

Ćwiczenie nr 1 – Wprowadzenie do programu Inventor

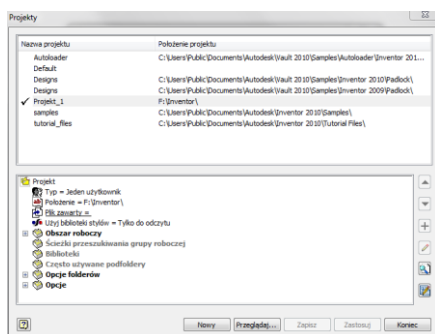
Ogólna koncepcja programu

Program Inventor 2025 jest kolejną wersją pakietu trójwymiarowego projektowania parametrycznego firmy Autodesk Inc. Tworzone projekty składają się z obiektów, które mają jak najwierniej odwzorowywać przyszłą konstrukcję rzeczywistą. Projektowane elementy mogą mieć nadane własności rzeczywistych materiałów konstrukcyjnych. W programie jest zintegrowana analiza ruchu oraz analiza naprężeń. Ogólna filozofia programu jest podobna do innych narzędzi takich jak Solid Edge, Solid Works czy Catia. Istotną zaletą programu jest podobieństwo poleceń i interfejsu z programem AutoCad.

Idea projektowania w programie Inventor polega na tworzeniu obiektów opisywanych przez zbiór poleceń (operacji) na tych obiektach wykonywanych. Podstawowym obiektem jest spójna pojedyncza bryła uzyskiwana na podstawie operacji tworzenia bryły (najczęściej ze szkicu płaskiego) oraz szeregu operacji przetwarzania tej bryły w postać końcową przez operacje np. wycinania, wykonywania otworów, dodawania fazowań czy zaokrągleń. Tworzenie większych jednostek (zespołów) odbywa się na drodze składania ich z części. Istnieje również możliwość tworzenia zespołów od góry przez rozpoczęcie pracy w zespole i na podstawie ogólnych założeń zespołu projektuje się poszczególne podzespoły i komponenty w kontekście całego zespołu (w nawiązaniu do innych elementów zespołu). Utworzony zespół może być analizowany pod kątem ewentualnych konfliktów w ruchu poszczególnych mechanizmów jak i możliwa jest symulacja naprężeń wynikających z pracy układu pod zadanymi obciążeniami. Utworzone części i zespoły mogą być następnie pokazane jako rysunki 2D w postaci odpowiednich rzutów i przekrojów i opisane jak każda klasyczna dokumentacja projektowa.

Program jest pakietem zawierającym moduły przeznaczone do tworzenia części, zespołów, rysunków oraz prezentacji. Dodatkowo dochodzą warianty związane z tworzeniem konstrukcji blachowej i konstrukcji spawanej. W momencie tworzenia nowego dokumentu musimy określić jaki typ obiektu będziemy wykonywać.

Generalnie najlepszym sposobem uporządkowania znacznej ilości tworzonych plików związanych z tworzeniem złożonych konstrukcji jest posługiwanie się projektami. Projekt jest to folder (na dysku) do którego przypisujemy wybraną nazwę. Przez polecenie projekty istnieje możliwość wyboru z listy dostępnych projektów projektu aktualnego (rys. 1.). Projekt definiuje lokalizację wszystkich plików związanych z projektem, w tym również plików danych projektowych, ilość zapisywanych wersji plików, typ projektu itp. Wszystkie pliki tworzone będą zapisywane w aktywnym projekcie. Projekt może być usunięty z listy (menu kontekstowe) – nie są wówczas usuwane pliki wchodzące w skład projektu a tylko link do definicji projektu.



