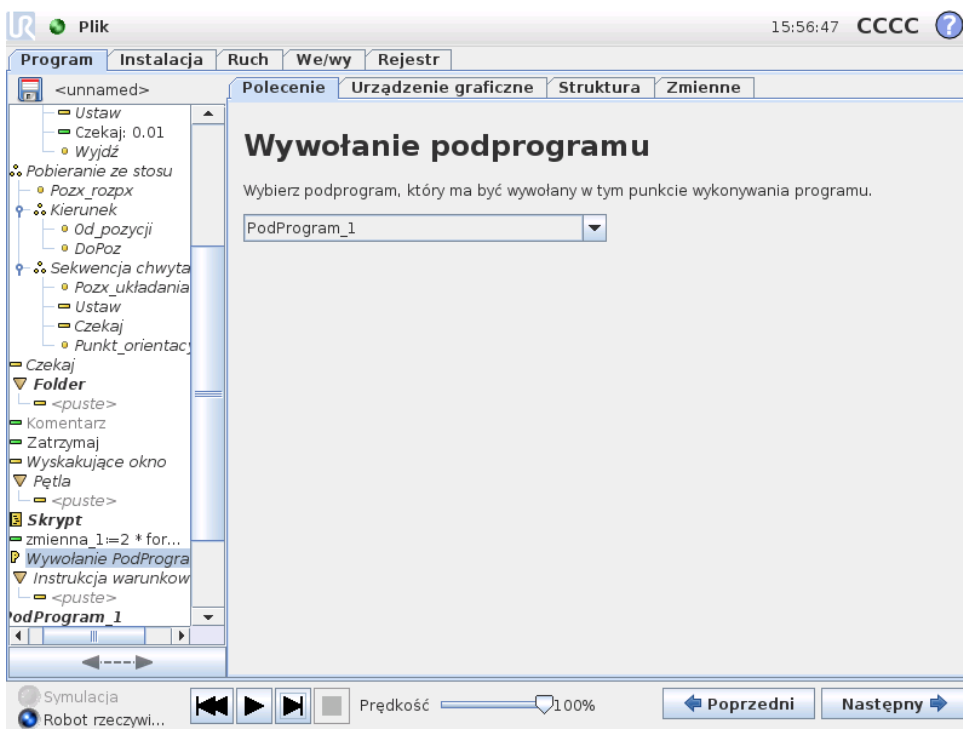
W przypadku wykonywania pętli z użyciem wyrażenia jako warunku zakończenia oprogramowanie PolyScope udostępnia opcję ciągłego szacowania tego wyrażenia, dzięki czemu wykonywanie pętli można przerwać w każdej chwili wykonania, nie czekając na zakończenie iteracji.

## 12.17 Polecenie: PodProgram



Podprogram może przechowywać fragmenty programu potrzebne w kilku miejscach. Podprogram może być oddzielnym plikiem na dysku oraz może być ukryty w celu ochrony przed jego przypadkowymi zmianami.

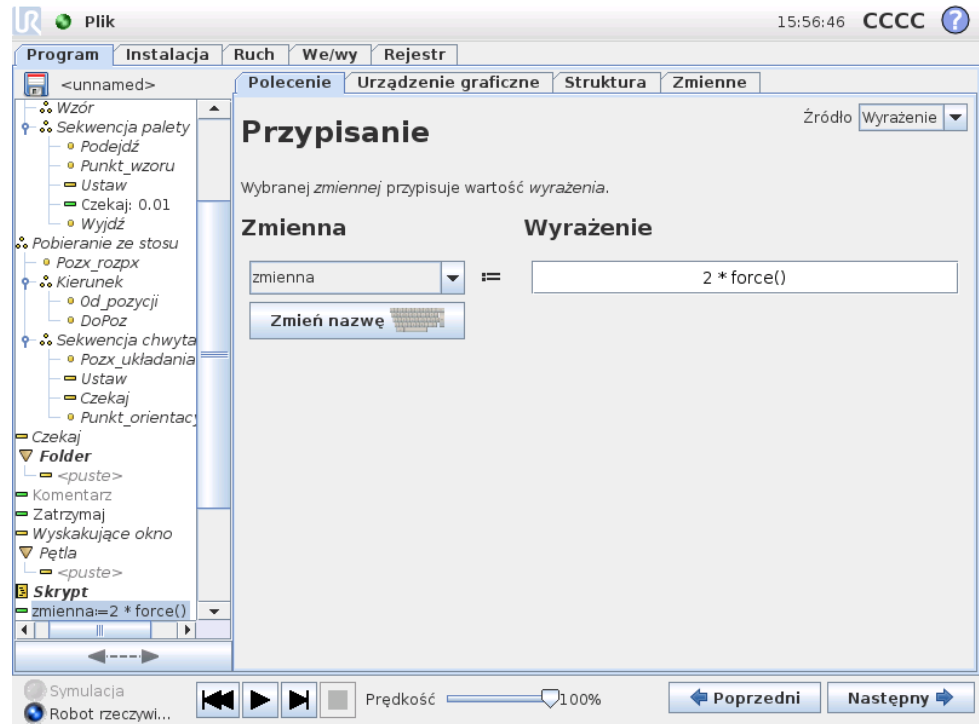
## Polecenie: Wywołanie Podprogramu



Copyright © 2009-2014, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

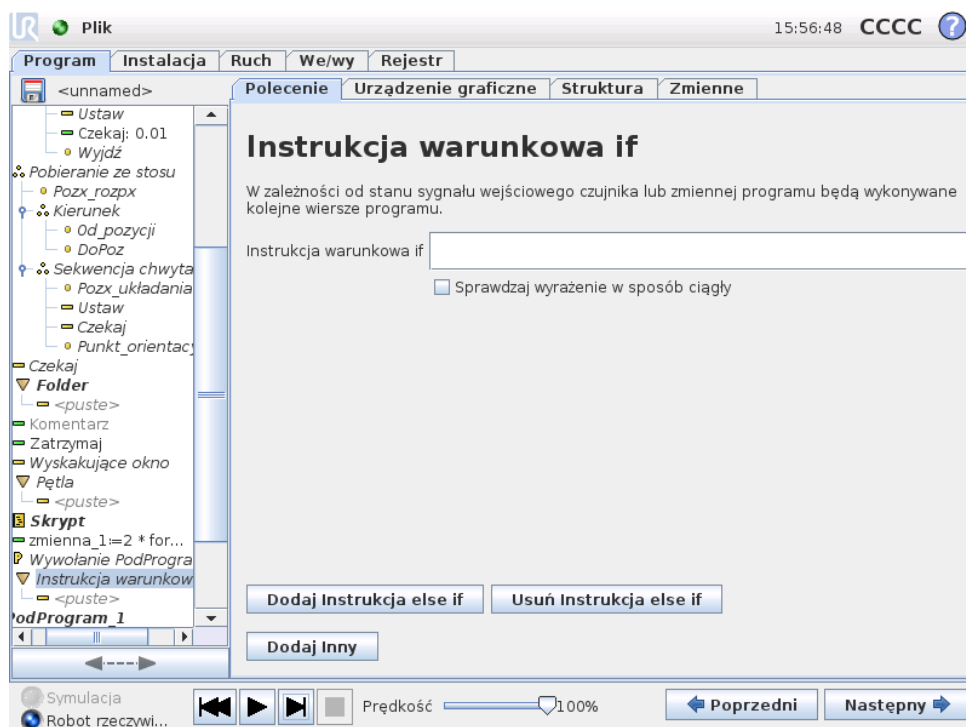
Wywołanie podprogramu spowoduje wykonanie wierszy programu w podprogramie, a następnie powrót do następnego wiersza.

## 12.18 Polecenie: Przepisanie



Przypisuje wartości zmiennym. Przepisanie powoduje umieszczenie obliczonej wartości z prawej strony w zmiennej znajdującej się z lewej strony. Może to być przydatne w złożonych programach.

## 12.19 Polecenie: Instrukcja warunkowa if

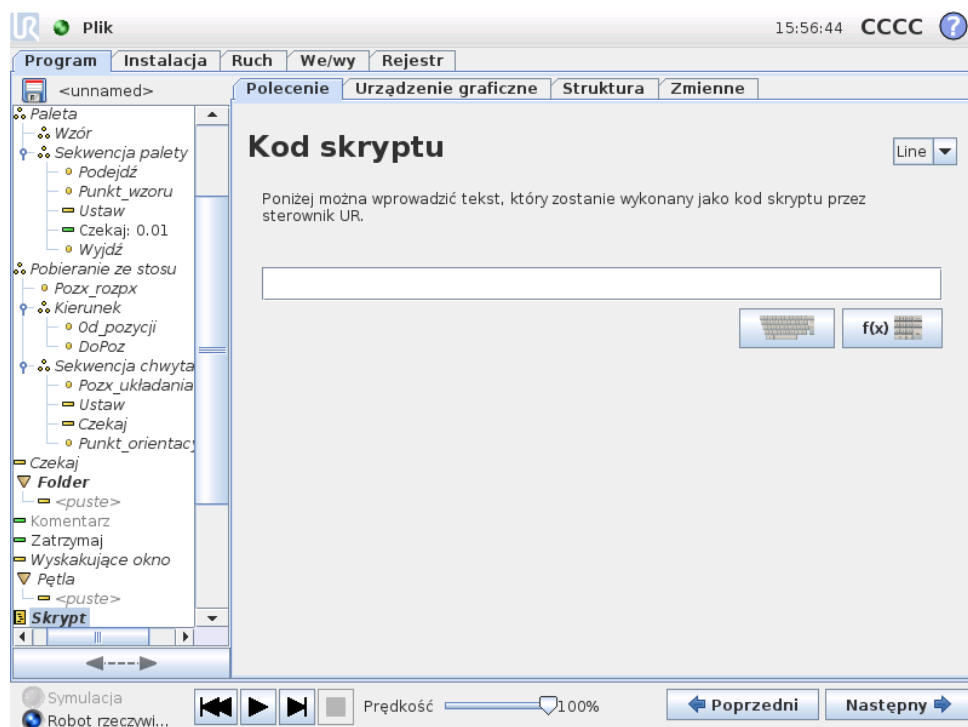


Konstrukcja „if..then..else” może zmienić zachowanie robota w zależności od wejść czujników lub wartości zmiennych. Edytor wyrażeń służy do opisanego warunku, przy którym robot powinien przejść do poleceń podrzędnych tej instrukcji warunkowej If. Jeśli wartością warunku jest Prawda, zostaną wykonane wiersze wewnątrz tej instrukcji warunkowej If.

Każda instrukcja warunkowa If może mieć kilka instrukcji ElseIf i jedną instrukcję Else. Można je dodać za pomocą przycisków na ekranie. Instrukcję ElseIf można usunąć z ekranu dla tego polecenia.

Pole *Sprawdzaj wyrażenie w sposób ciągły* umożliwia ocenę warunków instrukcji If oraz ElseIf, kiedy wykonywane są zawarte w nich wiersze. Jeśli wyrażenie przybierze wartość *Fałsz* podczas wykonywania wierszy wewnątrz części warunkowej If, nastąpi przejście do kolejnego wyrażenia ElseIf lub Else.

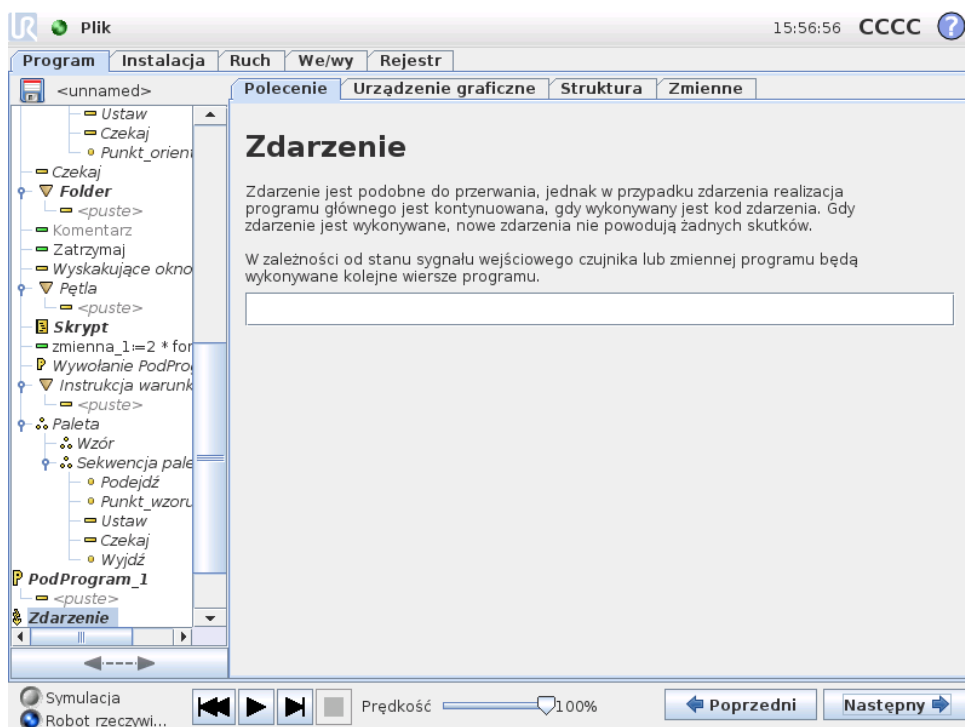
## 12.20 Polecenie: Skrypt



To polecenie umożliwia dostęp do wbudowanego języka skryptowego czasu rzeczywistego wykonywanego przez sterownik robota. Jest ono przeznaczone wyłącznie dla zaawansowanych użytkowników, a instrukcje jego używania można znaleźć w podręczniku skryptów na stronie wsparcia (<http://support.universal-robots.com/>). Do tej strony internetowej dostęp mają wyłącznie dystrybutorzy UR i klienci OEM.

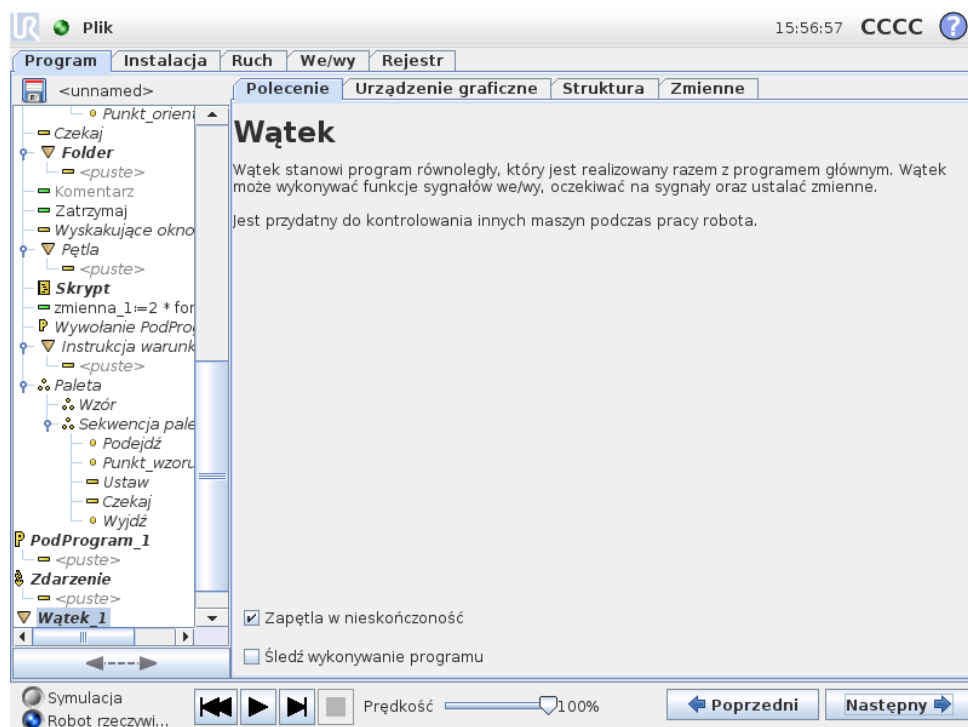
W przypadku wybrania w lewym górnym rogu opcji „Plik” można tworzyć i edytować pliki z programami w skryptach. W ten sposób długie i złożone programy skryptowe mogą być używane łącznie z przyjaznym dla operatora programowaniem pakietu PolyScope.

