

Ćwiczenie nr 2 - Rysowanie precyzyjne

Projektowanie wymaga budowania modelu geometrycznego zgodnie z określonymi wymiarami, a to narzuca konieczność precyzyjnego podawania danych geometrycznych. Tworząc model odwzorowującej projektowaną część trzeba przyjąć jakiej fizycznej jednostce długości odpowiada jednostka rysunkowa. W mechanice zwykle jest to milimetr. Model geometryczny zawsze tworzymy w podziale¹ naturalnej (1:1). Przykładowo, jeśli projektowany walek ma mieć długość 1500 mm, to zakładając mm jako jednostkę bazową w modelu jego długość wyniesie dokładnie 1500 jedn. rys. W praktyce, dokładne dane da się wprowadzić jedynie z klawiatury. Dlatego w czasie projektowania klawiatura jest używana równie często jak myszka.

Układy współrzędnych

W AutoCAD'zie obowiązuje jeden tzw. *globalny układ współrzędnych* (GUW). Jest to prostokątny układ współrzędnych (prawoskrętny), w którym obowiązują tzw. *jednostki rysunkowe*. Jest to umowna jednostka długości, którą użytkownik utożsamia z wybraną przez siebie jednostką w zależności od potrzeb. Układ ten definiuje praktycznie nieskończoną *przestrzeń modelu* a jego początek *O* oraz kierunki osi (*OX*, *OY*, *OZ*) pozostają niezmiennie przez cały czas pracy z danym projektem. Współrzędne punktów obiektów rysunkowych wyrażone w GUW pozostają stale do momentu, kiedy obiekt nie zostanie poddany przekształceniu geometrycznemu (np. translacja, obrót itp.).

Niezależnie od tego użytkownik, może zdefiniować dowolną ilość własnych, prostokątnych układów współrzędnych zwanych *lokalnymi układami współrzędnych* (LUW). Układom tym można nadawać nazwy, które są zapamiętane wraz z rysunkiem. Nazwy te pozwalają użytkownikowi, w zależności od potrzeb, przywołać zapamiętany LUW – czyli uczynić go aktualnym. Do obsługi LUW służy polecenie **luw** oraz paski narzędziowe **LUW** oraz **LUW II**. Współrzędne punktów obiektów rysunkowych wyrażone w LUW są oczywiście zależne od aktualnie obowiązującego układu współrzędnych. W danym momencie obowiązuje tylko jeden układ współrzędnych i to w nim są wyświetlane i wprowadzane wszystkie punkty. Wyboru aktualnego układu dokonuje się poleceniem **luw** lub wygodniej wybierając go z listy wyświetlonej w pasku **LUW II** (rys. 1).



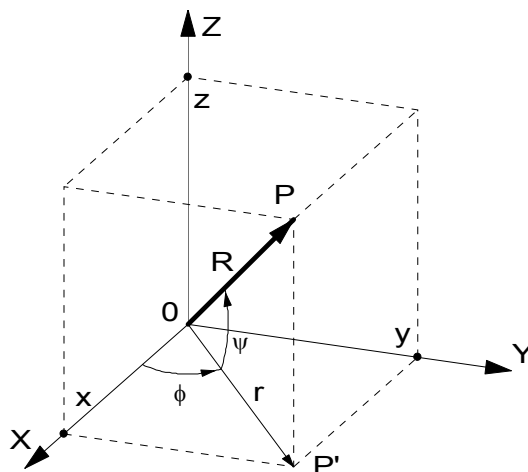
Rys. 1. Widok paska narzędziowego **LUW II**

W modelowaniu 2D praktycznie w poleceniu **luw** wykorzystuje się opcje pozwalające na przeniesienie początku układu współrzędnych w inne miejsce lub obrót wokół osi *OZ* w celu zmiany kierunku osi *X* i *Y*.

