

PRZYGOTOWANIE PRODUKCJI

Materiały do projektowania

Ćwiczenie V

ĆWICZENIE IV

PROJEKTOWANIE I KONTROLA TECHNICZNEGO PRZYGOTOWANIA PRODUKCJI WYROBÓW SIECOWYCH PRZY POMOCY METODY SIECIOWEJ CPM

Celem ćwiczenia jest nabranie umiejętności posługiwania się prostymi metodami sieciowymi przy planowaniu i kontroli realizacji procesów technicznego przygotowania produkcji nowych wyrobów, jako jedną z form stosowanych w planowaniu realizacji przedsięwzięć TPP.

TECHNIKA CPM

Istota techniki i jej podstawowe założenia

CPM (*Critical Path Metod* – metoda ścieżki krytycznej) należy do grupy deterministycznych technik planowania sieciowego. Jej istotę stanowi konstrukcja szczególnego rodzaju grafu sieciowego (przedstawiająca czynności i zdarzenia składające się na projekt) i dokonywanie obliczeń na podstawie tego grafu. W wyniku obliczeń otrzymuje się plan realizacji projektu. Ten szczególny rodzaj grafu-sieci jest nazywany siecią zależności, wykresem sieciowym lub po prostu siecią. Sieć ta opiera się na dwupunktowych modelach sieciowych, czyli takich, w których czynności są reprezentowane za pomocą łuków grafu, a zdarzenia za pomocą węzłów grafu.

Technikę CPM stosuje się do planowania i kontroli projektów, w których znane są technologie i powiązania organizacyjne. Wszystkie czynności w strukturze projektu muszą być zrealizowane, musi również być możliwe deterministyczne określenie czasu ich trwania. Do takich projektów należy zaliczyć inwestycje budowlane, remontowe, a także projekty związane z projektowaniem i produkcją nowych wyrobów.

Technika CPM została opracowana w latach 1956-1957 w USA. Stworzyli ją J.E Kelly z Remington Rand oraz M.R. Walker z koncernu DuPont w celu wspomaganie planowania projektów z zakresu eksploatacji, modernizacji i likwidacji zakładów chemicznych. Technika CPM rozwinęła się z technik stosowanych od dłuższego czasu w praktyce technicznej, jak wykresy Gantta, technika LOB itp.

W technice CPM znane są terminy rozpoczęcia i zakończenia projektu, kolejność poszczególnych zdarzeń oraz wzajemne powiązania między nimi, a także czasy trwania czynności, które muszą być zrealizowane, aby zaistniały określone zdarzenia. Zdarzenie nie może wystąpić, dopóki wszystkie czynności dotyczące go nie zostały zakończone. Kolejność

poszczególnych zdarzeń oraz wykonywanych pomiędzy nimi czynności określają względy technologiczne i organizacyjne.

Termin rozpoczęcia i termin zakończenia projektu są określone na początku planowania na podstawie uwarunkowań zewnętrznych. Zdarzenie jest to wystąpienie pewnego wyraźnie zdefiniowanego stanu. Czynność jest to określone zadanie, którego realizacja wymaga czasu i które musi być wykonane pomiędzy dwoma zdarzeniami. Początek i koniec czynności określają zdarzenie początkowe oraz zdarzenie końcowe. Czynności mogą być rzeczywiste (o niezerowym czasie trwania) i pozorne (o czasie trwania równym zero). Zdarzenie początkowe projektu to zdarzenie, na którym nie kończy się żadna czynność. Zdarzenie końcowe projektu to zdarzenie, od którego nie zaczyna się żadna czynność. Ścieżka krytyczna jest to ciąg czynności, które łączą zdarzenia o kluczowym znaczeniu w celu dotrzymania założonego terminu realizacji projektu. Określa się ją na podstawie analizy czasu realizacji czynności w sieci. Analiza ta opiera się na powiązaniach pomiędzy czynnościami i na znajomości okresu realizacji poszczególnych czynności.

Schemat techniki CPM

Planowanie i kontrola realizacji projektów za pomocą techniki CPM obejmuje następujące etapy:

- 1) Określenie prac zleconych do kooperacji oraz określenie potencjalnych zleceniobiorców.
- 2) Określenie liczby wykonawców poszczególnych czynności.
- 3) Określenie czasu potrzebnego na wykonanie poszczególnych czynności TPP.
- 4) Przedstawienie struktury projektu w postaci wykresu sieciowego.
- 5) Określenie terminu rozpoczęcia i zakończenia całego projektu.
- 6) Obliczenie terminów rozpoczęcia i zakończenia poszczególnych czynności TPP oraz rezerw czasu.
- 7) Wyznaczenie krytycznego ciągu czynności warunkujących terminową realizację projektu (ścieżki krytycznej).

5.1. Określenie prac zleconych do kooperacji

W celu zapoznania się z możliwościami zastosowania metody sieciowej CPM w przygotowaniu produkcji, rolą studenta będzie wykonanie sieci powiązań dla przykładowych czynności z zakresu technicznego przygotowania produkcji. Każdy ze

Minimalnie możliwa liczba osób podaje skład minimalnego zespołu pracowniczego, który może dobrze wykonać daną grupę prac. Może to być również jedna osoba. Liczba osób przeznaczonych do danych prac (przyjęta liczba osób) musi być zawarta między minimalną a maksymalną liczbą, które mogłyby dobrze tę pracę wykonać i taka aby pozwalała na realizację już przyjętych innych zobowiązań.

Liczbę wykonawców poszczególnych prac TPP określamy w tabeli 5.2.

Tab. 5.2. Przewidywana liczba wykonawców poszczególnych grup czynności TPP.

Lp.	Zdarzenie		Opis grup czynności	Liczba osób			Uwagi
	ZP	ZN		min	max	przyjęta	

UWAGA:

- „ZP” i „ZN” są oznaczeniami początku i końca każdej czynności w sieci. Oznaczenia te składają się z dwóch elementów: kolejno przydzielonej liczby początku lub końca czynności (początek poszczególnych czynności określają kolejne liczby nieparzyste; koniec poszczególnych czynności określają natomiast kolejne liczby parzyste) oraz liczby określającej dział w którym realizowana będzie dana czynność TPP (patrz sieć powiązań).
- W kolumnie „Opis grup czynności” wpisujemy wszystkie czynności z przekazanej przez prowadzącego listy grup czynności.