## 12.21 Polecenie: Zdarzenie



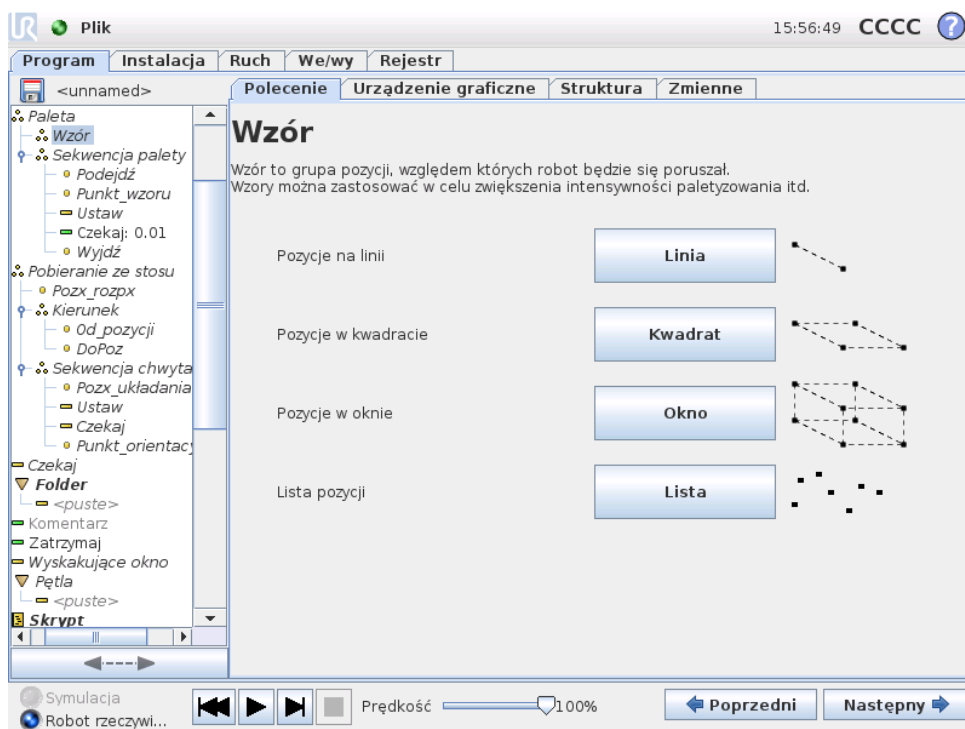
Zdarzenia można użyć do monitorowania sygnału wejściowego i wykonywania pewnego działania lub ustawienia zmiennej, gdy sygnał wejściowy osiąga poziom wysoki. Na przykład w razie osiągnięcia poziomu wysokiego przez sygnał wyjściowy, program zdarzenia może odczekać 100 ms po czym ustawić z powrotem poziom niski. Może to znacznie uprościć kod programu w przypadku, gdy jest wyzwalany z maszyny zewnętrznej w sposób narastający, a nie wysokim poziomem na wejściu.

## 12.22 Polecenie: Wątek



Wątek jest procesem równoległym do programu robota. Wątek może służyć do kontrolowania maszyny zewnętrznej niezależnie od ramienia robota. Wątek może się komunikować z programem robota za pomocą zmiennych i sygnałów wyjściowych.

## 12.23 Polecenie: Wzór



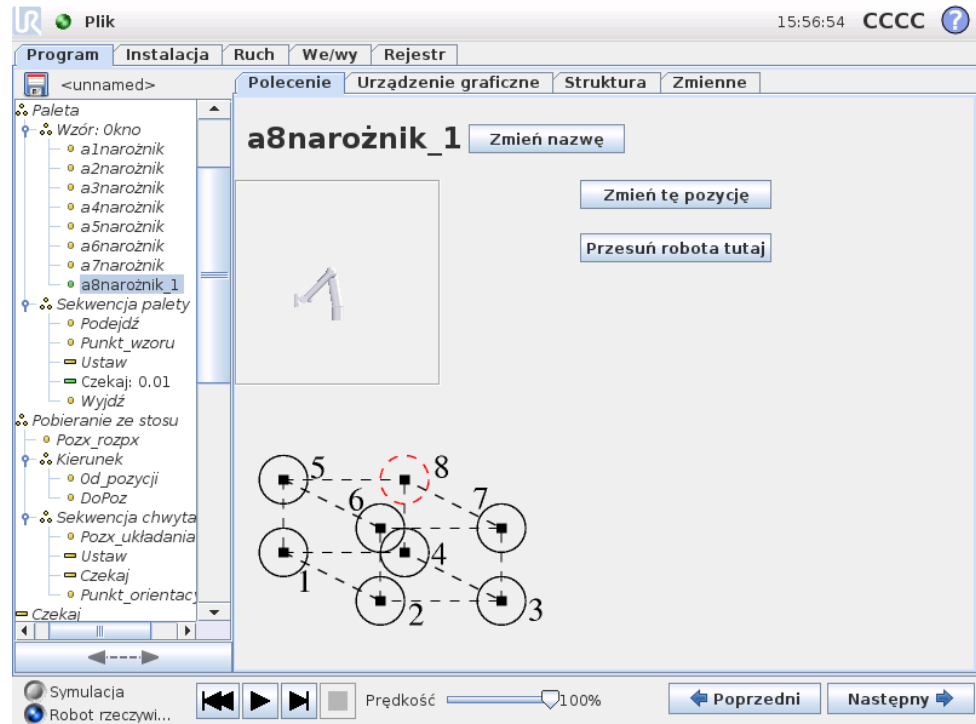
Polecenia Wzór można użyć do przechodzenia między pozycjami w programie robota. Polecenie Wzór odpowiada jednej pozycji podczas każdego wykonania.

Wzór może należeć do jednego z czterech typów. Pierwsze trzy, „Linia”, „Kwadrat” i „Okno”, mogą zostać użyte w pozycjach w regularnym wzorcu. Regularne wzorce są definiowane przez liczbę punktów charakterystycznych, przy czym te punkty definiują krawędzie wzorca. W przypadku linii są to dwa punkty końcowe, dla kwadratu są to trzy z czterech punktów narożnych, zaś dla okna są to cztery z ośmiu punktów narożnych. Programista wprowadza liczbę pozycji wzdłuż każdej krawędzi wzorca. Sterownik robota oblicza następnie poszczególne pozycje wzorca, proporcjonalnie dodając wektory brzegowe do siebie.

Jeśli pozycja przez którą należy przejść nie pasuje do regularnego wzorca, można wybrać opcję „Lista”, gdzie programista wprowadza listę wszystkich pozycji. W ten sposób można obsłużyć dowolne rozmieszczenie pozycji.

### Definiowanie wzoru

W przypadku wybrania wzoru „Okno” ekran zmienia się na przedstawiony poniżej.



Do zdefiniowania boku okna we wzorze „Okno” służą trzy wektory. Te trzy wektory są podawane jako cztery punkty, przy czym pierwszy wektor jest skierowany od punktu jeden do punktu dwa, drugi od punktu dwa do punktu trzy, zaś trzeci wektor od punktu trzy do punktu cztery. Każdy wektor jest podzielony na liczbę odstępów czasu. Konkretnie położenie we wzorcu jest obliczane jako zwykłe proporcjonalne dodanie wektorów odstępów czasowych.

Wzory „Linia” i „Kwadrat” działają analogicznie.

Zmienna licznika jest używana podczas przechodzenia między pozycjami wzoru. Nazwa zmiennej jest wyświetlana na ekranie polecenia Wzór. Zmienna przyjmuje kolejno wartości od 0 do  $X * Y * Z - 1$ , czyli liczby punktów we wzorze. Tą zmienną można manipulować za pomocą przypisań i można jej używać w wyrażeniach.

## 12.24 Polecenie: Siła

Tryb siły pozwala na zachowanie zgodności i sił w obieralnej osi z przestrzeni roboczej robota. Wszystkie ruchy ramienia robota w ramach polecenia Siła będą realizowane w trybie Siła. Gdy ramię robota porusza się w trybie Siła, można wybrać jedną lub więcej osi, w której ramię robota jest zgodne. Wzdłuż i wokół osi zgodności ramię robota będzie zachowywać zgodność ze środowiskiem, co oznacza, że automatycznie dostosuje swoją pozycję w celu uzyskania wymaganej siły. Można również sprawić, aby ramię robota samo zastosowało siłę w środowisku, np. do obsługiwanego elementu.

Tryb Siła jest przydatny w przypadku zastosowań, w których rzeczywista pozycja punktu TCP wzdłuż uprzednio zdefiniowanej osi nie jest istotna, ale zamiast tego wymagana jest odpowiednia siła wzdłuż tej osi. Na przykład jeśli punkt TCP robota ma obracać się wzdłuż zakrzywionej powierzchni albo przy pchaniu lub

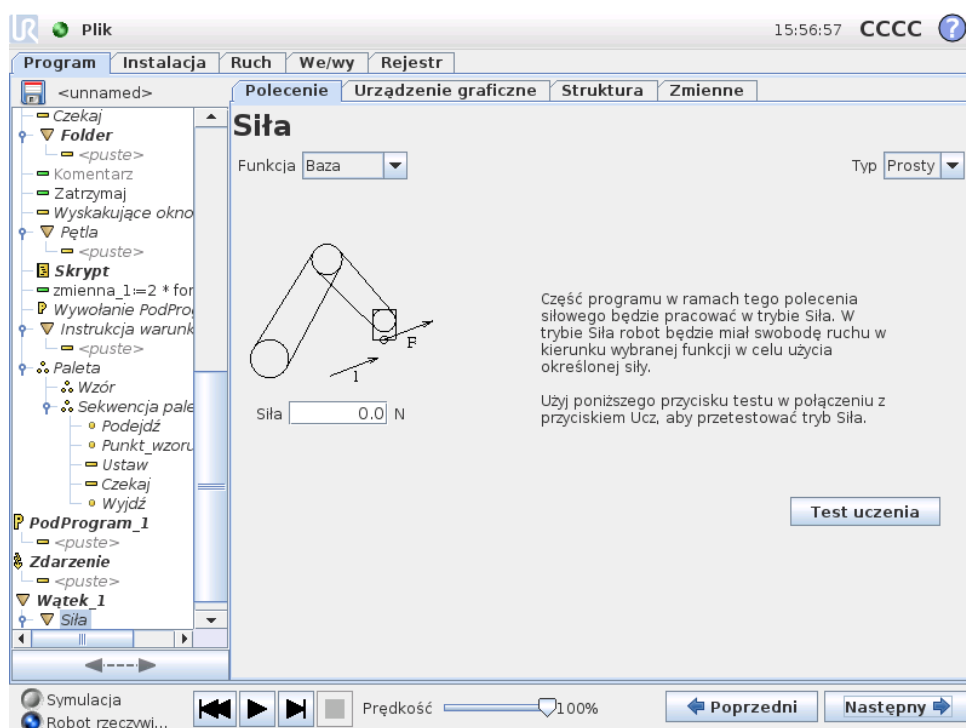
ciągnięciu obsługiwane elementu. Tryb Siła obsługuje również stosowanie określonych momentów wokół wcześniej zdefiniowanych osi. Uwaga: jeśli nie ma żadnych przeszkód na osi, na której ustawiona jest siła inna niż zero, ramię robota będzie próbowało przyspieszyć wzdłuż lub wokół tej osi.

Mimo że oś została wybrana jako zgodna, program robota nadal będzie próbował przemieszczać robota wzdłuż/wokół tej osi. Jednak sterowanie siłą zapewnia, że ramię robota nadal będzie zbliżać się do określonej siły.



### OSTRZEŻENIE:

Jeśli funkcja siły zostanie użyta nieprawidłowo, może być wywierana siła przekraczająca 150N. Zaprogramowana siła powinna być rozważona w procesie oceny ryzyka.



## Wybór funkcji

Menu Funkcja umożliwia wybór układu współrzędnych (osi), który będzie używany przez robota, gdy będzie on pracował w trybie Siła. Funkcje w menu to elementy, które zostały zdefiniowane w instalacji, zob. 11.12.

## Typ trybu Siła

Występują cztery różne typy trybu Siła i każdy z nich określa sposób interpretacji wybranej funkcji.

- **Prosty:** Tylko jedna oś będzie zgodna w trybie Siła. Siła wzdłuż tej osi jest regulowana. Wymagana siła zawsze będzie stosowana wzdłuż osi z wybranej funkcji. Jednak w przypadku funkcji linii odbywa się to wzdłuż ich osi y.

- **Rama:** Typ Rama jest przeznaczony do bardziej zaawansowanego użytku. Można tutaj niezależnie wybierać zgodność i siły we wszystkich sześciu stopniach swobody.
- **Punkt:** Gdy wybrany jest typ Punkt, rama zadania ma oś y skierowaną od punktu TCP robota w kierunku punktu charakterystycznego wybranej funkcji. Odległość pomiędzy punktem TCP robota a punktem wybranej funkcji musi wynosić przynajmniej 10 mm. Należy zwrócić uwagę, że rama zadania zmienia się w czasie wykonywania, ponieważ zmienia się pozycja punktu TCP robota. Osie x i z ramy zadania zależą od oryginalnej orientacji wybranej funkcji.
- **Ruch:** Ruch oznacza, że rama zadania zmienia się wraz z kierunkiem ruchu TCP. Oś x ramy zadania będzie rzutem kierunku ruchu punktu TCP na płaszczyznę rozciągającą się między osią x i osią y wybranej funkcji. Oś y będzie prostopadła do ruchu ramienia robota i będzie w płaszczyźnie x-y wybranej funkcji. Może to być przydatne przy gratowaniu wzdłuż złożonych ścieżek, gdzie siła musi być prostopadła do ruchu TCP. Uwaga, gdy ramię robota się nie porusza: Jeśli tryb Siła zostanie uruchomiony przy nieruchomym ramieniu robota, nie będzie żadnych osi zgodności, dopóki prędkość punktu TCP nie wzrośnie powyżej zera. Jeśli później ramię robota zostanie ponownie unieruchomione ciągle w trybie Siła, rama zadania będzie miała taką samą orientację jak ostatnim razem, gdy prędkość punktu TCP była większa od zera.

W przypadku trzech ostatnich typów rzeczywista rama zadania może być wyświetlona na karcie grafiki (12.28) w czasie wykonywania, gdy robot pracuje w trybie Siła.

---

## Wybór wartości siły

Siła może być ustawiona dla osi zgodnej oraz osi niezgodnej, ale efekty będą inne.

- **Zgodny:** Ramię robota dostosuje swoją pozycję, aby uzyskać wybraną siłę.
- **Niezgodny:** Ramię robota będzie poruszać się zgodnie ze swoją trajektoria ustawioną przez program, uwzględniając zewnętrzną siłę o ustawionej tam wartości.

W przypadku parametrów liniowych siła jest podana w niutonach [N], a w przypadku parametrów obrotowych moment jest podany w niutonometrach [Nm].

---

## Wybór limitów

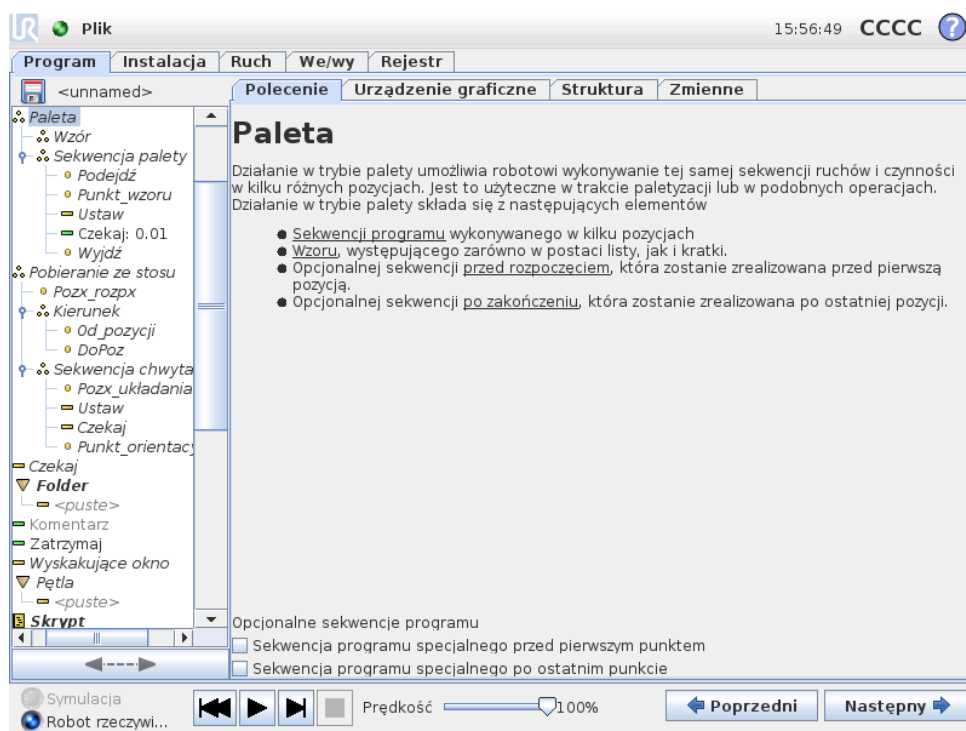
W przypadku wszystkich osi można ustawić limit, ale ma to różne znaczenie, w zależności od tego, czy oś jest zgodna czy niezgodna.

