

POLITECHNIKA WARSZAWSKA
Wydział Chemiczny
LABORATORIUM PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH

PROJEKTOWANIE PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH

Ludwik Synoradzki
Jerzy Wisiański

KALKULACJE, PROBLEMY OPŁACALNOŚCI



CENA a ZYSK



Cena zależy od polityki producenta (sprzedawcy) i rynku. W stanie równowagi decyduje o niej prawo **podaży** i popytu.

Zysk jest różnicą między ceną a poniesionymi kosztami.

Techniczny koszt wytwarzania (TKW) – *suma **kosztów** na wytworzenie jednostki produktu* – **ważny** element kalkulacji ceny

Częstą **metodą** obliczania TKW jest po prostu zsumowanie **kosztów surowców**, robocizny i tzw. **narzutów** obejmujących pozostałe koszty produkcji (energia, koszty utrzymania ruchu itd.) **określonych współczynnikiem**, np. jako % kosztu robocizny.

Narzuty – część kosztów wydziałowych (KW) czy zakładowych (KZ)

Uproszczona struktura kalkulacji ceny /zł/kg



1.	Koszt surowców
2.	Koszt robocizny
3.	Koszty wydziałowe, zakładowe (<i>Narzuty</i>)
4.	Techniczny koszt wytwarzania (TKW) = 1+2+3
5.	Zysk (brutto) = 6 - 4
6.	Cena
7.	Podatek (np. 19% zysku brutto)
8.	Zysk (netto) = 5 - 7

Przykład – Szybkie orientacyjne określenie TKW



Koszt surowców	15 zł/kg
Koszt robocizny	3 zł/kg
Narzuty – (np. 400% kosztu robocizny)	$400\% \times 3 = 12 \text{ zł/kg}$

TKW **30 zł/kg**

Jak widać narzuty mogą mieć bardzo duży wpływ na wielkość TKW.

Im dokładniej potrafimy zaadresować ponoszone koszty, tym lepiej można określić opłacalność procesu i szukać oszczędności.

KOSZT SUROWCÓW (KS)



Koszt **surowców** jest zwykle podstawowym, a zawsze **ważnym** elementem technicznego kosztu wytwarzania (TKW) produktu.

W czasie opracowywania technologii sprawdza **się** go wielokrotnie, **mówimy** o **metodzie kolejnych korekt**.

Po raz pierwszy **bezpośrednio** po przeprowadzeniu **rozeznania literaturowego**, a jeszcze **przed** pierwszymi syntezami.

Na podstawie wydajności z literatury, a gdy ich brak, na podstawie stosunków stechiometrycznych, **traktując** wyniki **porównawczo**.

Porównanie kosztu **surowców**, potrzebnych do otrzymania produktu **różnymi** metodami, pomaga nam w wybraniu koncepcji chemicznej i **ułatwia** ukierunkowanie **badań**.

KOSZT SUROWCÓW (KS)



Na **początku** badań dysponujemy tylko cenami **odczynników**.

*Te ceny są znacznie **wyższe niż** ceny hurtowe.*

Cena hurtowa zwykle ok. 10–20 × **niższa niż** odczynnikowa.

Po eksperymentach **próbnych**, mamy **przybliżone** wydajności
→ określamy **wstępne normy zużycia** poszczególnych surowców
i **dokładniej** porównujemy analizowane koncepcje chemiczne.

Cena zakupu zł / kg	Norma zużycia kg / kg produktu	Koszt surowców zł / kg produktu
(1)	(2)	(3) = (1) x (2)
a	A	a x A
b	B	b x B
.	.	..
.	.	..
m	M	m x M
		RAZEM

KOSZT SUROWCÓW (KS)



Opracowując koncepcję procesu, **równolegle** poszukujemy **producentów surowców** (najlepiej wielko-tonażowych) i wysyłamy zapytania ofertowe.

Ważne, żeby jak **najwcześniej** określić poziom **kosztu surowców** w TKW, gdyż jest to pierwsza **wskazówka o opłacalności przyszłej** produkcji.

