



# Zarządzanie zapasami



Przedmiot: Zarządzanie produkcją  
Moduł: 1/3

Prowadzący:

dr inż. Paweł Wojakowski  
dr inż. Łukasz Gola

Instytut Technologii Maszyn i Automatykacji Produkcji  
Zakład Projektowania Procesów Wytwarzania

Pokój: 3/7 B, bud. 6B  
Tel.: 12 374 32 61

E-mail: [wojakowski.pawel@gmail.com](mailto:wojakowski.pawel@gmail.com)  
[lugola@gmail.com](mailto:lugola@gmail.com)

Strona WWW zakładu M65: <http://m65.pk.edu.pl>

Jakie rodzaje zapasów możesz spotkać w zakładzie produkcyjnym?

## 1. Zapasy surowców





Jakie rodzaje zapasów możesz spotkać w zakładzie produkcyjnym?

## 2. Zapasy produkcji w toku





Jakie rodzaje zapasów możesz spotkać w zakładzie produkcyjnym?

## 3. Zapasy wyrobów gotowych



# Zakres projektu

Będziemy zajmować się tylko zarządzaniem zapasami surowców

Za przykład posłuży przedsiębiorstwo zajmujące się montażem stacjonarnych zestawów komputerowych.

Zestawy komputerowe są montowane pod zamówienia klientów (*system MTO – ang. make-to-order*).

Klienci przedsiębiorstwa montującego zestawy komputerowe to administratorzy biurowców.

Montuje się wyłącznie zestawy standardowe (jeden zbiór komponentów wchodzący w skład zestawu stacjonarnego).

W skład zestawu stacjonarnego wchodzi następujące komponenty:

Pamięć RAM Napęd

Dysk twardy



Dodatkowo: karta graficzna



Obudowa

Procesor

Płyta główna



Dane potrzebne do przeprowadzenia obliczeń zebrane są w trzech tabelach.

Parametr		Nazwa komponentu								
		Komponenty ważne				Komponenty tanie		Komponenty specjalne		
		Obudowa	Procesor	Płyta główna	Dysk twardy	Pamięć	Napęd	Karta graficzna		
Popyt miesięczny $D$ [szt/mies]	Styczeń	10465	10465	10465	10465	10465	10465	340		
	Luty	9631	9631	9631	9631	9631	9631	280		
	Marzec	9675	9675	9675	9675	9675	9675	274		
	Kwiecień	10866	10866	10866	10866	10866	10866	289		
	Maj	10524	10524	10524	10524	10524	10524	299		
	Czerwiec	10209	10209	10209	10209	10209	10209	335		
	Lipiec	9537	9537	9537	9537	9537	9537	269		
	Sierpień	10567	10567	10567	10567	10567	10567	337		
	Wrzesień	10876	10876	10876	10876	10876	10876	266		
	Październik	10508	10508	10508	10508	10508	10508	375		
Listopad	10327	10327	10327	10327	10327	10327	329			
Grudzień	10607	10607	10607	10607	10607	10607	283			
Czas realizacji zamówienia $L$ [dz]		1	1,5	1	1,5	10	5	1		
Pojemność kartonu transportowego $c$ [szt/karton]		2	1	2	1	25	10	1		
Koszt utrzymania zapasu komponentu $k_{zap}$ [zł/karton*mies]		12	4	6	8	0,5	1	1		
Lokalizacja dostawców komponentów		Tychy	Warszawa	Tarnów	Łódź	Kraków	Kraków	Chrzanów	Cena zestawu [zł]	
Cena zakupu komponentu $c_{zak}$ [zł]		320	650	480	380	150	80	1200	Bez karty graficznej	Z kartą graficzną
Wartość sprzedaży komponentu $c_{sprz}$ [zł]		350	700	550	400	170	100	1500	2270	3770
		Miesięczna strata z tytułu obniżenia wartości ceny komponentu $c_{str}$ [zł]						100		

Tabela 1:



Tabela 3:

Lp	Tygodniowy popyt co 0,125 [dz]				Dwumiesięczny popyt co 1 [dz]	
	Obudowa	Procesor	Płyta główna	Dysk twardy	Pamięć	Napęd
1	63	63	63	63	529	529
2	68	68	68	68	534	534
3	63	63	63	63	505	505
4	62	62	62	62	536	536
5	67	67	67	67	496	496
6	64	64	64	64	516	516
7	67	67	67	67	540	540
8	66	66	66	66	537	537
9	66	66	66	66	520	520
10	66	66	66	66	539	539
11	66	66	66	66	506	506
12	64	64	64	64	496	496
13	63	63	63	63	526	526
14	68	68	68	68	518	518
15	66	66	66	66	529	529
16	63	63	63	63	510	510
17	66	66	66	66	488	488
18	63	63	63	63	505	505
19	65	65	65	65	483	483
20	68	68	68	68	507	507
21	63	63	63	63	531	531
22	65	65	65	65	483	483
23	63	63	63	63	523	523
24	64	64	64	64	520	520
25	67	67	67	67	508	508
26	66	66	66	66	527	527
27	67	67	67	67	480	480
28	68	68	68	68	523	523
29	68	68	68	68	501	501
30	62	62	62	62	495	495
31	67	67	67	67	483	483
32	66	66	66	66	498	498
33	64	64	64	64	513	513
34	65	65	65	65	518	518
35	66	66	66	66	511	511
36	67	67	67	67	522	522
37	64	64	64	64	506	506
38	66	66	66	66	520	520
39	62	62	62	62	530	530
40	63	63	63	63	506	506

Tabela 2:

Lokalizacja firmy montażowej	Kraków	
Koszt transportu $k_{tr}$	1,85	[zł/km]
Poziom obsługi $L_{obs}$	99,9%	
Ilość dni pracy w miesiącu $D_{rob}$	20	[dz/mies]
Okres kontroli ciągłej	0,125	[dz]

Metoda zapasu jednookresowego nadaje się do przypadków, gdy nadwyżka zapasów może mieć ograniczony okres przydatności do wykorzystania.