Wprowadzanie punktów z klawiatury – formaty zapisu

Precyzyjnie punkty wprowadza się podając ich współrzędne bezpośrednio z klawiatury. Można je podawać dwuwymiarowo 2D w układach współrzędnych *kartezjańskim* (x,y) lub *biegunowym* (r, ϕ) albo trójwymiarowo 3D w układach współrzędnych: *kartezjańskim* (x,y,z), *walcowym* (r, ϕ, z) lub *sferycznym* (R, ϕ, ψ). Znaczenie symboli x, y, z, r, R oraz ϕ i ψ wyjaśnia rysunek 2. O tym, w jakim rodzaju współrzędnych się posługujemy (kartezjańskim, walcowym czy sferycznym) decyduje sposób zapisu. Wystarczy zapamiętać zasadę, że poprzedzenie liczby znakiem "<" (mniejszy) oznacza, że ta liczba jest kątem (ϕ lub ψ) natomiast poprzedzenie jej przecinkiem oznacza, że ma ona sens długości (x, y, z lub r, R). Dla punktów wprowadzanych "dwuwymiarowo" (2D) program nadaje współrzędnej z wartość równą wysokości aktualnego poziomu (zmienna systemowa ELEVATION, standardowo równa 0). Tabela 1 podaje możliwe formaty zapisu punktów.

¹ Podziałkę rysunku ustala się dopiero w momencie tworzenia dokumentacji technicznej. Warto wiedzieć, że model można drukować w dowolnej podziałce bez potrzeby zmieniania jego wymiarów



Rys. 2. Położenie punktu opisane w różnych układach współrzędnych

Tabela. 1. Formaty zapisu położenia punktu w różnych układach współrzędnych

Nazwa układu	Format	Przykłady
		5, -6, 10
Kartezjański 3D	x, y, z	6.34, -23.45, 10
Kartezjański 2D	x, y	10, 100 -10.1, 20.45
Walcowy	$r < \phi, z$	5<45, 10 -5.4<45, -3.3
Sferyczny	$R < \phi < \psi$	10<45<100 -10.45<-15<-60.5
Biegunowy (2D)	$r < \phi$	10<45 -10.45<-15

Standardowo kąty mierzone są przeciwnie do ruchu wskazówek zegara a kierunek zero wyznaczony jest przez oś OX. Ujemne wartości kąta oznaczają, że jest on mierzony w kierunku odwrotnym do ustalonego za dodatni. Czyli wartość kąta -45° odpowiada wartości 315° (bo $360 - 45 = 315$). Promień R i r można też podawać jako ujemne i wówczas punkt będzie umieszczany w kierunku przeciwnym do kierunku wektora OP lub OP' . Skutek jest taki, jakby do odpowiedniego kąta dodać wartość 180° . Na przykład wpisanie $-5<60, 10$ daje ten sam efekt, co $5<240, 10$ (bo $240 = 180 + 60$) natomiast $-5<60<30$ odpowiada $5<240<190$ (tu 180 dodajemy do obu kątów 60 oraz 30).

Uwaga **przecinek** oddziela **współrzędne** natomiast **kropka** oddziela w liczbie część **całkowitą od ułamkowej**. Jeśli się o tym zapomni to można popełnić poważne błędy, które są na pierwszy rzut oka nie do zauważenia.

Wybór punktu odniesienia

Podstawowym punktem odniesienia przy wprowadzaniu współrzędnych z klawiatury jest początek aktualnego układu współrzędnych. Jest to tzw. *bezwzględny* sposób zapisu współrzędnych (np. **15,-35**). Nie zawsze jest to wygodne, dlatego istnieją inne możliwości.

Wygodnym punktem odniesienia jest często *ostatnio wprowadzony punkt*. Jeżeli poprzedzimy współrzędne punktu znakiem „@” (np. **@15,-35** lub **@100<45**), to będzie to oznaczać, że są one odmierzane od ostatnio wprowadzonego punktu. W takim układzie osie aktualnego układu są jakby na chwilę sprowadzane do ostatnio wprowadzonego punktu i od tego miejsca odmierzane są wypisane współrzędne. Jest to tzw. *względny* sposób podawania punktów.

Poprzedzenie współrzędnych znakiem „*” (np. ***15,-35**), pozwala z kolei na odmierzanie współrzędnych w GUV ignorując aktualny układ współrzędnych. Oczywiście punktem odniesienia jest wówczas początek GUV. Można łączyć oba znaki „@*” (np. **@*15,-35**), wtedy współrzędne zostaną odmierzone w GUV sprowadzonym do ostatnio narysowanego punktu.

Jeśli zajdzie potrzeba odmierzenia współrzędnych od dowolnego punktu to można po skorzystać z modyfikatora **od** (**_from**). Wprowadzamy go z klawiatury lub z paska **Lokalizacja** (rys. 3) w chwili, gdy program żąda podania jakiegoś punktu.