- **Zgodny:** Limitem jest maksymalna prędkość, jaką punkt TCP może uzyskać wzdłuż lub wokół osi. Jednostki to [mm/s] i [stopnie/s].
- **Niezgodny:** Limitem jest maksymalne odchylenie od trajektorii programu, jakie jest dopuszczalne, zanim nastąpi zatrzymanie ochronne robota. Jednostki to [mm] i [stopnie].

## Testuj ustawienia siły

Przycisk wł./wyl., Test uczenia, przełącza zachowanie przycisku Ucz z tyłu sterownika uczenia z normalnego trybu uczenia na testowanie polecenia siłowego. Gdy przycisk Test uczenia jest włączony i zostanie naciśnięty przycisk Ucz z tyłu sterownika uczenia, robot wykona działanie, jakby program osiągnął to polecenie siłowe. W ten sposób można zweryfikować ustawienia przed uruchomieniem całego programu. Ta możliwość jest szczególnie przydatna do sprawdzania, czy zgodne osie oraz siły zostały wybrane prawidłowo. Wystarczy przytrzymać jedną ręką punkt TCP robota i nacisnąć przycisk Ucz drugą ręką. Należy obserwować, w którą stronę robot może lub nie może być przesuwany. Po zamknięciu tego ekranu przycisk Test uczenia automatycznie wyłącza się, co oznacza, że przycisk Ucz z tyłu sterownika uczenia ponownie znajduje się w trybie swobodnego uczenia. Uwaga: Przycisk Ucz będzie działał tylko wtedy, gdy zostanie wybrana odpowiednia funkcja polecenia Siła.

## 12.25 Polecenie: Paleta



Operacja palety może wykonać szereg ruchów w zbiorze miejsc podanym jako wzorec, jak opisuje 12.23. W każdym położeniu w ramach wzorca zostanie wykonana sekwencja ruchów względem pozycji wzorca.

### Programowanie operacji Paleta

Należy wykonać następujące kroki:

1. Zdefiniować wzorec.

2. Utworzyć sekwencję palety do pobierania i umieszczania w każdym oddzielnym punkcie. Sekwencja opisuje, co należy zrobić w każdej pozycji wzorca.
3. Za pomocą przełącznika na ekranie polecenia sekwencji należy zdefiniować punkty orientacyjne w sekwencji, które powinny odpowiadać pozycjom wzorca.

### Sekwencja palety/Sekwencja kotwiczenia

W węźle Sekwencja palety ruchy ramienia robota są względne w stosunku do pozycji palety. Zachowanie sekwencji jest takie, że ramię robota znajdzie się w pozycji określonej przez wzorec w opcji *Pozycja zakotwiczenia/punkt wzorca*. Pozostałe pozycje zostaną przesunięte, aby je dopasować.

Polecenia *Ruch* nie należy używać wewnątrz sekwencji, ponieważ nie będzie ono względne do pozycji zakotwiczenia.

#### „Przed uruchomieniem”

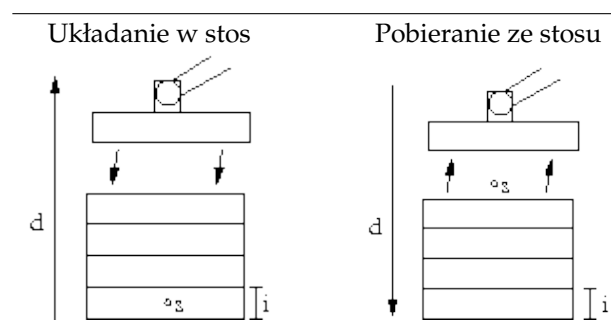
Opcjonalna sekwencja *Przed uruchomieniem* jest wykonywana przed samym rozpoczęciem operacji. Można jej użyć do czekania na sygnały gotowości.

#### „Po zakończeniu”

Opcjonalna sekwencja *Po zakończeniu* jest wykonywana po zakończeniu operacji. Może ona służyć do sygnalizacji uruchomienia ruchu przenośnika w celu przygotowania się do następnej palety.

## 12.26 Polecenie: Wyszukaj

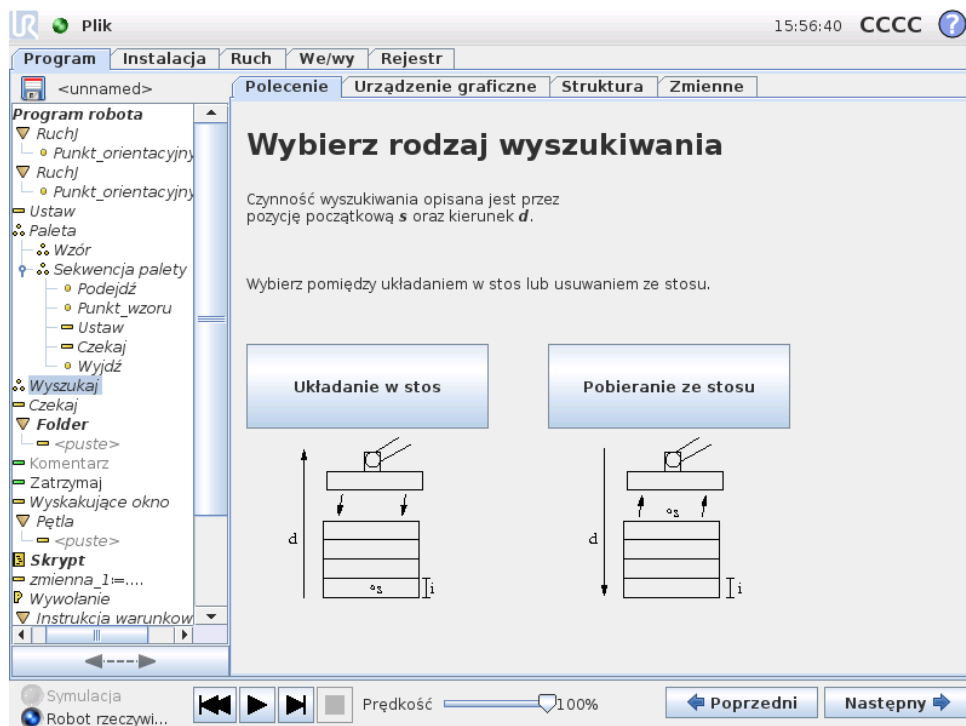
Funkcja wyszukiwania używa czujnika do określenia, czy została osiągnięta poprawna pozycja do uchwycenia lub upuszczenia elementu. Czujnikiem może być przycisk, czujnik ciśnieniowy lub pojemnościowy. Ta funkcja jest przeznaczona do pracy ze stosami elementów o różnej grubości lub w sytuacji, gdy nie jest znane dokładne położenie elementów lub zbyt trudno je zaprogramować.



Podczas programowania operacji wyszukiwania do pracy ze stosem należy zdefiniować punkt początkowy  $s$ , kierunek stosu  $d$  i grubość elementów na stosie  $i$ .

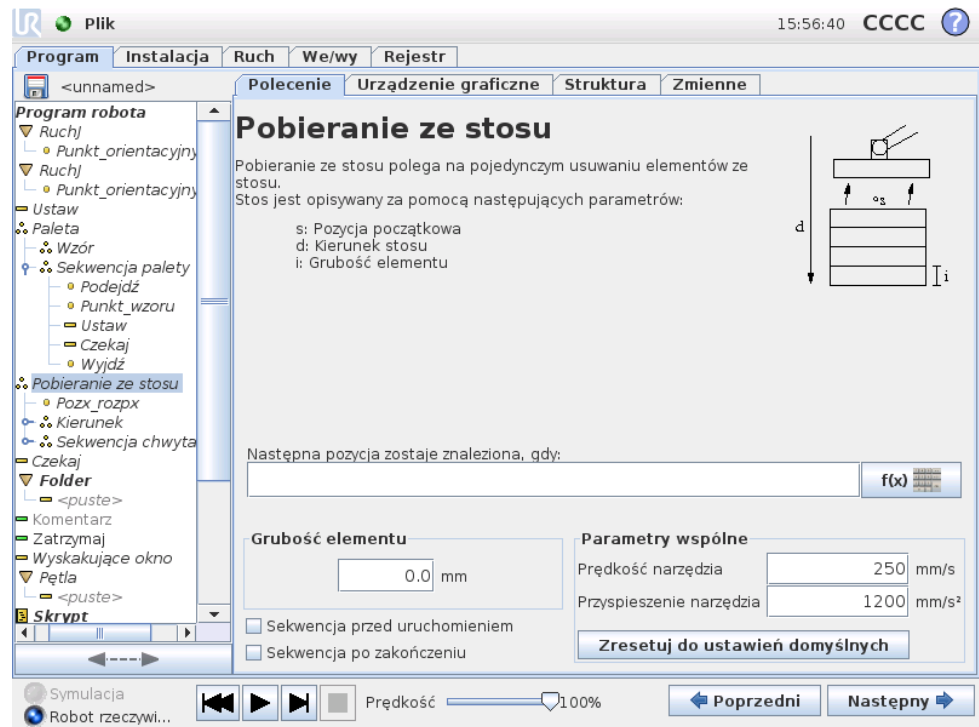
Ponadto należy zdefiniować warunek na wypadek osiągnięcia następnej pozycji w stosie oraz specjalną sekwencję programową, która będzie wykonywana dla każdej z pozycji stosu. Dodatkowo należy podać szybkość i przyspieszenie dla ruchów objętych operacją na stosie.

## Układanie w stos



Podczas układania w stos ramię robota przemieszcza się do punktu początkowego, a następnie porusza się w kierunku *przeciwnym* w celu wyszukania następnej pozycji stosu. Po jego znalezieniu robot zapamiętuje tę pozycję i wykonuje sekwencję specjalną. Następnym razem robot rozpoczyna szukanie od zapamiętanej pozycji powiększonej o grubość elementu w danym kierunku. Układanie w stos jest zakończone, gdy wysokość stosu jest większa niż pewna zdefiniowana liczba lub gdy czujnik wyśle sygnał.

## Pobieranie ze stosu

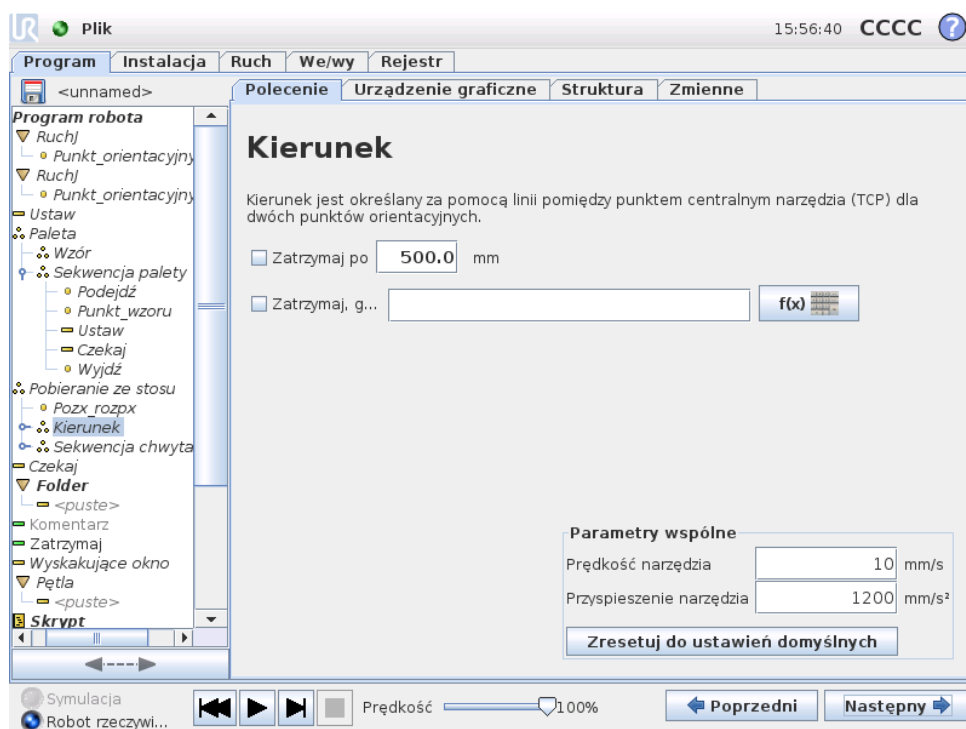


Podczas pobierania ze stosu ramię robota przemieszcza się od punktu początkowego w zadanym kierunku w celu wyszukania następnego elementu. Dotarcie do kolejnego elementu jest określone na podstawie warunku na ekranie. Kiedy warunek zostaje spełniony, robot zapamiętuje pozycję i wykonuje sekwencję specjalną. Następnym razem robot rozpoczyna szukanie od zapamiętanej pozycji powiększonej o grubość elementu w danym kierunku.

### Pozycja początkowa

Pozycja początkowa to pozycja, gdzie rozpoczyna się operacja na stosie. Jeśli pozycja początkowa zostanie pominięta, stos zaczyna się w bieżącej pozycji ramienia robota.

## Kierunek



Kierunek jest określany przez dwie pozycje i jest obliczany jako różnica pozycji między TCP pierwszej pozycji i TCP drugiej pozycji. Uwaga: Kierunek nie uwzględnia orientacji punktów.

### Wyrażenie następnej pozycji układania w stos

Ramię robota porusza się wzdłuż wektora kierunku, ciągle oceniając, czy została osiągnięta następna pozycja stosu. Jeśli wartością wyrażenia będzie Prawda, zostanie wykonana sekwencja specjalna.

### „Przed uruchomieniem”

Opcjonalna sekwencja *Przed uruchomieniem* jest wykonywana przed samym rozpoczęciem operacji. Można jej użyć do czekania na sygnały gotowości.

### „Po zakończeniu”

Opcjonalna sekwencja *Po zakończeniu* jest wykonywana po zakończeniu operacji. Może ona służyć do sygnalizacji uruchomienia ruchu przenośnika w celu przygotowania się do następnego stosu.

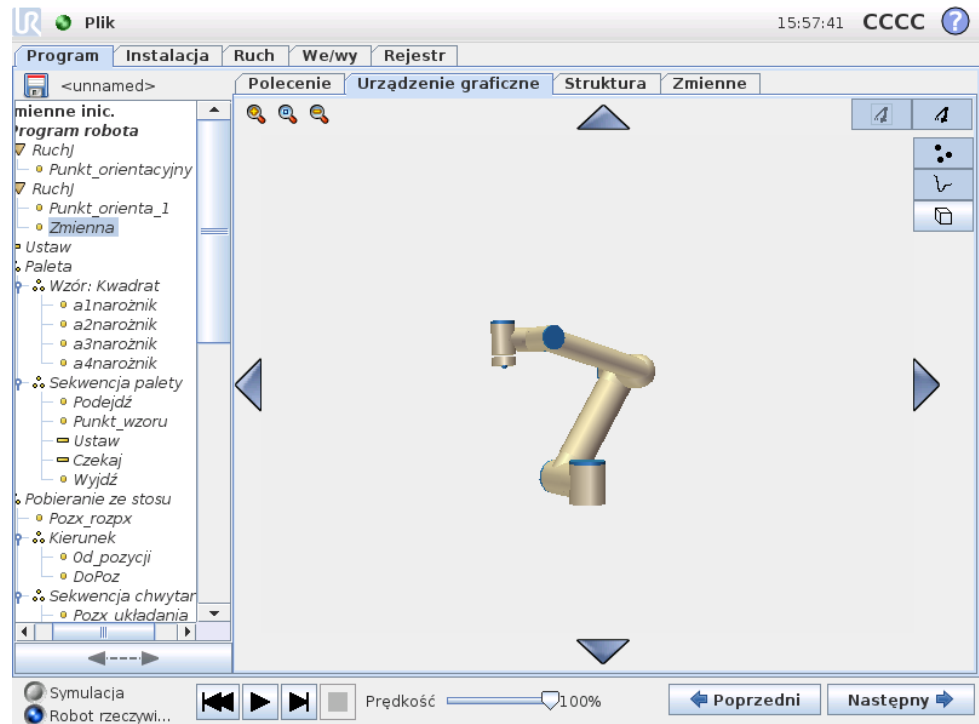
### Sekwencja pobierania/umieszczania

Analogicznie do operacji Paleta (12.25) w każdej pozycji stosu jest wykonywana specjalna sekwencja programu.