Jeżeli zapas nie zostanie sprzedany w zamierzonym okresie czasu trzeba go sprzedać ze stratą, wyrzucić lub zutylizować.

W prezentowanym przykładzie metoda zapasu jednookresowego znajduje zastosowanie do ustalenia wielkości zapasu drogich kart graficznych.

Montowane zestawy standardowe nie posiadają kart graficznych. Są one domontowywane na specjalne zamówienie klienta.

Cechą charakterystyczną kart graficznych jest ich wysoka wydajność (przez co też wysoka cena).

Co miesiąc do standardowego zestawu dołącza się nowe, mocniejsze karty graficzne.

Jeżeli w pierwszym miesiącu dany model karty graficznej był sprzedawany za 1500 zł, to w kolejnym miesiącu nowy model też jest sprzedawany za 1500 zł, natomiast wartość modelu z pierwszego modelu spada do 1100 zł (wartość poniżej kosztów zakupu 1200 zł).





Krok 1: Obliczyć koszt wystąpienia niedoboru **Cnied** [zł]:

$$C_{nied} = c_{sprz} - c_{zak}$$

	Karta graficzna
Cnied [zł]	300

Krok 2: Obliczyć koszt wystąpienia nadwyżki **Cnad** [zł]:

$$C_{nad} = c_{zak} + c_{str}$$

	Karta graficzna
Cnad [zł]	1300

Krok 3: Obliczyć docelowy poziom obsługi **SL** [%]:

$$SL = \frac{C_{nied}}{C_{nied} + C_{nad}}$$

	Karta graficzna
SL [%]	18,75

Krok 4: Wyznaczyć docelowy poziom uzupełniania zapasów **TS** [szt]

Krok 4.1: Obliczyć średni miesięczny popyt **d** [szt]:

$$d = \frac{1}{12} \cdot \sum_{i=1}^{12} D_i$$

	Karta graficzna
d [szt]	306

Krok 4.2: Obliczyć miesięczne odchylenie standardowe zakładając, że odchylenie popytu jest zgodne z rozkładem normalnym  $\sigma$  [szt]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{12} (D_i - d)^2}{12}}$$

	Karta graficzna
$\sigma$ [szt]	34

Krok 4.3: Z tablic rozkładu normalnego odczytać wartość współczynnika  $z$  dla obliczonego docelowego poziomu obsługi SL:

	SL = 18,75 %
$z$	-0,89

Krok 4.4: Obliczyć docelowy poziom uzupełniania zapasu **TS** [szt]:

$$TS = d + z \cdot \sigma$$

	Karta graficzna
TS [szt]	276

Metoda kontroli okresowej jest jedną z najprostszych metod zarządzania zapasami.

Jest oparta na okresowej kontroli stanu zapasów. Stan zapasów jest kontrolowany w regularnych odstępach czasu.

Podstawowym parametrem w metodzie jest granica uzupełniania zapasów. Jest to maksymalny poziom zapasów, który może być składowany w magazynie.

W metodzie kontroli okresowej, stan zapasu jest uzupełniany zawsze do granicy uzupełniania zapasów.

W prezentowanym przykładzie metoda kontroli okresowej znajduje zastosowanie dla komponentów: pamięci oraz napędów.





Krok 1: Obliczyć miesięczny średni popyt na każdy komponent **d** [szt]:

$$d = \frac{1}{12} \cdot \sum_{i=1}^{12} D_i$$

	Pamięć	Napęd
d [szt/mies]	10316	10316

Krok 2: Obliczyć średni popyt w okresie uzupełniania  $\mu$  [szt]:

$$\mu = d \cdot \frac{L}{D_{rob}}$$

	Pamięć	Napęd
$\mu$ [szt]	5158	2579

Krok 3: Obliczyć miesięczne odchylenie standardowe na każdy komponent zakładając, że odchylenie popytu **d** jest zgodne z rozkładem normalnym  $\sigma$  [szt]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{12} (D_i - d)^2}{12}}$$

	Pamięć	Napęd
$\sigma$ [szt]	444	444

Krok 4: Obliczyć odchylenie standardowe w okresie uzupełniania  $\sigma_\mu$  [szt]:

$$\sigma_\mu = \sigma \cdot \frac{L}{D_{rob}}$$

	Pamięć	Napęd
$\sigma_\mu$ [szt]	222	111

Krok 5: Z tablic rozkładu normalnego odczytać wartość współczynnika  $z$  dla danego poziomu obsługi  $L_{obs}$ :

