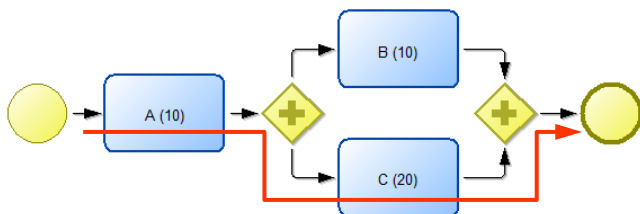


Modelowanie procesów biznesowych

Analiza wydajności procesu biznesowego

Szacowanie czasów i kosztów

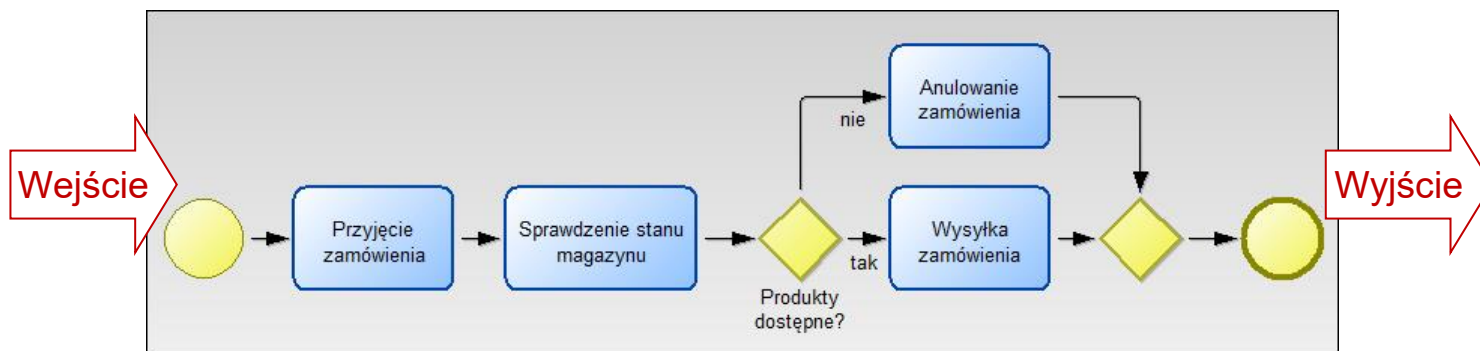


	10min	10min	10min
A			
B			
C			

Analiza wydajności (efektywności) procesu biznesowego

Pojęcia

Proces biznesowy to zbiór powiązanych ze sobą czynności, które przekształcają wejście w wyjście według określonych reguł, w oparciu o określone zasoby ...



Wejście i wyjście procesu definiują jego granice.

Na wejściach procesu pojawiają się: materiały, produkty, zlecenia, dokumenty, informacje, ..., są one przekształcane przez proces i na wyjściach procesu pojawiają się produkty, usługi, dokumenty, informacje, ...

Wykonanie (realizację) procesu można sprowadzić do przepływu określonej jednostki (*ang. Flow Unit*) przez jego granice od wejścia do wyjścia. Przekształcana przez proces jednostka nazywana jest także pracą (*ang. job*) i reprezentuje materiał, produkt, zlecenie, dokument, informację, ...

Własności

- umożliwia ilościową ocenę wydajności procesów
- do oceny procesów wykorzystuje wskaźniki:
 - czas trwania procesu
 - koszt realizacji procesu
 - jakość procesu
- jest narzędziem oceny, kontroli i planowania procesów
- umożliwia:
 - porównywanie procesów
 - kontrolowanie ich przebiegu
 - wspomaga ich udoskonalanie

Wskaźniki wydajności procesu

Czas wykonania (*ang. Execution time*)

średni czas potrzebny na ukończenie czynności składowych

Czas oczekiwania (*ang. Waiting time*)

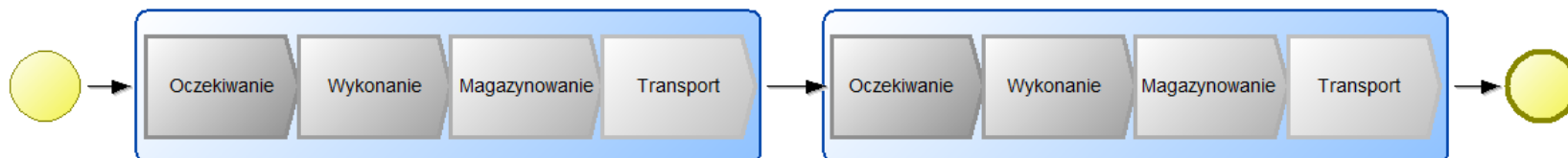
średni czas przed rozpoczęciem realizacji czynności (spowodowany obsługą wielu zadań przez wykonawcę) oraz czas związany z przerywaniem realizacji czynności

Czas magazynowania (*ang. Resting time*)

średni czas po realizacji czynności, spowodowany opóźnieniami w przekazywaniu dokumentów i zasobów

Czas transportu (*ang. Transport time*)

średni czas związany z przekazaniem zadania następnemu wykonawcy



Wskaźniki wydajności procesu

Czas cyklu (*ang. Cycle Time*)

określa ile czasu potrzeba średnio na realizację procesu od jego początku do końca; średni czas jaki przepływająca przez niego jednostka/praca (*flow unit, job*) spędza w granicach procesu

Koszty nieosobowe (*ang. Non-personnel costs*)

średnie koszty wykonania czynności niezwiązane z wynagrodzeniami ich wykonawców

Koszty osobowe (*ang. Personnel costs*)

średnie koszty wykonania czynności związane z wynagrodzeniami ich wykonawców, liczone jako iloczyn czasu wykonania czynności przez stawkę godzinową wykonawcy

Koszty całkowite (*ang. Total costs*)

koszty nieosobowe + koszty osobowe

Analiza wydajności

Ścieżka krytyczna

Wszystkie ścieżki procesu

Wszystkie potencjalne ścieżki procesu można znaleźć wykorzystując np. klasyczne metody przeszukiwania grafów (np. *przeszukiwanie w głąb* ang. *Depth First Search* (DFS) czy *przeszukiwanie wszerz* ang. *Breadth First Search* (BFS)).

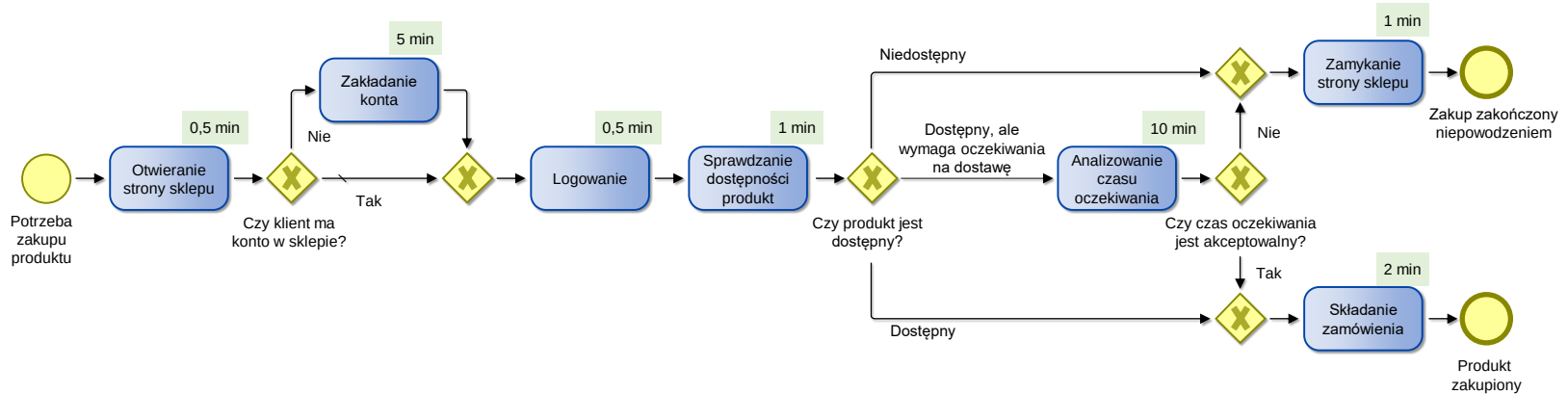
Algorytm DFS

1. ustal węzeł początkowy, odwiedź go i traktuj jako bieżący
 2. znajdź nieodwiedzony węzeł, który sąsiaduje z bieżącym
 3. jeżeli w punkcie 2.
 - węzeł został znaleziony odwiedź go i traktuj jako bieżący
 - węzeł nie został znaleziony znajdź węzeł poprzedzający traktuj go jako bieżący
- powtarzaj kroki 2. i 3. do momentu kiedy nie można znaleźć węzłów do odwiedzenia

Uwaga!

Odwiedzane węzły można odkładać na stosie, kolejne ścieżki procesu tworzą węzły znajdujące się na stosie w chwili gdy algorytm dociera do węzła położonego najgłębiej.