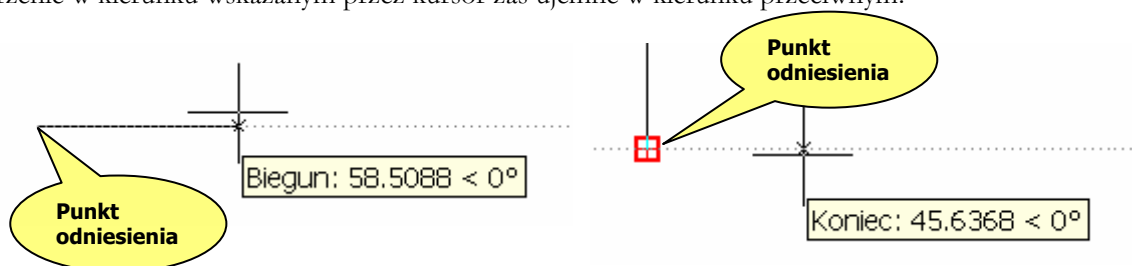
Rys. 3. Widok ikony modyfikatora **od**

Od tego momentu wprowadzanie danego punktu jest na moment zawieszona i program wyświetla napis: **Punkt bazowy:**. Należy wówczas wprowadzić (w dowolny poznany dotąd sposób) jakiś punkt, który od tej chwili staje się nowym *ostatnio wprowadzonym punktem*. Po tym zabiegu kontynuujemy wprowadzanie właściwego punktu stosując dalej zapis względny ze znakiem „@”.

Ostatnim sposobem zmiany punktu odniesienia jest równoległe przeniesienie początku układu aktualnego układu poleceniem **luw** → **przEsuń** lub **luw** → **Nowy**, po których należy wskazać nowy początek układu.

Podawanie punktów z klawiatury w trybie BIEGUN i ŚLEDZENIE

W czasie pracy z programem użytkownik może wprowadzać dane z klawiatury korzystając z trybów BIEGUN i ŚLEDZENIE (rys. 4). We wszystkich przypadkach wystarczy wpisać **tylko pojedynczą liczbę**. Robi się to w chwili, gdy program wychwyci i zaznaczy kierunek pokazując go linią przerywaną. Wpisanie w tym momencie liczby oznaczać będzie wprowadzanie punktu odległego od *punktu odniesienia* o podaną wartość odmierzoną wzdłuż wskazanej linii. Wartości dodatnie oznaczają odmierzenie w kierunku wskazanym przez kursor zaś ujemne w kierunku przeciwnym.



Rys. 4. Sposób wprowadzania punktu z wykorzystaniem trybu a) *Biegun*, b) *Śledzenie*

Punkt odniesienia jest ostatnio prowadzonym punktem (BIEGUN) lub punktem lokalizacji (ŚLEDZENIE) jak to pokazano na rysunku 4.

Wprowadzanie punktu przez wpisanie pojedynczej liczby można stosować w każdym innym momencie, gdy na ekranie jest „wleczony” odcinek. W tym przypadku wpisanie liczby oznaczać będzie wprowadzanie punktu odległego od ostatnio wprowadzonego punktu o podaną wartość i leżącego na kierunku wyznaczonym przez „wleczony” odcinek. Sens wartości dodatnich i ujemnych jest identyczny jak poprzednio.