## 12.27 Polecenie: Zablokuj

Zablokowane wiersze programu są po prostu pomijane podczas wykonywania programu. Zablokowany wiersz można ponownie odblokować później. Jest to szybki sposób wprowadzania zmian w programie bez niszczenia oryginalnej zawartości.

## 12.28 Karta Urządzenie graficzne



Graficzne przedstawienie aktualnego programu robota. Tor punktu centralnego narzędzia (TCP) jest pokazany w widoku 3D, z segmentami ruchu pokazanymi na czarno i segmentami mieszanymi (przejściami pomiędzy segmentami ruchu) na zielono. Zielone punkty podają pozycje punktu centralnego narzędzia dla każdego z punktów orientacyjnych w programie. Rysunek 3D ramienia robota pokazuje jego aktualną pozycję, a „cień” pokazuje, w jaki sposób osiągnie ono punkt orientacyjny wybrany po lewej stronie ekranu.

Jeśli bieżąca pozycja docelowa punktu TCP robota zbliży się do płaszczyzny bezpieczeństwa lub wyzwalającej albo orientacja narzędzia robota jest w pobliżu limitu granicznego orientacji (zob. 14.11), przedstawiana jest reprezentacja 3D pobliskiego limitu granicznego. Należy pamiętać, że kiedy robot wykonuje program, wizualizacja limitów granicznych jest wyłączona.

Płaszczyzny bezpieczeństwa są przedstawiane w kolorach żółtym i czarnym z małą strzałką normalną do płaszczyzny, która wskazuje tę stronę, po której dozwolone jest pozycjonowanie punktu TCP. Płaszczyzny wyzwalające są przedstawiane w kolorach niebieskim i zielonym z małą strzałką, która wskazuje tę stronę płaszczyzny, po której aktywne są limity trybu *normalnego* (zob. 14.5). Limit graniczny orientacji narzędzia jest wizualizowany przez sferyczny stożek oraz wektor okre-

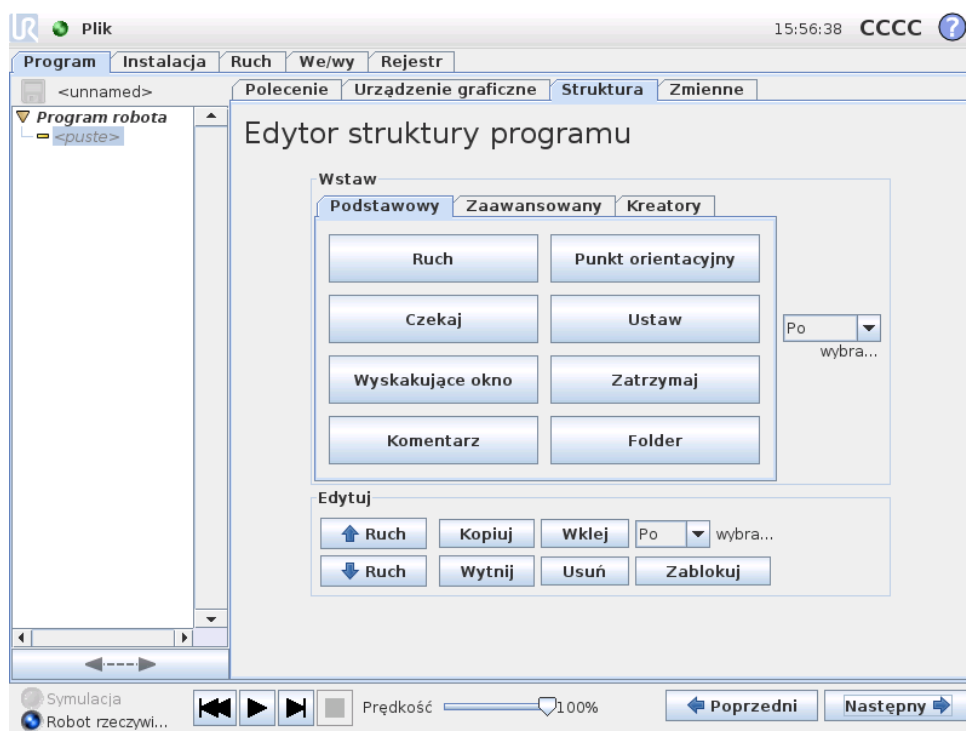
śląjący bieżącą orientację narzędzia robota. Wnętrze stożka odpowiada polu dopuszczalnemu dla orientacji narzędzia (wektora).

Kiedy docelowy punkt TCP robota nie jest już w pobliżu limitu, przedstawienie 3D nie jest już wyświetlane. Jeśli punkt TCP narusza lub bardzo zbliża się do limitu granicznego, wizualizacja tego limitu zmienia kolor na czerwony.

Widok 3D można powiększać i obracać, aby móc lepiej widzieć ramię robota. Przyciski w prawym górnym rogu ekranu mogą wyłączać różne elementy graficzne w widoku 3D. Dolny przycisk włącza i wyłącza wizualizację pobliskich limitów granicznych.

Pokazane segmenty ruchu zależą od wybranego węzła programu. Jeśli wybrano węzeł Ruch, to wyświetlana ścieżka jest ruchem zdefiniowanym przez ten ruch. Jeśli wybrano węzeł Punkt orientacyjny, to ekran przedstawia kolejnych ~ 10 kroków ruchu.

## 12.29 Karta struktury



Karta struktury programu umożliwia wstawianie, przenoszenie, kopiowanie i usuwanie różnych rodzajów poleceń.

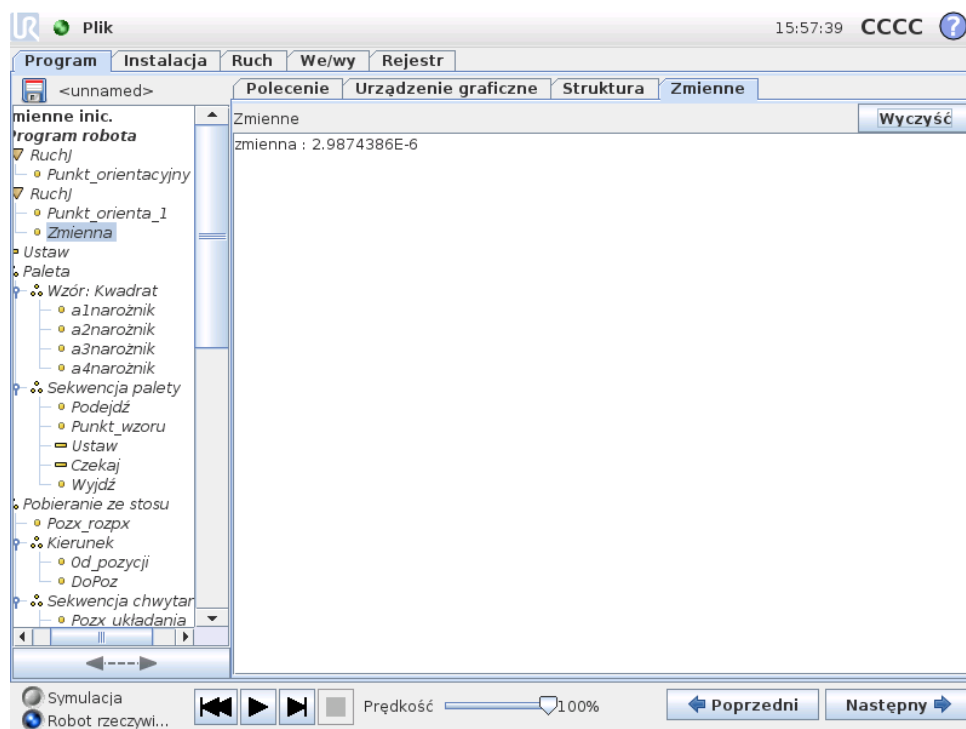
Aby wstawić nowe polecenia, należy wykonać czynności:

- 1) Wybierz istniejące polecenie programu.
- 2) Zdecyduj, czy nowe polecenie wstawić ponad czy pod wybranym poleceniem.
- 3) Naciśnij przycisk rodzaju polecenia, jakie ma być wstawione. W celu zmiany szczegółów nowego polecenia, przejdź do karty Polecenie.

Polecenia można przesuwać, klonować i usuwać za pomocą przycisków w ramce edycji. Jeśli polecenie ma polecenia podległe (pokazane przez trójkąt obok polecenia), to wszystkie one są również przesuwane, klonowane lub usuwane.

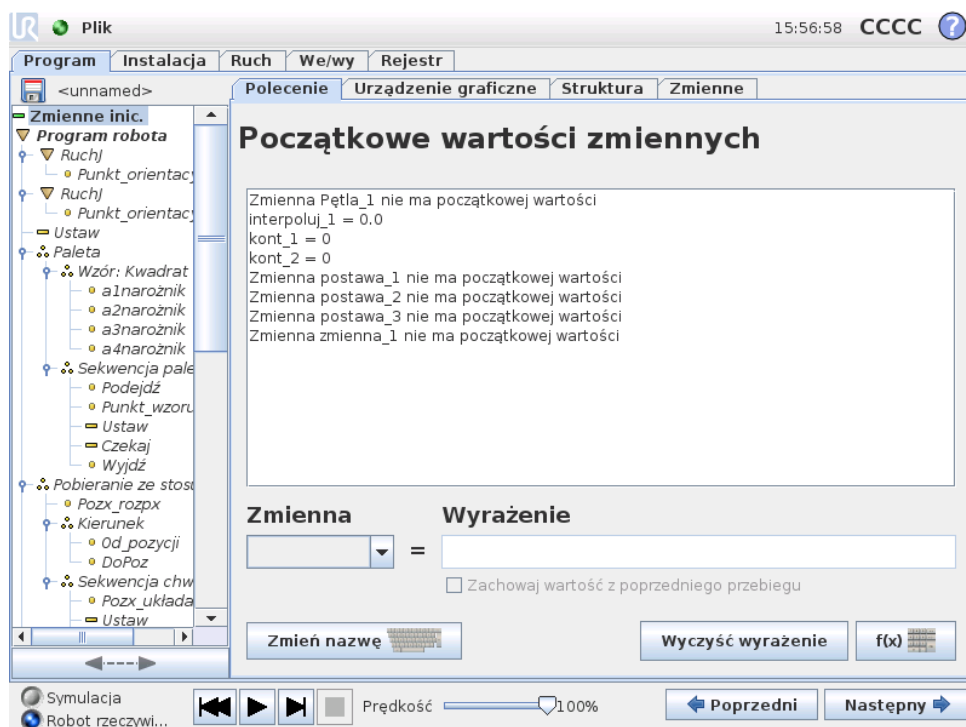
Nie wszystkie polecenia pasują do wszystkich miejsc w programie. Punkty orientacyjne muszą znajdować się pod poleceniem Ruch (niekoniecznie bezpośrednio pod). Polecenia ElseIf oraz Else muszą znajdować się za poleceniem If. Zwykle przenoszenie poleceń ElseIf może prowadzić do bałaganu. Zanim będzie można wykorzystać zmienne, konieczne jest przypisanie im wartości.

## 12.30 Karta zmiennych



Karta zmiennych pokazuje aktualne wartości zmiennych w pracującym programie i utrzymuje listę zmiennych oraz wartości pomiędzy przebiegami programu. Karta pojawia się tylko wtedy, kiedy ma informacje do wyświetlenia. Zmienne są uporządkowane alfabetycznie według nazw. Nazwy zmiennych na tym ekranie są przedstawione z maks. 50 znakami, a wartości zmiennych są przedstawione z maks. 500 znakami.

## 12.31 Polecenie: Inicjalizacja zmiennych



Ten ekran umożliwia ustawianie wartości zmiennej przed rozpoczęciem wykonywania programu (i wszelkich wątków).

Zmienną z listy zmiennych można wybrać, klikając ją lub korzystając z pola wyboru zmiennej. Dla wybranej zmiennej można wprowadzić wyrażenie, które będzie używane do ustawiania wartości zmiennej podczas uruchamiania programu.

W przypadku zaznaczenia pola wyboru „Zachowaj wartość z ostatniego przebiegu” zmienna zostanie zainicjalizowana do wartości znajdującej się na karcie Zmienne opisanej w p. 12.30. To pozwala na zachowanie w zmiennych ich wartości między kolejnymi wykonaniami programu. Zmienna uzyska wartość z wyrażenia, jeśli program zostanie uruchomiony po raz pierwszy lub jeśli karta wartości zostanie wyczyszczona.

Zmienną można usunąć z programu, ustawiając jej nazwę jako pustą (same spacje).



## 13 Ekran konfiguracji



- **Zainicjuj robota** Przejście do ekranu inicjalizacji, zob. 9.4.
- **Język i jednostki** Konfiguracja języka i jednostek pomiarowych używanych w interfejsie użytkownika, zob. 13.1.
- **Aktualizuj robota** Aktualizacja oprogramowania robota do nowszej wersji, zob. 13.2.
- **Ustaw hasło** Umożliwia zablokowanie dostępu do części programistycznej robota osobom bez znajomości hasła, zob. 13.3.
- **Kalibruj ekran** Kalibrowanie właściwości dotykowego ekranu dotykowego, zob. 13.4.
- **Konfiguruj sieć** Otwiera interfejs do konfigurowania połączenia skrzynki sterowniczej z siecią Ethernet, zob. 13.5.
- **Ustaw godzinę** Ustawienie godziny i daty w systemie i konfiguracja formatów wyświetlania zegara, zob. 13.6.
- **Powrót** Powrót do ekranu powitalnego.

## 13.1 Język i jednostki

Na tym ekranie można wybrać język i jednostki używane przez PolyScope. Wybrany język będzie używany w napisach widocznych na różnych ekranach PolyScope oraz w osadzonej pomocy. Aby zachować nazwy poleceń w programie robota w języku angielskim, należy zaznaczyć pole „Programowanie angielskie”. Aby zmiany zostały wprowadzone, konieczne jest ponowne uruchomienie PolyScope.

## 13.2 Aktualizacja robota



Aktualizacje oprogramowania mogą być instalowane z pamięci Flash USB. Należy wsunąć nośnik pamięci USB i kliknąć opcję **Szukaj**, aby wyświetlić jego zawartość. Aby wykonać aktualizację, należy wybrać plik, kliknąć opcję **Aktualizuj** i postępować zgodnie z instrukcjami na ekranie.



### OSTRZEŻENIE:

Po każdej aktualizacji oprogramowania należy sprawdzać programy. Aktualizacja może wprowadzić zmiany w ich trajektoriach. Parametry zaktualizowanego oprogramowania można wyświetlić, naciskając przycisk '?' umieszczony w prawym górnym rogu interfejsu GUI. Parametry sprzętowe pozostają niezmienione i można je znaleźć w oryginalnym podręczniku.

## 13.3 Ustawienie hasła

?

### Skonfiguruj robota

Zainicjuj robota

Język i jednostki

Aktualizacja robota

Ustaw hasło

Kalibruj ekran

Skonfiguruj sieć

Ustaw godzinę

Powrót

### Zmień hasło systemu

Hasła chronią przed wprowadzaniem zmian w funkcjonowaniu i zachowaniu robota. Zabezpieczone zostaną wszystkie obszary, w których można wprowadzać modyfikacje.

Hasło

Potwierdź hasło

---

### Zmień hasło bezpieczeństwa

Wprowadź bieżące hasło

Hasło

Potwierdź hasło

Obsługiwane są dwa hasła. Pierwsze jest *opcjonalnym* hasłem systemowym, które zapobiega nieuprawnionym modyfikacjom konfiguracji robota. Po ustawieniu hasła systemowego programy można ładować i uruchamiać bez hasła, ale użytkownik musi je poprawnie wprowadzić, aby tworzyć i zmieniać programy.

Drugie jest *wymaganym* hasłem bezpieczeństwa, które trzeba prawidłowo wprowadzić, aby możliwa była modyfikacja konfiguracji bezpieczeństwa.