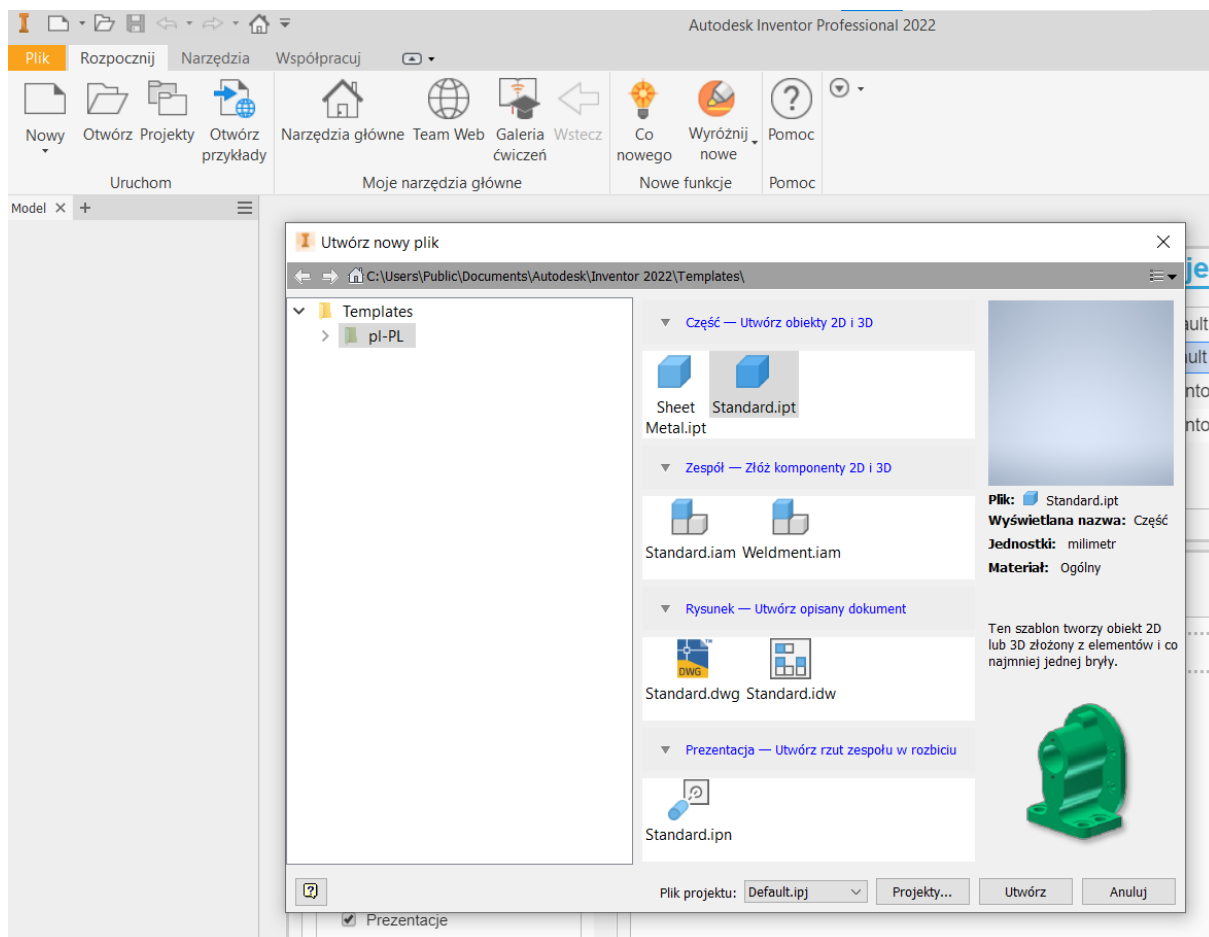
Rys.1. Wybór aktualnego projektu

Projekty są zapisywane w plikach z rozszerzeniem *.ipj. Pozostałe typy plików to:

- część – pliki *.ipt
- zespół – pliki *.iam

- rysunki – pliki *.idw, *.dwg
- prezentacje – pliki *.ipn

Wybór odpowiedniego typu pliku odbywa się przez polecenie Nowy lub Otwórz z menu wstążkowego głównego okna aplikacji rys. 2.



Rys.2 . Okno główne programu v. 2022 w trakcie tworzenia nowego pliku

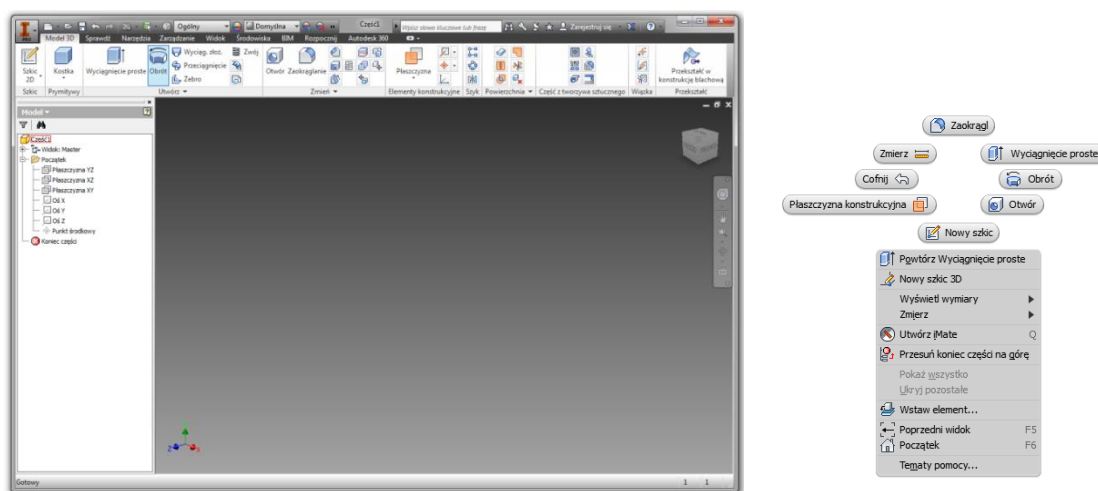
Opis interfejsu programu

Program posługuje się menu wstążkowym o działaniu analogicznym do menu w programie AutoCad. Wygląd menu dla każdego z rodzajów plików jest inny. Cechą różniącą interfejs w obu tych programach jest brak wiersza poleceń, bardzo uproszczony pasek stanu i obecność przeglądarki obiektów w programie Inventor. Na rys. 3. pokazano wygląd interfejsu po standardowym rozpoczęciu pracy w module *Część*. Pokazano również dodatkowe menu urządzenia wskazujące dostępne pod prawym przyciskiem myszy. Ogólna zasada działania, interfejs nie zmieniają się zasadniczo w kolejnych wersjach – widoczne są różnice w wyglądzie ikon, ich opisach, kolorystyce itp. Należy pamiętać o tym, że część kart może być ukryta (dostęp do ukrywania/wyświetlania paneli przez wciśnięty prawy przycisk na wstążce opcja pokaż panele)