Filtrowanie współrzędnych

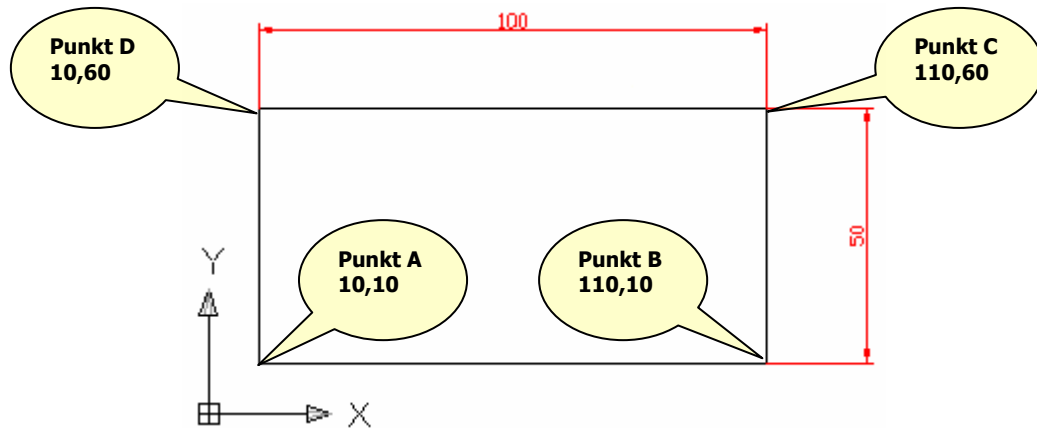
Wprowadzanie konkretnego punktu może być zrealizowane w dwóch lub trzech etapach. Polega to na „budowaniu” punktu poprzez pobranie jego współrzędnych z innych punktów. Na płaszczyźnie filtrowanie może być zastąpione bardziej intuicyjnym mechanizmem śledzenia, ale już w przestrzeni 3D to nie działa. Filtrowanie polega na tym, że w chwili, gdy program żąda wprowadzenia punktu, wpisuje się nazwę filtra, która składa się z symbolu współrzędnej lub pary współrzędnych (**X**, **Y** lub **Z**) poprzedzonych kropką np. **.X**, **.Y**, **.XY**, **.XZ** itp. Można to uprościć wywołując menu kursorowe (prawy przycisk myszy) z jednoczesnym przytrzymaniem klawisza SHIFT, CTRL lub obu na raz i wybierając pozycję **Filtry współrzędnych** ▶.

Po wprowadzeniu nazwy filtra należy wprowadzić (w dowolny sposób – mysz, klawiatura) ten punkt, z którego chcemy pobrać współrzędna/e wymienione w filtrze. Program pobierze te współrzędne i poprosi o wprowadzenie brakujących współrzędnych. Dalej możemy wprowadzić, także w dowolny sposób, kolejny punkt, z którego zostaną pobrane brakujące współrzędne, albo wpisać liczbę (jeśli brakuje tylko jednej współrzędnej), albo wprowadzić kolejny filtr (jeżeli pierwszy filtrował tylko jedną współrzędna).

Filtrowanie współrzędnych czy korzystanie z mechanizmów śledzenia pozwala szybko narysować elementy, których punkty są zależne od innych obiektów graficznych bez potrzeby kreślenia linii pomocniczych. Więcej objaśnień patrz przykłady.

Przykłady

Rozważmy rysowanie prostokąta powiedzmy o wymiarach 100 na 50, którego lewy dolny narożnik znajduje się w punkcie o współrzędnych (10,10) (rys. 5). Wykonamy to zadanie posługując się różnymi sposobami podawania współrzędnych.



Rys. 5. Prostokąt

Bezwzględne podawanie współrzędnych

Przebieg rysowania jest zobrazowany następującym dialogiem

```
Polecenie: linia
Określ pierwszy punkt: 10,10
Określ następny punkt lub [Cofaj]: 110,10
Określ następny punkt lub [Cofaj]: 110,60
Określ następny punkt lub [Zamknij/Cofaj]: 10,60
Określ następny punkt lub [Zamknij/Cofaj]: z
```

Jak widać, aby poprawnie narysować ten element należy najpierw, na podstawie podanych wymiarów, wyliczyć współrzędne punktów. Gdyby punkt **A** miał inne współrzędne to proces rysowania byłby utrudniony. O wiele łatwiej jest narysować ten element, gdy zastosuje się względne podawanie współrzędnych.

Względne podawanie współrzędnych

Zauważ, że teraz nie musisz już przeliczać współrzędnych punktów. Przy podawaniu współrzędnych tym sposobem posługujesz się bezpośrednio wymiarami prostokąta 100 i 50.

```
Polecenie: linia
Określ pierwszy punkt: 10,10
Określ następny punkt lub [Cofaj]: @100,0
Określ następny punkt lub [Cofaj]: @0,50
Określ następny punkt lub [Zamknij/Cofaj]: @-100,0
Określ następny punkt lub [Zamknij/Cofaj]: z
```

Aby to samo zrobić w układzie biegunowym użyjemy sekwencji

```
Polecenie: linia
Określ pierwszy punkt: 10,10
Określ następny punkt lub [Cofaj]: @100<0
Określ następny punkt lub [Cofaj]: @50<90
Określ następny punkt lub [Zamknij/Cofaj]: @-100<0
Określ następny punkt lub [Zamknij/Cofaj]: z
```

Punkt **D** w drugim przykładzie można podać alternatywnie jako @100<180. Podanie samego znaku @ jest równoważne z zapisem @0,0,0 i oznacza dokładnie ostatnio wprowadzony punkt.