**UWAGA:**

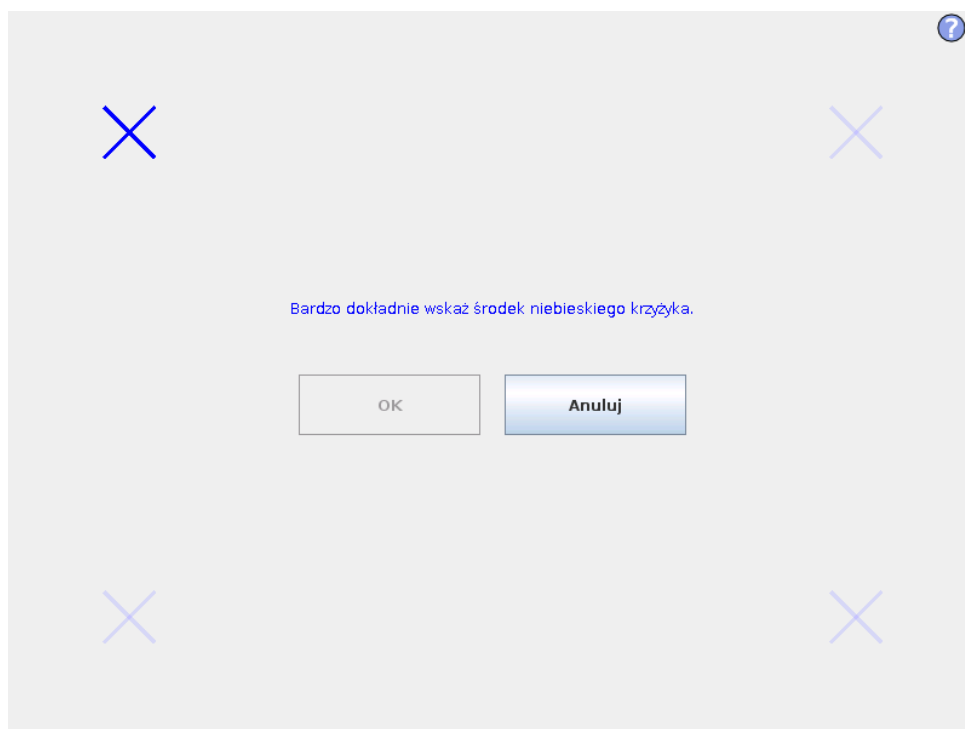
Aby zmienić konfigurację bezpieczeństwa, konieczne jest ustawienie hasła bezpieczeństwa.



**OSTRZEŻENIE:**

Hasło systemowe należy ustawić, aby zapobiegać wprowadzaniu zmian w instalacji robota przez nieupoważnione osoby.

## 13.4 Kalibracja ekranu



Kalibracja ekranu dotykowego. W celu skalibrowania ekranu dotykowego należy postępować zgodnie z instrukcjami wyświetlanymi na ekranie. Preferowane jest wykorzystanie spiczastego, niemetalicznego przedmiotu, takiego jak zamknięty długopis. Ostrożne i staranne działanie pomaga osiągnąć lepsze wyniki.

## 13.5 Skonfiguruj sieć

Panel do konfigurowania sieci Ethernet. Połączenie Ethernet nie jest potrzebne do realizacji podstawowych funkcji robota i jest domyślnie wyłączone.

## 13.6 Ustaw godzinę

## 13.6 Ustaw godzinę

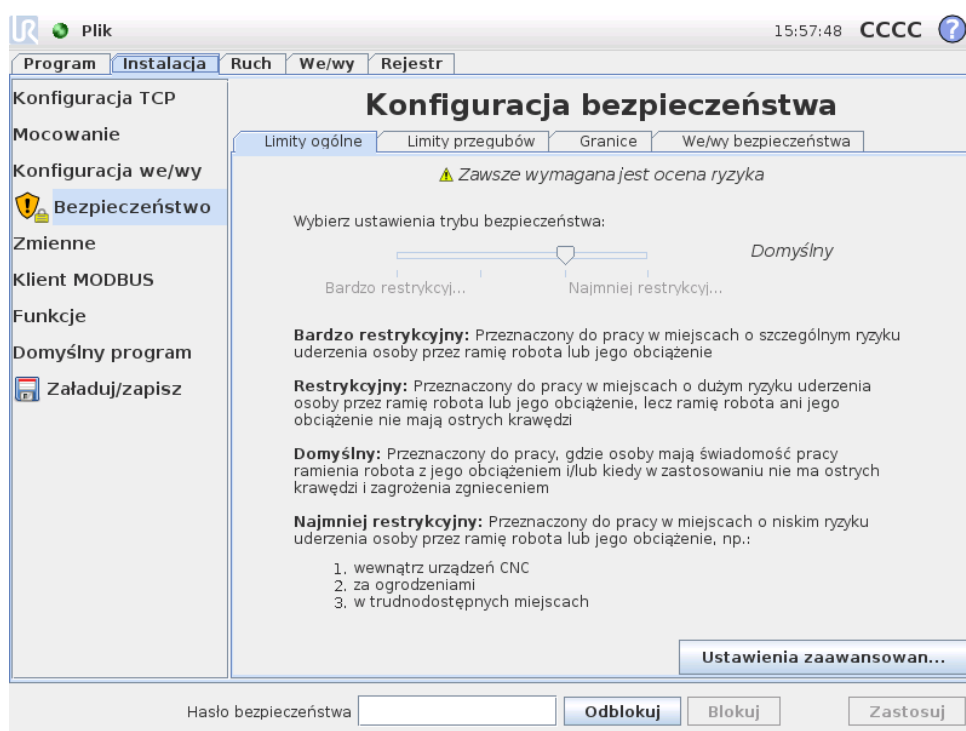
---

Ustawienie godziny i daty w systemie oraz konfiguracja formatu wyświetlania zegara. Zegar jest wyświetlany w górnej części ekranów *Uruchom program* oraz *Programuj robota*. Dotknięcie zegara spowoduje chwilowe wyświetlenie daty. Aby zmiany zostały wprowadzone, konieczne jest ponowne uruchomienie graficznego interfejsu użytkownika.



## 14 Konfiguracja bezpieczeństwa

Robot jest wyposażony w zaawansowany system bezpieczeństwa. Aby zagwarantować bezpieczeństwo całego personelu i wyposażenia w pobliżu robota, konieczne jest skonfigurowanie ustawień systemu bezpieczeństwa zależnie od szczególnych parametrów przestrzeni roboczej. Szczegółowe informacje o systemie bezpieczeństwa zawiera Podręcznik instalacji sprzętu. Ekran Konfiguracja bezpieczeństwa jest dostępny przez ekran powitalny (zob. 9.3) po naciśnięciu przycisku Programuj robota, wybraniu karty Instalacja i opcji Bezpieczeństwo. Konfiguracja bezpieczeństwa jest chroniona hasłem, zob. 14.7.



### OSTRZEŻENIE:

1. Zawsze wymagana jest ocena ryzyka.
2. Wszystkie ustawienia bezpieczeństwa dostępne na tym ekranie i podrzędnych kartach muszą być ustawione zgodnie z oceną ryzyka.
3. Integrator musi zapewnić wprowadzenie wszystkich zmian w ustawieniach bezpieczeństwa zgodnie z oceną ryzyka.

Ustawienia bezpieczeństwa obejmują wiele wartości granicznych, które służą do ograniczania ruchów ramienia robota, a także ustawień funkcji bezpieczeństwa do konfigurowalnych wejść i wyjść. Są one zdefiniowane w poniższych kartach podrzędnych ekranu bezpieczeństwa:

- Karta podrzędna *Limity ogólne* pozwala na zdefiniowanie maksymalnych wartości *siły, mocy, prędkości i pędu* ramienia robota. Kiedy istnieje szczególnie wysokie ryzyko uderzenia osoby lub elementu środowiska, w tych ustawieniach należy wprowadzić niskie wartości. Jeśli ryzyko jest niskie, to ustawienie wyższych limitów ogólnych pozwala na szybszy ruch robota i wywieranie większej siły w jego środowisku. Więcej szczegółowych informacji jest dostępnych w p. 14.9.
- Karta podrzędna *Limity przegubów* zawiera limity *prędkości przegubów i pozycji przegubów*. Limity *prędkości przegubów* ograniczają maksymalną prędkość kątową poszczególnych przegubów i służą do dalszego ograniczenia prędkości ramienia robota. Limity *pozycji przegubów* określają dopuszczalny zakres pozycji dla poszczególnych przegubów (w ich przestrzeni). Więcej szczegółowych informacji jest dostępnych w p. 14.10.
- Karta podrzędna *Granice* określa płaszczyzny bezpieczeństwa (w przestrzeni kartezyjskiej) i granice orientacji narzędzia dla punktu TCP robota. Płaszczyzny bezpieczeństwa można skonfigurować jako nieprzekraczalne limity pozycji dla punktu centralnego narzędzia robota (TCP) lub jako miejsce wyzwoleń limitów bezpieczeństwa trybu *ograniczonego* (zob. 14.5). Granica orientacji narzędzia nakłada nieprzekraczalny limit na orientację punktu TCP. Więcej szczegółowych informacji jest dostępnych w p. 14.11.
- Karta podrzędna *We/wy bezpieczeństwa* określa funkcje bezpieczeństwa dla wszystkich konfigurowalnych wejść i wyjść (zob. 11.2). Możliwe jest na przykład skonfigurowanie *zatrzymania awaryjnego* jako wejście. Więcej szczegółowych informacji jest dostępnych w p. 14.12.

## 14.1 Zmiana konfiguracji bezpieczeństwa




### UWAGA:


Zalecana procedura zmiany konfiguracji bezpieczeństwa jest następująca:

1. Przeprowadź ocenę ryzyka.
2. Dostosuj ustawienia bezpieczeństwa według właściwego poziomu (zob. właściwe dyrektywy i normy z tego podręcznika nt. wyznaczania limitów bezpieczeństwa).
3. Sprawdź ustawienia na robocie.
4. Umieść poniższy napis w instrukcjach dla operatorów: „Przed pracą w pobliżu robota upewnij się, że konfiguracja bezpieczeństwa odpowiada oczekiwanej. Można to sprawdzić np. przez porównanie sumy kontrolnej w prawym górnym rogu PolyScope (zob. 14.4 w Podręcznik PolyScope)”.

## 14.2 Błędy i synchronizacja bezpieczeństwa

Stan zastosowanej konfiguracji bezpieczeństwa w porównaniu z załadowaną w interfejsie GUI instalacji robota jest zobrazowany przez ikonę tarczy przy napisie *Bezpieczeństwo* z lewej strony ekranu. Te ikony pozwalają szybko poznać bieżący stan. Zdefiniowane są następująco:

 *Konfiguracja zsynchronizowana*: Pokazuje, że instalacja GUI jest identyczna z aktualnie zastosowaną konfiguracją bezpieczeństwa. Nie wprowadzono żadnych zmian.

:  *Konfiguracja zmieniona*] Pokazuje, że instalacja GUI jest inna niż aktualnie zastosowana konfiguracja bezpieczeństwa.

Podczas edytowania konfiguracji bezpieczeństwa ikona tarczy będzie informować, czy bieżące ustawienia są zastosowane.

Jeśli dowolne z pól tekstowych na karcie *Bezpieczeństwo* będzie zawierać nieprawidłowe dane, konfiguracja bezpieczeństwa będzie w stanie błędu. Jest to wskazywane na kilka sposobów:

- Obok napisu *Bezpieczeństwo* z lewej strony ekranu wyświetlana jest czerwona ikona błędu.
- Karty podrzędne zawierające błędy są oznaczone u góry czerwoną ikoną.
- Pola tekstowe zawierające błędy są oznaczone czerwonym tłem.

W przypadku próby odejścia od karty *Instalacja* przy istniejących błędach, pojawia się okno dialogowe z poniższymi opcjami:

1. Rozwiązanie problemów w celu usunięcia wszystkich błędów. Będzie to widoczne, kiedy czerwona ikona błędu zniknie przy napisie *Bezpieczeństwo* z lewej strony ekranu.
2. Przywrócenie wcześniej zastosowanej konfiguracji bezpieczeństwa. Spowoduje to odrzucenie wszystkich zmian i pozwoli na kontynuowanie nawigacji.

W przypadku próby odejścia od karty *Instalacja* bez występujących błędów, pojawia się inne okno dialogowe z poniższymi opcjami:

1. Zastosowanie zmian i ponowne uruchomienie systemu. Pozwoli to na zastosowanie zmian konfiguracji bezpieczeństwa w systemie i ponowne uruchomienie. Uwaga: To nie oznacza, że zmiany zostały zapisane. Zamknięcie robota na tym etapie spowoduje utratę wszystkich zmian w instalacji robota, włącznie z konfiguracją bezpieczeństwa.
2. Przywrócenie wcześniej zastosowanej konfiguracji bezpieczeństwa. Spowoduje to odrzucenie wszystkich zmian i pozwoli na kontynuowanie nawigacji.

## 14.3 Tolerancje

W konfiguracji bezpieczeństwa zdefiniowane są fizyczne limity. Pola wejściowe tych limitów nie zawierają tolerancji i tam, gdzie jest to stosowne, tolerancje są wyświetlane obok pola. System bezpieczeństwa uzyskuje wartości z pól wejściowych i wykrywa wszelkie przypadki ich naruszenia. Ramię robota próbuje zapobiegać wszelkim naruszeniom systemu bezpieczeństwa i wywołuje zatrzymanie ochronne przez zatrzymanie wykonywania programu w przypadku osiągnięcia limitu z uwzględnieniem tolerancji. To oznacza, że program może nie być w stanie wykonywać ruchów bardzo blisko limitu, np. robot może mieć problemy z uzyskaniem dokładnej prędkości maksymalnej określonej w limicie prędkości przegubu lub w limicie prędkości TCP.



### **OSTRZEŻENIE:**

Zawsze wymagana jest ocena ryzyka z zastosowaniem wartości limitów bez tolerancji.



### **OSTRZEŻENIE:**

Tolerancje są zależne od wersji oprogramowania. Zaktualizowanie oprogramowania może zmienić tolerancje. Różnice między wersjami można znaleźć w informacjach o aktualizacji.

## 14.4 Suma kontrolna bezpieczeństwa

Tekst w prawym górnym rogu ekranu zawiera skrócone przedstawienie konfiguracji bezpieczeństwa aktualnie używanej przez robota. Zmiana tekstu oznacza, że zmieniła się także bieżąca konfiguracja bezpieczeństwa. Kliknięcie sumy kontrolnej pozwala na wyświetlenie szczegółowych informacji o aktualnie obowiązującej konfiguracji bezpieczeństwa.

## 14.5 Tryby bezpieczeństwa

W normalnych warunkach (tzn. poza zatrzymaniem ochronnym) system bezpieczeństwa działa w jednym z poniższych trybów bezpieczeństwa, każdy z przypisanym zestawem limitów bezpieczeństwa:

*Tryb normalny:* Tryb bezpieczeństwa aktywny domyślnie.

*Tryb ograniczony:* Aktywny, kiedy punkt TCP robota znajduje się poza płaszczyzną wyzwolenia trybu ograniczonego (zob. 14.11) lub po wyzwoleniu przez konfigurowalny sygnał wejściowy (zob. 14.12).

*Tryb przywracania:* Kiedy ramię robota narusza jeden z pozostałych trybów (czyli normalny lub ograniczony) i wystąpi zatrzymanie kategorii 0, ramię robota wznowi pracę w trybie przywracania. Ten tryb pozwala na ręczne dostosowanie ramienia robota tak, aby usunąć wszystkie naruszenia. Uruchomienie programów robota w tym trybie jest niemożliwe.

**OSTRZEŻENIE:**

Limity *pozycji przegubu, pozycji TCP* oraz *orientacji TCP* są wyłączone w trybie *przywracania*, należy więc zachować ostrożność przy przesuwaniu ramienia robota z powrotem do limitów.

Karty podrzędne ekranu konfiguracji bezpieczeństwa pozwalają użytkownikowi na zdefiniowanie odrębnych zestawów limitów bezpieczeństwa dla trybu *normalnego* i *ograniczonego*. Limity prędkości i pędu dla narzędzia i przegubów powinny być bardziej restrykcyjne w trybie *ograniczonym*, niż ich odpowiedniki z trybu *normalnego*.