Algorytm DFS



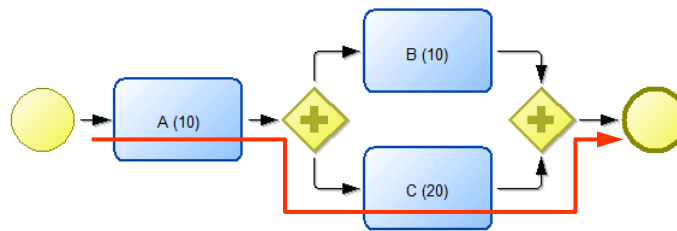
1. Otwieranie > Zakładanie > Logowanie > Sprawdzanie > Zamykanie
 $0,5 \text{ min} + 5,0 \text{ min} + 0,5 \text{ min} + 1,0 \text{ min} + 1,0 \text{ min} = 8,0 \text{ min}$
2. Otwieranie > Zakładanie > Logowanie > Sprawdzanie > Analizowanie > Zamykanie
 $0,5 \text{ min} + 5,0 \text{ min} + 0,5 \text{ min} + 1,0 \text{ min} + 10,0 \text{ min} + 1,0 \text{ min} = 18,0 \text{ min}$
3. Otwieranie > Zakładanie > Logowanie > Sprawdzanie > Analizowanie > Składanie
 $0,5 \text{ min} + 5,0 \text{ min} + 0,5 \text{ min} + 1,0 \text{ min} + 10,0 \text{ min} + 2,0 \text{ min} = 19,0 \text{ min}$
4. Otwieranie > Zakładanie > Logowanie > Sprawdzanie > Składanie
 $0,5 \text{ min} + 5,0 \text{ min} + 0,5 \text{ min} + 1,0 \text{ min} + 2,0 \text{ min} = 9,0 \text{ min}$
5. Otwieranie > Logowanie > Sprawdzanie > Zamykanie
 $0,5 \text{ min} + 0,5 \text{ min} + 1,0 \text{ min} + 1,0 \text{ min} = 3,0 \text{ min}$
6. Otwieranie > Logowanie > Sprawdzanie > Analizowanie > Zamykanie
 $0,5 \text{ min} + 0,5 \text{ min} + 1,0 \text{ min} + 10,0 \text{ min} + 1,0 \text{ min} = 13,0 \text{ min}$
7. Otwieranie > Logowanie > Sprawdzanie > Analizowanie > Składanie
 $0,5 \text{ min} + 0,5 \text{ min} + 1,0 \text{ min} + 10,0 \text{ min} + 2,0 \text{ min} = 14,0 \text{ min}$
8. Otwieranie > Logowanie > Sprawdzanie > Składanie
 $0,5 \text{ min} + 0,5 \text{ min} + 1,0 \text{ min} + 2,0 \text{ min} = 4,0 \text{ min}$

Ścieżka krytyczna

Ścieżkę krytyczną procesu wyznacza najdłuższy czasowo ciąg ułożonych chronologicznie czynności.

Cechy

- opóźnienie w realizacji którejkolwiek z czynności leżących na ścieżce krytycznej (*czynności krytycznej*) opóźni realizację całego procesu



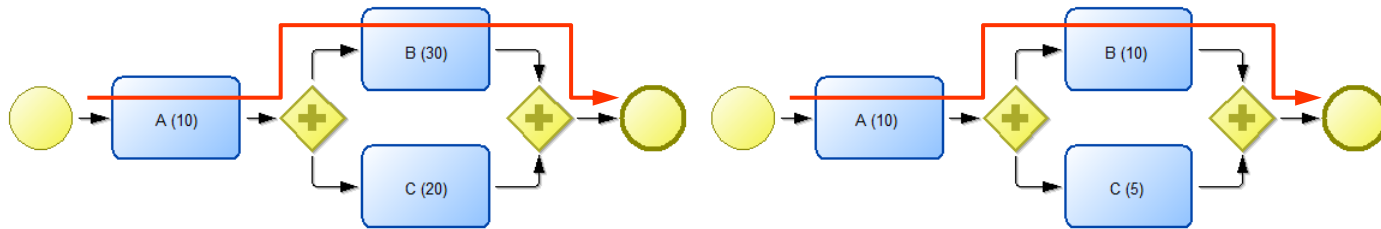
	10min	10min	10min
A			
B			
C			

- proces może mieć kilka ścieżek krytycznych

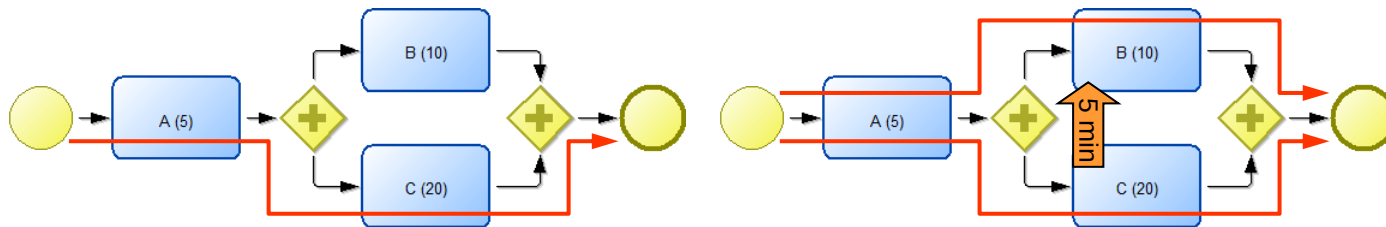
Ścieżka krytyczna

Cechy

- zmiana ścieżki krytycznej procesu może nastąpić po wydłużeniu *czynności niekrytycznej* lub skróceniu *czynności krytycznej*



- długość ścieżki można skracać przenosząc realizację zadań z *czynności krytycznych* do *czynności niekrytycznych*



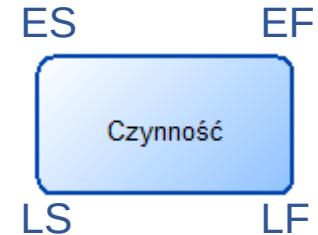
$$T = 5 + 20 = 25$$

$$T = 5 + 15 = 20$$

Ścieżka krytyczna – algorytm (idea)

Algorytm składa się z dwóch etapów:

- planowania „w przód” i
- planowania „wstecz”.



W obydwu etapach, dla każdej czynności wyznaczane są czasy:

- rozpoczęcia wykonywania czynności

ES – przy planowaniu „w przód” (ang. *Early Start*)

LS – przy planowaniu „wstecz” (ang. *Late Start*)

- zakończenia wykonywania czynności

EF – przy planowaniu „w przód” (ang. *Early Finish*)

LF – przy planowaniu „wstecz” (ang. *Late Finish*)

Ścieżkę krytyczną tworzą czynności, których czasy $ES = LS$ i $EF = LF$.

Ścieżka krytyczna – algorytm (idea)

planowanie „w przód”

- *pierwsza czynność:*

$$ES = 0,$$

$$EF = \text{czas wykonania czynności},$$

- *kolejne czynności:*

$$ES = \text{czasowi } EF \text{ czynności poprzedniej}$$

(w przypadku gdy rozpoczęcie czynności jest uzależnione od zakończenia kilku czynności poprzedzających $ES = \max(EF \text{ czynności poprzedzających})$),

$$EF = ES + \text{czas wykonania czynności},$$

planowanie „wstecz”

- *ostatnia czynność:*

$$LS = ES,$$

$$LF = EF,$$

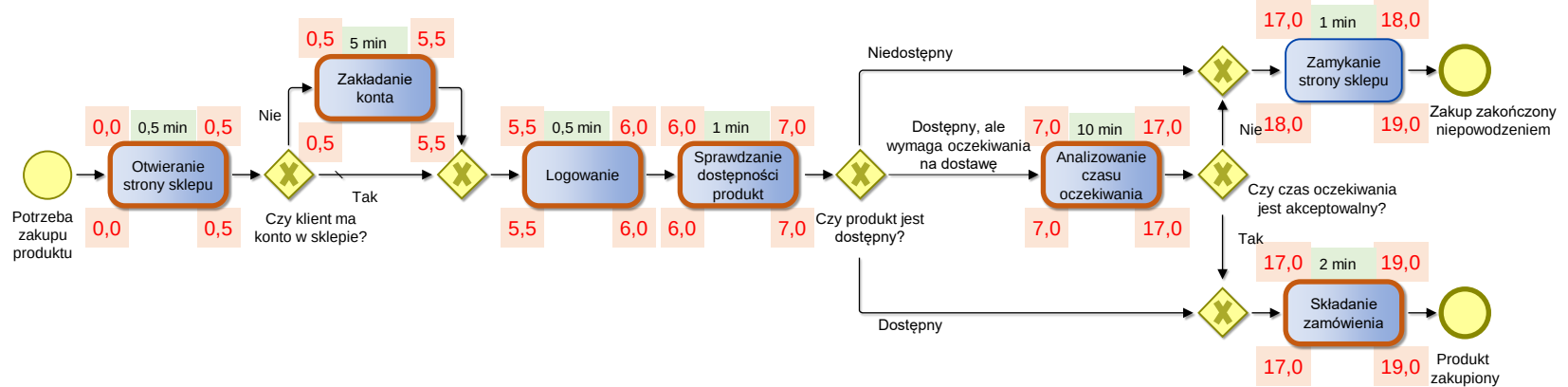
- *poprzednie czynności:*

$$LF = LS \text{ czynności następnej}$$

(w przypadku gdy po zakończeniu czynności uaktywnianych jest kilka czynności następnych $LF = \min(LS \text{ czynności kolejnych})$),

$$LS = LF - \text{czas wykonania czynności}.$$

Ścieżka krytyczna



Ścieżka krytyczna ($ES = LS$ i $EF = LF$)

Otwieranie > Zakładanie > Logowanie > Sprawdzanie > Analizowanie > Składanie

$$T = 0,5 \text{ min} + 5,0 \text{ min} + 0,5 \text{ min} + 1,0 \text{ min} + 10,0 \text{ min} + 2,0 \text{ min} = 19,0 \text{ min}$$