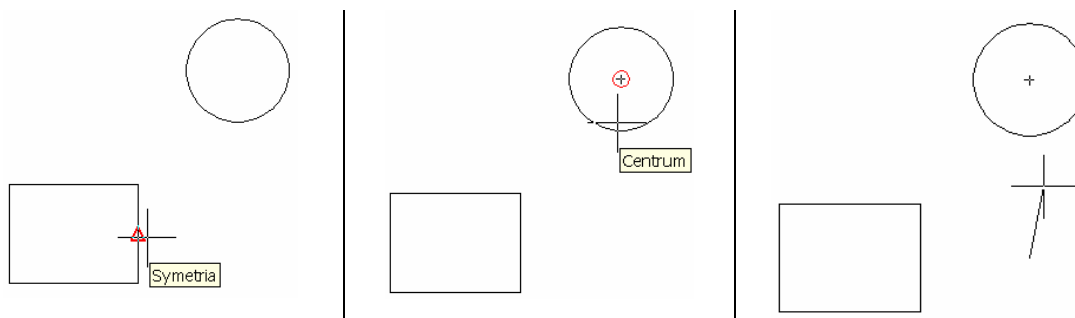
Przeniesienie układu współrzędnych

Trzeci sposób polega na ustawieniu układu współrzędnych w wygodnym miejscu – tutaj jest nim punkt (10,10) i wprowadzeniu współrzędnych bez konieczności ich przeliczania

```
Polecenie: luw
Nazwa aktualnego LUW: *GLOBALNY*
Podaj opcję
[Nowy/przEsuń/prostoKątny/Poprzedni/Wywołaj/zApisz/Usuń/zaStosuj/?/Globalny]
<Globalny>: e
Określ nowy punkt początku lub [głębokośćZ] <0,0,0>: 10,10
Polecenie: linia
Określ pierwszy punkt: 0,0
Określ następny punkt lub [Cofaj]: 100,0
Określ następny punkt lub [Cofaj]: 100,50
Określ następny punkt lub [Zamknij/Cofaj]: 0,50
Określ następny punkt lub [Zamknij/Cofaj]: z
```

Korzystanie z filtrów

Rozważmy narysowanie odcinka, którego początek leży jednocześnie na wysokości punktu symetrii pionowego boku prostokąta oraz na prostej spuszczonej ze środka okręgu (rys. 6).










Rys. 6. Sposób korzystania z filtrów, a) filtruje .YZ, b) filtruje X, c) skutek – wprowadzony pierwszy punkt odcinka

Przykładowa sesja będzie wyglądać tak:

```
Polecenie: linia
Określ pierwszy punkt: .yz wskazujemy a) środek boku prostokąta
z (potrzeba X): wskazujemy b) centrum okręgu
Określ następny punkt lub [Cofaj]: pierwszy punkt już jest – teraz kolej na drugi c)
```