5.3. Określenie czasu potrzebnego na wykonanie poszczególnych czynności TPP.

Czasy trwania poszczególnych czynności w technice CPM można określić jednoznacznie na podstawie doświadczenia: odpowiednich norm czasowych, wiedzy o danej technologii wytwarzania, znajomości określonych procedur itd. Oznaczenie czasu trwania czynności należy umieścić na sieci zależności nad strzałkami oznaczającymi czynność.

Jeżeli za podstawę obliczeń czasu potrzebnego na wykonanie danej czynności przyjmujemy pracochłonność, wówczas długość cyklu możemy wyliczyć na podstawie wzoru:

$$C = \frac{T}{r * y * g * z * w} * e \quad \text{gdzie,}$$

- C – długość cyklu w dniach,
- T – pracochłonność wykonania danej czynności,
- r – przyjęta liczba wykonawców,
- y – współczynnik efektywnego wykorzystania czasu pracy,

- g – średnia ilość godzin w ciągu zmiany roboczej,
z – współczynnik określający liczbę zmian pracy pracowników działu przygotowania produkcji
w – zakładany współczynnik wykonania normy
e – współczynnik wydłużenia cyklu (uwzględniający możliwość wydłużenia cyklu teoretycznego ze względu na front prac oraz uwzględniający istnienie przerw w strukturze cyklu)

Dane niezbędne do obliczenia długości trwania poszczególnych czynności TPP oraz obliczone długości cykli zestawiamy w tab. 5.3.

Tab. 5.3. Wyliczenie długości cykli grup czynności

Lp.	Zdarzenie		Opis grup czynności	Kom. wykon.	Pracochł. [rob/godz]	Liczba wykon.	Wsp. wydł. cyklu	Długość cyklu [dni]
	ZP	ZN						

UWAGA:

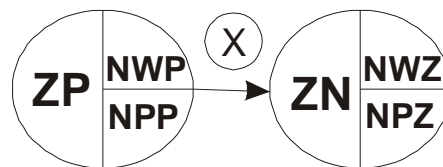
- w polu „Kom. wykon.” wpisujemy symbol komórki, w której będzie wykonywana dana czynność,
- w polu „Pracochł.” wpisujemy pracochłonność danej czynności. Jeżeli została ona obliczona we wcześniejszych etapach projektu przyjmujemy tu obliczoną wartość; jeżeli nie – określamy ją w sposób szacunkowy.
- Współczynnik wydłużenia cyklu określa możliwość wydłużenia cyklu realizacji danej czynności bądź to z przyczyn organizacyjnych, bądź z przyczyny nie zakładanych przerw w pracy. Zwykle wartości współczynnika wydłużenia cyklu waha się w granicach 1,5-2,5. W warunkach określonego przedsiębiorstwa współczynniki te przyjmowane są na podstawie danych historycznych. Dla potrzeb projektowych współczynniki wydłużenia cyklu określamy w sposób przybliżony, dobierając wartości z podanego wyżej przedziału.
- Współczynnik efektywnego wykorzystania czasu pracy (y) przyjmujemy z przedziału 0,8-0,95. Uwzględnia on planowane przestoje w pracy w ciągu zmiany roboczej.
- Średnią ilość godzin pracy w ciągu zmiany roboczej (g) określamy na poziomie = 8.
- Liczbę zmian pracy działu przygotowania produkcji (z) określa student.
- Zakładany współczynnik wykonania normy (w) przyjmujemy na poziomie 1.
- Długość cyklu w przypadku czynności zleconych na zewnątrz określają zleceniobiorcy. Dla potrzeb projektowych określamy ją w zależności od stopnia skomplikowania zleconych prac w sposób szacunkowy.
- Wyliczoną długość cyklu zaokrąglamy zgodnie z zasadami matematycznymi.

5.4. Przedstawienie struktury projektu w postaci wykresu sieciowego.

Aby przedstawić strukturę projektu w postaci wykresu sieciowego, trzeba znać zależności organizacyjne pomiędzy poszczególnymi zdarzeniami składającymi się na cały

projekt. Aby ustalić odpowiednią kolejność zdarzeń i określić zależności między nimi, konieczna jest wiedza o wszystkich czynnościach niezbędnych do ukończenia projektu TPP. Należy także znać zależności, które zachodzą między poszczególnymi czynnościami.

Na wykresie sieciowym każdą czynność oznaczamy poprzez następujący układ graficzny:



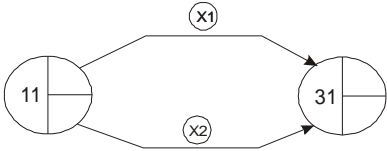
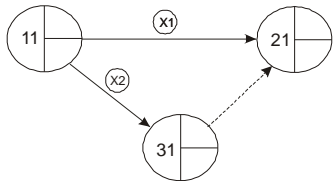
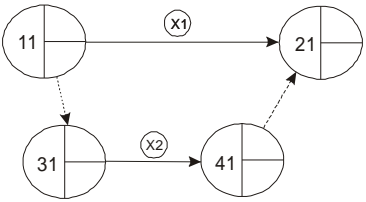
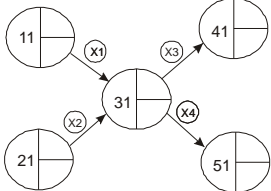
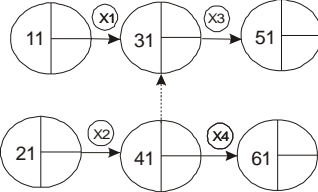
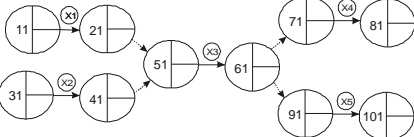
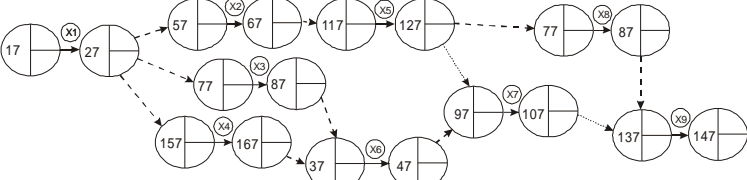
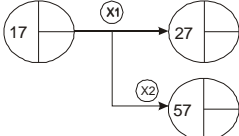
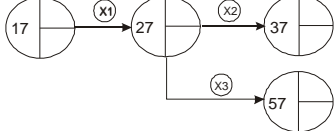
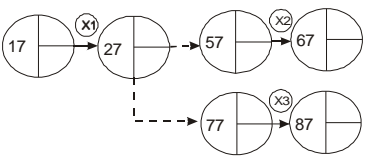
gdzie:

- ZP** – oznaczenie początku czynności,
- ZN** – oznaczenie końca czynności,
- X** – czas trwania danej czynności (długość cyklu),
- NWP** – najwcześniejszy możliwy termin rozpoczęcia czynności,
- NPP** – najpóźniejszy możliwy termin rozpoczęcia czynności,
- NWZ** – najwcześniejszy możliwy termin zakończenia czynności,
- NPZ** – najpóźniejszy możliwy termin zakończenia czynności

Przy sporządzaniu wykresu sieciowego należy przestrzegać zasad opisanych w tab 5.a. Jak już wcześniej wspomniano, zasady te dotyczą tworzenia wykresów sieciowych dla wszystkich sieci typu czynność-łuk.

Tab. 5.a. Zasady tworzenia wykresów sieciowych w technice CPM oraz dla pozostałych sieci typu czynność-łuk.

Zasady	Ilustracja graficzna	
<p>1. Czynność może się zacząć dopiero wówczas, gdy będą zakończone wszystkie czynności poprzedzające. Wynika z tego, że za wyjątkiem pierwszej czynności zdarzenie jest tożsame ze zdarzeniem końcowym czynności poprzedzającej.</p>		
<p>2. Jeśli zakończenie wielu czynności warunkuje rozpoczęcie następną czynności, wówczas kończą się one zdarzeniem początkowym następną czynności.</p>		
<p>3. Jeśli zakończenie wielu czynności jest warunkowane zakończeniem czynności poprzedzającej, wówczas rozpoczynają się one zdarzeniem końcowym czynności poprzedzającej.</p>		

<p>4. Jeśli dwie lub więcej czynności mają wspólne zdarzenie początkowe i końcowe, wówczas ich jednoznaczne oznaczenie wymaga zastosowania czynności pozornej. Czynność pozorna jest to czynność o zerowym czasie trwania wprowadzona do wykresu sieciowego w celu przedstawienia zależności logicznych.</p>	<p>niewłaściwie</p>  <p>właściwie</p> 	<p>właściwie</p> 
<p>5. Jeśli jakieś zdarzenie jest początkiem i końcem wielu czynności, wówczas właściwym sposobem przedstawienia zależności jest zastosowanie czynności pozornej</p>	<p>niewłaściwie</p>  <p>właściwie</p> 	<p>właściwie</p> 
<p>6. Do sieci można wprowadzić dowolnie wiele czynności pozornych. Oprócz przedstawienia zależności logicznych służą one także uzyskaniu lepszej przejrzystości wykresu sieciowego</p>		
<p>7. Jeśli jakaś czynność musi się rozpocząć, zanim poprzednia czynność będzie całkowicie zakończona, wówczas czynność poprzedzająca powinna być podzielona zdarzeniem pośrednim.</p>	<p>niewłaściwie</p>  <p>właściwie</p> 	<p>właściwie</p> 
<p>8. Każda czynność może wystąpić na wykresie sieciowym tylko jednorazowo. Na wykresie tym niedopuszczalne są pętle</p>	<p>niewłaściwie</p>	

5.5. Określenie terminu rozpoczęcia i zakończenia całego projektu.

Terminy rozpoczęcia (T_r) oraz zakończenia (T_z) projektu określane są przez planujących projekt z uwzględnieniem wymagań i ograniczeń zewnętrznych. Mogą one wynikać z cyklu inwestycyjnego, możliwości finansowych i innych uwarunkowań.

5.6. Obliczenie terminów rozpoczęcia i zakończenia poszczególnych czynności TPP oraz rezerw (zapasu) czasu.

Dokonując obliczeń na sieci, dla każdego zdarzenia można określić terminy jego wystąpienia, uwzględniając znane już zależności organizacyjne pomiędzy zdarzeniami i czynnościami oraz czasy trwania czynności. Z punktu widzenia kontroli realizacji projektu istotna jest znajomość najwcześniejszych możliwych terminów rozpoczęcia (NWP) i zakończenia (NWZ) czynności występujących w sieci. Za punkt wyjścia przyjmuje się założony termin rozpoczęcia projektu (na sieci obliczenia zaczyna się od 0). Najwcześniejsze możliwe terminy wystąpienia zdarzeń w sieci oblicza się zgodnie ze wzorami:

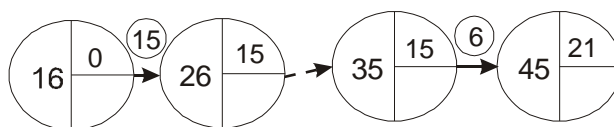
$$NWZ_i = NWP_i + X_i$$

$$NWP_j = NWZ_i$$

gdzie:

i, j – oznaczają numery zdarzeń oraz $j > i$.

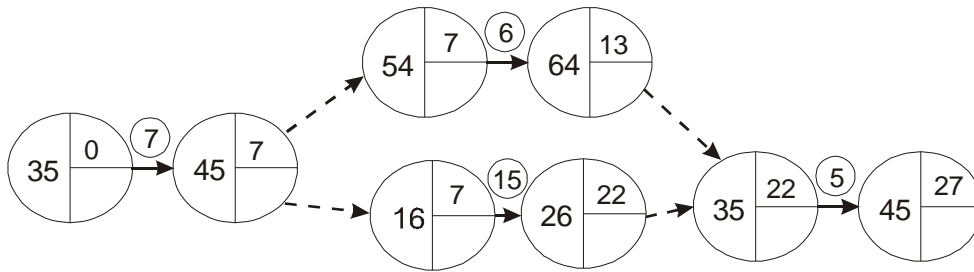
Wyniki obliczeń najwcześniejszych możliwych czasów rozpoczęcia (NWP) i zakończenia (NWZ) umieszcza się w na sieci w prawej górnej „ćwiartce” kół oznaczających początki i końce poszczególnych czynności (rys. 1)