Analiza wydajności

Analiza czasu cyklu

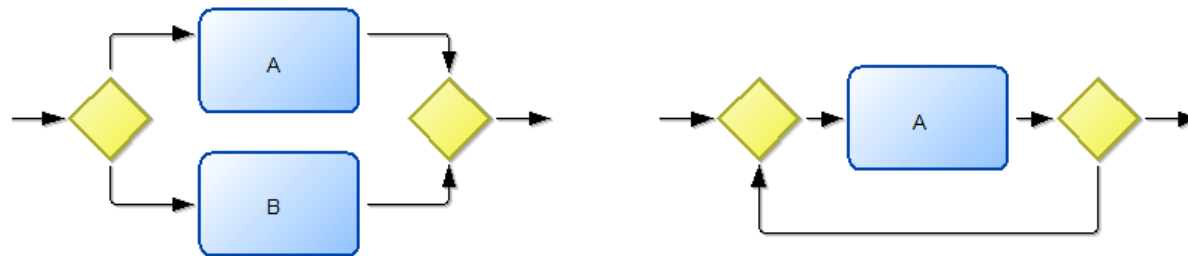
Analiza czasu cyklu

Czas cyklu (*ang. Cycle Time*)

czas potrzebny na ukończenie jednego pełnego cyklu procesu, (nazywany również czasem przebiegu)

Wyzwania

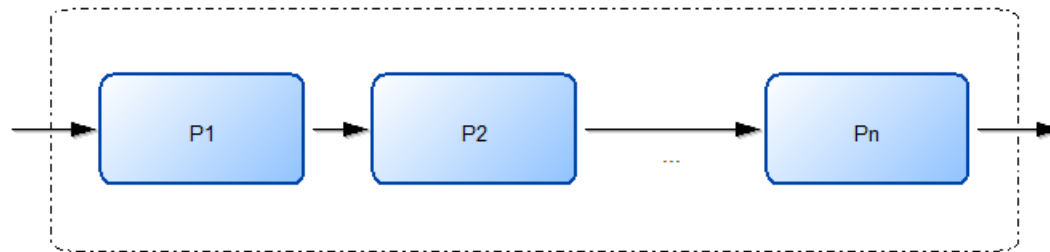
- wymagana szczegółowa wiedza o czasach (wykonania, oczekiwania, magazynowania, transportu) wszystkich czynności procesu
- wymagane dokładne informacje o prawdopodobieństwach realizacji ścieżek alternatywnych
- złożoność wynikająca z istnienia dużej liczby potencjalnych ścieżek procesu czy z istnieniem pętli



Czynności połączone szeregowo (sekwencyjnie)

Czas cyklu czysto sekwencyjnego fragmentu procesu jest sumą wszystkich czasów poszczególnych czynności składowych:

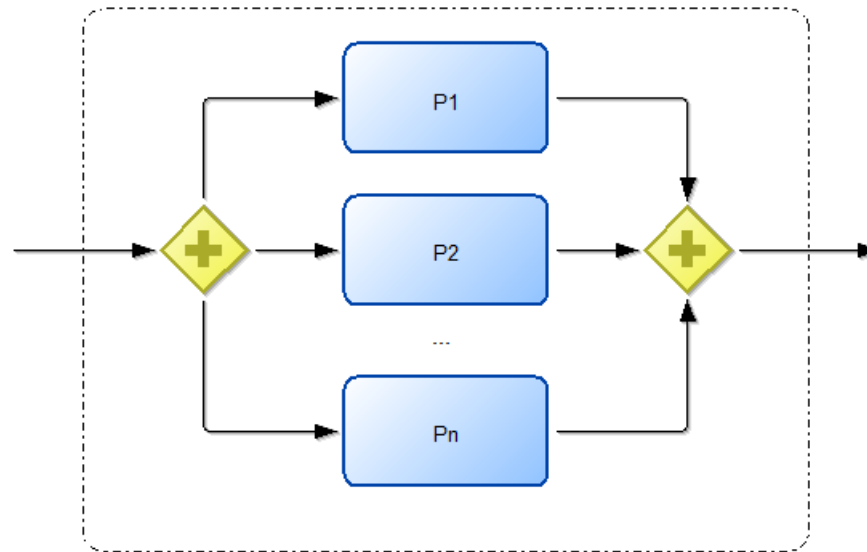
$$CT = \sum_{i=1}^n T_i$$



Czynności połączone równoległe

Czas cyklu fragmentu procesu złożonego z równoległe połączonych ścieżek odpowiada czasowi najwolniejszej ścieżki:

$$CT = \max(T_i)$$

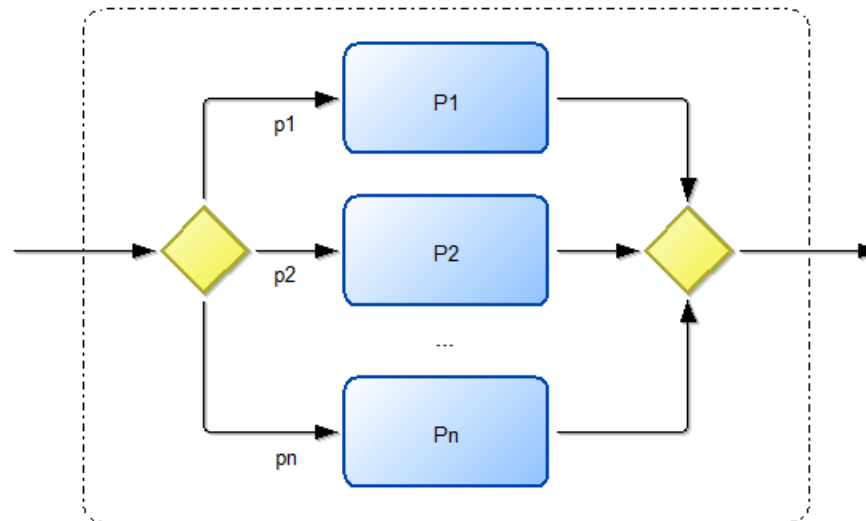


Czynności w przepływach alternatywnych

Czas cyklu fragmentu procesu złożonego z alternatywnych ścieżek jest sumą ważoną czasów przebiegów poszczególnych czynności składowych:

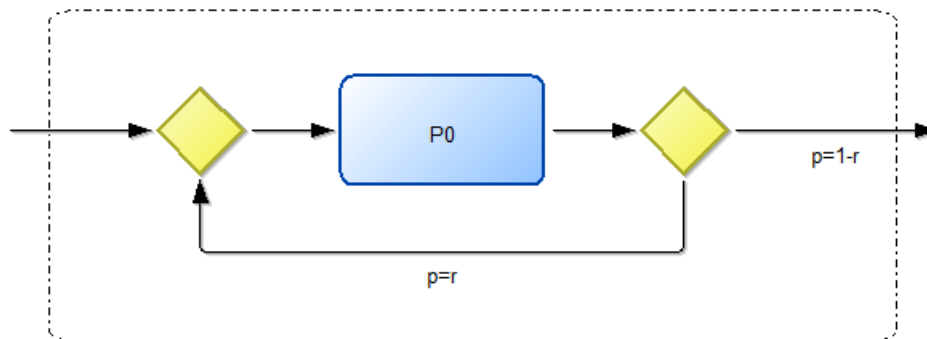
$$CT = \sum_{i=1}^n p_i T_i$$

p_i – prawdopodobieństwo wyboru i -tej ścieżki, $\sum_{i=1}^n p_i = 1$



Czynności powtarzane w pętlach (1)

Niech r będzie prawdopodobieństwem powtórzenia wykonania czynności $P0$:



Prawdopodobieństwo wykonania czynności:

1 raz wynosi: $1 - r$,

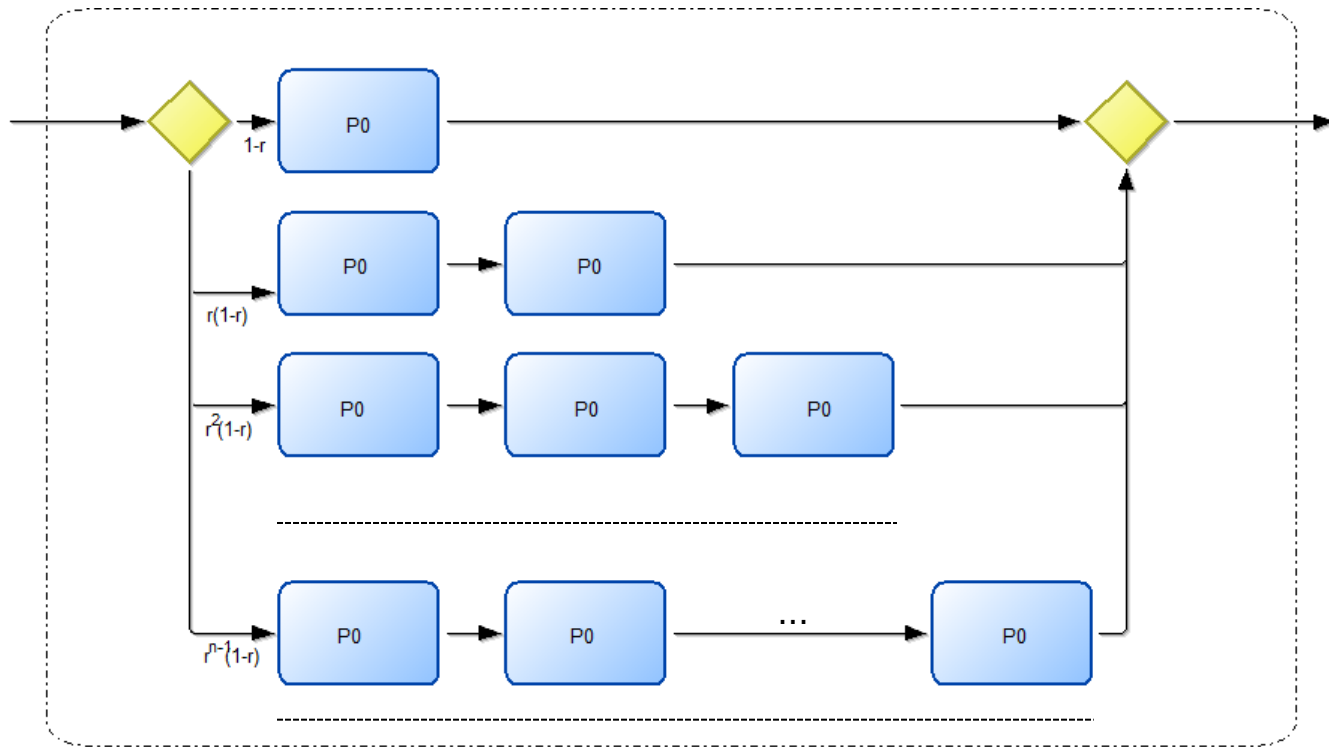
2 razy wynosi: $r (1 - r)$,

3 razy wynosi: $r^2 (1 - r)$,

...

n razy wynosi: $r^{n-1} (1 - r)$.

