

# Planowanie operacji z pomocą arkusza kalkulacyjnego

Burzliwość współczesnych rynków powoduje, że przedsiębiorstwa coraz więcej uwagi poświęcają reagowaniu, a mniej prognozowaniu i planowaniu. Popularność takich technik jak *lean management*, *outsourcing* bierze się także stąd, że czynią te firmy bardziej elastycznymi. Dzięki temu przedsiębiorstwa szybciej dostosowują się do zmian rynkowych i osiągają z tego tytułu znaczącą przewagę konkurencyjną.

Wydawałoby się, że przy tego rodzaju trendach w zarządzaniu, nie należy zbyt dużej wagi przywiązywać do szczegółowego planowania. Lecz łatwo stwierdzić, że takie podejście może szybko doprowadzić do nieporządkanych efektów. Faktem jest, że planowanie sprzedaży i operacji jest obecnie obciążone dużym marginesem błędu. Nie oznacza to, że należy minimalizować nakłady na planowanie. Właściwszym podejściem jest odpowiednie modyfikowanie systemów planowania sprzedaży i operacji, tak by umożliwiały one szybką aktualizację i integrację danych pochodzących z różnych źródeł. Systemy te muszą być dynamiczne i elastyczne.

Realizację tych postulatów umożliwiają nowoczesne oprogramowanie, dostarczane, np. przez takie firmy jak Manugistics, I2 czy Mercia Software. I tu pojawia się problem: koszty wdrożenia zaawansowanych rozwiązań informatycznych z zakresu supply chain planning są wysokie. Dla wielu małych i średnich przedsiębiorstw ewentualne korzyści mogą nie uzasadniać aż tak wysokich

nakładów. Można z tych inwestycji zrezygnować albo też lepiej się do nich przygotować, udoskonalając już funkcjonujące w przedsiębiorstwach rozwiązania oparte na arkuszach kalkulacyjnych i prostych bazach danych.

Niniejszy artykuł ma na celu zademonstrowanie, jak można sobie poradzić przy pomocy arkuszy kalkulacyjnych, z różnymi wymogami obliczeniowymi związanymi z planowaniem dostaw i produkcji. Inna korzyść z rozważań tu zawartych może polegać na tym, że nawet gdy przedsiębiorstwo posiada wyspecjalizowane oprogramowanie planistyczne, często bardzo pożyteczne jest wymodelowanie tych samych obliczeń w arkuszu kalkulacyjnym.

**Zacznijmy od zaprezentowania konstrukcji arkusza służącego do planowania zapasów i dostaw w trybie stałej wielkości zamówienia<sup>1</sup>.**

Po to aby stworzyć taki plan, potrzebne są następujące dane:

- prognoza popytu lub suma już złożonych zamówień na poszczególne tygodnie
- zapas początkowy (najczęściej jest to aktualny zapas dostępny dla klientów)
- poziom zapasu bezpieczeństwa (więcej o sposobach wyznaczania zapasu bezpieczeństwa, np. w: [1]), należy go podawać nie w sztukach, ale w jednostkach czasowych (tzn. określać, np. ile tygodni sprzedaży ma pokrywać)
- czas reakcji, czyli czas jaki upływa od momentu powstania zapotrzebowania do momentu otrzymania dostawy
- stała wielkość zamówienia, również tę wielkość często lepiej jest podawać

w jednostkach czasowych.

Następnie dla każdego planowanego okresu należy obliczyć:

**zapas bezpieczeństwa w sztukach = suma popytu w określonej liczbie kolejnych tygodni, poczynając od tygodnia bieżącego**

**punkt zamawiania = zapas bezpieczeństwa w sztukach + przewidywany popyt w ciągu czasu reakcji**

**dostawa = stała wielkość zamówienia** (pod warunkiem, że: zapas początkowy < punkt zamawiania)

**zapas początkowy = zapas początkowy w poprzednim tygodniu - popyt w poprzednim tygodniu + dostawy poprzedniego tygodnia**

Tab. 1 pokazuje, jak należy te obliczenia zaimplementować w arkuszu kalkulacyjnym.