Rys. 1. Oznaczenie najwcześniejszych czasów rozpoczęcia i zakończenia czynności na sieci

Aby obliczyć najwcześniejszy możliwy termin wystąpienia zdarzenia leżącego na zbiegu kilku czynności, dokonuje się odpowiednich obliczeń dla każdej pary zdarzeń kończących się danym zdarzeniem i wybiera się termin maksymalny wg wzoru (rys. 2).

$$NWP_j = [NWZ_j + X]_{\max}$$



Rys. 2. Sposób obliczania „najwcześniejszych czasów” zdarzeń leżących na zbiegu kilku czynności

Obliczanie najwcześniejszych możliwych terminów wystąpienia zdarzeń w sieci określane jest jako przeliczanie sieci „w przód”. Z punktu widzenia kontroli realizacji projektu ważna jest również znajomość najpóźniejszych możliwych terminów rozpoczęcia (NPP) i zakończenia (NPZ) poszczególnych czynności. W tym celu dokonuje się przeliczenia sieci „wstecz”. Za punkt wyjścia przyjmuje się obliczony termin zakończenia projektu. Obliczeń dokonuje się zgodnie ze wzorami:

$$NPP_i = NPZ_i - X$$

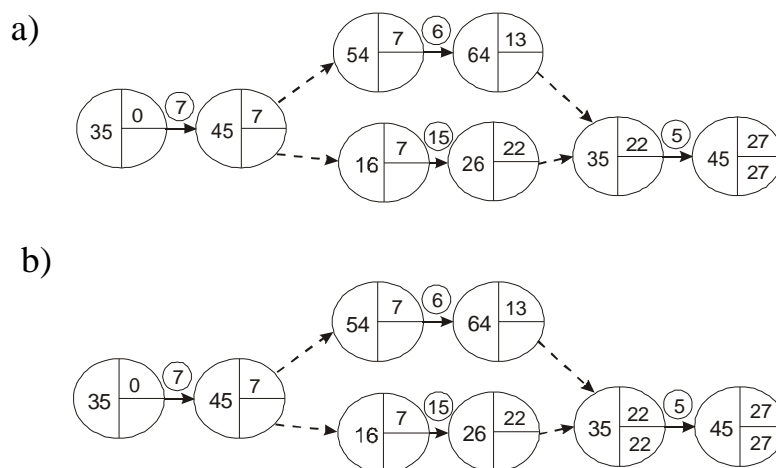
$$NPZ_j = NWZ_j$$

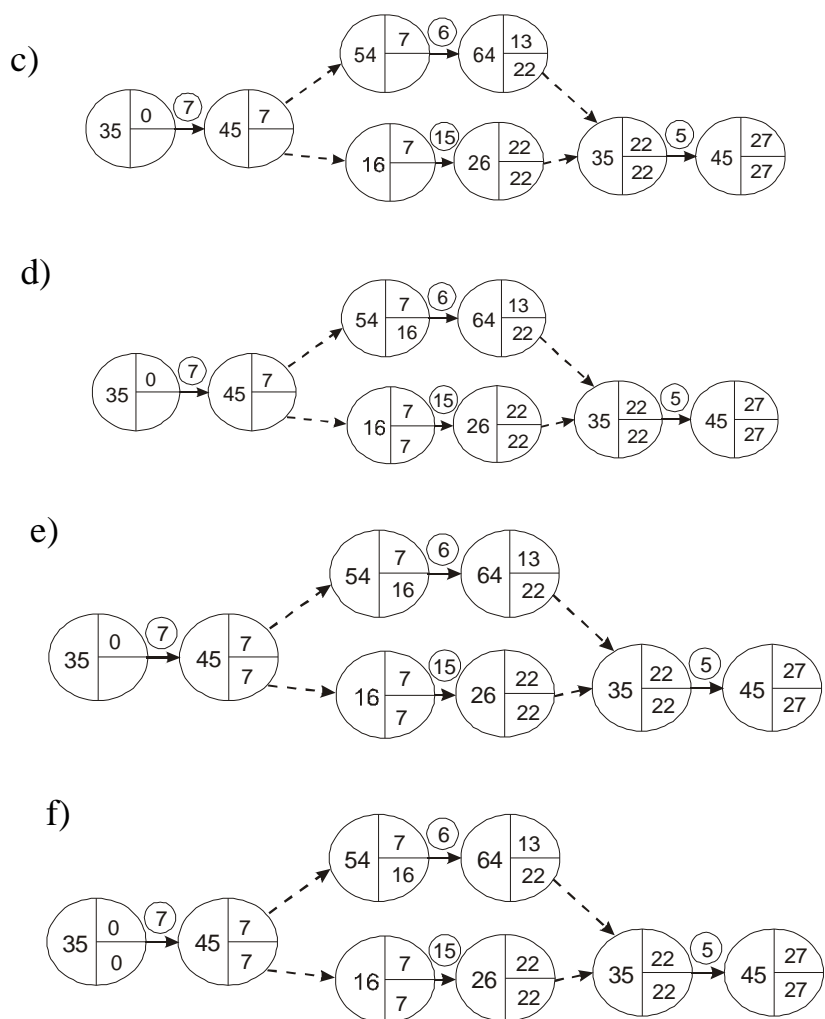
gdzie i, j oznaczają numery zdarzeń oraz $j > i$

W przypadku zdarzenia leżącego na rozdrożu dwóch czynności dokonuje się obliczeń dla każdej pary zdarzeń i wybiera się termin minimalny:

$$NPZ_i = (NPP_j - X)_{\min}$$

Kolejne kroki w obliczaniu „czasów najpóźniejszych” ilustruje rys. 5.3:





Rys. 5.3. Kolejne kroki w określaniu najpóźniejszych terminów rozpoczęcia i zakończenia poszczególnych czynności

Kolejnym krokiem jest obliczenie rezerwy czasu R_i dla każdego zdarzenia. Wartość R_i określa, o ile może zostać opóźniona realizacja ciągu czynności, w którym występuje dane zdarzenie. Rezerwę czasu oblicza się zgodnie ze wzorem:

$$R_i = NPZ_i - NWZ_i \quad \text{lub} \quad R_i = NPP_i - NWP_i$$

Obliczenia najwcześniejszych możliwych i najpóźniejszych dopuszczalnych terminów wystąpienia zdarzeń w sieci dokonuje się dla wszystkich czynności. Tym samym dla całego projektu i dla składających się nań czynności uzyskujemy następujący zestaw danych planistycznych:

- czas trwania poszczególnych czynności,
- zapas czasu (tzw. rezerwa czasowa),

- najwcześniejsze możliwe i najpóźniejsze dopuszczalne terminy rozpoczęcia (NWP i NPP)
- najwcześniejsze możliwe i najpóźniejsze dopuszczalne terminy zakończeniaaa (NWZ i NPZ),

Dane te zestawiamy w tab. 5.4, której wzór został zamieszczony poniżej:

Tab.5.4. Wyniki obliczeń terminów rozpoczęcia i zakończenia poszczególnych czynności TPP oraz rezerw czasu

Zdarzenie		Czas trwania	Zapas czasu	Rozpoczęcie		Zakończenie	
ZP	ZN			NWP	NPP	NWZ	NPZ

UWAGA:

- terminy „NWP”, „NPP”, „NWZ” i „NPZ” w tabeli 5.4 określamy jako konkretne daty rozpoczęcia i zakończenia poszczególnych czynności. Określamy je w oparciu o założony termin rozpoczęcia projektu oraz obliczenia numeryczne tych terminów na sieci

Wyliczony na sieci przewidywany termin zakończenia projektu należy zweryfikować z zakładanym terminem zakończenia. Jeżeli termin wynikający z obliczeń sieci jest wcześniejszy aniżeli termin zakładany – wszystko wskazuje na realizację projektu zgodną z założeniami. Jeżeli obliczony termin jest późniejszy oznacza to, iż przewidywany termin realizacji projektu jest zbyt długi w stosunku do zakładanego. W celu skrócenia cyklu realizacji całości prac należy w miarę potrzeby:

- 1) skrócić czasy trwania czynności ścieżki krytycznej, lub
- 2) sprawdzić sposób powiązań poszczególnych czynności, kolejność ich następstwa,
- 3) zmienić dane wyjściowe, gdy to jest konieczne poprzez:
 - zwiększenie liczby wykonawców do maksymalnie możliwej,
 - wprowadzenie szeregowo – równoległych prac,
 - wykorzystanie w większym stopniu kooperacji zewnętrznej

5.7. Wyznaczenie krytycznego ciągu czynności warunkujących terminową realizację projektu (ścieżki krytycznej).

Na podstawie obliczeń rezerwy czasu w sieci dla poszczególnych zdarzeń można określić ścieżkę krytyczną. Tworzy ją ciąg czynności łączących zdarzenia o zerowej rezerwie czasu. Ścieżka krytyczna jest najdłuższą drogą w sieci, a czas jej trwania jest równy terminowi zakończenia całego projektu.

Przekroczenie rezerwy czasu na ścieżce krytycznej powoduje wydłużenie terminu realizacji całego projektu. Z kolei skrócenie czasu trwania czynności krytycznej pozwala na wcześniejsze ukończenie projektu.

Ścieżkę krytyczną zaznaczamy na utworzonym wykresie sieciowym, a zestawienia czynności leżących na ścieżce krytycznej dokonujemy w tab. 5.5.

Tab.5.5. Wykaz czynności leżących na ścieżce krytycznej

Zdarzenie		Czas trwania	Zapas czasu	Rozpoczęcie		Zakończenie	
ZP	ZN			NWP	NPP	NWZ	NPZ

PRZYKŁAD:

5. Projektowanie i kontrola technicznego przygotowania produkcji wyrobów z wykorzystaniem metody sieciowej CPM.

Lista grup czynności:

1. Studia nad wyrobem i badanie rynku
2. Opracowanie założeń typoszeregu
3. Udział konstruktorów w opracowaniu założeń
4. Prace technologiczne przy założeniach i projekcie wstępnym
5. Zatwierdzenie założeń
6. Opracowanie projektu wstępnego typoszeregu
7. Opiniowanie projektu wstępnego typoszeregu
8. Zatwierdzenie projektu wstępnego typoszeregu
9. Opracowanie warunków technicznych
10. Opracowanie rysunków części modelu bazowego
11. Obliczenia wytrzymałościowe
12. Opracowanie rysunków zestawieniowych modelu bazowego
13. Weryfikacja dokumentacji konstrukcyjnej
14. Opracowanie dokumentacji pochodnej modelu bazowego
15. Analiza kooperacji
16. Analiza technologiczna dokumentacji
17. Opracowanie potrzeb kooperacji
18. Ustalenie zapotrzebowania na przyrządy i pomoce znormalizowane
19. Opracowanie specyfikacji materiałowej
20. Przygotowanie wykonania prototypu
21. Dostawa z kooperacji
22. Zamówienie i odbiór oprzyrządowania
23. Zakup materiałów
24. Nadzór technologiczny nad wykonaniem prototypu
25. Rozruch produkcji seryjnej
26. Opracowanie programu badań prototypu
27. Test prototypu i wykonanie poprawek korekcyjnych

28. Opracowanie dokumentacji technologicznej prototypu
29. Korekta dokumentacji
30. Opracowanie dokumentacji roboczej prototypu
31. Wykonanie serii próbnej
32. Badanie serii próbnej
33. Wykonanie rysunków części i zespołów
34. Sprawdzenie rysunków i zestawienie specyfikacji
35. Zabezpieczenie narzędziowe pochodnej modelu bazowego
36. Wykonanie prototypu pochodnej modelu bazowego

5.1. Określenie prac zleconych do kooperacji

Tab. 5.1. Wykaz prac TPP typoszeregu wyrobów A,B zleconych do kooperacji oraz ich przewidywana wartość w zł.

Lp.	Wyszczególnienie prac	Przewidywani wykonawcy	Typoszereg A,B		Uwagi
			Pracochłonność	Wartość usług	
1.	Studia nad wyrobem i badanie rynku	Firma konsultingowa „STUDMAR” w Lublinie	190	6 500	
RAZEM			190	6 500	-

5.2. Określenie liczby wykonawców poszczególnych czynności TPP.

Tab. 5.2. Przewidywana liczba wykonawców poszczególnych grup czynności TPP kosiarek trawnikowych.