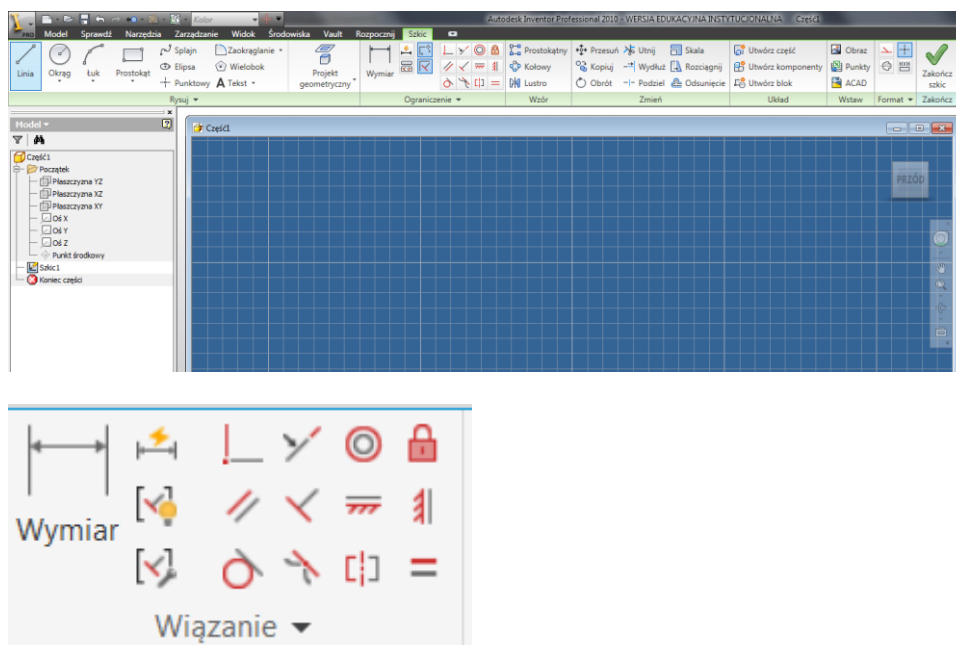
Rysowanie części rozpoczyna się najczęściej od szkicu i dlatego uruchomienie nowego pliku części w starszych wersjach wiąże się z otwarciem szkicownika (standardowo) rys. 4. Od wersji 2014 mamy do wyboru dodatkową możliwość tworzenia części w oparciu o element bryłowy. Dlatego w wersji 2022 po uruchomieniu środowiska części program nie uruchamia szkicownika. Wejście do szkicownika przez panel Szkic (mamy do wyboru szkic 2D – podstawowe szkicowanie w modelowaniu bryłowym i szkic 3D)

Istnieje możliwość dostosowania programu (*karta Narzędzia/polecenie Opcje*). Między innymi można zmienić schemat kolorów.

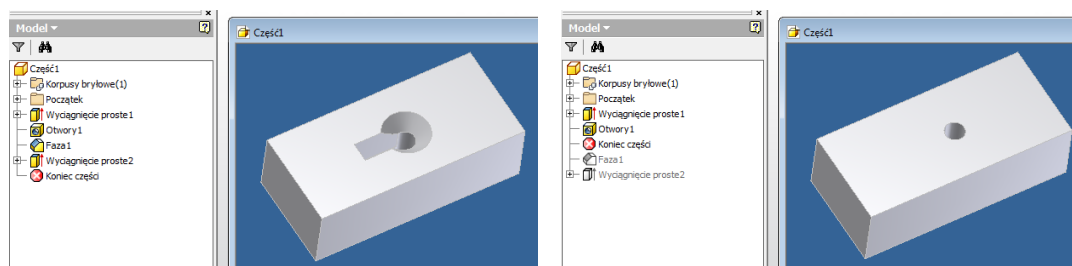
W lewej części ekranu standardowo znajduje się przeglądarka obiektów, na której znajdują się poszczególne elementy tworzonej części. Są to wielkości predefiniowane (orientacja układu współrzędnych) oraz lista obiektów utworzonych (tu szkic1) i lista operacji. Czynności są pokazywane jako lista i mogą być one z tej listy np. usuwane, ukrywane. Dostępne operacje dotyczące poszczególnych obiektów na liście są najczęściej wybierane z menu podręcznego (prawy przycisk myszy). Znacznik (ikona) *Koniec części* może być przesuwany i aktualny stan modelu będzie odpowiadał liście czynności do tego znacznika (rys.5.). Z prawej strony ekranu standardowo umieszczony jest pasek nawigacyjny z kostką widoku (Cubic View). Dostępne są tam znane z AutoCada polecenia podglądu: polecenie **SteeringWheels**, **Panorama** (Nowy fragment), **Zoom**, **3DObita** i **Widok** na wskazaną powierzchnię.