Dodajmy jeszcze, że w tej i następujących tabelach przyjęto następujące reguły:

- czcionka pogrubiona pokazuje dane wprowadzane z zewnątrz, czyli liczby wpisane ręcznie przez planistę lub skopiowane z innych aplikacji. Liczby nie pogrubione są obliczane przez arkusz kalkulacyjny
- formuły znajdujące się w komórkach należących do tych samych wierszy są zbudowane na takich samych zasadach, dlatego wystarczy wpisać formułę do komórki początkowej w danym wierszu, a następnie skopiować jej zawartość do komórek kolejnych
- przedstawione przykłady zakładają planowanie w cyklach tygodniowych lub miesięcznych, lecz bez zmieniania formuł (lub z minimalnymi zmianami) można je wykorzystać w planowaniu w cyklach o innej długości.

Spośród formuł zaprezentowanych w tab. 1 formuła wykorzystywana do obliczenia zapasu bezpieczeństwa jest stosunkowo skomplikowana. Lecz zasada jej konstrukcji jest łatwa do zrozumienia: przelicza ona zapas bezpieczeństwa w tygodniach ( $ZB_{tyg}$ ) na zapas bezpieczeństwa w sztukach ( $ZB_{szt}$ ). W tym celu

Tab. 1. Planowanie zapasów i dostaw w trybie stałej wielkości zamówienia

|    | A                        | B    | C   | D        | E     | F    | G    | H    | I   | J | K |
|----|--------------------------|------|---|----------|-------|------|------|------|-----|---|---|
| 1  | Zapas bezpieczeństwa     |      | 2   | tygodnie |       |      |      |      |     |   |   |
| 2  | Czas reakcji             |      | 5   | dni      |       |      |      |      |     |   |   |
| 3  | Staż wielkość zamówienia |      | 200   | sztuk    |       |      |      |      |     |   |   |
| 4  |                          |      |   |          |       |      |      |      |     |   |   |
| 5  | Tydzień :                |      | 1   | 2        | 3     | 4    | 5    | 6    | 7   | 8 |   |
| 6  | Popyt                    | 30   | 30  | 50       | 50    | 30   | 30   | 10   | 0   |   |   |
| 7  | Zapas pocz.              | 40   | 210   | 180      | 130   | 80   | 250  | 220  | 210 |   |   |
| 8  | Zapas bezp.              | 60   | 80  | 100      | 80    | 60   | 40   | 10   | 0   |   |   |
| 9  | Punkt zamawiania         | 81,4 | 101,4   | 135,7    | 115,7 | 81,4 | 61,4 | 17,1 | 0,0 |   |   |
| 10 | Zamówienie               | 200  | 0   | 0        | 0     | 200  | 0    | 0    | 0   |   |   |
| 11 |                          |      |   |          |       |      |      |      |     |   |   |
| 12 | Formuły:                 | B8:  | =IF(\$C1>1;B6;\$C1*B6)+IF(\$C1>2;C6;MAX(0;\$C1-1)*C6)+IF(\$C1>3;D6;MAX(0;\$C1-2)*D6 |          |       |      |      |      |     |   |   |
| 13 |                          | B9:  | =B8+\$C2/7*B6   |          |       |      |      |      |     |   |   |
| 14 |                          | B10: | =IF(B7<B9;\$C3;0)   |          |       |      |      |      |     |   |   |
| 15 |                          | C7:  | =B7-B6+B10  |          |       |      |      |      |     |   |   |

1 Więcej informacji o dwóch podstawowych trybach sterowania dostawami: w trybie stałej wielkości zamówienia i w trybie stałego cyklu zamawiania może czytelnik znaleźć w publikacji [2].

formuła ta dodaje do  $ZB_{szk}$  popyt na kolejny  $k$ -ty tydzień, jeśli  $k$  jest mniejsze bądź równe  $ZB_{tyg}$ . Jeśli  $ZB_{tyg}$  jest większe od  $k$  i mniejsze od  $k+1$  ( $ZB_{tyg}$  nie jest liczbą całkowitą) wówczas dodaje popyt z tygodnia  $k+1$  przypadający na ułamek części  $ZB_{tyg}$ .