Lp.	Zdarzenie		Opis grup czynności	Liczba osób			Uwagi
	ZP	ZN		min	max	przyjęta	
1.	1 1	2 1	Studia nad wyrobem i badanie rynku	-	-	-	prace zlecone
2.	3 3	4 3	Opracowanie założeń typoszeregu	2	2	2	
3.	5 6	6 6	Udział konstruktorów w opracowaniu założeń	2	3	2	
4.	7 7	8 7	Prace technologiczne przy założeniach i projekcie wstępnym	2	5	3	
5.	9 2	10 2	Zatwierdzenie założeń	1	1	1	organy zatwierdzające
6.	11 3	12 3	Opracowanie projektu wstępnego typoszeregu	4	7	5	
7.	13 6	14 6	Opiniowanie projektu wstępnego typoszeregu	1	5	3	opiniodawcy wewnętrzni
8.	15 2	16 2	Zatwierdzenie projektu wstępnego typoszeregu	1	4	3	organy zatwierdzające
9.	17 6	18 6	Opracowanie warunków technicznych	7	10	7	
10.	19 6	20 6	Opracowanie rysunków części modelu bazowego	7	10	7	
11.	21 6	22 6	Obliczenia wytrzymałościowe	3	3	3	
12.	23 6	24 6	Opracowanie rysunków zestawieniowych modelu bazowego	4	6	4	
13.	25 6	26 6	Weryfikacja dokumentacji konstrukcyjnej	1	2	2	
14.	27 6	28 6	Opracowanie dokumentacji pochodnej modelu bazowego	2	6	3	
15.	29 3	30 3	Analiza kooperacji	3	5	3	
16.	31 7	32 7	Analiza technologiczna dokumentacji	3	7	5	
17.	33 7	34 7	Opracowanie potrzeb kooperacji	1	1	1	
18.	35 7	36 7	Ustalenie zapotrzebowania na przyrządy i pomoce znormalizowane	1	1	1	
19.	37 7	38 7	Opracowanie specyfikacji materiałowej	2	3	2	
20.	39 7	40 7	Przygotowanie wykonania prototypu	3	4	3	
21.	41 5	42 5	Dostawa z kooperacji	1	1	1	
22.	43 5	44 5	Zamówienie i odbiór oprzyrządowania	1	3	1	
23.	45 5	46 5	Zakup materiałów	1	6	1	
24.	47 7	48 7	Nadzór technologiczny nad wykonaniem prototypu	4	7	4	
25.	49 4	50 4	Rozruch produkcji seryjnej	9	32	12	
26.	51 3	52 3	Opracowanie programu badań prototypu	2	4	2	
27.	53 7	54 7	Test prototypu i wykonanie poprawek korekcyjnych	2	4	2	
28.	55 7	56 7	Opracowanie dokumentacji technologicznej prototypu	3	6	3	
29.	57 7	58 7	Korekta dokumentacji	1	3	1	
30.	59 7	60 7	Opracowanie dokumentacji roboczej prototypu	3	5	3	
31.	61 4	62 4	Wykonanie serii próbnej	12	20	12	
32.	63 3	64 3	Badanie serii próbnej	2	4	2	
33.	65 6	66 6	Wykonanie rysunków części i zespołów	3	9	7	
34.	67 6	68 6	Sprawdzenie rysunków i zestawienie specyfikacji	2	3	2	
35.	69 3	70 3	Zabezpieczenie narzędziowe pochodnej modelu bazowego	3	5	3	
36.	71 7	72 7	Wykonanie prototypu pochodnej modelu bazowego	3	6	4	

5.3. Określenie czasu potrzebnego na wykonanie poszczególnych czynności TPP.

Tab. 5.3. Wyliczenie długości cykli grup czynności

Lp.	Zdarzenie		Opis grup czynności	Kom. wykon.	Pracochł. [rob/godz]	Liczba wykon.	Wsp. wydł. cyklu	Długość cyklu [dni]
	ZP	ZN						
1.	11	21	Studia nad wyrobem i badanie rynku	ZZ	190	-	1,5	15
2.	33	43	Opracowanie założeń typoszeregu	DPK	72,6	2	1,5	8
3.	56	66	Udział konstruktorów w opracowaniu założeń	DK	50	2	1,7	6
4.	77	87	Prace technologiczne przy założeniach i projekcie wstępnym	DT	120	3	2,4	13
5.	92	102	Zatwierdzenie założeń	Z	20	1	1,5	4
6.	113	123	Opracowanie projektu wstępnego typoszeregu	DPK	138,6	5	2,0	8
7.	136	146	Opiniowanie projektu wstępnego typoszeregu	DK	30	3	1,5	2
8.	152	162	Zatwierdzenie projektu wstępnego typoszeregu	Z	40	3	1,5	3
9.	176	186	Opracowanie warunków technicznych	DK	451,2	7	1,7	15
10.	196	206	Opracowanie rysunków części modelu bazowego	DK	232,6	7	2,5	12
11.	216	226	Obliczenia wytrzymałościowe	DK	115	3	1,9	10
12.	236	246	Opracowanie rysunków zestawieniowych modelu bazowego	DK	29,1	4	2,3	2
13.	256	266	Weryfikacja dokumentacji konstrukcyjnej	DK	50	2	1,8	6
14.	276	286	Opracowanie dokumentacji pochodnej modelu bazowego	DK	92,8	3	1,5	7
15.	293	303	Analiza kooperacji	DPK	100	3	2,0	9
16.	317	327	Analiza technologiczna dokumentacji	DT	150	5	1,5	6
17.	337	347	Opracowanie potrzeb kooperacji	DT	20	1	1,6	4
18.	357	367	Ustalenie zapotrzebowania na przyrządy i pomoce znormalizowane	DT	20	1	1,8	5
19.	377	387	Opracowanie specyfikacji materiałowej	DT	30	2	1,7	4
20.	397	407	Przygotowanie wykonania prototypu	DT	100	3	1,6	7
21.	415	425	Dostawa z kooperacji	DZ	20	1	1,5	4
22.	435	445	Zamówienie i odbiór oprzyrządowania	DZ	50	1	1,6	11
23.	455	465	Zakup materiałów	DZ	30	1	1,7	7
24.	477	487	Nadzór technologiczny nad wykonaniem prototypu	DT	145	4	2,4	12
25.	494	504	Rozruch produkcji seryjnej	DP	950	12	2,4	27
26.	513	523	Opracowanie programu badań prototypu	DPK	50	2	2,5	9
27.	537	547	Test prototypu i wykonanie poprawek korekcyjnych	DPK	40	2	1,9	5
28.	557	567	Opracowanie dokumentacji technologicznej prototypu	DT	100	3	1,8	8
29.	577	587	Korekta dokumentacji technologicznej	DT	50	1	2,0	14
30.	597	607	Opracowanie dokumentacji roboczej prototypu	DT	120	3	2,2	12
31.	614	624	Wykonanie serii próbnej	DP	400	12	2,3	11
32.	633	643	Badanie serii próbnej	DPK	50	2	1,8	6
33.	656	666	Wykonanie rysunków części i zespołów	DK	354,5	7	1,7	12
34.	676	686	Sprawdzenie rysunków i zestawienie specyfikacji	DK	105,6	2	1,5	11
35.	693	703	Zabezpieczenie narzędziowe pochodnej modelu bazowego	DZ	150	3	1,6	11
36.	717	727	Wykonanie prototypu pochodnej modelu bazowego	DT	200	4	2,0	14

