

Wprowadzenie:

Zbyt duży poziom zapasów to problem wielu przedsiębiorstw. Od pewnego czasu wiele firm zaczyna zauważać to niepokojące zjawisko i dąży do minimalizacji poziomu zapasów w swoim przedsiębiorstwie. Metod i sposobów radzenia sobie z zapasami jest wiele. Wybór odpowiedniej metody w dużej mierze zależy od rodzaju asortymentu, z jakim mamy do czynienia, oraz zmienności popytu. Jedną z metod wspomagającą zarządzanie zapasami jest ekonomiczna wielkość zamówienia, nazywana również, ekonomiczną wielkością dostawy (z ang. *Economic Order Quantity*).

Istnieje szereg metod pozwalających na ustalanie wielkości zamówień (dostaw), kierujących się różnymi kryteriami, a także właściwych dla szczególnych przypadków zarządzania zapasem. Zainteresowany szczegółami Czytelnik znajdzie je w polecanej literaturze uzupełniającej.

W tym rozdziale zajmiemy się najbardziej klasyczną optymalizacją wielkości zamówienia, opartą na kryterium minimalnego łącznego kosztu uzupełniania i utrzymania zapasu cyklicznego.

Przypomnijmy funkcję kosztów całkowitych związanych z uzupełnianiem i utrzymaniem zapasu oraz wystąpieniem braków w zapasie:

$$CKZ = SKU_z ZC + SKU_t ZC + ZKU_z ZC + ZKU_t ZC + \\ + SKU_t ZB + ZKU_t ZB + SKBZ + ZKBZ$$

Tym razem przedmiotem naszego zainteresowania będzie wyróżniona część związana z uzupełnianiem i utrzymywaniem zapasu cyklicznego.

Części stałe: $SKU_z ZC$ (stały koszt uzupełniania zapasu cyklicznego) oraz $SKU_t ZC$ (stały koszt utrzymania zapasu cyklicznego) składają się z elementów przedstawionych w tablicy 1.1 i nie zależą od wielkości dostaw. Pozostałe składniki są równe:

zmienny koszt uzupełniania zapasu cyklicznego:

$$ZKU_z ZC = ld \cdot k_{uz} = \frac{PP_o}{WZ} \cdot k_{uz}$$

zmienny koszt utrzymania zapasu cyklicznego:

$$ZKU_t ZC = u_o \cdot C \cdot ZC = u_o \cdot C \cdot 0,5 \cdot WZ$$

gdzie:

PP_o – planowany popyt (a zatem zakupy) w rozważanym okresie,

WZ – wielkość dostawy,

ld – liczba dostaw w przyjętym okresie,

k_{uz} – koszt związany z zamówieniem i przyjęciem jednej dostawy,

k_{ut} – jednostkowy koszt utrzymania zapasu w przyjętym okresie ($k_{ut} = u_o \cdot C$),

u_o – wskaźnik okresowego kosztu utrzymania zapasu,

C – cena zakupu.

W rozważaniach tego rozdziału przyjmujemy, że zachodzi $WZ = WD$, czyli wielkość dostawy jest równa wielkości zamówionej. Pozwala to określać ekonomiczną wielkość zamówienia, mimo że zapas w rzeczywistości wynika z wielkości dostawy.

Koszt związany z uzupełnianiem i utrzymywaniem zapasu cyklicznego można zatem zapisać następująco:

$$CKZC = SKU_z ZC + \frac{PP_o}{WZ} \cdot k_{uz} + \underline{SKU_t ZC + u_o \cdot C \cdot 0,5 \cdot WZ} \quad (9.1)$$

Szczegółowe wyprowadzenie wzoru na ekonomiczną wielkość zamówienia znajdzie Czytelnik w polecanej literaturze. Tu podkreślimy jedynie, że:

- zmienną niezależną w powyższym wzorze jest wielkość zamówienia WZ;
- funkcja kosztu CZKZC przyjmuje minimum, gdy jej pierwsza pochodna względem zmiennej WZ jest równa 0;
- składowe stałe funkcji, jako niezależne od WZ nie wpływają na wynik optymalizacji;
- stosowne obliczenia doprowadzą nas do wzoru na ekonomiczną wielkość zamówienia:

$$EWZ = \sqrt{\frac{2 \cdot PP_o \cdot k_{uz}}{k_{ut}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot PP_o \cdot k_{uz}}{C \cdot u_o}} \quad (9.2)$$

Jest to wzór Wilsona (zwany także wzorem Harrisa).

Rozważmy następujący prosty przykład:

Przykład 9.1

Firma dystrybucyjna X planuje dostawy pewnego artykułu, zamawianego u dostawcy w systemie opartym na poziomie informacyjnym. Planowana wielkość zakupu, zgodna z roczną prognozą wynosi 28 500 sztuk. Koszt związany z obsługą (zamówienie, przyjęcie dostawy) jednego zamówienia wynosi 600 zł. Cena zakupu jednej jednostki wynosi 200 zł, a współczynnik rocznego kosztu utrzymania zapasu jest równy 20% ($u_r = 0,2$). Obliczyć ekonomiczną wielkość zamówienia.

Najpierw skorzystamy wprost z wzoru Wilsona.