W przykładzie z tab. 1, zapas bezpieczeństwa nie może przekraczać trzech tygodni, lecz łatwo „przedłużyć” formułę, by prawidłowo obliczała także dłuższe zapasy bezpieczeństwa.

Warto tu jeszcze zauważyć, że (dla utrudnienia) czas reakcji podany jest w dniach. Ponieważ przedstawiony przykład dotyczy cyklu tygodniowego, czas reakcji musi być przeliczony na tygodnie. Oto dlaczego, przy obliczaniu punktu zamawiania, **czas reakcji** jest dzielony przez siedem.

Planowanie zapasów i dostaw w trybie stałej wielkości zamówienia w wielu wypadkach nie jest najlepszym rozwiązaniem. Nawet niewielka różnica pomiędzy popytem prognozowanym a rzeczywistym może spowodować duże przesunięcia w planowanych dostawach. Tak zmieniający plan dostaw najpewniej będzie mało użyteczny zarówno dla dostawcy jak i odbiorcy. Jest jednak dziedzina, gdzie planowanie w tym trybie może być bardzo użyteczne, a mianowicie: przy zarządzaniu zapasem przez dostawcę. Jeśli dostawca ów posiada wielu klientów, ewentualne przesunięcia dostaw nie wpływają zna-

Tab. 2. Planowanie zapasów i dostaw w trybie stałego cyklu zamawiania

|    | A                      | B  | C  | D   | E        | F  | G  | H  | I | J | K |
|----|------------------------|--|----|-----|----------|----|----|----|---|---|---|
| 1  | Zapasy bezpieczeństwa: |  |    | 2   | miesiące |    |    |    |   |   |   |
| 2  |                        |  |    |     |          |    |    |    |   |   |   |
| 3  | Miesiące:              | 1  | 2  | 3   | 4        | 5  | 6  | 7  | 8 |   |   |
| 4  | Popyt                  | 30   | 30 | 50  | 50       | 30 | 30 | 10 | 0 |   |   |
| 5  | Zapasy pocz.           | 40   | 80 | 100 | 80       | 60 | 40 | 10 | 0 |   |   |
| 6  | Zapasy bezp.           | 60   | 80 | 100 | 80       | 60 | 40 | 10 | 0 |   |   |
| 7  | Zamów./Dostawa         | 70   | 50 | 30  | 30       | 10 | 0  | 0  | 0 |   |   |
| 8  | Brak/Nadwyżka          | 0  | 0  | 0   | 0        | 0  | 0  | 0  | 0 |   |   |
| 9  |                        |  |    |     |          |    |    |    |   |   |   |
| 10 | Formuły:               | B6: =IF(\$C1>1;B4;\$C1*B4)+IF(\$C1>2;C4;MAX(0;\$C1-1)*C4)+IF(\$C1>3;D4;MAX(0;\$C1-2)*D4) |    |     |          |    |    |    |   |   |   |
| 11 |                        | B7: =B4+C6-B5  |    |     |          |    |    |    |   |   |   |
| 12 |                        | B8: =IF(B7<B9;\$C3;0)  |    |     |          |    |    |    |   |   |   |
| 13 |                        | C5: =B5-B4+B7  |    |     |          |    |    |    |   |   |   |

cząco na ogólne zapotrzebowanie na jego produkcję, natomiast może on utrzymywać poziom zapasu u swoich odbiorców na minimalnym poziomie.

Przejdźmy teraz do typu arkusza dość często wykorzystywanego w przedsiębiorstwach (tab. 2). Działa on w trybie stałego cyklu zamawiania (często jest to cykl miesięczny). Także i w tym wypadku należy dostarczyć takie dane jak: prognoza popytu, zapas bezpieczeństwa (np. w miesiącach) oraz zapas początkowy.