Rys. 3. Widok środowiska rysowania części v.2014 i menu urządzenia wskazującego w tym środowisku



Rys. 4. Menu w czasie pracy w Szkicu w module część z pokazanym osobno panelem *Wiązanie* (v2022)/*Ograniczenie* (v2014)

Rys. 5. Działanie znacznika *Koniec części*

Istnieją skróty klawiszowe umożliwiające szybsze wywołanie wybranych poleceń podglądu:

F4 – polecenie orbita

Home – Zoom all

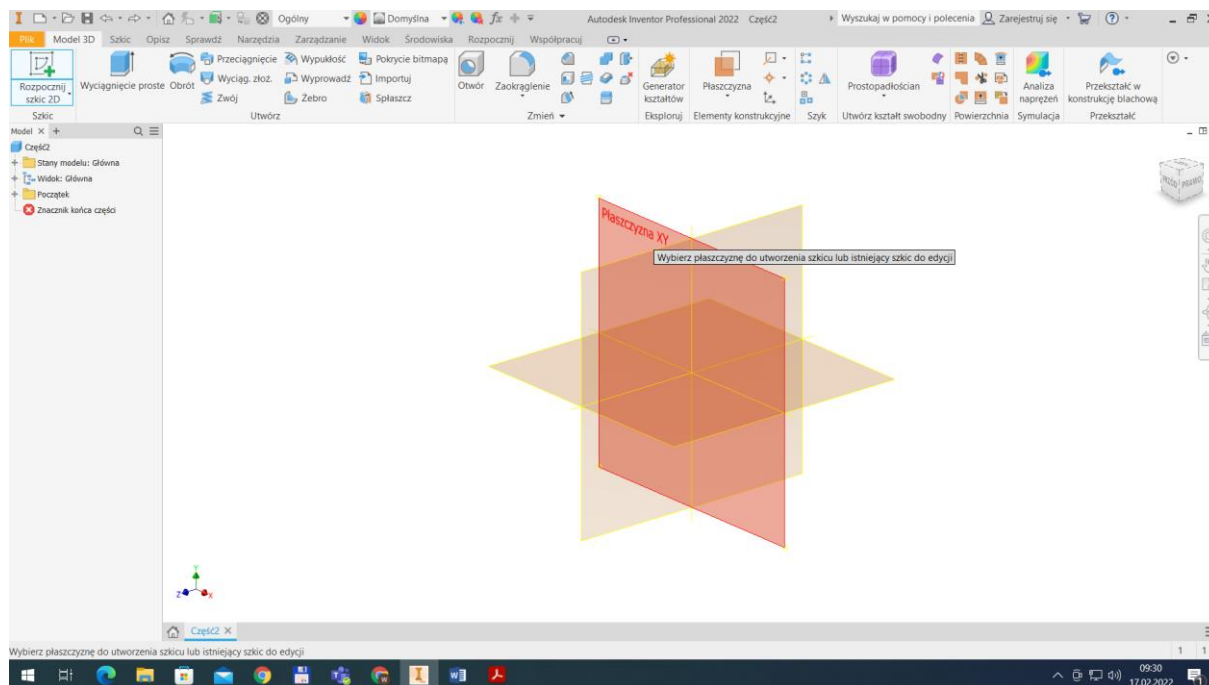
F6 – Widok główny (widok 3D ze standardową orientacją układu współrzędnych)

PageUp – widok na wybraną płaszczyznę

Szkicownik

Projektowanie części najczęściej rozpoczyna się w szkicowniku – środowisku służącym do przygotowania szkicu elementu (jego zarysu), z którego jedną z dostępnych metod zostanie utworzony obiekt bryłowy. Zasady tworzenia obiektów w szkicowniku są analogiczne jak w przypadku tworzenia rysunków płaskich w programie AutoCAD. Dostępne są podobne polecenia rysowania elementów, ich powielania i zmiany. Dostępna jest edycja uchwytowa, wybór oknem oraz wybór kilku obiektów.

Na rys. 6 pokazano moment wywołania polecenia **Rozpocznij szkic 2D**. Polecenie to wymaga wskazania płaszczyzny na której ma być wykonany szkic. Na początku tworzenia części mamy do wyboru 3 płaszczyzny konstrukcyjne (zgodne z GUW- Globalnym układem współrzędnych) i należy wskazać jedną z nich. W dalszych etapach możemy korzystać z płaszczyzn GUW, płaszczyzn innych układów współrzędnych, dodatkowych płaszczyzn konstrukcyjnych czy dostępnych płaskich lic tworzonego obiektu bryłowego. Dostęp do nowych układów współrzędnych i płaszczyzn w panelu *Elementy konstrukcyjne*.