	Poziom obsługi $L_{obs} = 99,9\%$
$z$	3,08

Krok 6: Obliczyć granicę uzupełniania zapasów  $R$  [szt]:

$$R = \mu + z \cdot \sigma_\mu$$

	Pamięć	Napęd
$R$ [szt]	5842	2921

Krok 7: Korzystając z odpowiednich danych z tabeli 3 obliczyć stan zapasów na każdy kolejny dzień  $I$  [szt]. Za stan początkowy( tj. w dniu oznaczonym  $L_p = 0$ ) przyjąć wartość granicy uzupełniania zapasów  $R$  (dla pamięci  $I_0 = 5842$  szt, dla napędu  $I_0 = 2921$  szt):

$$I_j = I_{j-1} - Dw$$

Lp	Popyt Dw [ szt/dz]		Stan zapasów I [szt]	
	Pamięć	Napęd	Pamięć	Napęd
0			5842	2921
1	529	529	5313	2392
2	534	534	4779	1858
3	505	505	4274	1353
4	536	536	3738	817
5	496	496	3242	321
6	516	516	2726	-195
7	540	540	2186	-735
8	537	537	1649	-1272
9	520	520	1129	-1792
10	539	539	590	-2331
11	506	506	84	-2837
12	496	496	-412	-3333
13	526	526	-938	-3859
14	518	518	-1456	-4377
15	529	529	-1985	-4906
16	510	510	-2495	-5416
17	488	488	-2983	-5904
18	505	505	-3488	-6409
19	483	483	-3971	-6892
20	507	507	-4478	-7399
21	531	531	-5009	-7930
22	483	483	-5492	-8413
23	523	523	-6015	-8936
24	520	520	-6535	-9456
25	508	508	-7043	-9964



Obliczenia kontynuowane do 40 dnia włącznie



## B. Metoda kontroli okresowej

Krok 8: Uzupelnic zapasy komponentow co okres uzupelniania (okres uzupelniania jest rownowazny z czasem realizacji zamowienia  $L$  i wynosi dla pamieci 10 dni, dla napędow 5 dni). Zapasy uzupelniać zawsze do granicy uzupelniania zapasow  $R$ . Wielkość zamowienia  $Q$  [szt] obliczyć ze wzoru:

$$Q = R - I$$

Fragment obliczeń:

Wartość  $Q$  jest zaokrąglana do wielokrotności jednostek transportowych

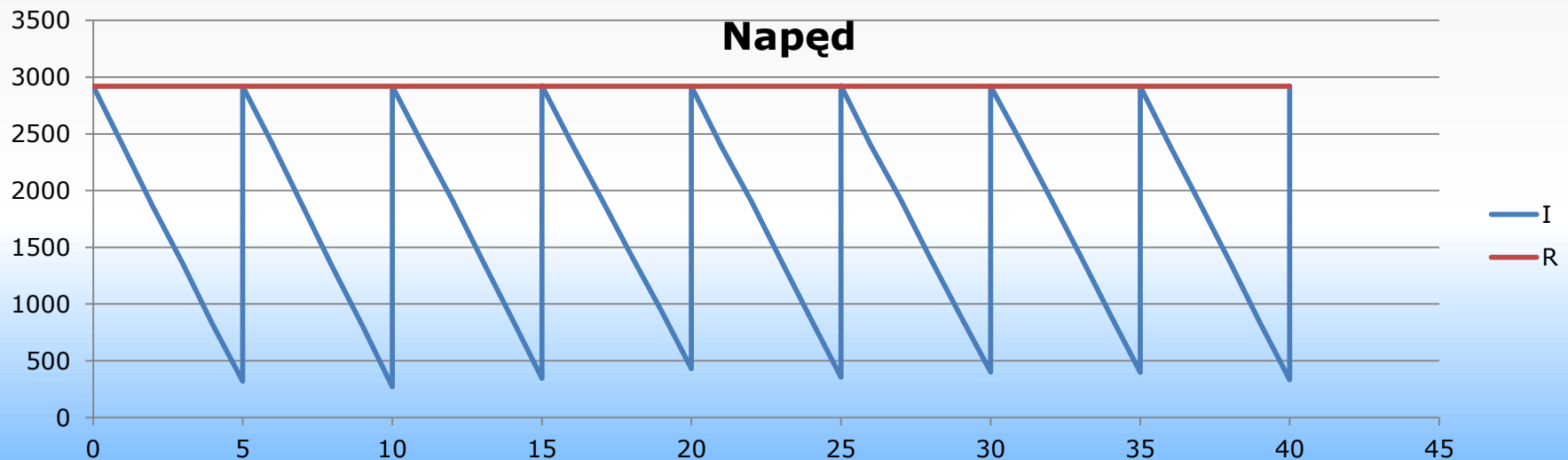
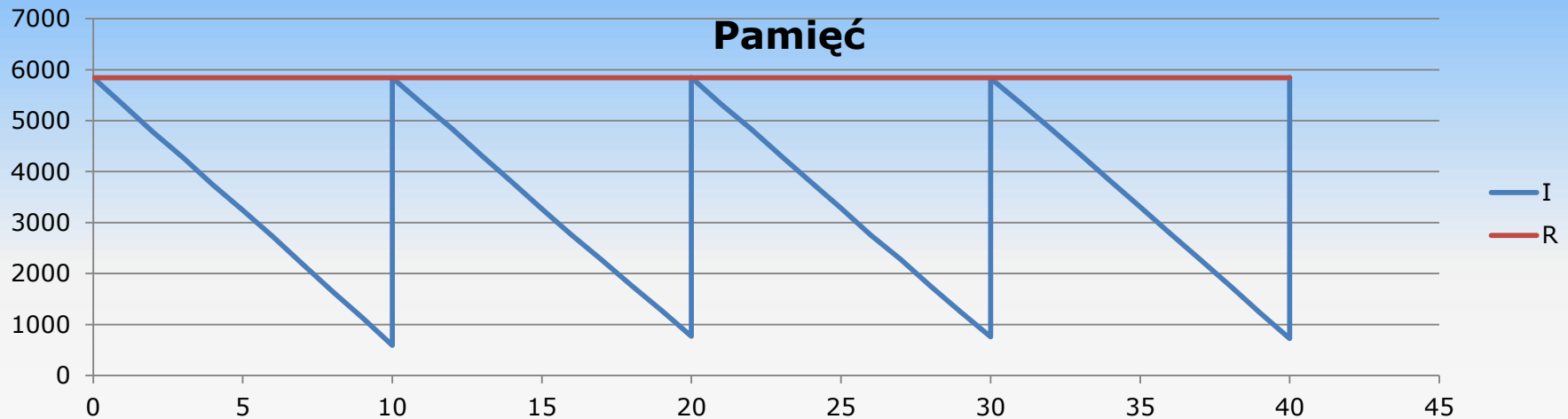
c:

$$\text{Zaokr} \left( \frac{Q}{c} \right) \cdot c$$

Pamięć					Lp	Napęd				
Popyt	Dzień	I	R	Q		Popyt	Dzień	I	R	Q
	0	5842	5842		0		0	2921	2921	
529	1	5313	5842		1	529	1	2392	2921	
534	2	4779	5842		2	534	2	1858	2921	
505	3	4274	5842		3	505	3	1353	2921	
536	4	3738	5842		4	536	4	817	2921	
496	5	3242	5842		5	496	5	321	2921	2600
516	6	2726	5842		5	496	5	2921	2921	2600
540	7	2186	5842		6	516	6	2405	2921	
537	8	1649	5842		7	540	7	1865	2921	
520	9	1129	5842		8	537	8	1328	2921	
539	10	590	5842	5252	9	520	9	808	2921	
539	10	5840	5842	5250	10	539	10	269	2921	2652
506	11	5334	5842		10	539	10	2919	2921	2650
496	12	4838	5842		11	506	11	2413	2921	
526	13	4312	5842		12	496	12	1917	2921	
518	14	3794	5842		13	526	13	1391	2921	
529	15	3265	5842		14	518	14	873	2921	
510	16	2755	5842		15	529	15	344	2921	2577

Obliczenia kontynuowane do 40 dnia włącznie

Krok 9: Narysować wykres stanu zapasów komponentów:



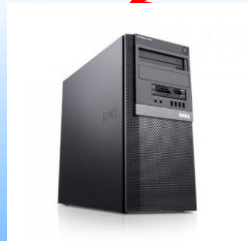
Jest to metoda zarządzania zapasami komponentów/produktów bardzo ważnych lub drogich.

W metodzie kontroli ciągłej stan zapasów powinien być bez przerwy kontrolowany.

Zamówienie jest składane gdy poziom rezerw osiągnie punkt ponownego zamawiania.

W metodzie kontroli ciągłej obliczeniu podlega wielkość zamówienia. Poszukuje się takiej wielkości zamówienia aby suma kosztów związana z realizacją zamówienia i składowaniem zapasów była jak najmniejsza.

W prezentowanym przykładzie metoda kontroli ciągłej znajduje zastosowanie dla komponentów: obudowy, procesory, płyty główne oraz dyski twarde.





Krok 1: Obliczyć miesięczny koszt utrzymania jednej sztuki zapasu komponentu **H** [zł/szt\*mies]:

$$H = \frac{k_{zap}}{c}$$

	Obudowa	Procesor	Płyta główna	Dysk twardy
H [zł/szt*mies]	6	4	3	8

Krok 2: Wyznaczyć odległość pomiędzy lokalizacją firmy montażowej a lokalizacją dostawców komponentów **Tr** [km]:

	Obudowa	Procesor	Płyta główna	Dysk twardy
Trasa Tr [km]	86	293	91	261

Krok 3: Obliczyć koszt złożenia zamówienia **S** [zł]:

$$S = Tr \cdot k_{tr}$$

	Obudowa	Procesor	Płyta główna	Dysk twardy
S [zł]	159,1	542,05	168,35	482,85

Krok 4: Obliczyć średni miesięczny popyt na każdy komponent **d** [szt]:

$$d = \frac{1}{12} \cdot \sum_{i=1}^{12} D_i$$

	Obudowa	Procesor	Płyta główna	Dysk twardy
d [szt/mies]	10316	10316	10316	10316

Krok 5: Narysować wykres zależności kosztu zapasu komponentów **K<sub>zw</sub>** od wielkości zamówienia **Q**, w tym:

Krok 5.1: Narysować prostą kosztu utrzymania zapasu **K<sub>u</sub>**:

$$K_u = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot H$$

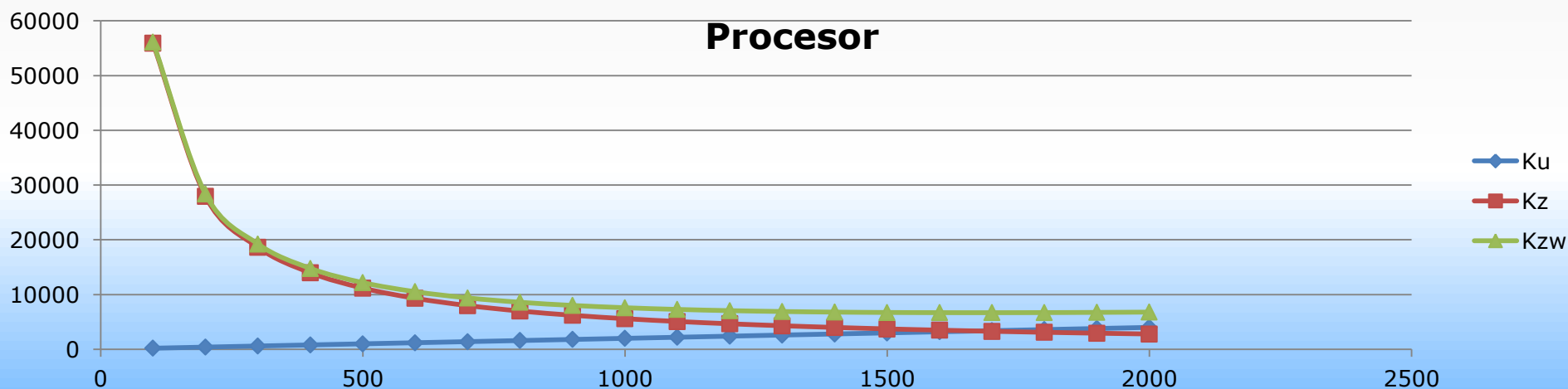
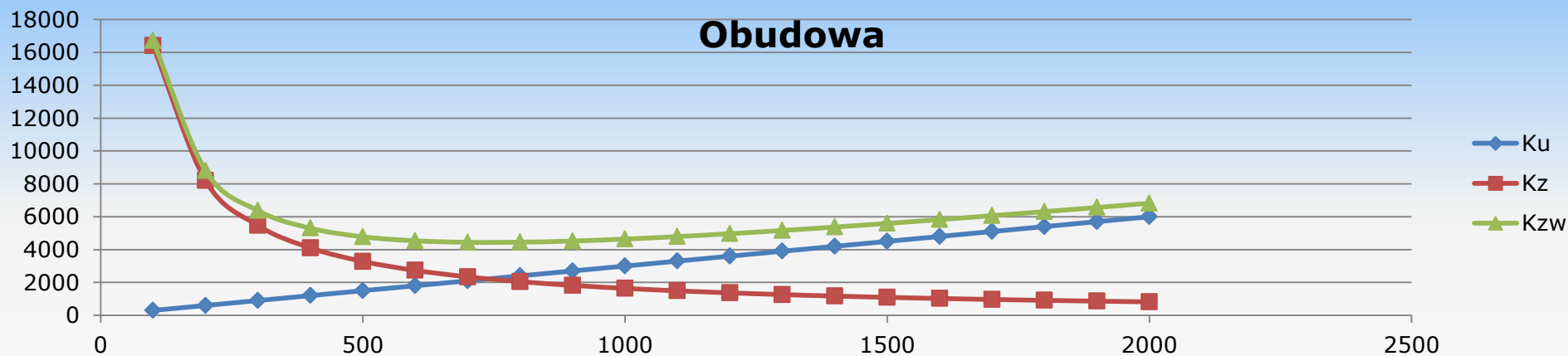
Krok 5.2: Narysować krzywą kosztu zamówienia **K<sub>z</sub>**:

$$K_z = \frac{d}{Q} \cdot S$$

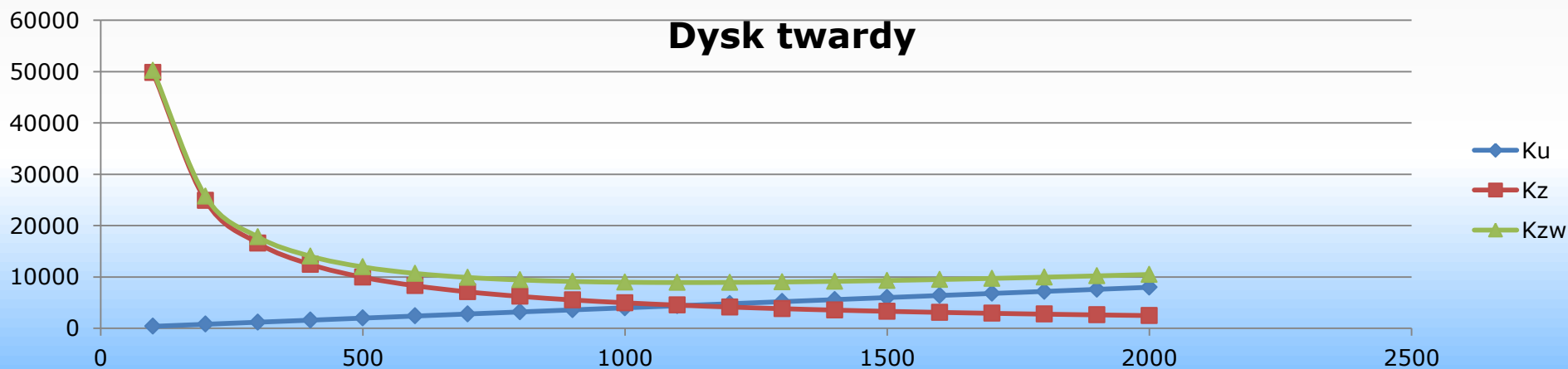
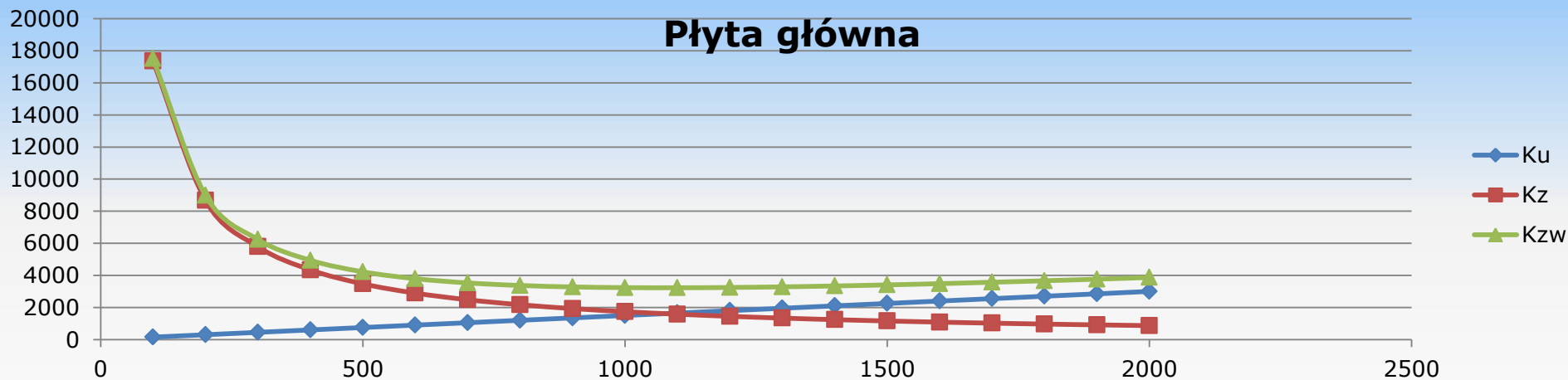
Krok 5.3: Narysować krzywą kosztu zapasu **K<sub>zw</sub>**:

$$K_{zw} = K_u + K_z$$

Wykresy zależności kosztu zapasu od wielkości produkcji są wykonywane dla każdego komponentu osobno.



Wykresy zależności kosztu zapasu od wielkości produkcji są wykonywane dla każdego komponentu osobno.



Krok 6: Obliczyć ekonomiczną wielkość zamówienia **EOQ** [szt]:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \cdot d \cdot S}{H}}$$

	Obudowa	Procesor	Płyta główna	Dysk twardy
EOQ [szt]	739,66	1672,09	1076,01	1115,92

Krok 7: Zaokrąglić wynik EOQ do najbliższej wielokrotności pojemności jednostki transportowej  $c$ , czyli wyznaczyć  **$Q_T$**  [szt]:

$$Q_T = \text{Zaokr} \left( \frac{EOQ}{c} \right) \cdot c$$

	Obudowa	Procesor	Płyta główna	Dysk twardy
$Q_T$ [szt]	740	1672	1076	1116



Krok 8: Obliczyć teoretyczny punkt zamawiania **R** [szt] (średni miesięczny popyt podzielić przez ilość dni pracy w miesiącu  $D_{rob}$ ):

$$R = d \cdot \frac{L}{D_{rob}}$$

	Obudowa	Procesor	Płyta główna	Dysk twardy
R [szt]	516	774	516	774

Krok 9: Obliczyć miesięczne odchylenie standardowe na każdy komponent zakładając, że odchylenie popytu  $d$  jest zgodne z rozkładem normalnym  $\sigma$  [szt]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{12} (D_i - d)^2}{12}}$$

	Obudowa	Procesor	Płyta główna	Dysk twardy
$\sigma$ [szt]	444	444	444	444

Krok 10: Obliczyć odchylenie standardowe względem czasu realizacji zamówienia  $\sigma_R$  [szt]:

$$\sigma_R = \sigma \cdot \frac{L}{D_{rob}}$$

	Obudowa	Procesor	Płyta główna	Dysk twardy
$\sigma_R$ [szt]	22	33	22	33

Krok 11: Z tablic rozkładu normalnego odczytać wartość współczynnika  $z$  dla zadanego poziomu obsługi  $L_{obs}$ :