Podstawowa różnica polega na tym, że inaczej obliczane są planowane dostawy. Muszą one być tak dopasowane, aby w momencie otrzymania kolejnej dostawy (w kolejnym miesiącu) dostępny zapas był równy zapasowi bezpieczeństwa<sup>2</sup>:

**dostawa = popyt w bieżącym miesiącu + zapas bezpieczeństwa w sztukach w następnym miesiącu – zapas początkowy w bieżącym miesiącu**

Wyjaśnić trzeba dlaczego w tab. 2 znajduje się jeszcze jeden wiersz na-

zwany: Brak/Nadwyżka. Powód jego wprowadzenia jest następujący: W praktyce swoboda planowania dostaw jest z reguły ograniczona tzw. **okresem zamrożonym**. Okresem zamrożonym są najczęściej jeden lub dwa najbliższe miesiące, w ciągu których nie można zmieniać zaplanowanych wcześniej zamówień. Po to aby odzwierciedlić okres zamrożony w wierszu **Zamówienie/Dostawa** dla miesięcy zamrożonych należy usunąć formuły i wpisać konkretne liczby. Lecz planista powinien mieć informację o tym, na ile dana „zamrożona” dostawa odbiega od dostawy optymalnej. Temu właśnie służy wiersz **Brak/Nadwyżka**. Jeśli, np. w tab. 2 w komórce B7 wpisano by liczbę 90, komórka B8 pokazałaby -20, co oznaczałoby, że dostawa jest o 20 sztuk za duża w stosunku do potrzeb.

Obliczenia w takiej postaci jak to prezentuje tab. 2 mogą okazać się niewystarczające. Jednym z tego powodów jest fakt następujący: W tab. 2 milcząco zakładamy,

<sup>2</sup> Zakładamy tu, że otrzymujemy jedną dostawę w miesiącu i tuż przed momentem jej otrzymania zapas ma najniższy poziom, ten minimalny poziom powinien być równy zapasowi bezpieczeństwa.

sytuację, gdy przewidywany poziom zapasu na początek i na koniec miesiąca jest dodatni. Dlatego potrzebna jest kontrola wielkości zapasu w momencie otrzymywania dostawy. Wielkość zapasu w tym momencie nazwiemy **zapasem pośrednim**.

Dla obliczenia zapasu pośredniego i zapasu bezpieczeństwa wg nowych zasad należy podać jeszcze jeden parametr, jest nim część miesiąca, jaka upływa od początku miesiąca do momentu otrzymania dostawy (nazwiemy tę wielkość **momentem dostawy**).

wieniu. Najczęściej chodzi tu o konieczność zamawiania powyżej pewnego minimum oraz o wymóg zaokrąglania zamówień do pełnych jednostek zamówieniowych. Czyli, np. przedsiębiorstwo musi zamówić co najmniej całą paletę produktu, a jeśli chce zamówić więcej niż jedną paletę, to musi zamawiać całkowitą ilość palet.

Z takimi „zaokrągleniami” wiążą się znane problemy. Może dojść do sytuacji, że jedno minimalne zamówienie pokrywa wielomiesięczną prognozę popytu. Może też wystąpić problem polegający na sprowadzeniu całej jednostki zamówieniowej, podczas gdy popyt pokrywa tylko niewielką jej część.

Rozwiązaniem jest wprowadzenie odpowiednich reguł zaokrąglania zamówień. Nie tylko muszą one spełniać wymogi ilościowe związane z wielkością minimalną i z jednostką zamówieniową. Potrzebna jest też możliwość zaplanowania zamówienia nawet wtedy, gdy nie ma ono pełnego pokrycia popytem. Wówczas trzeba wskazać minimalny poziom popytu jaki musi istnieć, by dane zamówienie minimalne mogło być złożone lub by można było zamówić kolejną jednostkę zamówieniową. Aby to osiągnąć, należy skonstruować arkusz kalkulacyjny tak jak to ilustruje tab. 4.