Rys. 6. Rozpoczęcie szkicowania – wybór płaszczyzny szkicu (v.2022)

Program Inventor jest parametryczny i posługuje się więzami geometrycznymi i wymiarowymi. Więzy geometryczne służą do ustanowienia relacji położenia i orientacji przestrzennej dla jednego elementu ry-

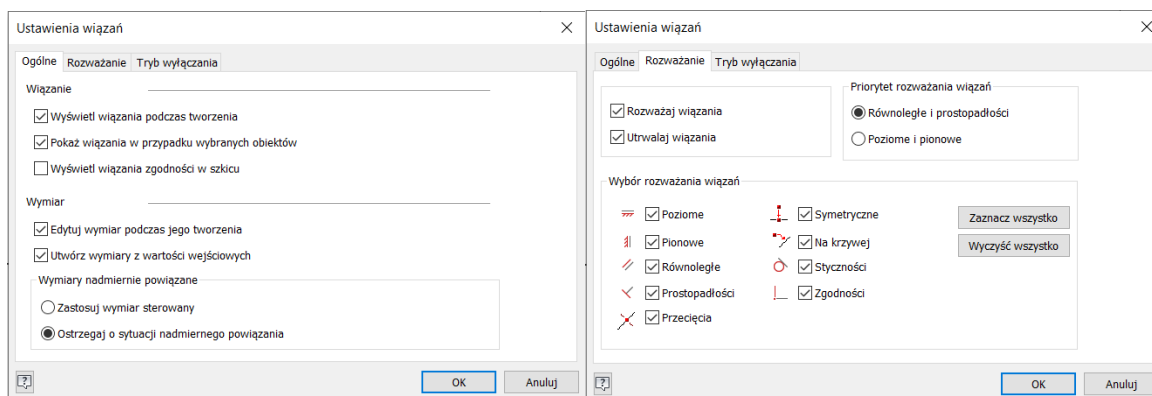
sunkowego lub kilku elementów. Więzy wymiarowe służą do określenia wartości wybranych parametrów obiektów (długości, kąta) lub odległości pomiędzy punktami należącymi do różnych obiektów.

Istnieje następujący zestaw więzów geometrycznych:

	pokrywanie się – dwa punkty pokrywają się (np. końce odcinków)
	współliniowość – dwa obiekty są współliniowe. drugi wskazany obiekt staje się współliniowy przez jego rzutowanie na kierunek wyznaczany przez pierwszy obiekt
	koncentryczność – dwa łuki lub okręgi są współśrodkowe
	unieruchomienie – wskazany punkt ma zablokowaną możliwość zmiany położenia, stosowany do unieruchomienia wybranego fragmentu elementu
	równoległość – dwa obiekty są do siebie równoległe
	prostopadłość – dwa obiekty są do siebie prostopadłe
	poziomy – wskazany obiekt lub dwa punkty są poziome (na linii poziomej)
	pionowy – wskazany obiekt lub dwa punkty są pionowe (na linii pionowej)
	styczny – wskazane obiekty są do siebie styczne
	gładkie – wymusza przyleganie splajnu z innym obiektem (linią, łukiem, splajnem)
	symetryczne – dwa obiekty są symetryczne
	równy – dwa obiekty mają taką samą długość (promień)

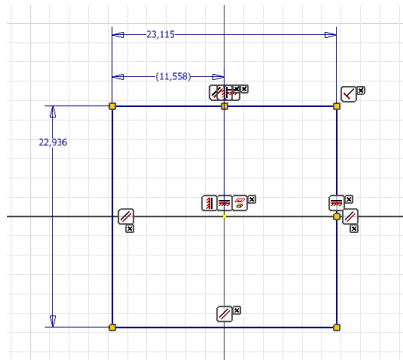
Więzy wymiarowe służą do sterowania (określania) wymiarów obiektów, które opisują (wymiarują). Są więc elementem sterującym np. długością odcinka, promieniem okręgu czy wartością kąta pomiędzy dwoma obiektami a nie tylko pokazującym wartość danej własności wymiarowanego obiektu (długość, promień, kąt itp.). Zmiana wartości więzu może się odbywać na drodze edycji (podwójne kliknięcie w wybrany wymiar).

W szkicowniku oba typy więzów są dostępne (*panel ograniczenia/wiązania* w Karcie szkicownika rys. 4.). W czasie pracy w szkicowniku zaleca się ustawienie jako aktywne dwóch przełączników: **podpowiadania wiązań** i **utrwalanie wiązań** (*panel ograniczenie/wiązanie*). Obecnie jest to zorganizowane przez polecenie Ustawienia wiązań rys. 7. Ustawione wiązania mogą być wyświetlane na ekranie. Służy do tego polecenie **pokaż wiązania**. Sterowanie wyświetlaniem wiązań można również zrealizować z menu kontekstowego (kliknięcie prawym przyciskiem myszy na obszarze roboczym) lub klawiszami : klawisz **F8** – pokaż wszystkie wiązania, klawisz **F9** – ukryj wszystkie wiązania.