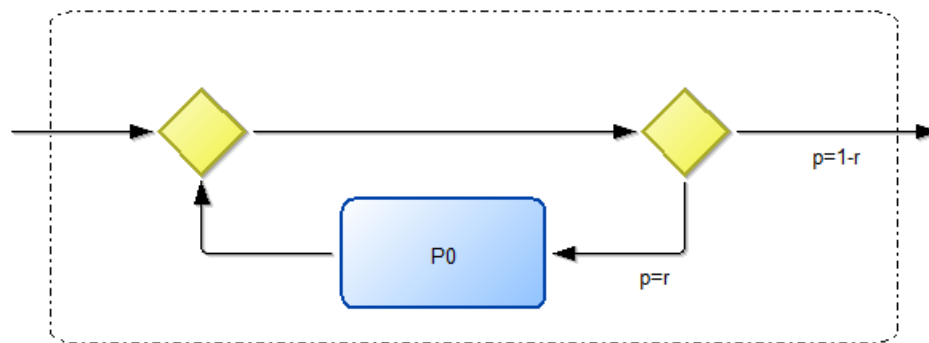
Czynności powtarzane w pętlach (1)



Zakładając, że T_0 jest czasem cyklu powtarzanej czynności, CT wyznacza się jako:

$$\begin{aligned} CT &= (1-r)T_0 + r(1-r)2T_0 + r^2(1-r)3T_0 + \dots + r^{n-1}(1-r)nT_0 + \dots = \\ &= T_0(1-r) \sum_{i=1}^{\infty} ir^{i-1} = T_0(1-r) \frac{1}{(1-r)^2} = \frac{1}{1-r} T_0 \end{aligned}$$

Czynności powtarzane w pętlach (2)



Prawdopodobieństwo wykonania czynności:

1 raz wynosi: $r(1-r)$

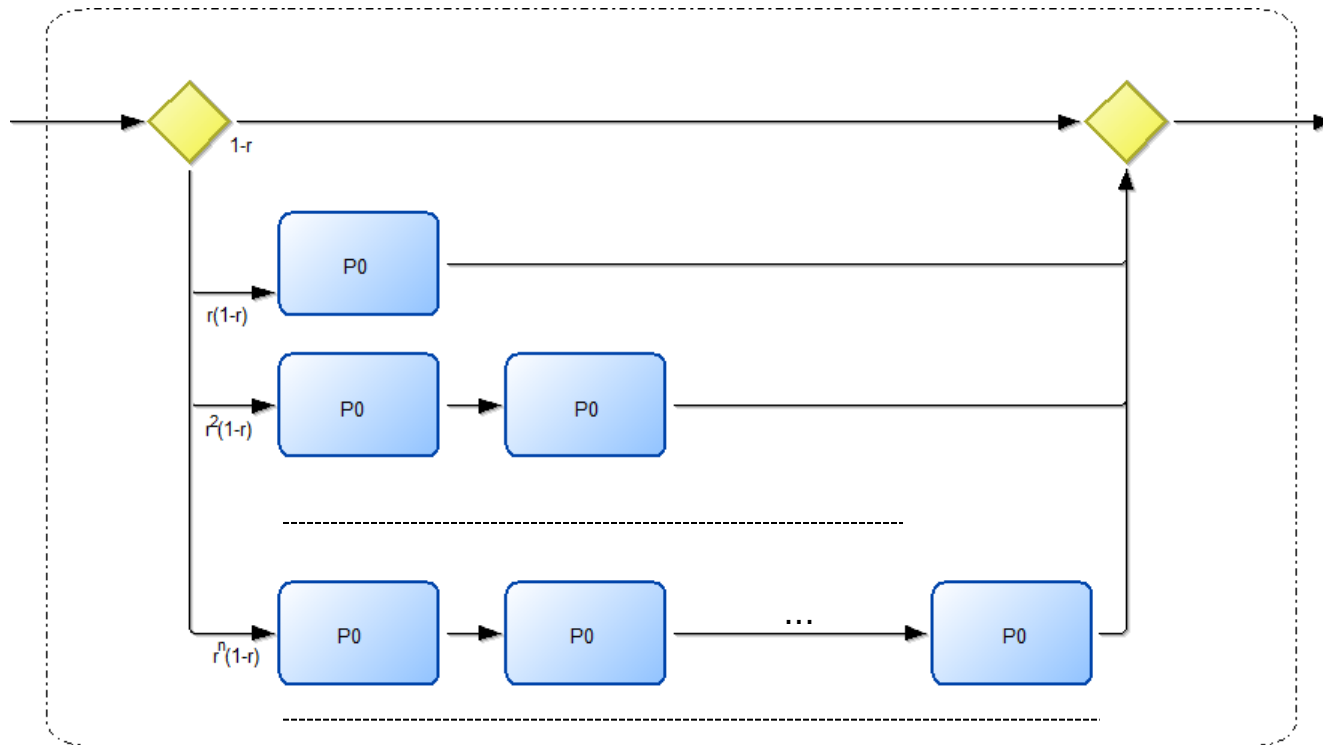
2 razy wynosi: $r^2(1-r)$,

3 razy wynosi: $r^3(1-r)$,

...

n razy wynosi: $r^n(1-r)$.

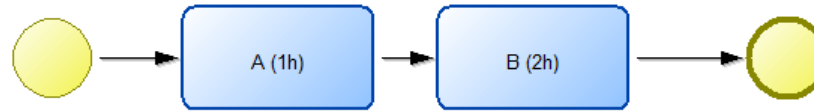
Czynności powtarzane w pętlach (2)



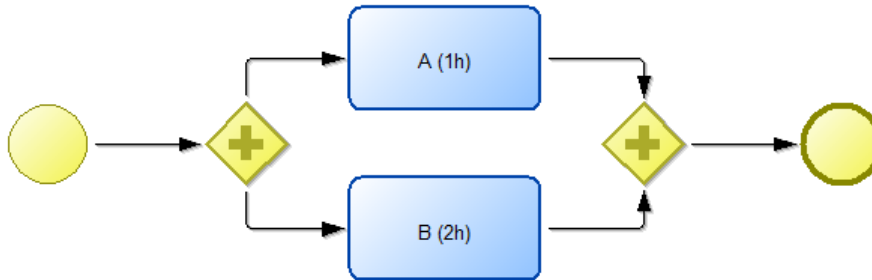
Zakładając, że T_0 jest czasem cyklu powtarzanej czynności, CT wyznacza się jako:

$$\begin{aligned} CT &= r(1-r)T_0 + r^2(1-r)2T_0 + \dots + r^n(1-r)nT_0 + \dots = T_0(1-r) \sum_{i=1}^{\infty} ir^i = \\ &= T_0(1-r) \frac{r}{(1-r)^2} = \frac{r}{1-r} T_0 \end{aligned}$$