Przyjęte oznaczenia komórek wykonujących wyszczególnione prace TPP:

ZZ – Zlecenie Zewnętrzne,
Z – Organy Decyzyjne
DPK – Dział Planowania Konceptyjnego,
DP – Dział Produkcyjny,
DZ – Dział Zaopatrzenia,
DK – Dział Konstrukcyjny
DT – Dział Technologiczny.

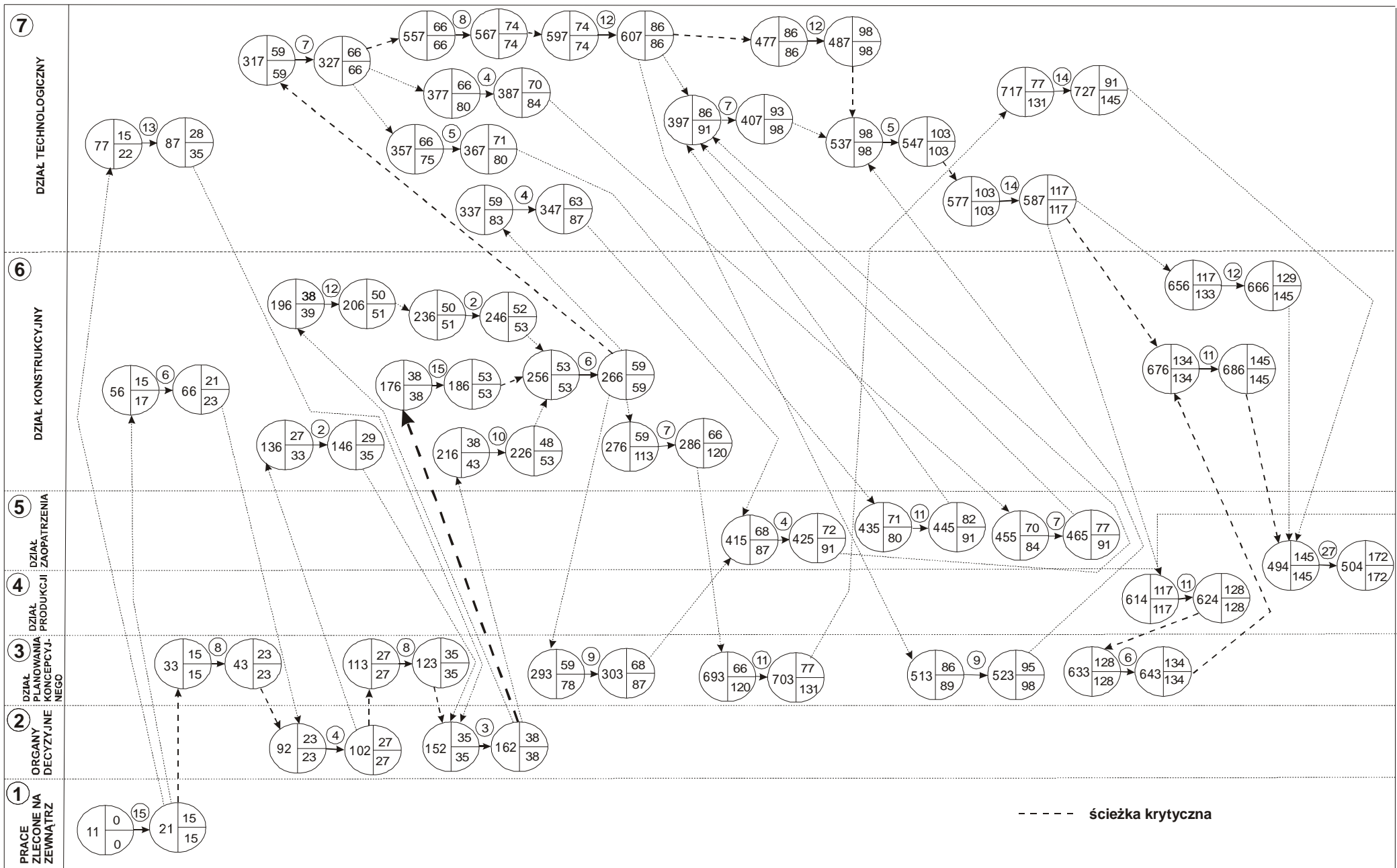
Uwagi:

- współczynnik efektywnego wykorzystania czasu pracy (y) przyjęto na poziomie = 0,89,
- praca w dziale przygotowania produkcji planuje się na jedną zmianę roboczą.

Przykładowe wyliczenie dla czynności 614-624 „Wykonanie serii próbnej”:

$$C_{614-624} = \frac{400}{12 * 0,89 * 8 * 1 * 1} * 2,3 = 10,76 \approx 11dni$$

5.4. Przedstawienie struktury projektu w postaci wykresu sieciowego.



5.5. Określenie terminu rozpoczęcia i zakończenia całego projektu.

Jako przewidywany termin rozpoczęcia realizacji działań związanych z wprowadzeniem nowego wyrobu określa się 1 lipiec 2005 r.