Arkusz kalkulacyjny zaproponowany w tab. 4 jest zmodyfikowanym arkuszem z tab. 2. Należy zwrócić uwagę, że wiersz **Potrzeby** jest taki sam jak wiersz **Zamówienia/Dostawy** z tab. 2, ma tylko inną nazwę. Po prostu w tab. 4 ten wiersz pokazuje rzeczywiste potrzeby, na podstawie których są wyliczane zamówienia w wierszu **Zamówienia/Dostawy** poprzez odpowiednie zaokrąglenie.

Oto wyjaśnienie konstrukcji formuły wykorzystywanej w wierszu **Zamówienia/Dostawy**:

**zamówienie = zamówienie minimalne** (jeśli: potrzeby < (zamówienie minimalne x minimalne pokrycie dostawy popytem))

+ **odpowiednia ilość jednostek zamówieniowych** (jeśli popyt przewyższa zamówienie minimalne)

+ **dodatkowa jednostka zamówieniowa** (jeśli popyt na tę jednostkę > (minimalne pokrycie jedn. zam. popytem x jedn. zam.))

że dostawy przybywają zawsze na początku miesiąca. Co jeśli w rzeczywistości przybywają one, np. w drugim tygodniu miesiąca? Pamiętajmy, że zapas bezpieczeństwa obliczamy dla momentu otrzymania dostawy, gdyż z reguły wtedy zapas całkowity osiąga swoje minimum w ciągu miesiąca. Jeśli zapas bezpieczeństwa jest wyliczony dla początku miesiąca, a dostawa przybywa dwa tygodnie później, prowadzi to do sporych rozbieżności pomiędzy rzeczywistym zapotrzebowaniem przedsiębiorstwa, a tym co ono otrzymuje. Tak więc trzeba zmodyfikować formuły obliczające zapas bezpieczeństwa w sztukach.

W dodatku może się przecież zdarzyć tak, że przed otrzymaniem dostawy zapas zostanie wyczerpany. Trudno wykryć taką

**zapas pośredni = zapas początkowy – popyt na bieżący miesiąc x moment dostawy**

**zapas bezpieczeństwa w sztukach = suma popytu w ZB<sub>mies</sub> kolejnych miesięcy, poczynając od momentu dostawy w bieżącym miesiącu + zapas bezpieczeństwa w sztukach w następnym miesiącu – zapas początkowy w bieżącym miesiącu**

Inna dość często pojawiająca się trudność przy stosowaniu takich obliczeń jak w tab. 2, wynika z istnienia różnych ograniczeń wiążących się z ilością towaru zamawianego w pojedynczym zamó-

Tab. 3. Uwzględnienie spodziewanego momentu przybycia dostawy przy planowaniu zapasów i dostaw

|    | A                      | B   | C  | D   | E  | F   | G  | H         | I | J | K |
|----|------------------------|-----|--|-----|----|-----|----|-----------|---|---|---|
| 1  | Zapasy bezpieczeństwa: | 2   | miesiące   |     |    |     |    |           |   |   |   |
| 2  | Moment dostawy:        | 0,2 | miesiące   |     |    |     |    |           |   |   |   |
| 3  |                        |     |  |     |    |     |    |           |   |   |   |
| 4  | Miesiące               | 1   | 2  | 3   | 4  | 5   | 6  | 7         | 8 |   |   |
| 5  | Popyt                  | 30  | 30   | 50  | 50 | 30  | 30 | 10        | 0 |   |   |
| 6  | Zapasy pocz.           | 40  | 90   | 106 | 86 | 62  | 40 | 10        | 0 |   |   |
| 7  | Zapasy bezp.           | 64  | 84   | 96  | 76 | 56  | 34 | 8         | 0 |   |   |
| 8  | Zapasy po r.           | 34  | 84   | 96  | 76 | 56  | 34 | 8         | 0 |   |   |
| 9  | Zamów./Dostawa         | 80  | 46   | 30  | 26 | 8   | 0  | 0         | 0 |   |   |
| 10 |                        |     |  |     |    |     |    |           |   |   |   |
| 11 | Formuły:               | B7: | =IF(\$C1>(1-\$C2);(1-\$C2)*B5;\$C1*B5)+IF(\$C1-(1-\$C2)<1;MAX(0;(\$C1-(1-\$C2)))^C5;C5)+           |     |    |     |    |           |   |   |   |
| 12 |                        |     | +IF(\$C1-(2-\$C2)<1;MAX(0;(\$C1-(2-\$C2)))^D5;D5)+IF(\$C1-(3-\$C2)<1;MAX(0;(\$C1-(3-\$C2)))^E5;E5) |     |    |     |    |           |   |   |   |
| 13 |                        | B8: | =B6-\$C2*B5  |     |    |     |    |           |   |   |   |
| 14 |                        | B9: | =B5+\$C2*C5+C7-B6  |     |    | C6: |    | =B6-B5+B9 |   |   |   |