Wykaz poleceń

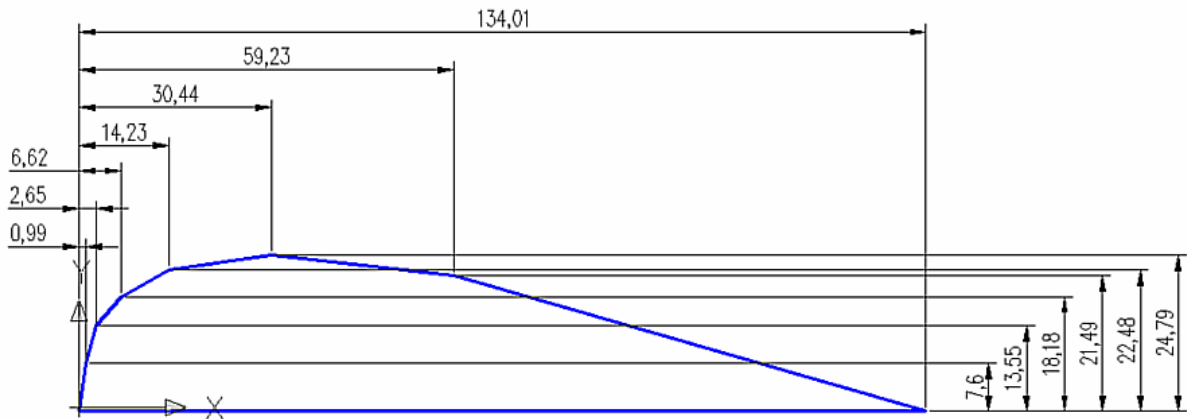
Polecenie	Opis
 luw, _ucs M: Narzędzia – ... LUW  LUW, LUW	<p>Umożliwia zdefiniowanie, zapamiętanie, usuwanie i wybór LUW. Najważniejsze opcje to:</p> <p>Nowy – Definiuje nowy LUW przez przesunięcie lub np. przez 3 punkty (opcja 3), przez obrót wokół osi (opcje X, Y, Z) itp.</p> <p>Przesuń – Zmienia definicję LUW przez przesunięcie początku bieżącego LUW, pozostawiając niezmienną orientację płaszczyzn. XY</p> <p>Zapisz – pozwala zapisać dany LUW pod określoną nazwą.</p> <p>Wywołaj – Wywołuje po nazwie zapisany układ LUW</p> <p>Globalny – ustala GUV jako aktualny</p> <p>? – wyświetla listę zapisanych LUW</p>
 plinia, _pline M: Rysuj – Polilinia  Rysuj - 	<p>Rysuje polilinię (obiekt składający się z odcinków i łuków o zmiennej szerokości połączonych końcami). Niektóre opcje:</p> <p>Półszerokość, Szerokość – ustala początkową i końcową szerokość segmentu</p> <p>Cofaj – cofnięcie ostatniego segmentu,</p> <p>Zamknij – Zamknięcie krzywej i zakończenie polecenia</p> <p>łUk – przejście do rysowania segmentów łukowych.</p> <p>kąT – wprowadzenie kąta rozwarcia segm. łukowego</p> <p>śrOdek – wprowadzenie środka segm. łukowego</p> <p>zWrot – wprowadzenie kierunku stycznego dla segm. łukowego</p> <p>Drugipunkt - określa punkty drugi i końcowy dla łuku definiowanego przez trzy punkty</p> <p>Linia – przejście do rysowania segmentów liniowych</p> <p>ENTER – zakończenie polecenia</p>

Legenda:  – linia poleceń; **M:** – menu;  – pasek narzędziowy

Ćwiczenie nr 2 – Zadania do wykonania

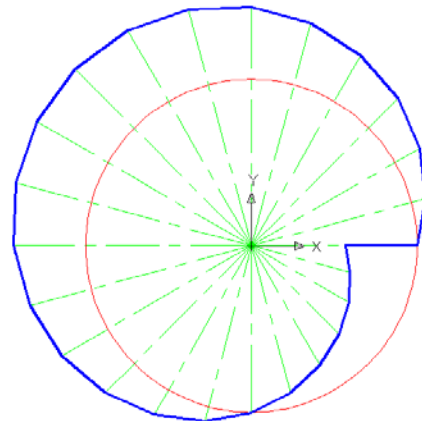
Zestaw A

- Narysuj pokazany niżej profil poleceniem **linia**. Wykorzystując bezwzględny sposób podawania współrzędnych w układzie kartezjańskim (x,y)



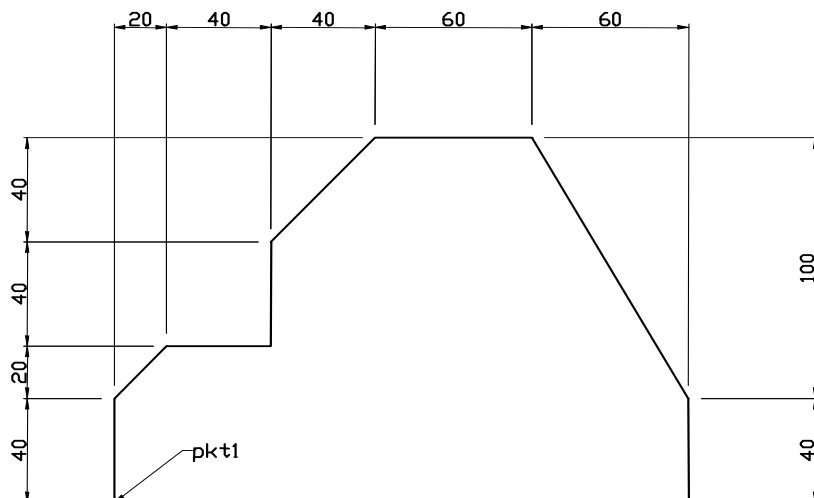
- Narysuj pokazaną niżej krzywkę stosując bezwzględny format podawania punktów w układzie biegunowym ($r < \alpha$). Narysuj koło ($R=100$) potem przenieś do niego LUW. Dopiero wtedy rysuj krzywkę użyj polecenia **plinia**.