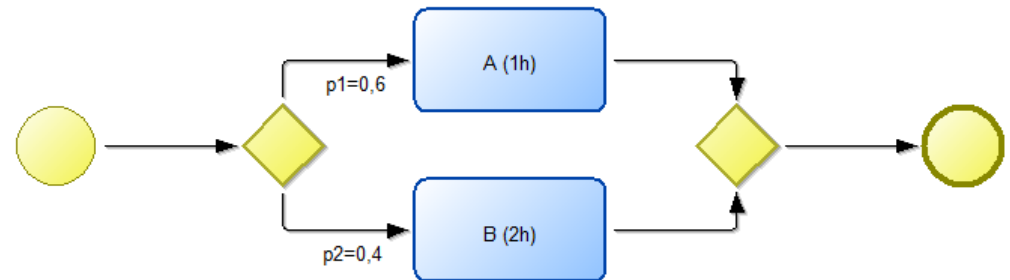
Analiza czasu cyklu



$$CT = 1h + 2h = 3h$$

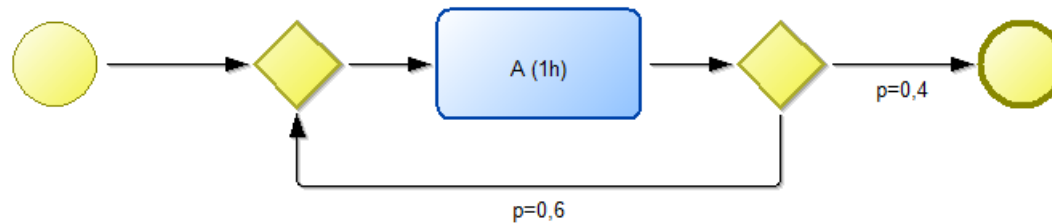


$$CT = \max(1h, 2h) = 2h$$

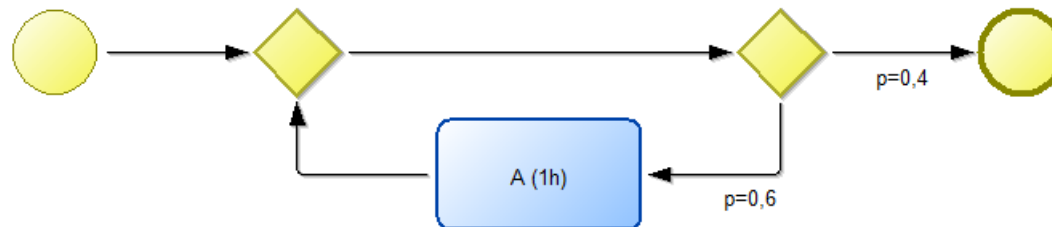


$$CT = 0,6 \cdot 1h + 0,4 \cdot 2h = 36min + 48min = 1h\ 24min$$

Analiza czasu cyklu

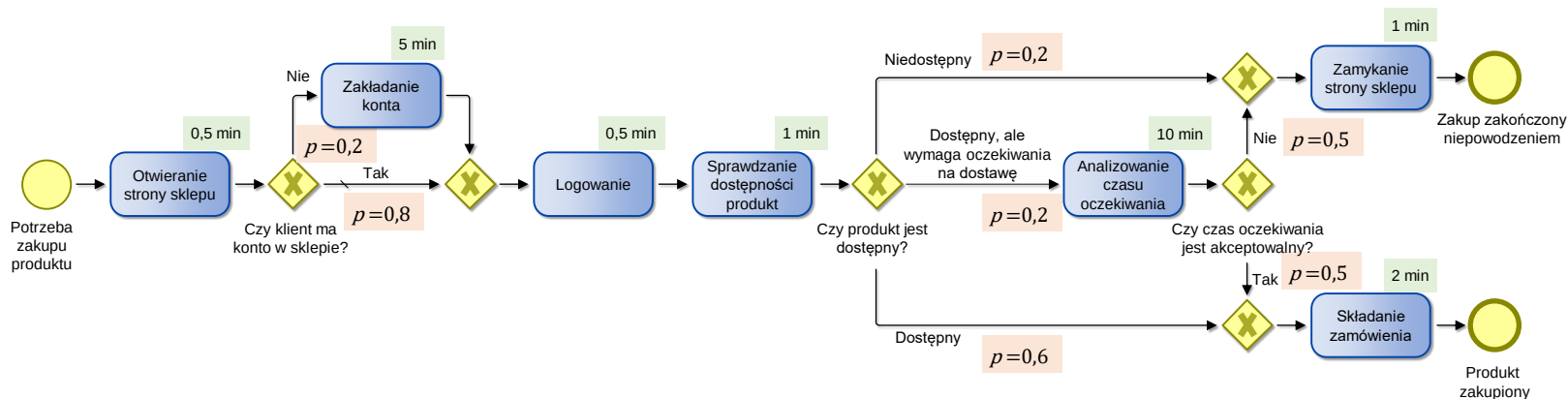


$$CT = \frac{1}{1 - 0,6} \cdot 1h = \frac{1}{0,4} \cdot 1h = 2,5 \cdot 1h = 2h\ 30min$$

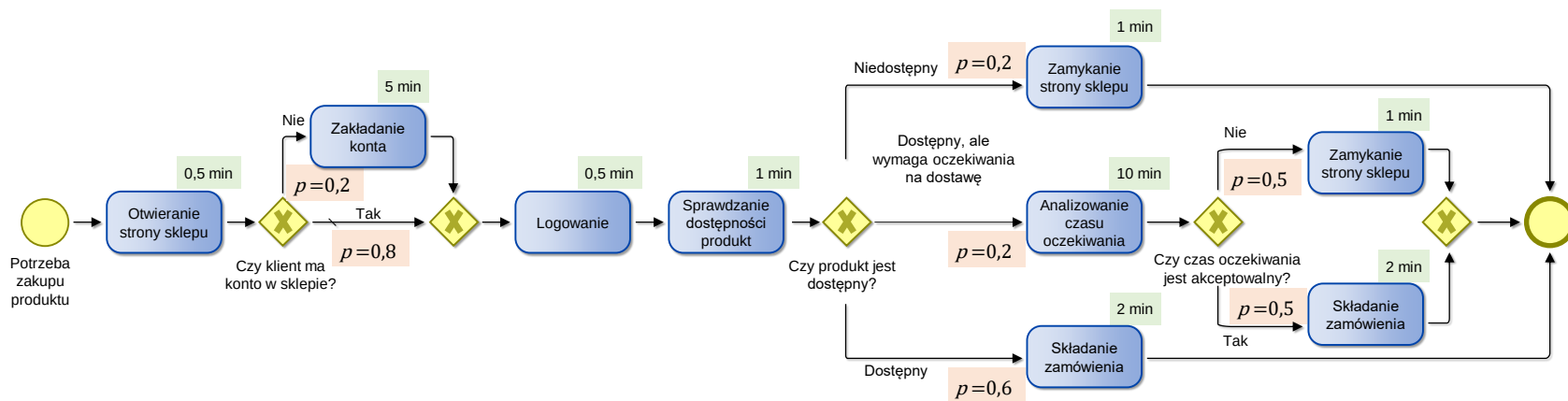


$$CT = \frac{0,6}{1 - 0,6} 1h = \frac{0,6}{0,4} \cdot 1h = 1,5 \cdot 1h = 1h\ 30min$$