KS a TKW	Szansa na opłacalną produkcję
< 30%	TAK
30% – 50%	?
> 50%	Tylko gdy proces jest bardzo prosty – niskie koszty robocizny i energii)

KOSZT ROBOCIZNY (KR)



to drugi podstawowy element TKW. Do jego obliczenia, dla procesów *periodycznych*, musimy **dokładnie znać**:

- wielkość oraz czas szarży,
- pracochłonność i jednoczesność procesów podstawowych.

Obliczenie w początkowej fazie badań:

- z chronometrażu szarży i pracochłonności poszczególnych procesów podstawowych określamy liczbę efektywnych rbh na szarżę
- na podstawie uzysku z szarży określamy liczbę rbh na kg produktu
- na podstawie wynagrodzeń określamy cenę rbh dla poszczególnych grup pracowników

$$KR_{\text{prac}} = \text{liczba rbh/kg} \times \text{cena rbh}$$

$$KR = \Sigma KR_{\text{prac}}$$

Chronometraż szarży, zajętość aparatów, pracochłonność



Przykład: Instalacja – reaktor syntezy R1 (75 L) i filtr F1. Uzysk z szarży wynosi 22,5 kg

Lp	Czynność	Aparat	Czas	Obsługa	Pracochłonność
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) = (4) × (5)
			[min]	[osoby]	[rbmin]
1.	Załadunek	R1	10	1	10
2.	Ogrzewanie do 90°C	R1	40	1	40
3.	Ogrzewanie do 90–106°C	R1	70	1	70
4.	Ogrzewanie do 106–130°C	R1	60	1	60
5.	Reakcja 130°C	R1	90	1	90
6.	Dodanie toluenu, chłodzenie do 50°C	R1	90	0,5	45
	Razem 1-6	R1	360		315
7.	Filtracja	R1, F1	70	1	70
8.	Przemywanie	R1, F1	50	1	50
	Razem 7-8	R1, F1	120		120
9.	Suszenie, rozładunek	F1	120	0,25	30
	Razem:		600		465 (7,75 rbh)
10	Analityka		20	1	20 (1/3 rbh)

KOSZT ROBOCIZNY (KR)



Dalsze założenia:

- wynagrodzenia aparatowego **4.000 zł/m-c**, analityka **3.000 zł/m-c**
- zakład pracuje 22 dni/m-c → 1 etat (22 dn/m-c × 8 rbh/dn) = 176 rbh/m-c

Stąd: Koszt rbh = (wynagrodzenie / liczba rbh w m-c) × 12/11^{*} =

- dla aparatowego (4000 zł/m-c / 176 rbh/m-c) × 12/11 = **24,8 zł/rbh**
- dla analityka (3000 zł/m-c / 176 rbh/m-c) × 12/11 = **18,6 zł/rbh**

Pracownicy	Koszt rbh zł/rbh	Pracochłonność rbh/sz	KR na szarzę zł/sz	Uzysk kg/sz	KR na kg PROD zł/kg
(1)	(2)	(3)	(4)=(2) × (3)	(5)	(6) = (4) / (5)
Aparatowy	24.8	7.75	192.20	22,5	8.54
Analityk	18.6	0,33	6,14	22,5	0,27
		RAZEM	198,34	22,5	8,81

Obliczenie KR w końcowej fazie procesu projektowania dużego procesu przemysłowego wymaga wykonania kolejno następujących czynności:



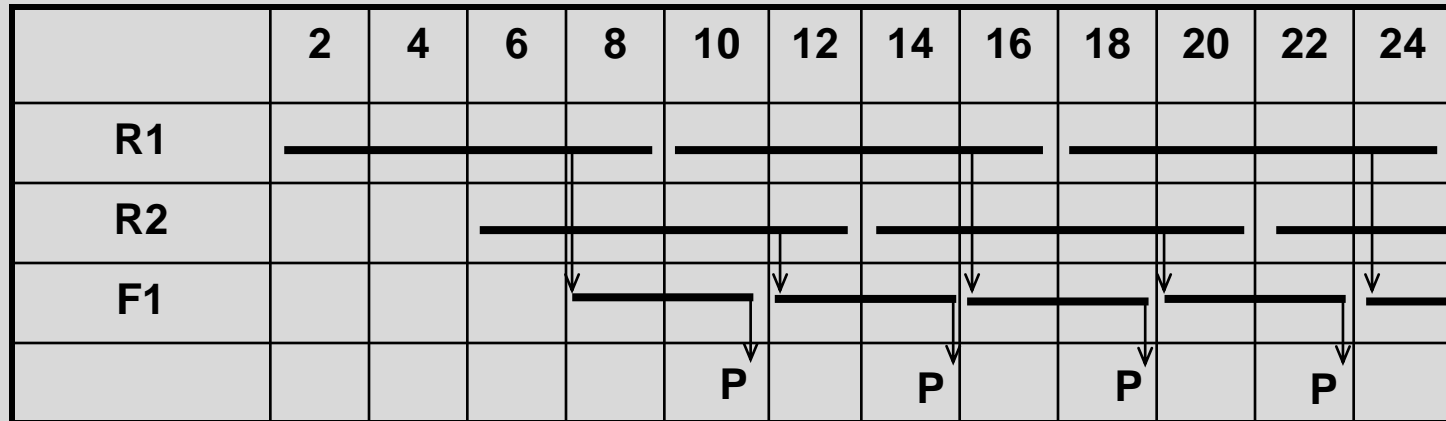
1. Określenie **wielkości szarży i liczby ciągów technologicznych** (np. 1 czy 10 reaktorów syntezy?) [kg/sz]
2. Przeprowadzenie analizy przebiegu procesu – chronometraż 1 szarży
3. Wykonanie **harmonogramu pracy aparatów** (*wykres Gantta*) oraz określenie co jaki czas można wykonać następną szarżę
4. Na podstawie liczby godzin pracy w miesiącu (z uwzględnieniem zmianowości), czasu i wielkości szarży określenie **normy miesięcznej** [sz/m-c]
5. Dobranie obsady zmianowej na podstawie analizy wykresu Gantta i pracochłonności szarży (z uwzględnieniem automatyzacji)
6. Ustalenie **liczby etatów aparatowych z uwzględnieniem analityki**
7. Obliczenie **kosztu miesięcznych wynagrodzeń**

$$KR \text{ (zł/kg)} = \text{WYNAGRODZENIA (zł/m-c)} / \text{NORMA PRODUKCYJNA (kg/m-c)}$$

WYKRES GANTTA (dla 1 doby)



Przykład: Instalacja – 2 reaktory syntezy (R1, R2) (75 L) **pracujące równolegle** i filtr (F1); wielkość szarży (uzysk): 22,5 kg; **chronometraż szarży** taki sam jak w poprzednim przykładzie



Z czasu wykorzystania aparatów i czasu poszczególnych operacji wynika **szarża co 4 h**.

Jeśli zakład pracuje na 3 zmiany, to w ciągu doby wykonuje się $24 \text{ h/dobę} / 4 \text{ h/sz} = 6 \text{ sz/dobę}$

Praca 22 dni/m-c (5 dni/tyg) w ciągu 1 tyg: $2 \text{ sz (poniedz)} + 4 \times 6 \text{ sz/dz (wt-pt)} = 26 \text{ sz/tydz}$

1 m-c to: $22 \text{ dni/m-c} / 5 \text{ dni/tydz.} = 4,4 \text{ tyg/m-c} \rightarrow 4 \text{ tyg/m-c} \times 26 \text{ sz/tydz} = 114,4 \text{ sz/m-c}$

stąd w m-cu można wyprodukować (norma m-c): $114,4 \text{ sz/m-c} \times 22,5 \text{ kg/sz} = 2.574 \text{ kg/m-c}$

Po automatyzacji **pracochłonność zmalała o połowę**. Z wykresu Gantta przy **uwzględnieniu pracochłonności** wynika, że do **obsługi** procesu potrzebny jest 1 aparatowy na **każdej** zmianie.