W przypadku naruszenia limitu bezpieczeństwa z aktywnego zestawu limitów, ramię robota wykonuje zatrzymanie kategorii 0. Jeśli aktywny limit bezpieczeństwa, np. limit pozycji przegubu lub granica bezpieczeństwa, będzie naruszony w chwili włączenia zasilania ramienia robota, robot uruchomi się w trybie *przywracania*. Umożliwi to przesunięcie ramienia robota z powrotem do limitów bezpieczeństwa. W trybie *przywracania* ruch ramienia robota jest ograniczony ustalonym zestawem limitów, którego użytkownik nie może dostosowywać. Szczegółowe informacje o limitach w trybie *przywracania* zawiera ??, Podręcznik instalacji sprzętu.

## 14.6 Tryb uczenia

Jeśli w trybie *Uczenie* (zob. 11.1.5) ramię robota zbliży się do pewnych limitów, użytkownik odczuje w ruchu przeciwdziałającą siłę. Ta siła jest generowana dla limitów pozycji, orientacji i prędkości punktu TCP robota oraz pozycji i prędkości przegubów.

Zastosowanie tej przeciwdziałającej siły ma na celu poinformowanie użytkownika, że bieżąca pozycja lub prędkość są zbliżone do limitu i zapobieganie naruszeniu tego limitu przez robota. Jeśli jednak użytkownik przyłoży wystarczającą siłę do ramienia robota, taki limit może zostać przekroczony. Wielkość siły zwiększa się w miarę zbliżania się ramienia robota do limitu.

## 14.7 Blokada hasłem

Wszystkie ustawienia na tym ekranie są zablokowane aż do wprowadzenia prawidłowego hasła bezpieczeństwa (zob. 13.3) w białym polu tekstowym na dole ekranu i naciśnięcia przycisku `Odblokuj`. Ekran można ponownie zablokować, naciskając przycisk `Blokuj`. Karta `Bezpieczeństwo` jest blokowana automatycznie po opuszczeniu ekranu konfiguracji bezpieczeństwa. Kiedy ustawienia są zablokowane, widoczna jest ikona kłódki obok napisu `Bezpieczeństwo` z lewej strony ekranu. Kiedy ustawienia są odblokowane, widoczna jest ikona otwartej kłódki.

**UWAGA:**

Kiedy ekran konfiguracji bezpieczeństwa jest odblokowany, zasilanie ramienia robota jest odcięte.

## 14.8 Zastosowanie

Po odblokowaniu konfiguracji bezpieczeństwa ramię robota pozostaje niezasilane przez cały czas wprowadzania zmian. Zasilania ramienia robota nie można włączyć do chwili zastosowania zmian lub przywrócenia ustawień, a ręczne włączenie zasilania wykonuje się z poziomu ekranu inicjalizacji. Przed wyjściem z karty instalacji wszelkie zmiany w konfiguracji bezpieczeństwa muszą zostać zastosowane lub przywrócone. Te zmiany *nie obowiązują* do chwili naciśnięcia przycisku **Zastosuj i potwierdzenia**. Potwierdzenie wymaga wzrokowej kontroli zmian wprowadzonych do ramienia robota. Ze względów bezpieczeństwa przedstawiane informacje są podawane w jednostkach układu SI. Przykładowe okno dialogowe z potwierdzeniem przedstawia rysunek 14.8.

Potwierdzenie zastosowanej konfiguracji bezpieczeństwa				
Limity ogólne		Limity przegubów	Granice	We/wy bezpieczeństwa
Tryb normalny		Tryb ograniczony		
Siła	150.00	120.00	N	
Moc	300.00	200.00	W	
Prędkość	1.50	0.75	m/s	
Pęd	25.00	10.00	kg m/s	

Ponadto po potwierdzeniu zmiany są zapisywane automatycznie jako część bieżącej instalacji robota. Więcej informacji o zapisywaniu instalacji robota zawiera 11.5.

## 14.9 Limity ogólne

Ogólne limity bezpieczeństwa służą do ograniczania liniowej prędkości punktu TCP robota, a także siły jaką może wywierać na środowisko. Składają się z poniższych wartości:

*Siła*: Limit maksymalnej siły, jaką punkt TCP robota może wywierać na środowisko.

*Moc*: Limit maksymalnej pracy mechanicznej wykonywanej przez robota w środowisku z uwzględnieniem faktu, że obciążenie jest częścią robota, a nie środowiska.

*Prędkość*: Limit maksymalnej liniowej prędkości punktu TCP robota.

*Pęd*: Limit maksymalnego pędu ramienia robota.

Istnieją dwa sposoby konfiguracji ogólnych limitów bezpieczeństwa w instalacji: *Ustawienia podstawowe* oraz *Ustawienia zaawansowane*, które są dalej opisane z większą dokładnością.

Zdefiniowanie ogólnych limitów bezpieczeństwa nakłada ograniczenie wyłącznie na narzędzie, a nie limity dla całego ramienia robota. To oznacza, że określenie limitu prędkości *nie gwarantuje*, że inne części ramienia robota będą podlegać takim samym ograniczeniom.

Jeśli w trybie *Uczenie* (zob. 11.1.5) bieżąca prędkość punktu TCP robota zbliży się do limitu *Prędkość*, użytkownik odczuje przeciwdziałającą siłę, której wielkość wzrasta w miarę zbliżania się prędkości do limitu. Siła jest wytwarzana, kiedy prędkość bieżąca zbliży się na około 250 mm/s do limitu.

**Ustawienia podstawowe** Panel podrzędny ze wstępnymi limitami ogólnymi pokazywany jako ekran domyślny zawiera suwak z poniższymi zdefiniowanymi zbiorami wartości dla limitów ogólnych dla trybów *Normalny* i *Ograniczony*:

*Bardzo restrykcyjne*: Przeznaczone do pracy w miejscach o szczególnym zagrożeniu uderzeniem osoby przez ramię robota lub jego obciążenie.

*Restrykcyjne*: Przeznaczone do pracy w miejscach o dużym ryzyku uderzenia osoby przez ramię robota lub jego obciążenie, lecz ramię robota ani jego obciążenie nie mają ostrych krawędzi.

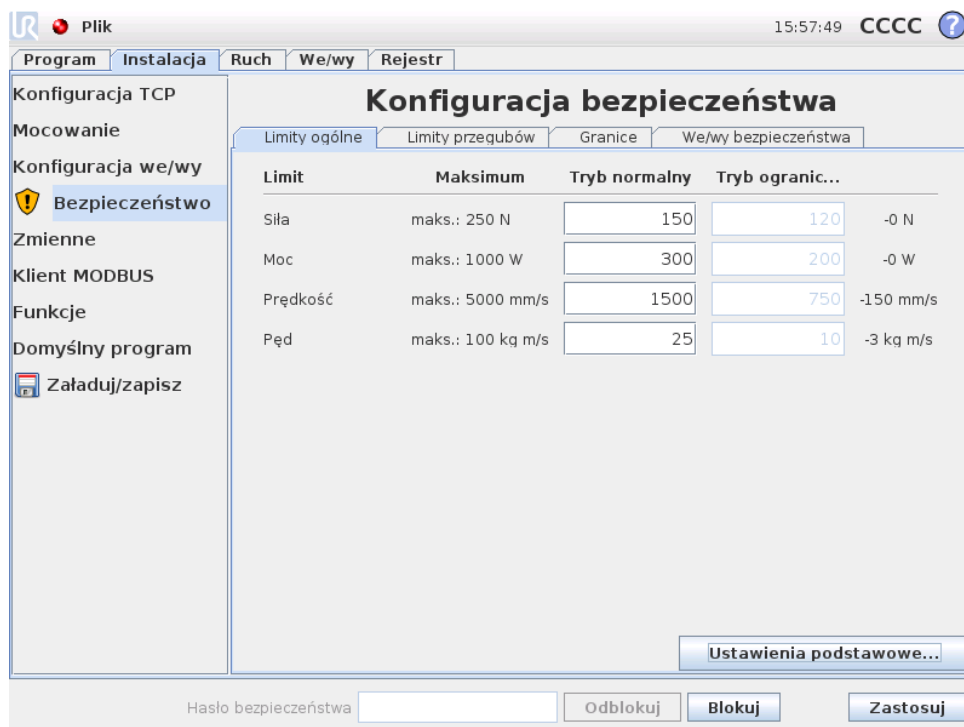
*Domyślne*: Przeznaczone do pracy, gdzie osoby mają świadomość pracy ramienia robota z jego obciążeniem i/lub kiedy w zastosowaniu nie ma ostrych krawędzi i zagrożenia zgnieceniem.

*Najmniej restrykcyjne*: Przeznaczone do pracy w miejscach o niskim ryzyku uderzenia osoby przez ramię robota lub jego obciążenie, np. wewnątrz urządzeń CNC, za ogrodzeniami i w trudnodostępnych miejscach.

Te tryby stanowią wyłącznie sugestie, a właściwa ocena ryzyka zawsze musi być przeprowadzona.

**Przełączanie do ustawień zaawansowanych** Jeśli *żaden* z predefiniowanych zestawów wartości nie będzie satysfakcjonujący, naciśnięcie przycisku *Ustawienia zaawansowane* . . . pozwala na przejście do ekranu zaawansowanych limitów ogólnych.

Ustawienia zaawansowane



Tutaj każdy z ogólnych limitów opisanych w p. 14.9 może zostać zmieniony niezależnie od pozostałych. Odbywa się to przez dotknięcie odpowiedniego pola tekstowego i wprowadzenie nowej wartości. Najwyższa dopuszczalna wartość dla każdego z limitów jest podana w kolumnie o nazwie *Maksimum*. Limit siły można ustawić do wartości pomiędzy 100 N a 250 N, a limit mocy można ustawić do wartości pomiędzy 80 W a 1000 W.

Można zauważyć, że pola dla limitów w trybie *Ograniczonym* są nieaktywne, jeśli nie istnieje wyznaczona płaszczyzna bezpieczeństwa ani konfigurowalny sygnał wejściowy, które mogłyby taki tryb uruchomić (więcej szczegółowych informacji zawiera 14.11 i 14.12). Ponadto limity *Prędkość* i *Pęd* w trybie *Ograniczonym* nie mogą być wyższe niż ich odpowiedniki z trybu *Normalnego*.

Tolerancje i jednostki każdego z limitów są wymienione na końcu odpowiadającego mu wiersza. Podczas wykonywania programu prędkość ramienia robota jest automatycznie regulowana, aby nie przekroczyć żadnej z wprowadzonych wartości pomniejszonej o tolerancję (zob. 14.3). Należy zauważyć, że znak minus widoczny przy wartości tolerancji ma na celu wyłącznie wskazanie, że tolerancja jest odejmowana od rzeczywistej wprowadzonej wartości. System bezpieczeństwa wykonuje zatrzymanie kategorii 0, kiedy ramię robota przekroczy limit (bez tolerancji).

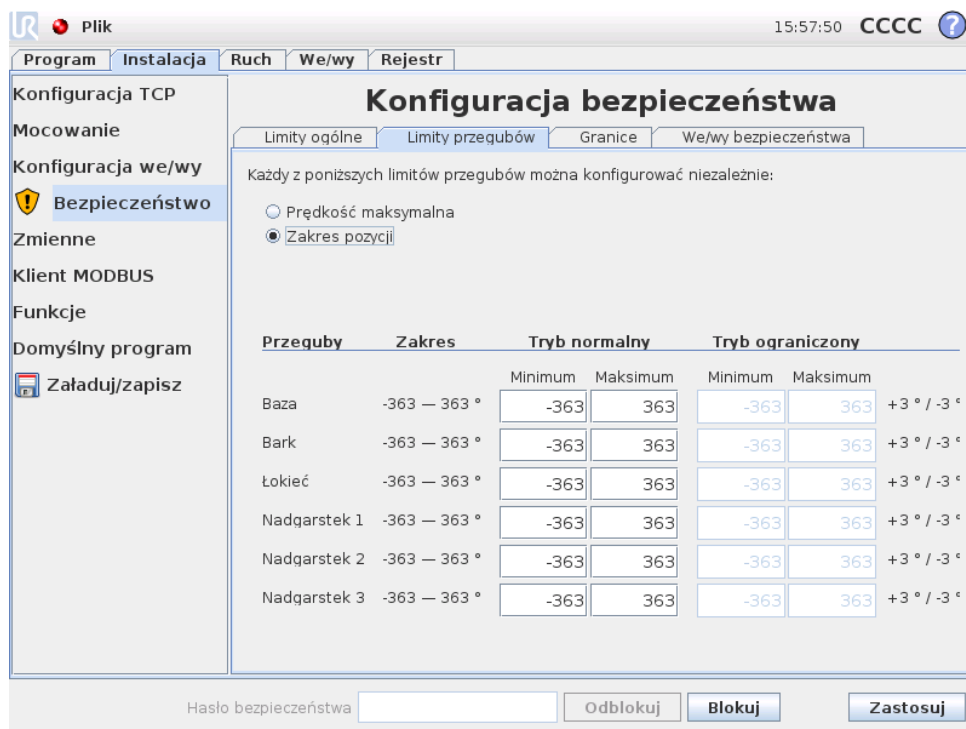


**OSTRZEŻENIE:**

Limit prędkości dotyczy wyłącznie punktu TCP robota, więc inne części ramienia robota mogą przemieszczać się szybciej niż wynika ze zdefiniowanej wartości.

**Przełączanie do ustawień podstawowych** Naciśnięcie przycisku Ustawienia podstawowe... spowoduje przejście z powrotem do ekranu podstawowych limitów ogólnych. We wszystkich limitach ogólnych zostają przywrócone ich ustawienia *domyślne*. Jeśli ta czynność może doprowadzić do utraty niestandardowych wartości, zostanie wyświetlone wyskakujące okienko z prośbą o potwierdzenie czynności.

## 14.10 Limity przegubów



Plik 15:57:50 CCCC ?

Program Instalacja Ruch We/wy Rejestr

Konfiguracja TCP

Mocowanie

Konfiguracja we/wy

**Bezpieczeństwo**

Zmienne

Klient MODBUS

Funkcje

Domyślny program

Załaduj/zapisz

### Konfiguracja bezpieczeństwa

Limity ogólne **Limity przegubów** Granice We/wy bezpieczeństwa

Każdy z poniższych limitów przegubów można konfigurować niezależnie:

Prędkość maksymalna

Zakres pozycji

Przeguby	Zakres	Tryb normalny		Tryb ograniczony		
		Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum	
Baza	-363 — 363 °	-363	363	-363	363	+3 ° / -3 °
Bark	-363 — 363 °	-363	363	-363	363	+3 ° / -3 °
Łokiec	-363 — 363 °	-363	363	-363	363	+3 ° / -3 °
Nadgarstek 1	-363 — 363 °	-363	363	-363	363	+3 ° / -3 °
Nadgarstek 2	-363 — 363 °	-363	363	-363	363	+3 ° / -3 °
Nadgarstek 3	-363 — 363 °	-363	363	-363	363	+3 ° / -3 °

Hasło bezpieczeństwa  Odblokuj **Blokuj** Zastosuj

Limity przegubów ograniczają ruch poszczególnych przegubów w ich własnej przestrzeni. Oznacza to, że nie odnoszą się do przestrzeni kartezjańskiej, lecz do wewnętrznej pozycji obrotu przegubów i ich obrotowej prędkości. Przyciski wyłącznego wyboru w górnej części podpanelu umożliwiają niezależne ustawienie prędkości maksymalnej oraz zakresu pozycji dla tych przegubów.

Jeśli w trybie *Uczenie* (zob. 11.1.5) bieżąca pozycja lub szybkość przegubu zbliży się do limitu, użytkownik odczuje przeciwdziałającą siłę, której wielkość wzrasta w miarę zbliżania się przegubu do limitu. Siła jest wytwarzana, kiedy szybkość przegubu zbliży się na około 20°/s do limitu szybkości lub pozycja zbliży się na około 8° do limitu pozycji.

**Prędkość maksymalna** Ta opcja określa maksymalną prędkość kątową dla każdego przegubu. Odbywa się to przez dotknięcie odpowiedniego pola tekstowego i wprowadzenie nowej wartości. Najwyższa dopuszczalna wartość jest podana w kolumnie o nazwie *Maksimum*. Żadnej z wartości nie można ustawić poniżej wartości tolerancji.

Można zauważyć, że pola dla limitów w trybie *Ograniczonym* są nieaktywne, jeśli nie istnieje wyznaczona płaszczyzna bezpieczeństwa ani konfigurowalny sygnał

wejściowy, które mogłyby taki tryb uruchomić (więcej szczegółowych informacji zawiera 14.11 i 14.12). Ponadto limity w trybie *Ograniczonym* nie mogą być wyższe niż ich odpowiedniki z trybu *Normalnego*.