Analiza czasu cyklu



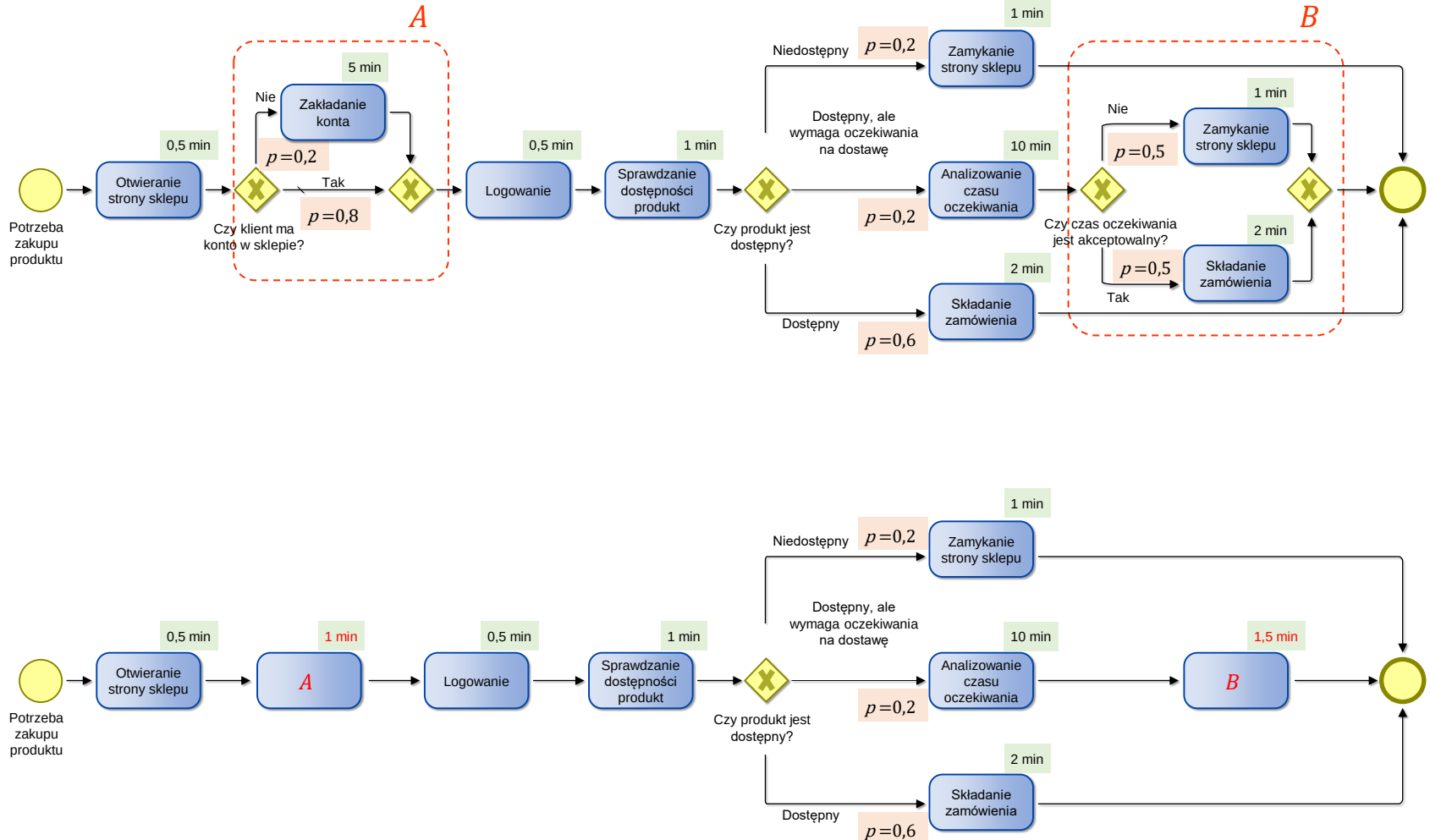
≡



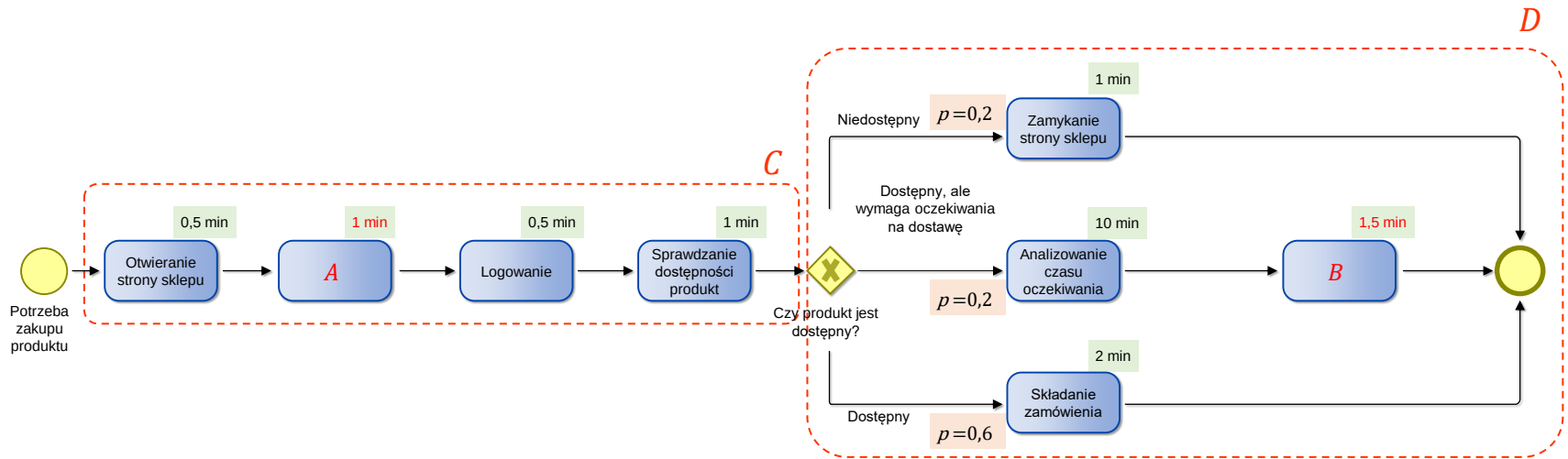
Analiza czasu cyklu

$$A: T_A = 0,2 \cdot 5 \text{ min} = 1 \text{ min}$$

$$B: T_B = 0,5 \cdot 1 \text{ min} + 0,5 \cdot 2 \text{ min} = 1,5 \text{ min}$$

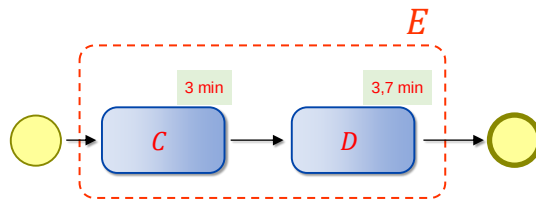


Analiza czasu cyklu

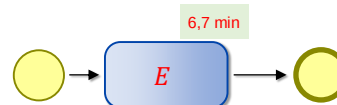


$$C: T_C = 0,5 \text{ min} + 1 \text{ min} + 0,5 \text{ min} + 1 \text{ min} = 3 \text{ min}$$

$$D: T_D = 0,2 \cdot 1 \text{ min} + 0,2 \cdot (10 \text{ min} + 1,5 \text{ min}) + 0,6 \cdot 2 \text{ min} = 3,7 \text{ min}$$

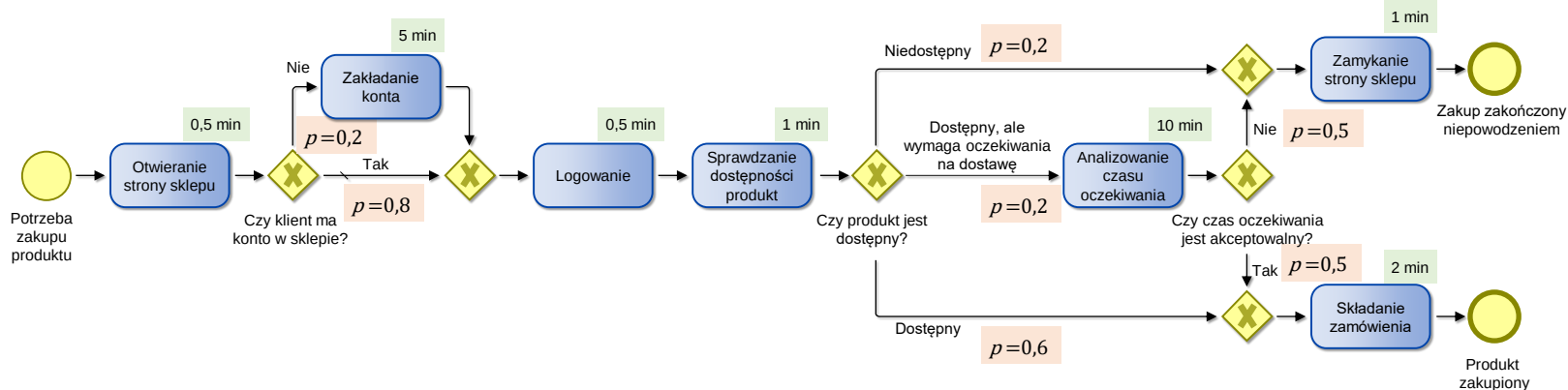


$$E: T_E = 3 \text{ min} + 3,7 \text{ min} = 6,7 \text{ min} = 6 \text{ min } 42 \text{ s}$$



$$CT = 6,7 \text{ min} = 6 \text{ min } 42 \text{ s}$$

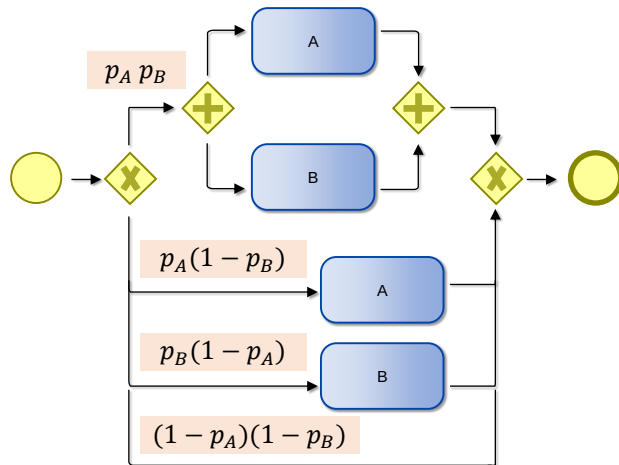
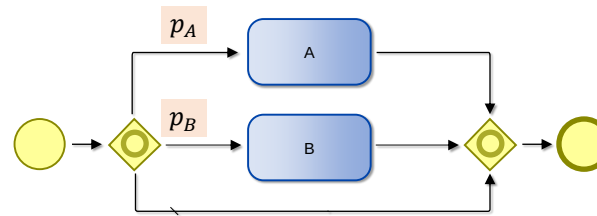
Analiza czasu cyklu



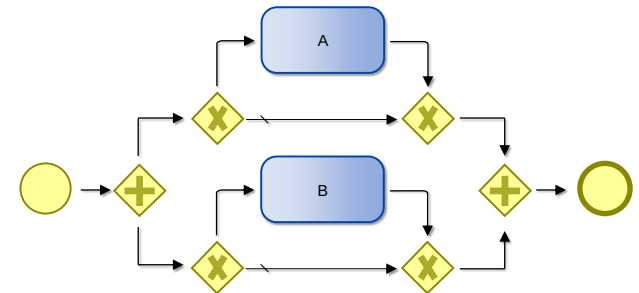
Lp	Zadania	$T [min]$	p	$p \cdot T [min]$	$p \cdot T [min:s]$
1	Otwieranie Zakładanie Logowanie Sprawdzanie Zamykanie	8	$0,2 \cdot 0,2 = 0,04$	0,32	19 s
2	Otwieranie Zakładanie Logowanie Sprawdzanie Analizowanie Zamykanie	18	$0,2 \cdot 0,2 \cdot 0,5 = 0,02$	0,36	22 s
3	Otwieranie Zakładanie Logowanie Sprawdzanie Analizowanie Składanie	19	$0,2 \cdot 0,2 \cdot 0,5 = 0,02$	0,38	23 s
4	Otwieranie Zakładanie Logowanie Sprawdzanie Składanie	9	$0,2 \cdot 0,6 = 0,12$	1,08	1 min 5 s
5	Otwieranie Logowanie Sprawdzanie Zamykanie	3	$0,8 \cdot 0,2 = 0,16$	0,48	29 s
6	Otwieranie Logowanie Sprawdzanie Analizowanie Zamykanie	13	$0,8 \cdot 0,2 \cdot 0,5 = 0,08$	1,04	1 min 2 s
7	Otwieranie Logowanie Sprawdzanie Analizowanie Składanie	14	$0,8 \cdot 0,2 \cdot 0,5 = 0,08$	1,12	1 min 7 s
8	Otwieranie Logowanie Sprawdzanie Składanie	4	$0,8 \cdot 0,6 = 0,48$	1,92	1 min 55 s
Razem			1,00	6,70	6 min 42 s