α	R	α	R
0	100.0000	195	138.3022
15	108.6824	210	132.1394
30	117.1010	225	125.0000
45	125.0000	240	117.1010
60	132.1394	255	108.6824
75	138.3022	270	100.0000
90	143.3013	285	91.3176
105	146.9846	300	82.8990
120	149.2404	315	75.0000
135	150.0000	330	67.8606
150	149.2404	345	61.6978
165	146.9846	360	56.6987
180	143.3013		



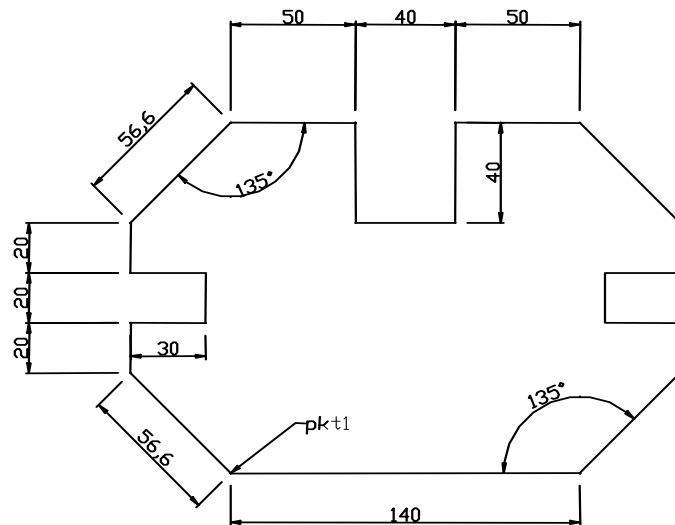
- Narysuj pokazany wielobok

Punkt początkowy *pkt1* wskaż myszą. Kolejne punkty **podać z klawiatury względnie** za pomocą współrzędnych kartezjańskich $@\Delta x, \Delta y$, gdzie: Δx - przyrost w kierunku x, Δy - w kierunku y.



4. Narysuj pokazany wielobok.

Punkt początkowy *pkt1* wskaź myszą. **Wszystkie współrzędne punktów podać z klawiatury względnie za pomocą współrzędnych biegunowych @odległość<kat.** Uwaga narysować cały rysunek bez stosowania polecenia lustro.



5. Powtórzyć zadania 3 oraz 4 korzystając z trybu BIEGUN o wpisując odpowiednie wymiary z klawiatury.

Zestaw B

1. Narysować prostokąt o bokach 200 x 400 oraz kwadrat o boku 124;
2. Narysować trójkąt prostokątny o przyprostokątnych: pionowej 100 oraz poziomej 50;
3. Narysować trójkąt równoramienny o podstawie 100 i wysokości 150
4. Narysować trójkąt równoboczny o boku 125.76
5. Narysować trójkąt o bokach długości 100 i 200 i kącie między nimi 22°
6. Narysować kwadrat o boku 100 obrócony o kąt 15° (nie stosować polecenia obrót). Spróbuj najpierw narysować go w G UW a potem w LUW obróconym o 15° .
7. Narysować łuk będący ćwiartką okręgu o promieniu 50.5 biorąc w układzie zegarowym od punktu odpowiadającego godzinie 3 do punktu na godz. 12 i drugi łuk o tym samym środku od godz. 6 do 9.
8. Narysować łuk o promieniu 100 leżący nad poziomą cięciwą o długości 100.
9. Narysować obiekt "bieżnia stadionu" składający się z połączonych dwóch łuków i dwóch odcinków linii prostej. Przyjąć promień łuków 50, długość odcinków 150.
10. Narysuj okrąg o $R=100$ a w nim współśrodkowo łuk o promieniu 80 o kącie rozwarcia 270° .
11. Narysuj rzut z góry prostokątnej płytki o wym. 100 x 200 mm. W przeciwległych narożnikach ma ona nawiercone otw. o średnicy 20 mm w odl. 15mm od obu krawędzi płytki. W środku symetrii płytki narysuj otwór o promieniu 30.