Rys. 7. Polecenie ustawienia wiązań

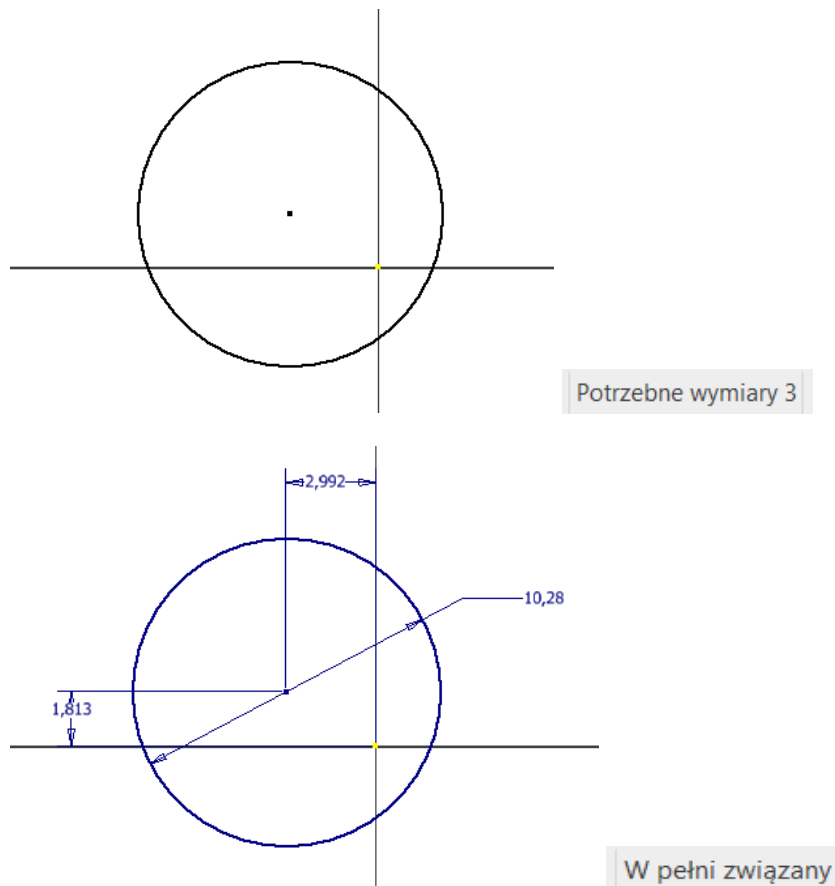
Zakładanie więzów geometrycznych odbywa się przez wybór danego więzu i wskazanie obiektów, które mają temu więzowi podlegać. Usunięcie więzu odbywa się przez usunięcie symbolu więzu na szkicu (po wyświetleniu więzów). Zakładanie więzów geometrycznych jest analogiczne do wymiarowania.



Rys. 8. Przykładowy szkic z nałożonymi więzami

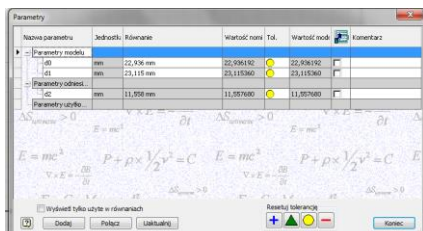
Na projektowany szkic zaleca się nałożyć tyle więzów geometrycznych i wymiarowych aby odebrać wszystkie stopnie swobody. Informacja o koniecznych jeszcze więzach jest podana na dole ekranu z prawej strony – komunikat W pełni związany.

Dla przykładu – dla rysunku okręgu (rys. 9), który nie jest umieszczony w początku układu współrzędnych, istnieją 3 stopnie swobody – potrzebne są 3 wiązania. Dwa dotyczą położenia względem początku układu współrzędnych a trzecie średnicy/promienia okręgu. Dodatkowo przy pełnym związaniu następuje zmiana kolorów obiektu (tu z czarnego na niebieski)



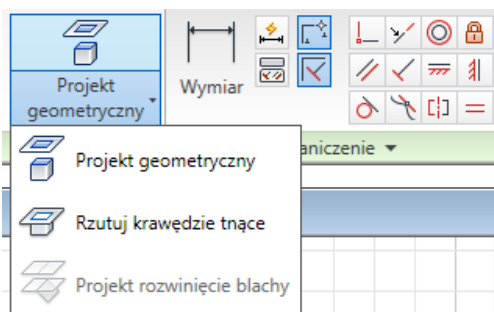
Rys. 9. Wiązanie okręgu

W przypadku podania dodatkowego wymiaru przestaje on być wymiarem wiążącym a jest tylko wymiarem sterowanym (informującym o wartości wymiaru). Wartość takiego wymiaru jest pokazywana w nawiasach (rys. 8.) Każdy z więzów wymiarowych posiada swoją nazwę nadawaną przez program (istnieje możliwość jej zmiany) a ich wartości mogą być wprowadzane przez użytkownika bezpośrednio lub jako wyniki z zależności algebraicznych z innymi parametrami. Do zakładania relacji i modyfikacji nazwy więzów wymiarowych służy polecenie **parametry** rys. 10. (*karta Zarządzanie*)

Rys. 10. Polecenie **parametry**

W celu ograniczenia ilości wiązań projektowany element należy ustawiać centralnie względem początku układu współrzędnych (rys. 8.). W przeglądarce obiektów można włączyć wyświetlanie początku układu współrzędnych (*Początek - Punkt środkowy* - rys. 4.)