CT

Analiza czasu cyklu



=



~~$$CT = \max(p_A T_A, p_B T_B)$$~~

$CT =$

$$= p_A p_B \max(T_A, T_B) + p_A(1 - p_B)T_A + p_B(1 - p_A) T_B$$

$$= p_A p_B \max(T_A, T_B) + p_A T_A - p_A p_B T_A + p_B T_B - p_A p_B T_B$$

$$= \max(p_A p_B T_A + p_A T_A - p_A p_B T_A + p_B T_B - p_A p_B T_B, p_A p_B T_B + p_A T_A - p_A p_B T_A + p_B T_B - p_A p_B T_B)$$

$$= \max(p_A T_A + p_B T_B - p_A p_B T_B, p_A T_A - p_A p_B T_A + p_B T_B)$$

$$= p_A T_A + p_B T_B - p_A p_B \max(T_A, T_B)$$

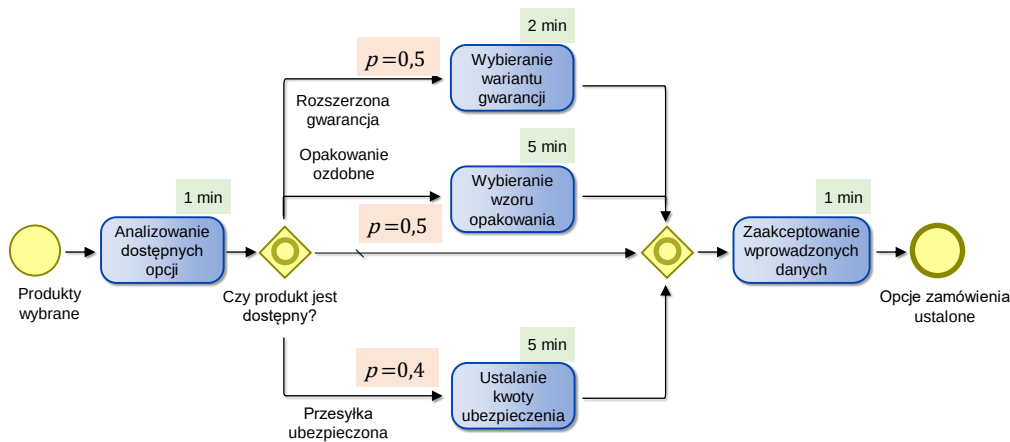
$CT =$

$$= \max(p_A T_A + (1 - p_A) p_B T_B, p_B T_B + p_A(1 - p_B) T_A)$$

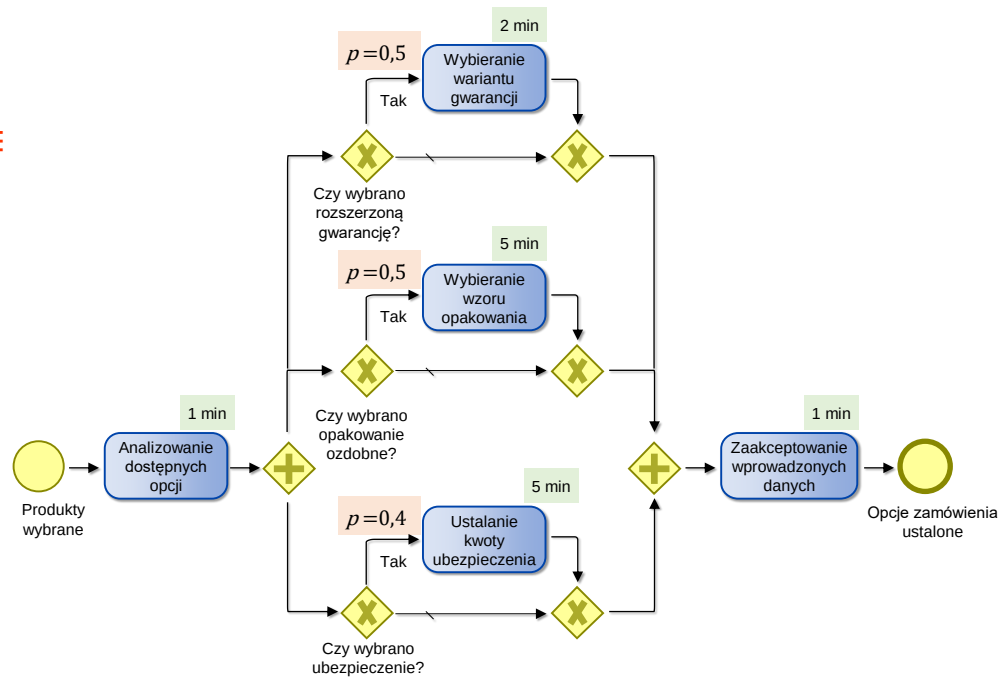
$$= \max(p_A T_A + p_B T_B - p_A p_B T_B, p_B T_B + p_A T_A - p_A p_B T_A)$$

$$= p_A T_A + p_B T_B - p_A p_B \max(T_B, T_A)$$

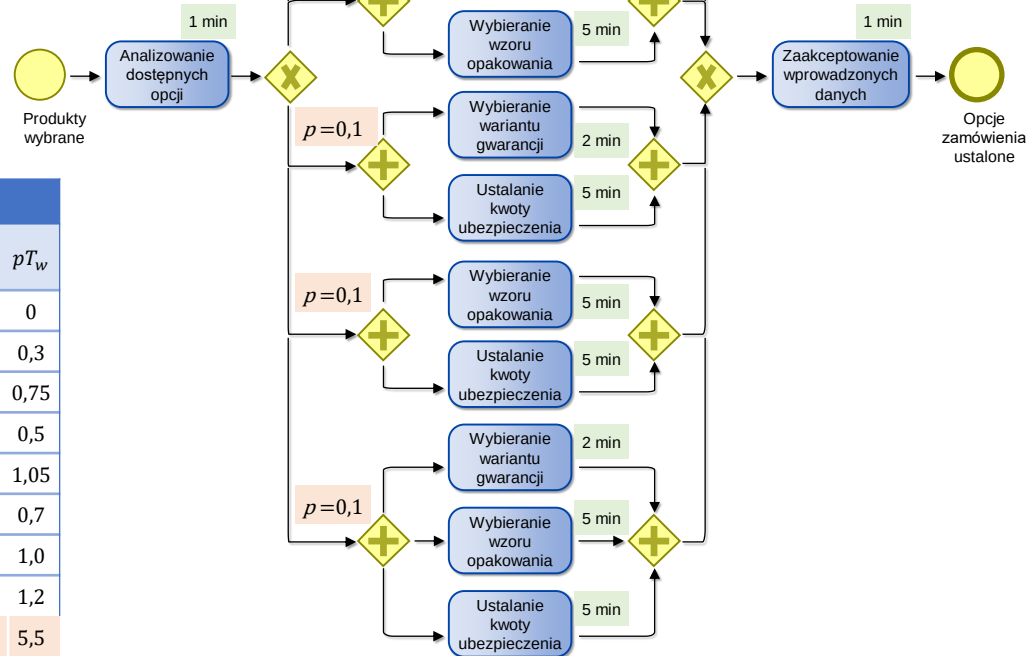
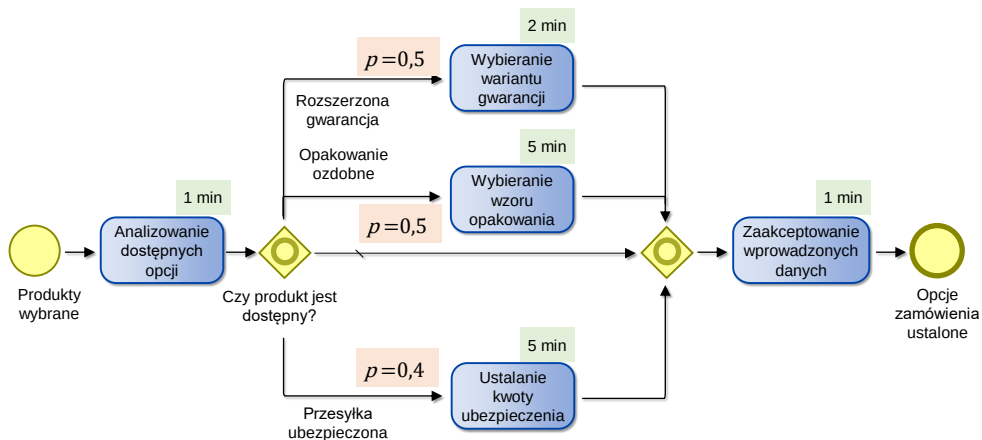
Analiza czasu cyklu



≡



Analiza czasu cyklu



fragment procesu pomiędzy bramkami OR

i	wariant gwarancji	wzór opakowania	kwota ubez.	p	T_c	T_w	pT_c	pT_w
1	☐	☐	☐	$0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,6 = 0,15$	0	0	0	0
2	☒	☐	☐	$0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,6 = 0,15$	2	2	0,3	0,3
3	☐	☒	☐	$0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,6 = 0,15$	5	5	0,75	0,75
4	☐	☐	☒	$0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,4 = 0,10$	5	5	0,5	0,5
5	☒	☒	☐	$0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,6 = 0,15$	5	7	0,75	1,05
6	☒	☐	☒	$0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,4 = 0,10$	5	7	0,5	0,7
7	☐	☒	☒	$0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,4 = 0,10$	5	10	0,5	1,0
8	☒	☒	☒	$0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,4 = 0,10$	5	12	0,5	1,2
Razem					1,00		3,8	5,5

$$CT = 1 + 3,8 + 1 = 5,8 \text{ min} = 5 \text{ min } 48s$$

Analiza czasu cyklu

Efektywność czasu cyklu

Rzeczywisty czas realizacji czynności stanowi na ogół ułamek czasu cyklu procesu. Do oceny efektywności czasu wprowadzany jest wskaźnik:

$$CTE = \frac{TCT}{CT}$$

gdzie

CTE – efektywność czasu cyklu (*ang. Cycle Time Efficiency*)