Wynagrodzenia



Obsługa (na 3 zmiany)	Etaty	Wynagrodzenia	Suma wynagrodzeń
	rbm	zł/rbm-c	zł/m-c
Aparatowi	3	4.000	12.000
Analityk	0,25	3.000	750
Suma wynagrodz.			12.750

$$\begin{aligned} KR &= (\text{Suma Wynagrodzeń} / \text{Norma}) \times (12/11)^* = \\ & (12.750 \text{ zł/m-c} / 2.574 \text{ kg/m-c}) \times (12/11)^* = \mathbf{5,4 \text{ zł/kg}} \end{aligned}$$

KOSZTY WYDZIAŁOWE, ZAKŁADOWE (NARZUTY)



Techniczny koszt wytwarzania (TKW) to suma **kosztów** ponoszonych na wytworzenie jednostki produktu. **Możliwość dokładnego określenia TKW zależy** od organizacji i sposobu **zarządzania firmą**.

W praktyce często stosuje się metodę **wliczania w TKW** tzw. **narzutów** (kosztów wydziałowych, czy zakładowych) bez dzielenia ich na koszty **stałe** i zmienne np. jako % robocizny lub sumy **kosztów** bez aparatury (system PW).

Wada → bezkrytyczne przenoszenie **trudności zakładu** (np. **zawyżanie wskaźnika KW** → nadmierne **zużycie** energii, czy przerost zatrudnienia w sferze nadzoru) na za **małą liczbę procesów** produkcyjnych.

Mówi się o **nieopłacalności** procesu mimo, że **udział** kosztu **surowców** wynosi np. 50%, a robocizna 10% ceny, bo narzuty **wynoszą** np. > 400% robocizny.

KOSZTY WYDZIAŁOWE (KW), ZAKŁADOWE (KZ)



W praktyce obliczanie TKW budzi wiele kontrowersji, ponieważ nie wszystkie ponoszone koszty są prawidłowo adresowane.

Przykładowe składniki KW:

- amortyzacja aparatury i budynków,
- nadzór,
- administracja,
- telekomunikacja,
- marketing,
- materiały,
- transport,
- usługi,
- lokal,
- energia.

Mówi się, że są to koszty zapewnienia sprawności warsztatu.

Wskaźnik do kalkulacji np. 150%, **określa się na podstawie kosztów poniesionych w ubiegłym okresie rozliczeniowym** (np. roku, kwartale).

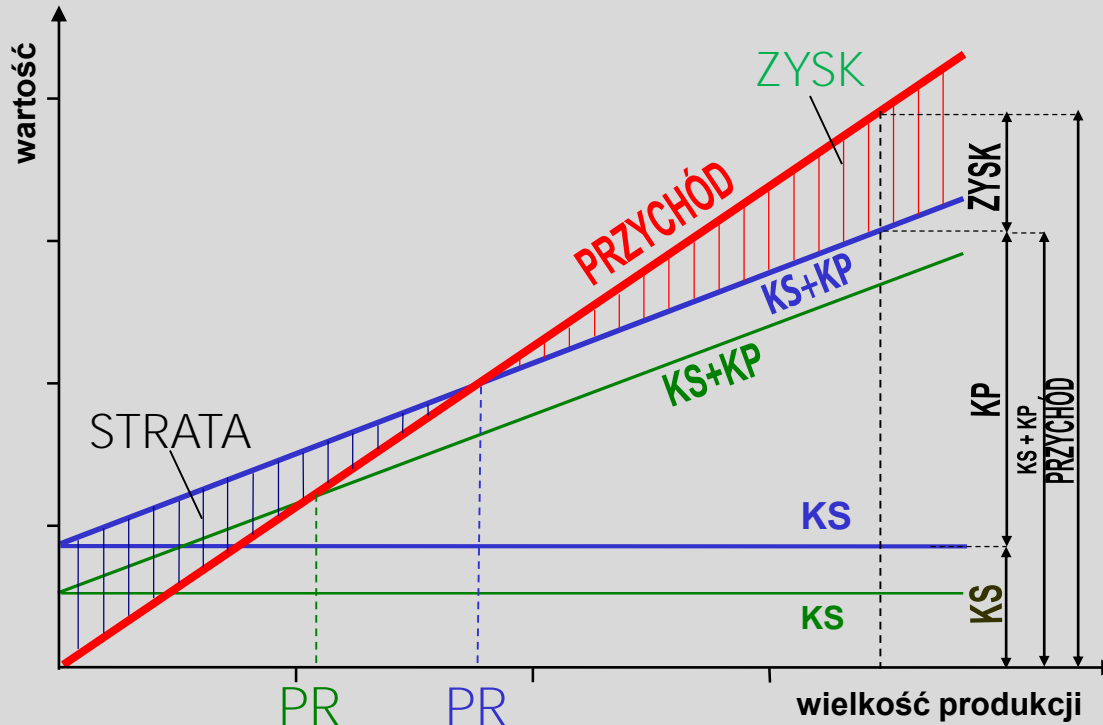
W przypadku projektowania nowych instalacji przemysłowych, wskaźniki zużycia czynników energetycznych powinny być zawarte w odpowiednich częściach dokumentacji projektowej.