W czasie szkicowania istnieje możliwość wykorzystania wcześniej narysowanych elementów. Służy do tego polecenie **Projekt geometryczny**. Mamy możliwość rzutowania elementów konstrukcyjnych istniejącego obiektu na aktualną płaszczyznę szkicu (rzutuj geometrie) lub pozyskanie krawędzi uzyskanych z przecięcia modelu płaszczyzną szkicu (rzutuj krawędzie tnące) rys. 11. W normalnej pracy program sam udostępnia zarys istniejących (widocznych) elementów do konstruowania nowego szkicu. Jeżeli istnieje konieczność użycia innych elementów (np. w czasie tworzenia zespołu elementów lub zarysu niewidocznego na danej płaszczyźnie) to należy polecenie **Projekt geometryczny** użyć samodzielnie.

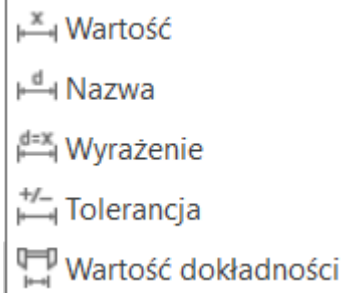
Rys. 11. Polecenie **Projekt geometryczny**

Pracę ze szkicem kończymy przyciskiem zakończ szkic (po prawej stronie karty szkic rys. 4.)

W dolnej części ekranu znajdują się pomoce rysunkowe. Mogą pomóc w czasie szkicowania i służą do



	Przyciąganie do siatki – wcześniej należy włączyć siatkę w szkicowniku – Polecenie Opcje aplikacji zakładka Szkic
	Polecenie pokaż wszystkie wiązania (skrót F8)

	Ustawienie sposobu pokazywania więzów wymiarowych. Dostępnych jest 5 wariantów: Wartość - sama wartość wiązania, np 10, Nazwa - tylko nazwa wiązania, np. d1 Wyrażenie - Nazwa i wartość lub Nazwa i formuła, d1=10 mm lub d1=d0/2 Tolerancja – wyświetlania wartości z podaniem tolerancji Wartość dokładna – wyświetlana dokładna wartość bez tolerancji	
	Grafika płata – przełączenie do widoku z pominięciem elementów znajdujących się przed aktualną płaszczyzną szkicu	
	Pokaż wszystkie stopnie swobody – wyświetlane są wskazówki dotyczące brakujących wiązań	
	Tryb wyłączania - umożliwia zamrożenie wiązań w czasie przesuwania obiektu w szkicu	

Ćwiczenie 1 – zadania do wykonania

Zadanie nr 1.

Rozpocząć tworzenie nowej części w oparciu o szablon standard.ipt

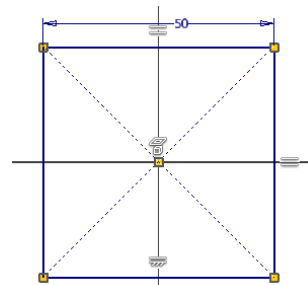
W kolejnych szkicach wykonać poszczególne elementy. Elementy rysować zgodnie z podanymi wskazówkami dotyczącymi płaszczyzny szkicu i położenia elementu względem początku układu współrzędnych na danej płaszczyźnie. Nadać potrzebne więzy geometryczne i wymiarowe. Więzom wymiarowym nadać własne nazwy. Sprawdzić czy szkice są w pełni utwierdzone. Po zamknięciu szkicu można wyłączyć jego wyświetlanie i utworzyć kolejny szkic.

Szkic utworzyć na płaszczyźnie XY

Narysować kwadrat, sprawdzić utworzone automatycznie więzy geometryczne (F8).

Nadać długość boku 50

Środek kwadratu pokrywa się z początkiem układu współrzędnych

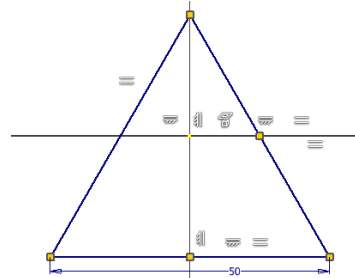


Szkic utworzyć na płaszczyźnie XZ

Narysować trójkąt równoboczny o boku równym 50

Środek podstawy jest w pionie z początkiem układu współrzędnych

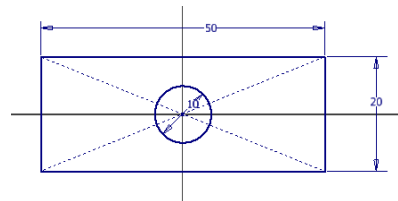
Środek boków jest w poziomie z początkiem układu współrzędnych



Szkic utworzyć na płaszczyźnie YZ

Narysować prostokąt z umieszczonym centralnie okręgiem. Wymiary prostokąta 50 na 20, średnica okręgu 10.