	Poziom obsługi $L_{obs} = 99,9\%$
$z$	3,08

Krok 12: Obliczyć punkt ponownego zamawiania **ROP** [szt]:

$$ROP = R + z \cdot \sigma_R$$

	Obudowa	Procesor	Płyta główna	Dysk twardy
ROP [szt]	584	876	584	876

Krok 13: Korzystając z odpowiednich danych z tabeli 3 obliczyć stan zapasów stosując metodę kontroli ciągłej. Zwrócić uwagę na okres kontroli ciągłej!! (tabela 2, ostatni wiersz). Przykładowo pokazano fragment stanu zapasu dla obudowy (gdzie SS jest zapasem bezpieczeństwa):

$$SS = z \cdot \sigma_R$$

Obudowa				
Popyt	Czas	Stan zapasu	ROP	SS
	0	808	584	68
63	1	745	584	68
68	2	677	584	68
63	3	614	584	68
62	4	552	584	68
67	5	485	584	68
64	6	421	584	68
67	7	354	584	68
66	8	288	584	68
66	9	222	584	68
66	10	156	584	68
66	11	90	584	68
64	12	26	584	68
64	12	766	584	68
63	13	703	584	68
68	14	635	584	68
66	15	569	584	68
63	16	506	584	68
66	17	440	584	68
63	18	377	584	68

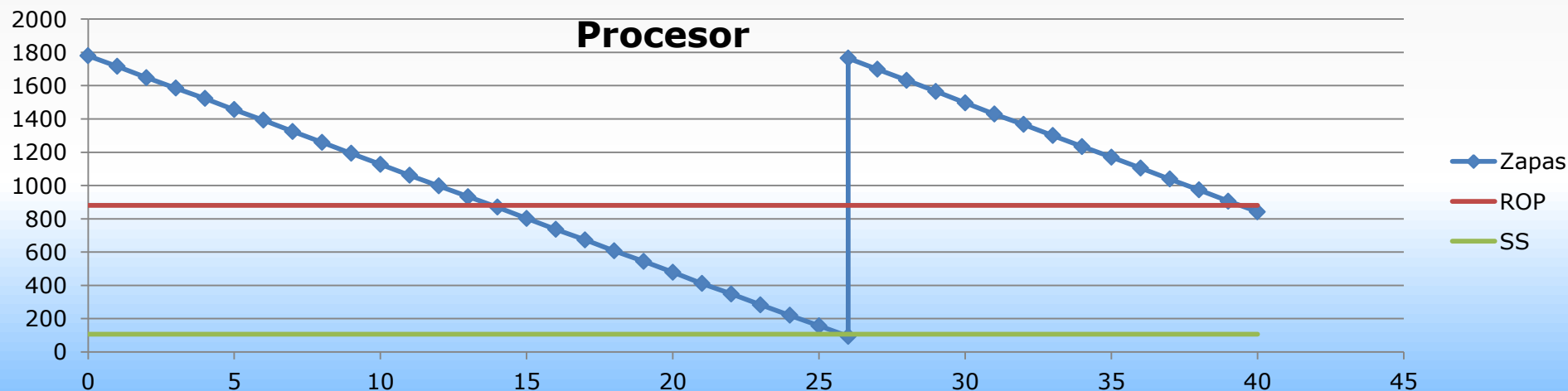
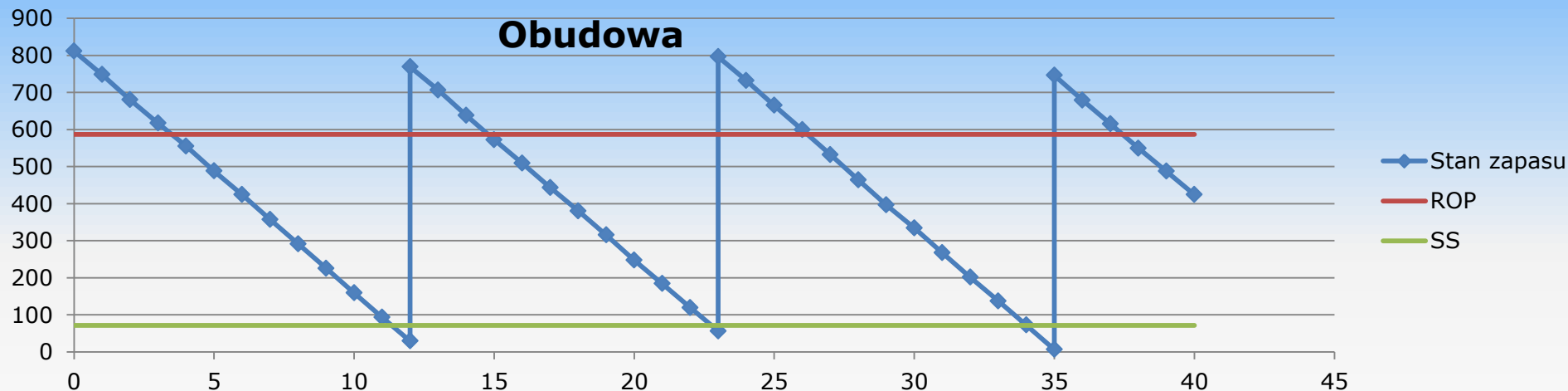
Początkowy stan zapasu obliczyć ze wzoru:

$$I_0 = Q_T + z \cdot \sigma_R$$

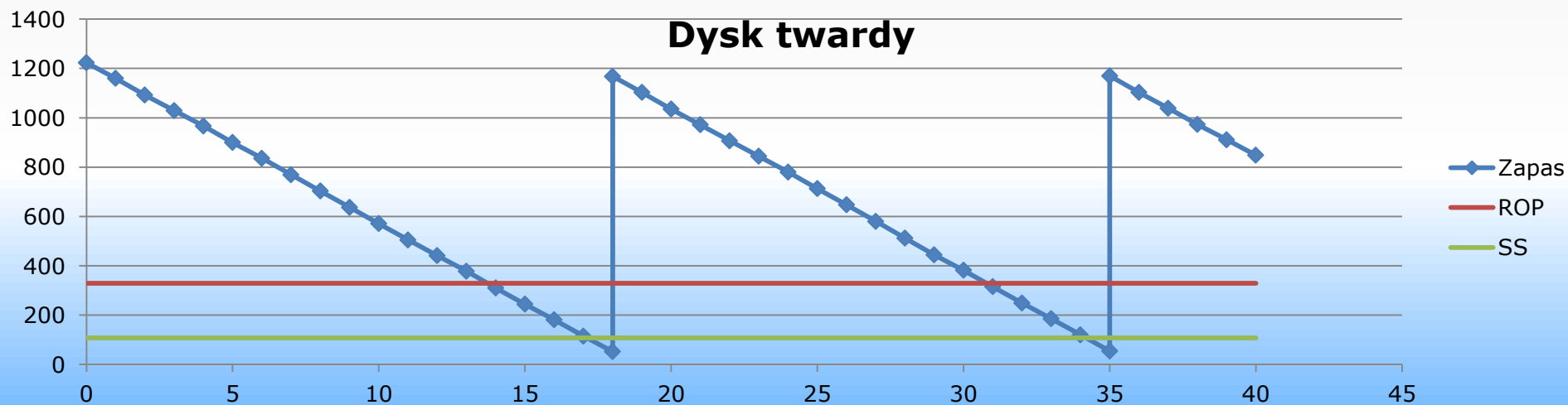
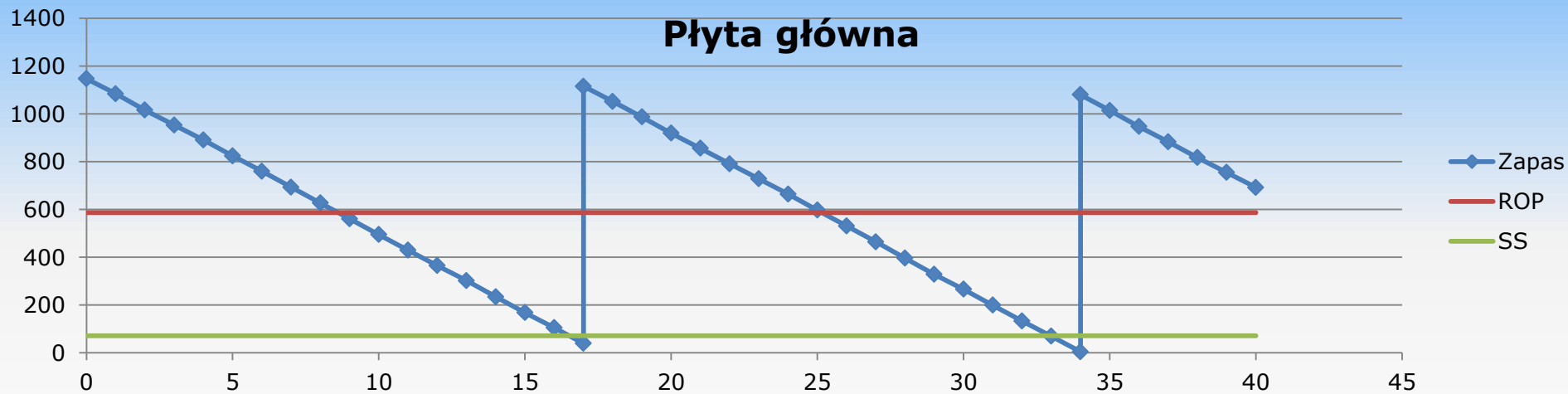
W wierszu gdzie czas = 4 stan zapasu jest mniejszy niż wynosi punkt ponownego zamawiania. Zamówienie zostaje złożone.

Czas realizacji zamówienia dla obudowy  $L = 1$  [dz]. Biorąc pod uwagę, że okres kontroli ciągłej wynosi  $0,125$  [dz] można przewidzieć, że dostawa pojawi się w dniu oznaczonym jako czas = 12.

Krok 14: Narysować wykres stanu zapasów komponentów:



Krok 14: Narysować wykres stanu zapasów komponentów:





Na zaliczenie części projektowej modułu 1 sprawozdanie zawierające:

- stronę tytułową,
- opracowanie zapasów według trzech zaprezentowanych metod zarządzania zapasami, przy czym na zaliczenie wystarczy opracować zapasy według dwóch pierwszych metod (część A i B prezentacji),
- dla każdej metody przedstawienie krok po kroku etapów realizacji projektu.
- zaliczenie modułu pierwszego – dwie oceny pozytywne:
  - ocena za sprawozdanie,
  - ocena z odpowiedzi w trakcie oddawania sprawozdania.

# Koniec modułu 1