PRÓG RENTOWNOŚCI (*break-even point*)



Wielkość produkcji, która nie pozwala na uzyskanie **ani zysku ani straty**.
Rezultat jest równy zero.

(Obliczany dla danego przedziału czasu)



PRZYCHÓD = wielkość produkcji × cena

KP – KOSZTY PRODUKCJI =
wielkość produkcji × koszt jednost.

KS – KOSZTY STAŁE

KS + KP = koszt całkowity – Techniczny
Koszt Wytworzenia (TKW)

PR – PRÓG RENTOWNOŚCI

Uwaga: **obniżając** koszty **stałe** szybciej **osiąga się próg rentowności**

Zapytanie ofertowe



Uzyskanie cen ofertowych jest zadaniem **dość żmudnym**.

Producenci **niechętnie udzielają** informacji, **jeśli** obudzi **się** w nich podejrzenie, **że** nie zamierzamy nic **kupić** (pytanie zadawane przez **uczelnię**, laboratorium itp.).

Dlatego tak istotne jest dobre, profesjonalne **sformułowanie** zapytania ofertowego (*inquiry for goods*).

Zapytanie ofertowe – potrzebne informacje



Charakterystyka przedmiotu oczekiwanej oferty – informacje, które powinny być umieszczone w zapytaniu

Nazwa produktu	Nr katalogowy, CAS No.
Jakość (czystość)	np. techn.; >99%; zaw. Pb <0,01%
Ilość	można pytać o warianty np. 1 – 10 Mg; (atrakcyjny klient, który może kupić dużo)
Warunki dostawy	tajemnicze literki (wyjaśnione dalej)
Opakowania	beczki czy cysterna

Prośby o próbki lub materiały informacyjne, które można dodatkowo umieścić w zapytaniu

Próbki	jeśli potrzebne, ile? np. 100 g, 10 kg
Wymagania techniczne	<i>(specification, technical requirements Spezifikation)</i>
Karta charakterystyki substancji	<i>SDS – safety data sheet, DIN-Sicherheitsdatenblatt</i>
Informacja techniczna	<i>broszura, (brochure, technical information)</i>

Źródła informacji



- ✓ Internet
- ✓ płatny komputerowy service STN (baza CSCHEM/CSCORP)
- ✓ właściciel katalogu (ilości jeszcze kilogramowe, ale nie tonowe – cena może być znacznie niższa niż katalogowa)
- ✓ zaopatrzeniowcy i przedstawiciele działów handlowych firm przemysłowych (często dysponują dostępem do baz producentów i dostawców)
- ✓ centrale i biura handlu zagranicznego

Uwaga: Należy pamiętać, że informacja to też jest towar i często trzeba za nią zapłacić.