3 Nie muszą to być zdolności produkcyjne sensu stricto. Potrzebne może być, np. wpisanie ograniczeń produkcji w celu równomiernego rozłożenia obciążenia produkcyjnego.

4 Ponieważ jeśli firma sprzedaje swoje produkty poprzez dystrybutorów często oni utrzymują odpowiednie zapasy bezpieczeństwa, ponadto zwykle bardziej opłaca się utrzymywać zapas bezpieczeństwa surowców niż produktów gotowych.

Arkusze kalkulacyjne przedstawione w tab. 1-4 mogą się okazać mało użyteczne dla przedsiębiorstw produkcyjnych. Firmy takie muszą m. in. dążyć do odpowiednio równomiernego rozłożenia produkcji, jednocześnie zaplanowana produkcja nie może przekraczać zdolności produkcyjnych. Tab. 5 przedstawia konstrukcję arkusza kalkulacyjnego przeznaczonego do planowania produkcji (przy jego budowie wykorzystano m. in. rozwiązania zaproponowane przez Arkadiusza Śledzia w artykule [4]).

Jak nietrudno zauważyć arkusz przedstawiony w tab. 5 wymaga wprowadzenia danych opisujących zdolności produkcyjne w poszczególnych tygodniach<sup>3</sup>. Ponadto uproszczono formułę wykorzystywaną do obliczania zapasu bezpieczeństwa. Formuła oblicza zapas bezpieczeństwa na koniec tygodnia i zakłada, że jego wielkość nie przekracza jednego tygodnia. Taki kształt tej formuły jest bliższy praktyce firm produkcyjnych. Zapasy bezpieczeństwa często nie służą tutaj pokryciu wahań popytu rynkowego<sup>4</sup>, przyczyną ich tworzenia jest raczej zabezpieczenie się przed brakiem towaru spowodowanym opóźnieniami w planowanej produkcji.

Pewne elementy arkusza przedstawionego w tab. 5 są podobne jak w arkuszach poprzednich. Wiersz **Potrzeby produkcyjne** odpowiada wierszowi **Zamówienie/Dostawa** z tab. 2. Lecz obliczenia nie kończą się na określeniu zapotrzebowania produkcyjnego. Po to aby ustalić plan produkcji należy wziąć jeszcze pod uwagę

Tab. 4. Uwzględnienie wymogów co do zamawianej ilości przy planowaniu zapasów i dostaw