Mamy bowiem $PP_r = 28\,500$, $k_{uz} = 600$ zł, $C = 200$ zł, $u_r = 0,2$, stąd:

$$EWZ = \sqrt{\frac{2 \cdot 28\,500 \cdot 600}{200 \cdot 0,2}} = 925 \text{ sztuk}$$

Przykład 9.2

Niech dla danych z przykładu 9.1 prognozowany popyt nie rozkłada się równomiernie na okres całego roku. Załóżmy, że popyt w I półroczu jest równy 30%, a w drugim półroczu 70% popytu całorocznego. Dobrać ekonomiczną wielkość zamówień dla obu okresów.

Zgodnie z danymi, planowany popyt (a zatem i zakupy) w I półroczu wyniosą $PP_I = 0,3 \cdot 28\,500 = 8\,550$, a w II półroczu $PP_{II} = 0,7 \cdot 28\,500 = 19\,950$ jednostek. Do wyznaczenia właściwych wielkości EWZ zastosujemy oczywiście wzór (9.2), pamiętając jednak, że przyjętym okresem jest teraz pół roku, zatem współczynnik kosztu utrzymania zapasu musi się odnosić również do tego okresu. Zakładając, że pomiędzy oboma półroczami nie ma istotnych różnic w warunkach, a zatem i kosztach utrzymania zapasu, można przyjąć: $u_I = u_{II} = 0,1$. Skoro bowiem utrzymanie zapasu przez rok kosztuje 20% jego wartości, to przez okres pół roku jest to 10%.

Wobec tego:

$$EWZ_I = \sqrt{\frac{2 \cdot PP_I \cdot k_{uz}}{C \cdot u_I}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8\,550 \cdot 600}{200 \cdot 0,1}} = 716 \text{ sztuk}$$

$$EWZ_{II} = \sqrt{\frac{2 \cdot PP_{II} \cdot k_{uz}}{C \cdot u_{II}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 19\,950 \cdot 600}{200 \cdot 0,1}} = 1094 \text{ sztuki}$$

Koszt zapasu cyklicznego dla obu półroczy jest równy:

$$CZKZC_I = \frac{PP_I}{EWZ_I} \cdot k_{uz} + u_I \cdot C \cdot 0,5 \cdot EWZ_I = 11,94 \cdot 600 + 0,1 \cdot 200 \cdot 0,5 \cdot 716 =$$
$$= 14\,325 \text{ zł}$$

$$CZKZC_{II} = \frac{PP_{II}}{EWZ_{II}} \cdot k_{uz} + u_{II} \cdot C \cdot 0,5 \cdot EWZ_{II} = 17,87 \cdot 600 + 0,1 \cdot 200 \cdot 0,5 \cdot 1094 =$$
$$= 21\,662 \text{ zł}$$

a koszt całkowity:

$$CZKZC = CZKZC_I + CZKZC_{II} = 35\,987 \text{ zł}$$

Zobaczmy, jaki byłby koszt całkowity, gdybyśmy zaniedbali zróżnicowanie popytu w obu półroczach i przyjęli na cały rok jednakową wielkość $EWZ = 925$ sztuk (zgodnie z obliczeniami przedstawionymi w przykładzie 9.1):

Wtedy:

$$CZKZC_I^* = \frac{PP_I}{EWZ} \cdot k_{uz} + u_I \cdot C \cdot 0,5 \cdot EWZ = 9,24 \cdot 600 + 0,1 \cdot 200 \cdot 0,5 \cdot 925 =$$
$$= 14\,796 \text{ zł}$$

$$CZKZC_{II}^* = \frac{PP_{II}}{EWZ} \cdot k_{uz} + u_{II} \cdot C \cdot 0,5 \cdot EWZ = 21,57 \cdot 600 + 0,1 \cdot 200 \cdot 0,5 \cdot 925 =$$
$$= 22\,191 \text{ zł}$$

$$CZKZC^* = CZKZC_I^* + CZKZC_{II}^* = 36\,987 \text{ zł, a więc o } 1000 \text{ zł (2,8\%)} \text{ więcej.}$$

Czy wiesz, że ...

Ten wzór ma już prawie 100 lat. Został wyprowadzony i opublikowany przez F.W. Harrisa w 1913 roku. Jest jednak bardziej znany jako wzór Wilsona. R.H. Wilson w 1934 roku opublikował artykuł, w którym przeprowadził pełną analizę zastosowań formuły na obliczanie ekonomicznej wielkości zamówienia.



Zastosowanie ekonomicznej wielkości dostawy EWD:

$$EWD = \sqrt{\frac{2 \cdot PP_o \cdot k_{uz}}{C \cdot u_o}}$$

zapewnia najniższy łączny koszt uzupełnienia i utrzymania zapasu cyklicznego.

Ograniczenia formuły EWZ, zwanej również formułą Wilsona:

- EWZ może dotyczyć tylko jednego produktu, w praktyce u jednego dostawcy zamawiamy zazwyczaj kilka produktów,
- EWZ zakłada również stały popyt, w rzeczywistości mamy do czynienia z zmiennością popytu,
- jednoczesna dostawa całej partii towaru, w rzeczywistości często dostawy dostarczane są w partiach,
- stały koszt jednostkowy, w rzeczywistości występują rabaty przy większych zamówieniach.