Tolerancje i jednostki każdego z limitów są wymienione na końcu odpowiadającego mu wiersza. Podczas wykonywania programu prędkość ramienia robota jest automatycznie regulowana, aby nie przekroczyć żadnej z wprowadzonych wartości pomniejszonej o tolerancję (zob. 14.3). Należy zauważyć, że znak minus widoczny przy każdej wartości tolerancji ma na celu wyłącznie wskazanie, że tolerancja jest odejmowana od rzeczywistej wprowadzonej wartości. Jeśli jednak prędkość kątowa jednego z przegubów przekroczy wprowadzoną wartość (bez tolerancji), system bezpieczeństwa wykona zatrzymanie kategorii 0.

**Zakres pozycji** Na tym ekranie określony jest zakres pozycji dla każdego z przegubów. Odbywa się to przez dotknięcie odpowiedniego pola tekstowego i wprowadzenie nowych wartości granicznych dolnej i górnej pozycji przegubu. Wprowadzony zakres musi mieścić się w wartościach podanych w kolumnie o nazwie *Zakres*, a dolna granica nie może przewyższać górnej.

Można zauważyć, że pola dla limitów w trybie *Ograniczonym* są nieaktywne, jeśli nie istnieje wyznaczona płaszczyzna bezpieczeństwa ani konfigurowalny sygnał wejściowy, które mogłyby taki tryb uruchomić (więcej szczegółowych informacji zawiera 14.11 i 14.12).

Tolerancje i jednostki każdego z limitów są wymienione na końcu odpowiadającego mu wiersza. Pierwsza wartość tolerancji dotyczy wartości minimalnej, a druga wartości maksymalnej. Wykonywanie programu jest przerywane, kiedy pozycja przegubu zmierza do wyjścia z zakresu określonego przez dodanie pierwszej tolerancji do wprowadzonej minimalnej wartości oraz odjęcia drugiej tolerancji od wprowadzonej maksymalnej wartości, a przegub kontynuuje ruch wzdłuż przewidzianej trajektorii. Należy zauważyć, że znak minus widoczny przy każdej wartości tolerancji ma na celu wyłącznie wskazanie, że tolerancja jest odejmowana od rzeczywistej wprowadzonej wartości. Jeśli jednak pozycja przegubu przekroczy wprowadzony zakres, system bezpieczeństwa wykona zatrzymanie kategorii 0.

---

## 14.11 Granice

Na tej karcie możliwe jest skonfigurowanie granicznych limitów, na które składają się płaszczyzny bezpieczeństwa oraz limit maksymalnego dopuszczalnego odchylenia orientacji narzędzia robota. Możliwe jest także zdefiniowanie płaszczyzn, które powodują wyzwolenie przejścia do trybu *ograniczonego*.

Płaszczyzny bezpieczeństwa pozwalają na ograniczenie dopuszczalnej przestrzeni roboczej robota i wymuszenie pozostawania punktu TCP po właściwej stronie płaszczyzny oraz jej nieprzekraczania. Można skonfigurować do ośmiu płaszczyzn bezpieczeństwa. Ograniczenie orientacji narzędzia może być przydatne do zapewnienia, że ta orientacja nie będzie odbiegać od pożądanej o większą wartość, niż określono.

**OSTRZEŻENIE:**

Zdefiniowanie płaszczyzn bezpieczeństwa ogranicza wyłącznie punkt TCP, nie stanowi limitu dla całego ramienia robota. To oznacza, że określenie płaszczyzny bezpieczeństwa *nie gwarantuje*, że inne części ramienia robota będą podlegać takim ograniczeniom.

Konfiguracja każdego z limitów granicznych opiera się na jednej z funkcji zdefiniowanych w bieżącej instalacji robota (zob. 11.12).

**UWAGA:**

Przed edytowaniem konfiguracji bezpieczeństwa mocno zalecane jest utworzenie wszystkich funkcji niezbędnych dla konfiguracji wszystkich pożądaných limitów granicznych i przypisanie im właściwych nazw. Należy pamiętać, że zasilanie ramienia robota jest wyłączane po odblokowaniu karty *Bezpieczeństwo*, więc niedostępna będzie funkcja *Narzędzie* (zawierająca aktualną pozycję i orientację punktu TCP robota) oraz tryb *uczenia* (zob. 11.1.5).

Jeśli jest włączony tryb *Uczenie* (zob. 11.1.5) i bieżąca pozycja punktu TCP robota jest zbliżona do płaszczyzny bezpieczeństwa lub odchylenie orientacji narzędzia robota od pożądaney orientacji jest bliskie określonemu maksymalnemu odchyleniu, użytkownik poczuje odpychającą siłę, która wzrasta w miarę zbliżania się punktu TCP do limitu. Siła jest wytwarzana, kiedy punkt TCP znajdzie się około 5 cm od płaszczyzny bezpieczeństwa lub odchylenie orientacji narzędzia wynosi około 3° od wyznaczonego odchylenia maksymalnego.







Kiedy płaszczyzna jest zdefiniowana jako *wyzwalająca tryb ograniczony*, a punkt TCP za nią przejdzie, system bezpieczeństwa przechodzi do trybu *ograniczonego*, w którym zastosowanie mają *ograniczone* ustawienia bezpieczeństwa. Płaszczyzny wyzwalające podlegają takim samym zasadom, co zwykle płaszczyzny bezpieczeństwa za wyjątkiem tego, że ramię robota może przez nie przechodzić.

### 14.11.1 Wybór granicy do skonfigurowania


Panel *Granice bezpieczeństwa* po lewej stronie karty służy do wybrania limitu granicznego do skonfigurowania.

Aby wyznaczyć płaszczyznę bezpieczeństwa, należy kliknąć jedną z ośmiu pozycji podanych w panelu. Jeśli wybrana płaszczyzna bezpieczeństwa została już skonfigurowana, odpowiadające przedstawienie 3D płaszczyzny jest wyróżnione w Widoku 3D (zob. 14.11.2) z prawej strony panelu. Płaszczyznę bezpieczeństwa można zdefiniować w sekcji *Właściwości płaszczyzny bezpieczeństwa* (zob. 14.11.3) w dolnej części karty.

Aby skonfigurować graniczny limit orientacji narzędzia robota, należy kliknąć pozycję *Granica narzędzia*. Konfigurację limitu można zdefiniować w sekcji *Właściwości granicy narzędzia* (zob. 14.11.4) w dolnej części karty.

Aby włączyć lub wyłączyć wizualizację 3D limitu granicznego, należy kliknąć przycisk  / . Jeśli limit graniczny jest aktywny, *tryb bezpieczeństwa* (zob. 14.11.3 i 14.11.4) jest oznaczany jedną z ikon:  /  /  / .

### 14.11.2 Wizualizacja 3D

Widok 3D przedstawia skonfigurowane płaszczyzny bezpieczeństwa i limit graniczny orientacji dla narzędzia robota razem z bieżącą pozycją ramienia robota. Wszystkie pozycje skonfigurowanych granic, dla których włączono przełącznik widoczności (tzn. widoczne, ikona ) w sekcji *Granice bezpieczeństwa* są wyświetlane razem z aktualnie wybranym limitem granicznym.

Płaszczyzny bezpieczeństwa (aktywne) są przedstawiane w kolorach żółtym i czarnym z małą strzałką normalną do płaszczyzny, która wskazuje tę stronę, po której dozwolone jest pozycjonowanie punktu TCP. Płaszczyzny wyzwalające są wyświetlane na niebiesko i na zielono. Mała strzałka określa stronę płaszczyzny, która *nie powoduje* przejścia do trybu *ograniczonego*. Kiedy płaszczyzna bezpieczeństwa jest wybrana w panelu z lewej strony karty, wyróżnione jest odpowiadające jej przedstawienie 3D.

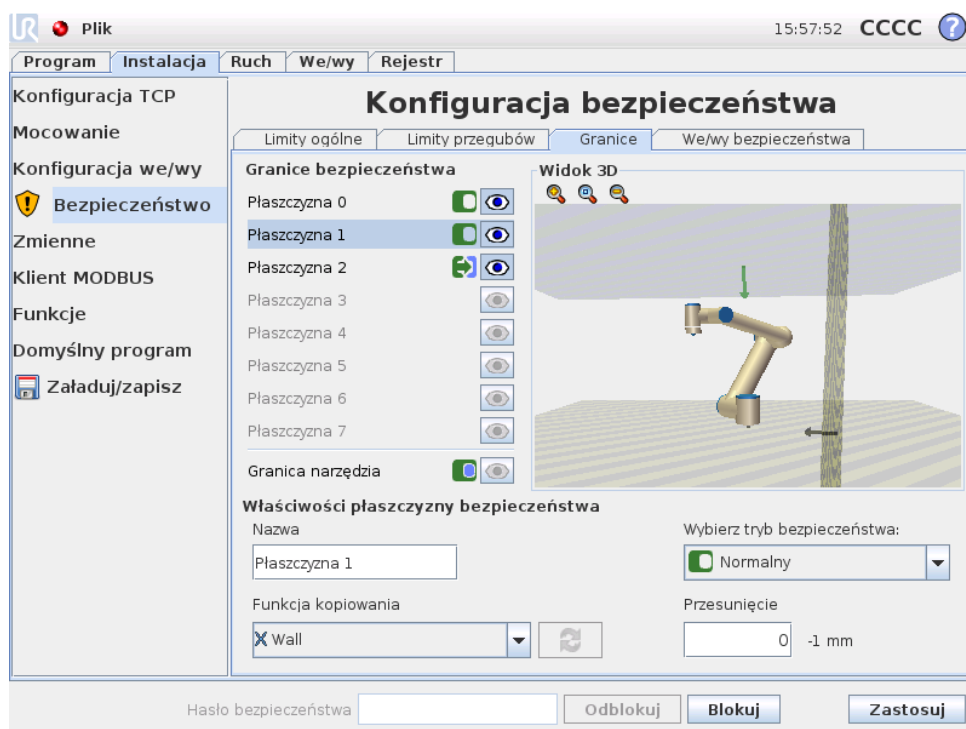
Limit graniczny orientacji narzędzia jest wizualizowany przez sferyczny stożek oraz wektor określający bieżącą orientację narzędzia robota. Wnętrze stożka odpowiada polu dopuszczalnemu dla orientacji narzędzia (wektora).

Kiedy płaszczyzna lub limit graniczny orientacji narzędzia są skonfigurowane, lecz nieaktywne, są wizualizowane w kolorze szarym.

Naciśnięcie ikony szkła powiększającego pozwala na powiększenie lub oddalenie, a przeciągnięcie palcem po ekranie na zmianę widoku.

### 14.11.3 Konfiguracja płaszczyzny bezpieczeństwa


Sekcja *Właściwości płaszczyzny bezpieczeństwa* w dolnej części karty definiuje konfigurację wybranej płaszczyzny bezpieczeństwa na panelu *Granice bezpieczeństwa* w lewej górnej części karty.







**Nazwa** W polu tekstowym Nazwa użytkownik może przypisać nazwę do wybranej płaszczyzny bezpieczeństwa. Nazwę można zmienić, dotykając pola tekstowego i wprowadzając nową.

**Funkcja kopiowania** Pozycja i kierunek normalny płaszczyzny bezpieczeństwa są zdefiniowane za pomocą funkcji (zob. 11.12) z bieżącej instalacji robota. Rozwijane pole w lewej dolnej części sekcji Właściwości płaszczyzny bezpieczeństwa pozwala na wybranie funkcji. Dostępne są tylko funkcje typu wskazującego i płaszczyznowe. Wybranie pozycji <Niezdefiniowane> powoduje wyczyszczenie konfiguracji płaszczyzny.

Oś Z wybranej funkcji będzie wskazywać zabronioną przestrzeń, natomiast kierunek normalny do płaszczyzny będzie wskazywać w przeciwną stronę. Wyjątek zachodzi po wybraniu funkcji Baza, wtedy kierunek normalny będzie wskazywać ten sam kierunek. Jeśli płaszczyzna jest skonfigurowana jako *wyzwalająca tryb ograniczony* (zob. 14.11.3), kierunek normalny wskazuje stronę płaszczyzny, która *nie powoduje przejścia do trybu ograniczonego*.

Należy pamiętać, że podczas konfiguracji płaszczyzny bezpieczeństwa przez wybranie funkcji informacje o pozycji są tylko *kopiuwane* do tej płaszczyzny, a sama płaszczyzna *nie jest* powiązana z tą funkcją. To oznacza, że zmiana pozycji lub orientacji funkcji użytej do skonfigurowania płaszczyzny bezpieczeństwa nie spowoduje automatycznej aktualizacji płaszczyzny. Jeśli funkcja zostanie zmieniona, jest to oznaczane ikoną ⚠ znajdującą się nad selektorem funkcji. Kliknięcie przycisku  przy selektorze powoduje zaktualizowanie parametrów płaszczyzny bezpieczeństwa według bieżącej pozycji i orientacji funkcji. Ikona ⚠ jest wyświetlana także wtedy, kiedy wybrana funkcja została usunięta z instalacji.

**Tryb bezpieczeństwa** Rozwijane menu z prawej strony panelu Właściwości płaszczyzny bezpieczeństwa pozwala na określenie *trybu bezpieczeństwa* dla płaszczyzny bezpieczeństwa. Dostępne są poniższe tryby:

Wyłączony	Płaszczyzna bezpieczeństwa <i>nigdy</i> nie jest aktywna.
 Normalny	Kiedy system bezpieczeństwa jest w trybie <i>normalnym</i> , <i>aktywna</i> jest płaszczyzna trybu normalnego i ma funkcję <i>bezwzględnego limitu</i> dla położenia punktu TCP robota.
 Ograniczony	Kiedy system bezpieczeństwa jest w trybie <i>ograniczonym</i> , <i>aktywna</i> jest płaszczyzna trybu ograniczonego i ma funkcję <i>bezwzględnego limitu</i> dla położenia punktu TCP robota.
 Normalny & ograniczony:	Kiedy system bezpieczeństwa jest w trybie albo <i>normalnym</i> , albo <i>ograniczonym</i> , <i>aktywna</i> jest płaszczyzna trybu normalnego i ograniczonego i ma funkcję <i>bezwzględnego limitu</i> dla położenia punktu TCP robota.
 Tryb ograniczony wyzwalany	Kiedy system bezpieczeństwa jest w trybie albo <i>normalnym</i> , albo <i>ograniczonym</i> , <i>aktywna</i> jest płaszczyzna trybu <i>ograniczonego wyzwalanego</i> i powoduje przejście systemu bezpieczeństwa do trybu <i>ograniczonego</i> zawsze, kiedy punkt TCP znajduje się za nią.

Wybrany *tryb bezpieczeństwa* jest wskazywany przez ikonę przy odpowiadającej pozycji na panelu Granice bezpieczeństwa. Jeśli ustawienie *trybu bezpieczeństwa* to Wyłączony, nie jest wyświetlana żadna ikona.

**Przesunięcie** Po wybraniu funkcji w rozwijanym polu w lewej dolnej części panelu Właściwości płaszczyzny bezpieczeństwa, płaszczyznę można liniowo przesunąć przez dotknięcie pola tekstowego Przesunięcie w prawej dolnej części tego panelu i wprowadzenie wartości. Wprowadzenie wartości dodatniej zwiększa dozwoloną przestrzeń roboczą robota przez odsunięcie płaszczyzny w kierunku przeciwnym do wektora normalnego, natomiast wprowadzenie wartości ujemnej zmniejsza dozwoloną przestrzeń przez odsunięcie płaszczyzny w kierunku zgodnym z wektorem normalnym.

Tolerancja i jednostka przesunięcia płaszczyzny granicznej są widoczne z prawej strony pola tekstowego.

**Działanie płaszczyzn *limitu bezwzględnego*** Wykonywanie programu jest przerywane, kiedy punkt TCP zmierza do przekroczenia aktywnej płaszczyzny o bezwzględnym limicie zmniejszonej o wartość tolerancji (zob. 14.3) i jeśli kontynuuje ruch wzdłuż przewidywanej trajektorii. Należy zauważyć, że znak minus widoczny przy wartości tolerancji ma na celu wyłącznie wskazanie, że tolerancja jest

odejmowana od rzeczywistej wprowadzonej wartości. System bezpieczeństwa wykona zatrzymanie kategorii 0, jeśli punkt TCP przekroczy określoną, graniczną płaszczyznę bezpieczeństwa (bez tolerancji).