|    |                         |   |    |       |      |                                  |     |     |     |  |  |  |  |
|----|-------------------------|---|----|-------|------|----------------------------------|-----|-----|-----|--|--|--|--|
| 1  | Zapas bezpiecze stwa:   | 2   |    | cykle |      |                                  |     |     |     |  |  |  |  |
| 2  | Minimalne zamówienie:   | 40  |    | szt.  | 0,75 | Min. pokrycie dostawy popytem    |     |     |     |  |  |  |  |
| 3  | Jednostka zamówieniowa: | 20  |    | szt.  | 0,5  | Min. pokrycie jedn. zam. popytem |     |     |     |  |  |  |  |
| 4  |                         |   |    |       |      |                                  |     |     |     |  |  |  |  |
| 5  | Miesi c                 | 1   | 2  | 3     | 4    | 5                                | 6   | 7   | 8   |  |  |  |  |
| 6  | Popyt                   | 30  | 30 | 50    | 50   | 30                               | 30  | 10  | 0   |  |  |  |  |
| 7  | Zapas pocz.             | 40  | 90 | 100   | 90   | 40                               | 50  | 20  | 10  |  |  |  |  |
| 8  | Zapas bezp.             | 60  | 80 | 100   | 80   | 60                               | 40  | 10  | 0   |  |  |  |  |
| 9  | Potrzeby                | 70  | 40 | 30    | 20   | 30                               | -10 | -10 | -10 |  |  |  |  |
| 10 | Zamów./Dostawa          | 80  | 40 | 40    | 0    | 40                               | 0   | 0   | 0   |  |  |  |  |
| 11 | Brak/Nadwy ka           | -10   | 0  | -10   | 20   | -10                              | -10 | -10 | -10 |  |  |  |  |
| 12 |                         |   |    |       |      |                                  |     |     |     |  |  |  |  |
| 13 | Formuły:                | B8: =IF(\$C1>1;B6;\$C1*B6)+IF(\$C1>2;C6;MAX(0;\$C1-1)*C6)+IF(\$C1>3;D6;MAX(0;\$C1-2)*D6)  |    |       |      |                                  |     |     |     |  |  |  |  |
| 14 |                         | B9: =B6+C8-B7   |    |       |      |                                  |     |     |     |  |  |  |  |
| 15 |                         | B10: =IF(B9<(\$C2*\$E2);0;INT(B9/\$C3)*\$C3+IF(MOD(B9/\$C3)<\$C3*MAX(0,001;\$E3);0;\$C3)) |    |       |      |                                  |     |     |     |  |  |  |  |
| 16 |                         | B11: =B9-B10  |    |       |      |                                  |     |     |     |  |  |  |  |
| 17 |                         | C7: =B7-B6+B10  |    |       |      |                                  |     |     |     |  |  |  |  |

ograniczone zdolności produkcyjne.

Wyznaczenie planów produkcyjnych przebiega w sposób następujący. Najpierw obliczany jest **docelowy zapas początkowy i końcowy**. Na ich podstawie są ustalane potrzeby produkcyjne. Jeśli zapotrzebowanie na produkcję (plus ewentualne przesunięte zapotrzebowanie z innych tygodni) przewyższa zdolności produkcyjne, wówczas część niemożliwa do wyprodukowania jest przerwana do poprzedniego tygodnia. Tym sposobem nie zrealizowane zapotrzebowanie jest kumulowane i przesuwane na wcześniejsze tygodnie. Jeśli pozwalają na to zdolności produkcyjne, to tak przesunięte zapotrzebowanie jest włączane w plan produkcji.

Nietrudno zauważyć, że arkusz kalkulacyjny w tab. 5 zawiera aż 12 wierszy. Ich liczbę można zmniejszyć stosując trochę bardziej rozbudowane formuły w wierszach pozostałych. Tutaj jednak prezentuję drogę obliczeń tak szczegółowo, by wywód był możliwie klarowny:

**docelowy zapas początkowy** = większa z dwóch liczb,  
albo: **zapas bezpieczeństwa na koniec poprzedniego okresu**,

albo: **docelowy zapas początkowy z poprz. okresu – popyt z poprz. okresu**

**docelowy zapas końcowy** = docelowy zapas początkowy w następnym okresie  
**zapotrzebowanie przesunięte** = brakujące zdolności produkcyjne z następnego okresu

**brakujące zdolności produkcyjne** = popyt z bieżącego okresu  
+ przesunięte zdolności produkcyjne z bieżącego okresu  
– zdolności produkcyjne w danym okresie

**produkcja** = potrzeby produkcyjne + przesunięte zapotrzebowanie (jeśli ta suma jest większa od zdolności produkcyjnych to: produkcja = zdolności produkcyjne)