Najpóźniejszy termin końcowy prac TPP oraz rozruchu nowej produkcji kosiarek trawnikowych ze względu na warunki rynkowe określa się na 31 grudnia 2005 r.

5.6. Obliczenie terminów rozpoczęcia i zakończenia poszczególnych czynności TPP oraz rezerw (zapasu) czasu.

Tab.5.4. Wyniki obliczeń terminów rozpoczęcia i zakończenia poszczególnych czynności TPP oraz rezerw czasu

Zdarzenie		Czas trwania	Zapas czasu	Rozpoczęcie		Zakończenie	
ZP	ZN			NWP	NPP	NWZ	NPZ
11	21	15	0	01.07.2005	01.07.2005	16.07.2005	16.07.2005
33	43	8	0	16.07.2005	16.07.2005	24.07.2005	24.07.2005
56	66	6	2	16.07.2005	18.07.2005	22.07.2005	24.07.2005
77	87	13	7	16.07.2005	23.07.2005	29.07.2005	05.08.2005
92	102	4	0	24.07.2005	24.07.2005	28.07.2005	28.07.2005
113	123	8	0	28.07.2005	28.07.2005	05.08.2005	05.08.2005
136	146	2	6	28.07.2005	03.08.2005	30.07.2005	05.09.2005
152	162	3	0	05.08.2005	05.08.2005	08.08.2005	08.08.2005
176	186	15	0	08.08.2005	08.08.2005	23.08.2005	23.08.2005
196	206	12	1	08.08.2005	09.08.2005	20.08.2005	21.08.2005
216	226	10	5	08.08.2005	13.08.2005	18.08.2005	23.08.2005
236	246	2	1	20.08.2005	21.08.2005	22.08.2005	23.08.2005
256	266	6	0	23.08.2005	23.08.2005	29.08.2005	29.08.2005
276	286	7	54	29.08.2005	22.10.2005	05.09.2005	29.10.2005
293	303	9	19	29.08.2005	17.09.2005	07.09.2005	26.09.2005
317	327	7	0	29.08.2005	29.08.2005	05.09.2005	05.09.2005
337	347	4	24	29.08.2005	22.09.2005	02.09.2005	26.09.2005
357	367	5	9	05.09.2005	14.09.2005	10.09.2005	19.09.2005
377	387	4	14	05.09.2005	19.09.2005	09.09.2005	23.09.2005
397	407	7	5	25.09.2005	30.09.2005	02.10.2005	07.10.2005
415	425	4	19	07.09.2005	26.09.2005	13.09.2005	30.09.2005
435	445	11	9	10.09.2005	19.09.2005	21.09.2005	30.09.2005
455	465	7	14	09.09.2005	23.09.2005	16.09.2005	30.09.2005
477	487	12	0	25.09.2005	25.09.2005	07.10.2005	07.10.2005
494	504	27	0	23.11.2005	23.11.2005	20.12.2005	20.12.2005
513	523	9	3	25.09.2005	28.09.2005	04.10.2005	07.10.2005
537	547	5	0	07.10.2005	07.10.2005	12.10.2005	12.10.2005
557	567	8	0	05.09.2005	05.09.2005	13.09.2005	13.09.2005
577	587	14	0	12.10.2005	12.10.2005	26.10.2005	26.10.2005
597	607	12	0	13.09.2005	13.09.2005	25.09.2005	25.09.2005
614	624	11	0	26.10.2005	26.10.2005	06.11.2005	06.11.2005
633	643	6	0	06.11.2005	06.11.2005	12.11.2005	12.11.2005
656	666	12	16	26.10.2005	11.11.2005	07.11.2005	23.11.2005
676	686	11	0	12.11.2005	12.11.2005	23.11.2005	23.11.2005
693	703	11	54	05.09.2005	29.10.2005	06.09.2005	09.11.2005
717	727	14	54	16.09.2005	09.11.2005	30.09.2005	23.11.2005

W wyniku obliczeń sieci widzimy, iż przewidywany termin zakończenia realizacji prac TPP przewidywany jest na 20 grudnia 2005. Termin ten jest więc zgodny z wcześniej przyjętymi założeniami.

5.7. Wyznaczenie krytycznego ciągu czynności warunkujących terminową realizację projektu (ścieżki krytycznej).

Przebieg ścieżki krytycznej zaznaczony został na wykresie sieciowym. Wykaz czynności leżących na ścieżce krytycznej oraz terminy rozpoczęcia i zakończenia poszczególnych czynności przedstawia tab. 5.5.

Tab.5.5. Wykaz czynności leżących na ścieżce krytycznej

Zdarzenie		Czas trwania	Zapas czasu	Rozpoczęcie		Zakończenie	
ZP	ZN			NWP	NPP	NWZ	NPZ
11	21	15	0	01.07.2005	01.07.2005	16.07.2005	16.07.2005
33	43	8	0	16.07.2005	16.07.2005	24.07.2005	24.07.2005
92	102	4	0	24.07.2005	24.07.2005	28.07.2005	28.07.2005
113	123	8	0	28.07.2005	28.07.2005	05.08.2005	05.08.2005
152	162	3	0	05.08.2005	05.08.2005	08.08.2005	08.08.2005
176	186	15	0	08.08.2005	08.08.2005	23.08.2005	23.08.2005
256	266	6	0	23.08.2005	23.08.2005	29.08.2005	29.08.2005
317	327	7	0	29.08.2005	29.08.2005	05.09.2005	05.09.2005
477	487	12	0	25.09.2005	25.09.2005	07.10.2005	07.10.2005
494	504	27	0	23.11.2005	23.11.2005	20.12.2005	20.12.2005
537	547	5	0	07.10.2005	07.10.2005	12.10.2005	12.10.2005
557	567	8	0	05.09.2005	05.09.2005	13.09.2005	13.09.2005
577	587	14	0	12.10.2005	12.10.2005	26.10.2005	26.10.2005
597	607	12	0	13.09.2005	13.09.2005	25.09.2005	25.09.2005
614	624	11	0	26.10.2005	26.10.2005	06.11.2005	06.11.2005
633	643	6	0	06.11.2005	06.11.2005	12.11.2005	12.11.2005
676	686	11	0	12.11.2005	12.11.2005	23.11.2005	23.11.2005