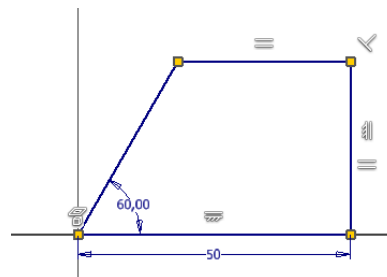
Prostokąt jest umieszczony symetrycznie względem początku układu współrzędnych



Szkic utworzyć na dowolnej płaszczyźnie

Narysować trapez o dwóch kątach prostych, równej długości górnej podstawy i pionowego boku i kącie przy podstawie 60°

Podstawa o długości 50



Sprawdzić poprawność utworzonych szkiców przez modyfikację poszczególnych wymiarów.

Włączyć wyświetlanie wszystkich szkiców. Zapisać plik.

Zadanie nr 2.

Rozpocząć tworzenie nowej części w oparciu o szablon standard.ipt

Na dowolnej płaszczyźnie wykonać element w kolejnych krokach. Nadać potrzebne więzy geometryczne i wymiarowe (wykorzystać parametry – nadać własne nazwy poszczególnym parametrom).

- Narysować prostokąt o stosunku boków 3:2.
- W prostokącie wykonać otwór. Średnica otworu powinna wynieść $1/5$ długości boku pionowego. Otwór powinien znajdować się w $1/3$ długości dłuższej osi symetrii prostokąta.
- Wykonać drugi otwór o środku umiejscowionym symetrycznie względem osi pionowej prostokąta do środka pierwszego otworu ale jego pole powinno być 2 razy mniejsze od większego okręgu
Uwaga! nie korzystać z wiązania symetrycznie (bo wtedy mają takie same wymiary i położenie).

Zmienić wymiary narysowanych elementów, sprawdzić poprawność wprowadzonych zależności.

Zadanie nr 3.

Rozpocząć tworzenie nowej części w oparciu o szablon standard.ipt

Wykonać szkic płytki prostokątnej o wymiarach 200x100, z półkolistym wycięciem z prawej strony o promieniu 20.

Uwaga:

- Szkic ma być ułożony centralnie względem początku (punktu środkowego)
- Szkic ma mieć nałożone wszystkie wymagane więzy (umożliwiające modyfikację wymiarów boków).
- Wycięcie ma się znajdować na symetralnej prawego boku
- Ma być założona relacja pomiędzy długościami boków płytki (2:1) oraz promień wycięcia ma być równy $1/10$ długości dłuższego boku.

Zadanie nr 4.

Rozpocząć tworzenie nowej części w oparciu o szablon standard.ipt

Wykonać szkic zarysu nakrętki sześciokątnej (bez otworu) z możliwością regulacji odległości pomiędzy bokami.

Szkic wykonać poleceniem linia.

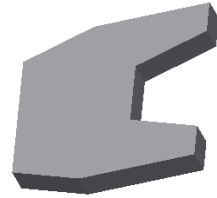
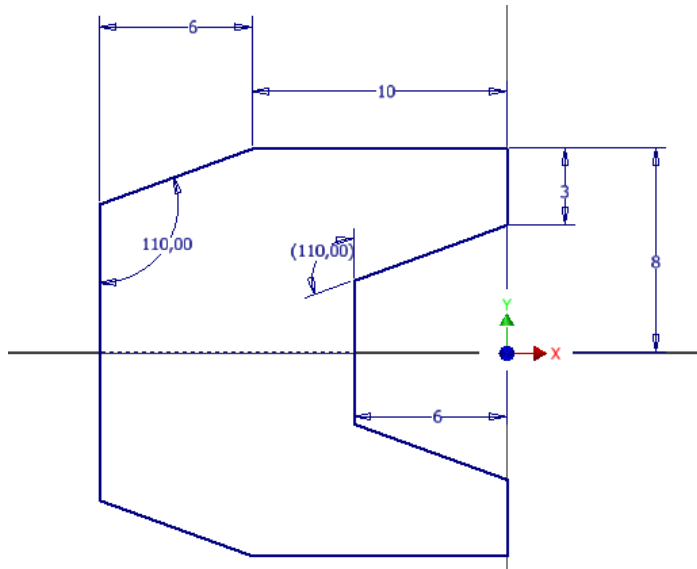
Nałożyć więzy geometryczne oraz dwa tylko wymiarowe – jeden kątowy (120°) w jednym z wierzchołków oraz drugi określający odległość między bokami.

Środek sześciokąta ma się znajdować w początku układu współrzędnych.

Zadanie nr 5.

Rozpocząć tworzenie nowej części w oparciu o szablon standard.ipt

Wykonać szkic zarysu elementu pokazanego na rysunku. Element jest symetryczny względem osi X. Prawa krawędź wyrównana do osi Y. Sprawdzić czy szkic jest w pełni utwierdzony.

**Zadanie nr 6.**

Rozpocząć tworzenie nowej części w oparciu o szablon standard.ipt.

Wykonać szkic zarysu elementu pokazanego na rysunku na płaszczyźnie XY. Element jest symetryczny względem osi X. Prawa krawędź elementu pokrywa się z osią Y.

Na szkicu umieszczonych jest 6 punktów rozmieszczonych na kącie 180° i średnicy podziałowej 10. W oparciu o te punkty wykonać zarys profilu wewnętrznego płytki.