Tab. 5. Przykład arkusza kalkulacyjnego służącego do planowania produkcji

|    |                         |  |             |                        |                          |    |    |    |
|----|-------------------------|--|-------------|------------------------|--------------------------|----|----|----|
| 1  | Zapasy bezpieczeństwa:  | 0,5 tyg. (zapasy bezp. na koniec tygodnia) |             |                        |                          |    |    |    |
| 2  |                         |  |             |                        |                          |    |    |    |
| 3  | Tydzie :                | 1  | 2           | 3                      | 4                        | 5  | 6  | 7  |
| 4  | Popyt                   | 30   | 30          | 40                     | 100                      | 80 | 50 | 50 |
| 5  | Zapasy bezp.            | 15   | 20          | 50                     | 40                       | 25 | 25 | 0  |
| 6  | Docelowy zapas pocz.    | 50   | 20          | 20                     | 50                       | 40 | 25 | 25 |
| 7  | Docelowy zapas ko c.    | 20   | 20          | 50                     | 40                       | 25 | 25 | 0  |
| 8  | Potrzeby produkcyjne    | 0  | 30          | 70                     | 90                       | 65 | 50 | 25 |
| 9  | Zapotrzeb. przesuni te  | 10   | 30          | 10                     | 0                        | 0  | 0  | 0  |
| 10 | Zdolności produkcyjne   | 50   | 50          | 50                     | 80                       | 80 | 50 | 50 |
| 11 | Brakujące zdolności     | 0  | 10          | 30                     | 10                       | 0  | 0  | 0  |
| 12 | Wolne zdolności         | 40   | 0           | 0                      | 0                        | 15 | 0  | 25 |
| 13 | Produkcja               | 10   | 50          | 50                     | 80                       | 65 | 50 | 25 |
| 14 | Rzeczywisty zapas pocz. | 50   | 30          | 50                     | 60                       | 40 | 25 | 25 |
| 15 | Rzeczywisty zapas ko c. | 30   | 50          | 60                     | 40                       | 25 | 25 | 0  |
| 16 |                         |  |             |                        |                          |    |    |    |
| 17 | Formuły:                | B5: =C1*C4                                 |             | B11: =MAX(0;B9+B8-B10) |                          |    |    |    |
| 18 |                         | B6: =B14                                   | ale C6: =B7 |                        | B12: =MAX(0;B10-(B9+B8)) |    |    |    |
| 19 |                         | B7: =MAX(B5;B6-B4)                         |             | B13: =MIN(B9+B8;B10)   |                          |    |    |    |
| 20 |                         | B8: =B7+B4-B6                              |             | B15: =MAX(0;B6+B13-B4) |                          |    |    |    |
| 21 |                         | B9: =C11                                   |             | C14: =B15              |                          |    |    |    |

Liczby znajdujące się w wierszach: **rzeczywisty zapas początkowy i rzeczywisty zapas końcowy** nie są wykorzystywane w innych częściach arkusza – pełnią

one rolę informacyjną.

Przykład prezentowany w tab. 5 przesuwania zapotrzebowanie, które nie może być zrealizowane, na wcześniejsze tygodnie.

W prosty sposób można spowodować, aby zapotrzebowanie było przesuwane na tygodnie późniejsze. W tym celu wystarczy wpisać w komórkę B9 liczbę 0, a w komórkę C9 formułę: =B11 (do pozostałych komórek wiersza 9 kopiujemy formułę z C9).

**Uwaga:** Czytelnik zainteresowany praktycznym wykorzystaniem metod przedstawionych w niniejszym artykule nie musi trudzić się wpisywaniem długich formuł do arkusza. Plik zawierający wymienione tu przykłady oraz arkusze dodatkowe można pobrać ze strony internetowej: [www.czasopismologistyka.pl](http://www.czasopismologistyka.pl).

#### LITERATURA

- Grzegorz Klimczak, Praktyczne wyznaczanie zapasu bezpieczeństwa, Logistyka, 6/2001
- Zdzisław Sarjusz-Wolski, Sterowanie zapasami w przedsiębiorstwie, PWE, Warszawa 2000
- Edward A. Silver, David F. Pyke, Rein Peterson, Inventory Management and Production Planning and Scheduling, John Wiley & Sons, New York 1998
- Arkadiusz Śledź, artykuł w: Gospodarka Materialowa i Logistyka, nr 7-8/1999, str. 162-165