**Działanie płaszczyzn wyzwiania trybu ograniczonego** Jeśli nie jest włączone zatrzymanie ochronne, a system bezpieczeństwa nie jest w specjalnym trybie *przywracania* (zob. 14.5), system pracuje w trybie *normalnym* albo *ograniczonym* i ruchy ramienia robota są ograniczone przez właściwy zbiór limitów.

Domyślnie system bezpieczeństwa jest w trybie *normalnym*. Przejście do trybu *ograniczonego* następuje po każdym wystąpieniu poniższej sytuacji:

- a) Punkt TCP robota znajduje się za jedną z płaszczyzn *wyzwolenia trybu ograniczonego*, czyli znajduje się po stronie płaszczyzny *przeciwnej* do kierunku małej strzałki na wizualizacji płaszczyzny.
- b) Skonfigurowana jest wejściowa funkcja bezpieczeństwa trybu *ograniczonego* i sygnały wejściowe są w stanie niskim (szczegółowe informacje zawiera p. 14.12).

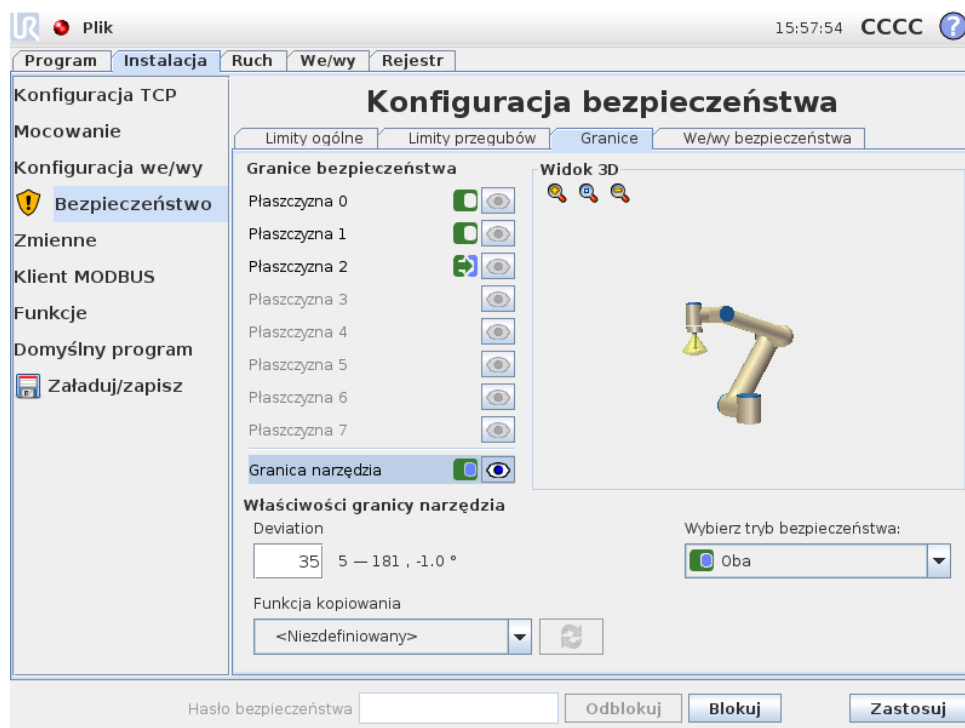
Jeśli nie obowiązuje już żaden z powyższych warunków, system bezpieczeństwa przechodzi z powrotem do trybu *normalnego*.

Jeśli przejście z trybu *normalnego* do *ograniczonego* zostało spowodowane przekroczeniem płaszczyzny *wyzwolenia trybu ograniczonego*, następuje przejście od zbioru limitów trybu *normalnego* do zbioru limitów trybu *ograniczonego*. Natychmiast jak punkt TCP robota znajdzie się 20 mm lub bliżej płaszczyzny *wyzwolenia trybu ograniczonego* (lecz ciągle będzie znajdować się po stronie trybu *normalnego*), dla każdej z wartości limitów obowiązuje łagodniejszy limit trybu *normalnego* lub *ograniczonego*. Kiedy punkt TCP robota przejdzie przez płaszczyznę *wyzwolenia trybu ograniczonego*, zbiór limitów trybu *normalnego* nie jest już aktywny i obowiązuje zbiór limitów trybu *ograniczonego*.

Jeśli przejście z trybu *ograniczonego* do *normalnego* zostało spowodowane przekroczeniem płaszczyzny *wyzwolenia trybu ograniczonego*, następuje przejście od zbioru limitów trybu *ograniczonego* do zbioru limitów trybu *normalnego*. Natychmiast jak punkt TCP robota przejdzie przez płaszczyznę *wyzwolenia trybu ograniczonego*, dla każdej z wartości limitów obowiązuje łagodniejszy limit trybu *normalnego* lub *ograniczonego*. Kiedy punkt TCP robota znajdzie się 20 mm lub dalej od płaszczyzny *wyzwolenia trybu ograniczonego* (po stronie trybu *normalnego*), zbiór limitów trybu *ograniczonego* nie jest już aktywny i obowiązuje zbiór limitów trybu *normalnego*.

Jeśli przewidywana trajektoria punktu TCP robota przekracza płaszczyznę *wyzwolenia trybu ograniczonego*, ramię robota rozpocznie wyhamowywanie jeszcze przed przekroczeniem płaszczyzny, o ile może dojść do przekroczenia limitu prędkości przegubu, narzędzia lub limitu pędu z nowego zbioru limitów. Istnieje wymóg większej restrykcyjności tych limitów w trybie *ograniczonym*, więc takie wczesne hamowanie może wystąpić wyłącznie przy przejściu od trybu *normalnego* do *ograniczonego*.

### 14.11.4 Konfiguracja granicy narzędzia



Panel Właściwości granic narzędzia w dolnej części karty definiuje limit dla orientacji narzędzia robota, który składa się z pożądanej orientacji narzędzia oraz wartości maksymalnego dopuszczalnego odchylenia tej orientacji.


**Odchylenie** Pole tekstowe *Odchylenie* zawiera wartość maksymalnego dopuszczalnego odchylenia orientacji narzędzia robota od orientacji pożądanej. Wartość można zmienić, dotykając pola tekstowego i wprowadzając nową.

Przy polu tekstowym wyświetlany jest dopuszczalny zakres wartości z tolerancją i jednostką odchylenia.




**Funkcja kopiowania** Pożądana orientacja narzędzia robota jest zdefiniowana za pomocą funkcji (zob. 11.12) z bieżącej instalacji robota. Oś Z wybranej funkcji będzie zastosowana jako wektor pożądanej orientacji narzędzia dla tego limitu.

Rozwijane pole w lewej dolnej części panelu Właściwości granic narzędzia pozwala na wybranie funkcji. Dostępne są tylko funkcje typu wskazującego i płaszczyznowe. Wybranie pozycji <Niezdefiniowane> powoduje wyczyszczenie konfiguracji płaszczyzny.

Należy pamiętać, że podczas konfiguracji limitu przez wybranie funkcji informacje o orientacji są tylko *kopiowane* do tego limitu, a sam limit *nie jest* powiązany z tą funkcją. To oznacza, że zmiana pozycji lub orientacji funkcji użytej do skonfigurowania limitu nie spowoduje jego automatycznej aktualizacji. Jeśli funkcja zostanie zmieniona, jest to oznaczane ikoną ⚠ znajdującą się nad selektorem funkcji. Kliknięcie przycisku ↻ przy selektorze powoduje zaktualizowanie limitu według

bieżącej orientacji funkcji. Ikona  jest wyświetlana także wtedy, kiedy wybrana funkcja została usunięta z instalacji.

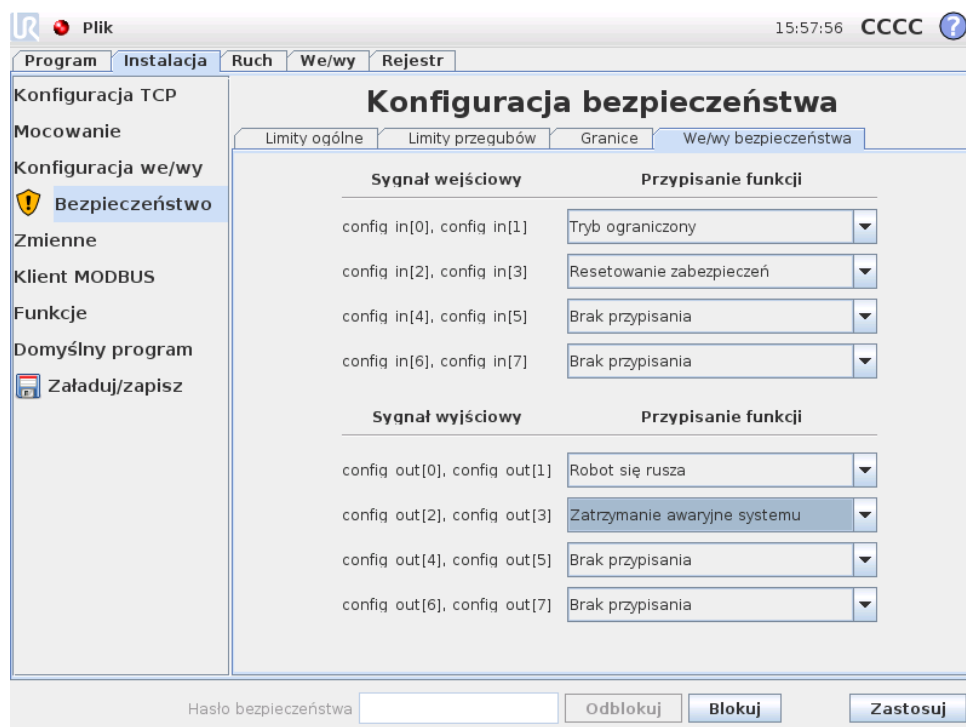
**Tryb bezpieczeństwa** Rozwijane menu z prawej strony panelu Właściwości granic narzędzia pozwala na określenie trybu bezpieczeństwa dla granic orientacji narzędzia. Dostępne są następujące opcje:

Wyłączony	Limit granicy narzędzia nigdy nie jest aktywny.
 Normalny	Kiedy system bezpieczeństwa jest w trybie <i>normalnym</i> , graniczny limit narzędzia jest aktywny.
 Ograniczony	Kiedy system bezpieczeństwa jest w trybie <i>ograniczonym</i> , graniczny limit narzędzia jest aktywny.
 Normalny i ograniczony	Kiedy system bezpieczeństwa jest w trybie albo <i>normalnym</i> , albo <i>ograniczonym</i> , graniczny limit narzędzia jest aktywny.

Wybrany tryb bezpieczeństwa jest wskazywany przez ikonę przy odpowiadającej pozycji na panelu Granice bezpieczeństwa. Jeśli ustawienie trybu bezpieczeństwa to Wyłączony, nie jest wyświetlana żadna ikona.

**Działanie** Wykonywanie programu jest przerywane, kiedy odchylenie orientacji narzędzia zmierza do przekroczenia maksymalnego odchylenia zmniejszonego o wartość tolerancji (zob. 14.3) i jeśli kontynuuje ruch wzdłuż przewidywanej trajektorii. Należy zauważyć, że znak minus widoczny przy wartości tolerancji ma na celu wyłącznie wskazanie, że tolerancja jest odejmowana od rzeczywistej wprowadzonej wartości. System bezpieczeństwa wykona zatrzymanie kategorii 0, jeśli odchylenie orientacji narzędzia przekroczy limit (bez tolerancji).

## 14.12 We/wy bezpieczeństwa



Ten ekran definiuje *funkcje bezpieczeństwa* dla konfigurowalnych wejść i wyjść (we/wy). Sygnały we/wy można podzielić na wejścia oraz wyjścia i są one tak parowane, że każda funkcja jest ze względów bezpieczeństwa obsługiwana przez urządzenie PLd we/wy i kategorii 3 (na wypadek utraty sprawności jednego z wejść lub wyjść).

Każda *funkcja bezpieczeństwa* może sterować tylko jedną parą wejść/wyjść. Próba ponownego wybrania jednej funkcji bezpieczeństwa powoduje usunięcie jej z pierwszej pary wcześniej zdefiniowanych we/wy. Są 3 *funkcje bezpieczeństwa* dla sygnałów wejściowych i 4 dla sygnałów wyjściowych.

**Sygnały wejściowe** Dla sygnałów wejściowych można wybrać następujące *funkcje bezpieczeństwa*:

- **Zatrzymanie awaryjne:** Po wybraniu dostępna jest opcja przyłączenia dodatkowego przycisku Zatrzymanie awaryjne, poza przyciskiem znajdującym się na sterowniku uczenia. Po przyłączeniu urządzenia zgodnego z normą ISO 13850:2006 zapewniona jest funkcjonalność identyczna z przyciskiem zatrzymania awaryjnego, który znajduje się na sterowniku uczenia.
- **Tryb ograniczony:** Wszystkie limity bezpieczeństwa mają dwa tryby, w których mogą być stosowane: *Normalny* który określa domyślną konfigurację bezpieczeństwa oraz *Ograniczony* (więcej szczegółowych informacji zawiera p. 14.5). Po wybraniu tej wejściowej funkcji bezpieczeństwa, niski stan wejścia powoduje przejście systemu bezpieczeństwa do trybu *ograniczonego*. W razie

konieczności ramię robota wyhamowuje, aby zachować zgodność ze zbiorem limitów trybu *ograniczonego*. Jeśli ramię robota będzie w dalszym ciągu naruszać dowolny z limitów trybu *ograniczonego*, nastąpi zatrzymanie kategorii 0. Przejście z powrotem do trybu *normalnego* odbywa się w ten sam sposób. Należy pamiętać, że płaszczyzny bezpieczeństwa również powodują przejście do trybu *ograniczonego* (szczegółowe informacje zawiera p. 14.11.3).

- **Resetowanie zabezpieczeń:** Jeśli funkcja Zatrzymanie przez zabezpieczenie jest podłączona do we/wy bezpieczeństwa, to Resetowanie zabezpieczeń pozwala na utrzymanie stanu zatrzymania przez zabezpieczenie do czasu wyzwolenia zresetowania. Ramię robota nie wykona ruchu w stanie zatrzymania przez zabezpieczenie.



#### **OSTRZEŻENIE:**

Domyślnie funkcja wejściowa resetowania zabezpieczeń jest skonfigurowana dla wejściowych styków 0 i 1. Całkowite wyłączenie funkcji oznacza, że ramię robota wychodzi ze stanu zatrzymania przez zabezpieczenie natychmiast, kiedy wejście zatrzymania przez zabezpieczenie przejdzie do stanu wysokiego. Ujmując inaczej, bez sygnału wejściowego resetowania zabezpieczeń wejścia SI0 i SI1 zatrzymania przez zabezpieczenie (zob. Podręcznik instalacji sprzętu) całkowicie określają, czy stan zatrzymania przez zabezpieczenie jest aktywny, czy nie.

**Sygnaly wyjściowe** Dla sygnałów wyjściowych można zastosować niżej wymienione *funkcje bezpieczeństwa*. Wszystkie sygnały powracają do stanu niskiego, kiedy zaniknie warunek wyzwalający stan wysoki:

- **Zatrzymanie awaryjne systemu:** Niski stan sygnału pojawia się, kiedy system bezpieczeństwa został przełączony do stanu zatrzymania awaryjnego. W pozostałych przypadkach sygnał jest w stanie wysokim.
- **Ruch robota:** Niski stan sygnału pojawia się zawsze, kiedy ramię robota jest w stanie ruchu. Kiedy ramię robota jest w stałym położeniu, stan sygnału jest wysoki.
- **Robot się nie zatrzymuje:** W przypadku żądania zatrzymania ramienia robota między żądaniem a rzeczywistym zatrzymaniem ramienia upływa pewien czas. W tym czasie sygnał będzie w stanie wysokim. Sygnał jest niski, kiedy ramię robota się porusza i nie było żądania zatrzymania, a także kiedy ramię robota jest w pozycji zatrzymanej.
- **Tryb ograniczony:** Wysyła niski stan sygnału, kiedy ramię robota jest w trybie *ograniczonym* lub jeśli wejście bezpieczeństwa skonfigurowano jako wejście sygnału trybu *ograniczonego* i ten sygnał jest aktualnie niski. W innych przypadkach stan sygnału jest wysoki.
- **Poza trybem ograniczonym:** Ma miejsce sytuacja odwrotna niż zdefiniowana powyżej dla trybu *ograniczonego*.