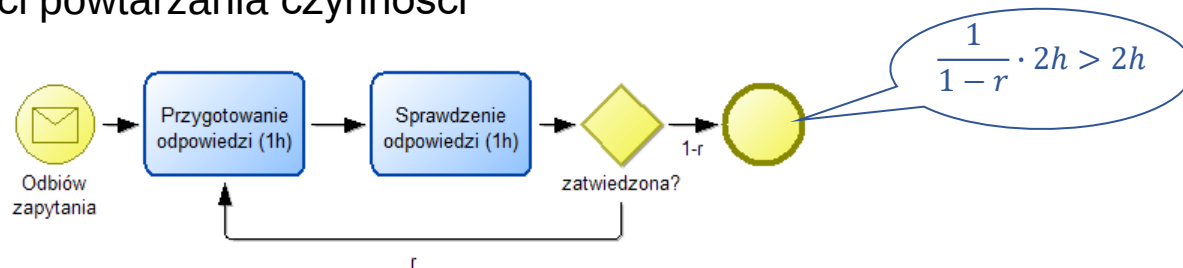
CT – rzeczywisty czasu cyklu (*ang. Cycle Time*)

TCT – teoretyczny czasu cyklu (*ang. Theoretical Cycle Time*), czas wyznaczany w oparciu o czasy wykonania czynności (liczony tak jak *CT*)

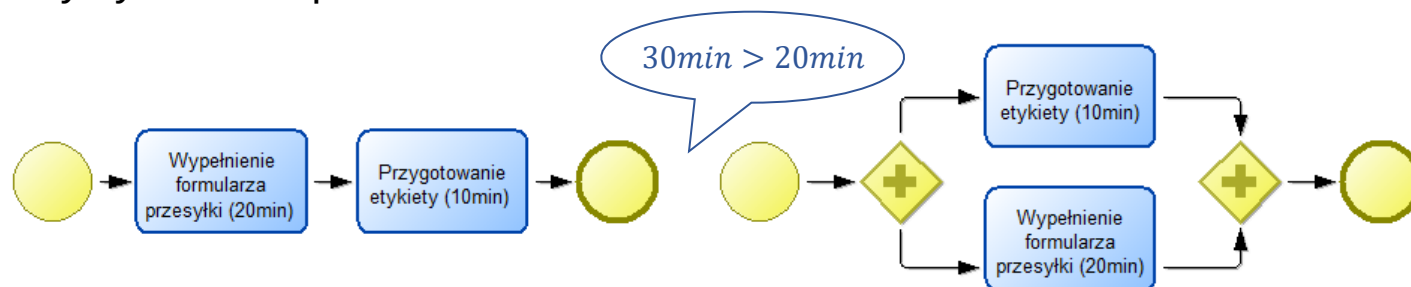
Redukcja czasu cyklu

Metody redukcji (niezbędne przeprojektowanie procesu)

- usuwanie czynności nieistotnych z punktu widzenia klienta
- redukcja czasu oczekiwania (w przypadku procesu produkcyjnego czas oczekiwania jest zmniejszany poprzez redukcję rozmiaru serii/partii i zwiększanie liczby serii/partii)
- eliminacja konieczności powtarzania czynności



- wykorzystywanie współbieżności

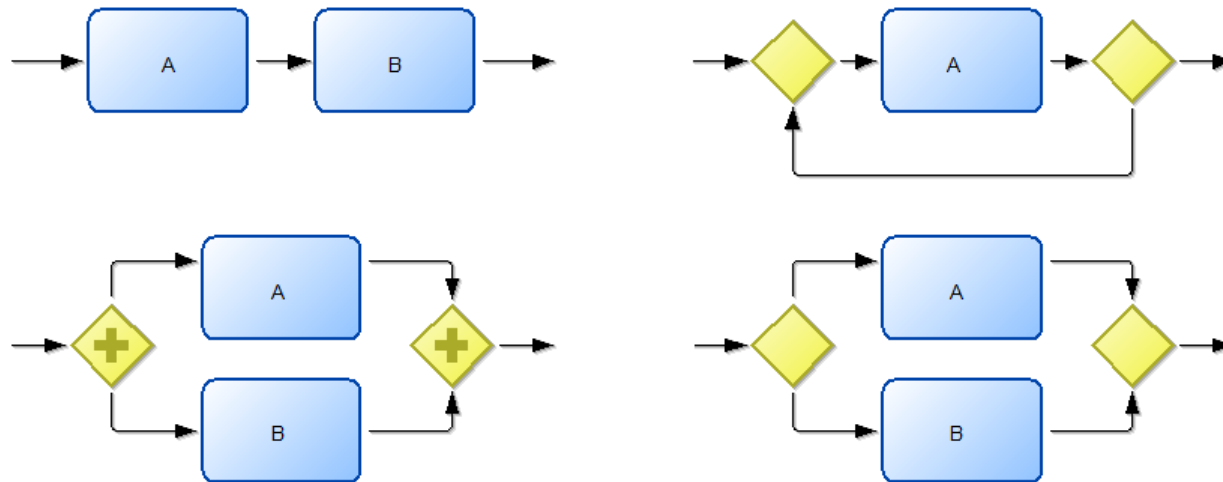


- przenoszenie realizacji zadań z *czynności krytycznych* do *czynności niekrytycznych* (czynność krytyczna leży na *ścieżce krytycznej* procesu)

Analiza czasu cyklu

Ograniczenia

- wymagana szczegółowa wiedza o czasach (wykonania, oczekiwania, magazynowania, transportu) wszystkich czynności procesu oraz dokładne informacje o prawdopodobieństwach realizacji ścieżek alternatywnych
- nie uwzględnia tempa tworzenia nowych instancji procesu oraz dostępności zasobów (czas cyklu rośnie gdy wzrasta liczba jego instancji a ilość zasobów pozostaje stała)
- umożliwia szacowanie czasu cyklu procesów o prostej strukturze zawierającej bloki:



(pozostałe procesy muszą być przekształcane)

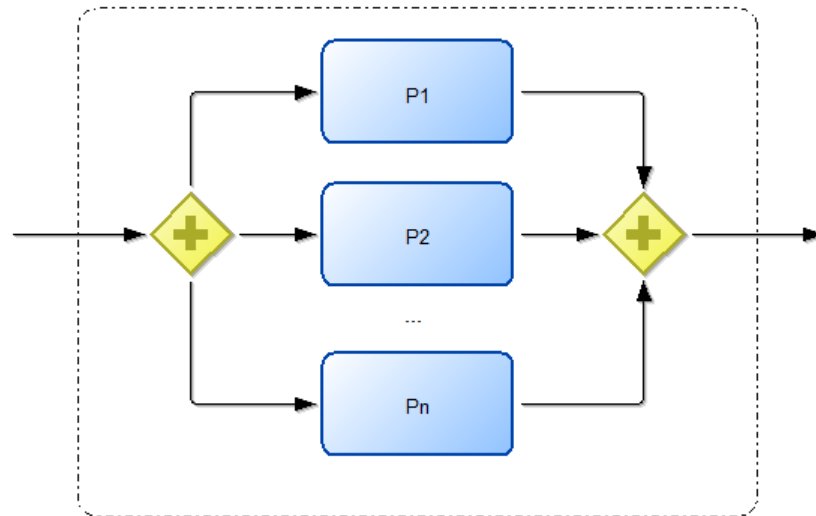
Analiza wydajności

Analiza czasu wykonania i kosztu procesu

Analiza czasu wykonania i kosztu procesu

Cechy

- szacowanie opiera się na analizie czasów poświęconych na realizację poszczególnych działań w procesie oraz kosztów przypisanych do tych działań
- czas wykonania oraz koszty szacuje się podobnie do czasu cyklu ale w przypadku czynności wykonywanych równolegle czasy wykonania oraz koszty są sumowane



$$k = \sum_{i=1}^n k_i$$

$$T = \sum_{i=1}^n T_i$$

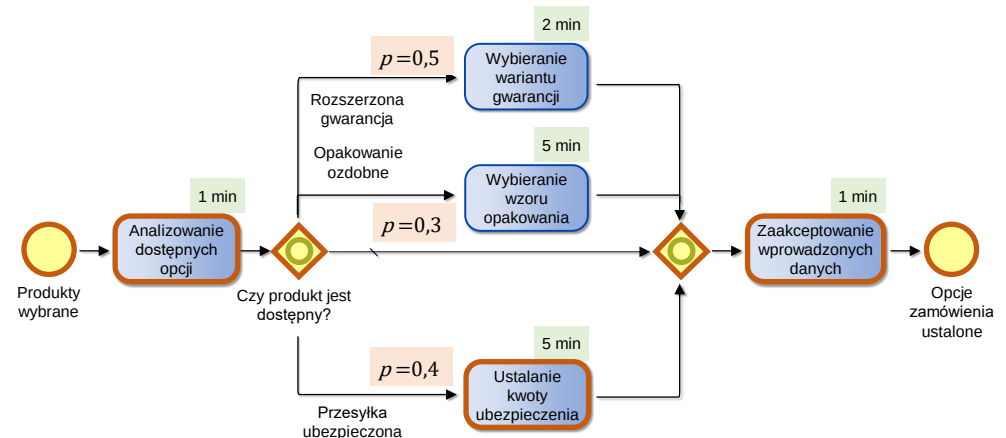
Analiza wydajności

Metody symulacyjne

Symulacja w analizie czasu cyklu

Symulacja pozwala na oszacowanie przybliżonych czasów cyklu i wykonania procesu, polega na wykorzystaniu symulatora procesu, który inicjuje wirtualne instancje procesu, wykonuje każdą instancję posługując się założonymi czasami wykonania zadań i prawdopodobieństwami realizacji ścieżek alternatywnych, po uśrednieniu otrzymują się przybliżone wyniki dla jednej instancji procesu (błąd szacowania zależy od liczby instancji).

			
☐	☐	☐	1
☒	☐	☐	0
☐	☒	☐	0
☐	☐	☒	1
☒	☒	☐	1
☒	☐	☒	0
☐	☒	☒	0
☒	☒	☒	0




☐
☐
☒
☐

Ile 3

CT 5,33