Cena ofertowa (CO) a cena zakupu (CZ)



Cena ofertowa (CO) to cena, którą otrzymuje dostawca. Z zakupem wiążą się dodatkowe koszty, które zależą m.in. od lokalizacji dostawcy (skąd kupujemy – kraj czy import).

$$\mathbf{CZ = (1,4 - 1,9) \times CO}$$

Cena ofertowa a cena zakupu – Pułapki dla laików



cło (wg taryfy)

z krajów członkowskich EU importujemy bez **cła**, ale konieczne jest **dołączenie** do przesyłki tzw. **zaświadczenia o oryginalności** (ang. *Certificate of Origin*) EUR 1

- **dodatkowe opłaty naliczane przez urząd celny** (należy znać sposób naliczania) – np. podatek importowy
 - prowizja agencji celnej (SAD, skredytowanie opłat celnych, podatkowych, innych)
 - VAT
 - **marża pośrednika**
 - transport*)
 - ubezpieczenie*)
- *) **Warunki dostawy** (ang. *delivery terms*) – transport i ubezpieczenie zakodowane w formie specjalnych skrótów w ofercie.

Termin **płatności** – określany zwykle w trakcie ostatecznych negocjacji handlowych

- **możliwe** rabaty (2–3%) za **przedpłatę** lub **płatność** w **krótkim** terminie
- czasami **przedpłata** jest warunkiem koniecznym **wysłania** towaru przez **dostawcę**

WARUNKI DOSTAWY – (różne dziwne literki)



EXW, EX – ex works, loco, ab Werk

wszystkie rodzaje TR

(z zakładu – określone miejsce) sprzedający stawia towar do dyspozycji kupującego u siebie w zakładzie lub magazynie i nic go więcej nie interesuje. Wszelkie koszty (transport, ubezpieczenie) ponosi kupujący.

CIF – cost, insurance, freight

TR morski i śródlądowy

(koszt, ubezpieczenie i fracht – określony port przeznaczenia) ubezpieczenie cargo na całą trasę wykupuje sprzedający, koszty U i TR powinny być podane w fakturze.

CPT – carriage paid to

wszystkie rodzaje TR

(przewoźne zapłacone do – określone miejsce przeznaczenia) – sprzedający ponosi koszty transportu i eksportu towaru lecz nie ma obowiązku go ubezpieczać. Odpowiedzialność sprzedającego za towar znika w momencie przekazania go pierwszemu przewoźnikowi.

WARUNKI DOSTAWY – (różne dziwne literki)



CIP – carriage and insurance paid to

wszystkie rodzaje TR

(przewoźne i ubezpieczenie **zapłacone** do – **określone** miejsce przeznaczenia) – jak **wyżej** tylko dodatkowo **sprzedający** ma **obowiązek ubezpieczyć** towar.

DDU – delivered duty unpaid

wszystkie rodzaje TR

(dostarczone, **cło** nie **opłacone** – **określone** miejsce przeznaczenia) – **sprzedający** odpowiada za towar i ponosi wszelkie koszty dostawy do wskazanego punktu w kraju przeznaczenia towaru. **Kupujący** po dostarczeniu towaru do **tegoż** punktu przejmuje za niego **odpowiedzialność** i **zobowiązany** jest **załatwić** oraz **opłacić formalności** importowe (**cło**, podatki i **opłaty**, itp.). Koszty podane w fakturze **obejmują więc też** koszty ponoszone w kraju importu.

DDP – delivered duty paid

wszystkie rodzaje TR

(dostarczone, **cło opłacone** – **określone** miejsce przeznaczenia)

FCA – free carrier

wszystkie rodzaje TR

(franco **przewoźnik** – **określone** miejsce) – **sprzedający** dostarcza towar do wskazanego **przewoźnika**.

WARUNKI DOSTAWY – (różne dziwne literki)



FAS – free alongside ship

(franko wzdłuż burty statku – określony port załadunku)

TR morski i **śródlądowy**

FOB – free on board

(franko statek – określony port załadunku)

TR morski i **śródlądowy**

CFR – cost and freight

(koszt i fracht – określony port przeznaczenia)

TR morski i **śródlądowy**

DAF – delivered at frontier

(dostarczone granica – określone miejsce)

wszystkie rodzaje TR

DEQ – delivered ex quay

(franko nadbrzeże – określony port przeznaczenia)

TR morski i **śródlądowy**