

Repozytorium

Koszty cyklu życia LCC

mgr Anna Bogusz

Pracownik jednostki samorządowej z 15-letnim doświadczeniem pracy w organizacjach pozarządowych.

Była kierownikiem 16 projektów informacyjno-edukacyjnych, w tym 7 unijnych. Projekty te dotyczyły ochrony klimatu i powietrza, efektywności energetycznej, etykietowania urzędzeń, ekoprojektowania oraz kryteriów środowiskowych w zamówieniach publicznych. Brała udział w pracach nad tworzeniem dokumentów planistycznych z zakresu ochrony środowiska i powietrza, zarządzania energią. Autor strategicznych ocen oddziaływania na środowisko dla polityk, strategii, planów i programów gminnych.

Ponadto, autor ponad 100 artykułów popularnonaukowych z dziedziny nauk biologicznych oraz współautor lub autor poradników edukacyjnych dotyczących kryteriów środowiskowych w zamówieniach publicznych, planowania energetycznego, transformacji energetycznej, ubóstwa energetycznego.

Spis treści

1.	Rachunek kosztu cyklu życia LCC - wprowadzenie	3
2.	Podstawowe wskaźniki finansowe wykorzystywane w analizie LCC.....	7
3.	Metody obliczania LCC	15
4.	Niepewność i ryzyko	17
5.	Metodologia obliczania kosztów cyklu życia produktu	19
5.1.	Biurowy sprzęt komputerowy – komputer	20
5.2.	Biurowy sprzęt komputerowy – monitor	22
5.3.	Biurowy sprzęt komputerowy – drukarka	24
5.4.	Biurowy sprzęt komputerowy – urządzenie wielofunkcyjne	26
5.5.	Wyposażenie budynków – kocioł grzewczy	28
5.6.	Wyposażenie budynków – elektryczny podgrzewacz do wody	33
5.7.	Wyposażenie budynków – oświetlenie wewnętrzne	35
5.8.	Wyposażenie budynków – klimatyzator	37
5.9.	Wyposażenie budynków – pralka.....	39
6.	Bezpłatne narzędzia pomocne przy obliczaniu LCC	41
	Bibliografia.....	43

1. Rachunek kosztu cyklu życia LCC - wprowadzenie

W lipcu 2021 roku Komisja Europejska opublikowała ambitny program Fit for 55 dążący do osiągnięcia w 2050 roku neutralności klimatycznej całej Wspólnoty. Aby tego dokonać konieczne jest zredukowanie emisji we wszystkich sektorach. W Fit for 55 zawarte zostały m.in. wyższe cele udziału odnawialnych źródeł energii oraz efektywności energetycznej, reforma systemu handlu uprawnieniami do emisji CO₂ czy nowe normy emisji dla pojazdów.

Sektor publiczny ma tutaj ogromną rolę do odegrania. Wydatki publiczne na roboty budowlane, towary i usługi stanowią około 14% unijnego PKB, co daje sumę około 1,8 biliona euro rocznie. Zgodnie z unijnymi zasadami udzielania zamówień publicznych z 2014 roku zamówienia należy udzielać w oparciu o najkorzystniejszą ekonomicznie ofertę (MEAT - *the most economically advantageous tender*). Jako, że organy publiczne mogą stać się motorem napędzającym zmiany rynku w kierunku tworzenia ekologicznych produktów i usług, powinny one wybierać takie oferty, których wpływ na środowisko jest ograniczony, i tym samym przyczynić się do realizacji celów w zakresie zrównoważonego rozwoju.

Dostępnych jest wiele różnych podejść, z których niektóre można uznać za odpowiednie dla zrównoważonych zamówień publicznych. W takim przypadku, koszt lub cena będą stanowiły część oceny każdej procedury i są zazwyczaj jednym z najbardziej wpływowych czynników. Rachunek kosztu cyklu życia (LCC, *Life Cycle Cost*) służący do określenia kryterium kosztu może stać się doskonałą alternatywą dla stosowanego przez zamawiających kryterium ceny. Takie podejście może zapewnić organom publicznym oszczędności, gdyż brany jest pod uwagę koszt zamówionych produktów lub usług w całym cyklu życia, a nie tylko cena zakupu / nabycia. Przykładowo, zakup produktów mających niskie zużycie wody bądź energii może w znaczący sposób wpłynąć na rachunki za media. Organy publiczne realizujące zamówienia publiczne w sposób holistyczny będą w stanie sprostać wymaganiom polityki środowiskowej i osiągnąć wiążące je cele w zakresie redukcji emisji gazów cieplarnianych czy zwiększenia efektywności energetycznej.

Rachunek kosztu cyklu życia (LCC) to analiza ekonomiczna biorąca pod uwagę koszty ponoszone w czasie cyklu życia produktu, usługi lub robót budowlanych. W Polsce stosowanie LCC w ramach postępowań przetargowych umożliwia ustawa stawa Prawo Zamówień Publicznych (Dz. U. z 2021 poz. 1129, z późn. zm.).

Artykuł 242 ust. 1 i 2 ustawy Prawo zamówień publicznych wskazuje, iż kryteriami oceny ofert są cena lub koszt albo cena lub koszt i inne kryteria jakościowe odnoszące się do przedmiotu zamówienia, w szczególności:

- 1) jakość, w tym parametry techniczne, właściwości estetyczne i funkcjonalne;
- 2) aspekty społeczne, w tym integracja zawodowa i społeczna osób,
- 3) aspekty środowiskowe, w tym efektywność energetyczna;
- 4) aspekty innowacyjne;
- 5) organizacja, kwalifikacje zawodowe i doświadczenie osób wyznaczonych do realizacji zamówienia, jeżeli mogą mieć znaczący wpływ na jakość wykonania zamówienia;
- 6) serwis posprzedażny oraz pomoc techniczna, warunki dostawy, takie jak termin dostawy, sposób dostawy oraz czas dostawy lub okres realizacji.

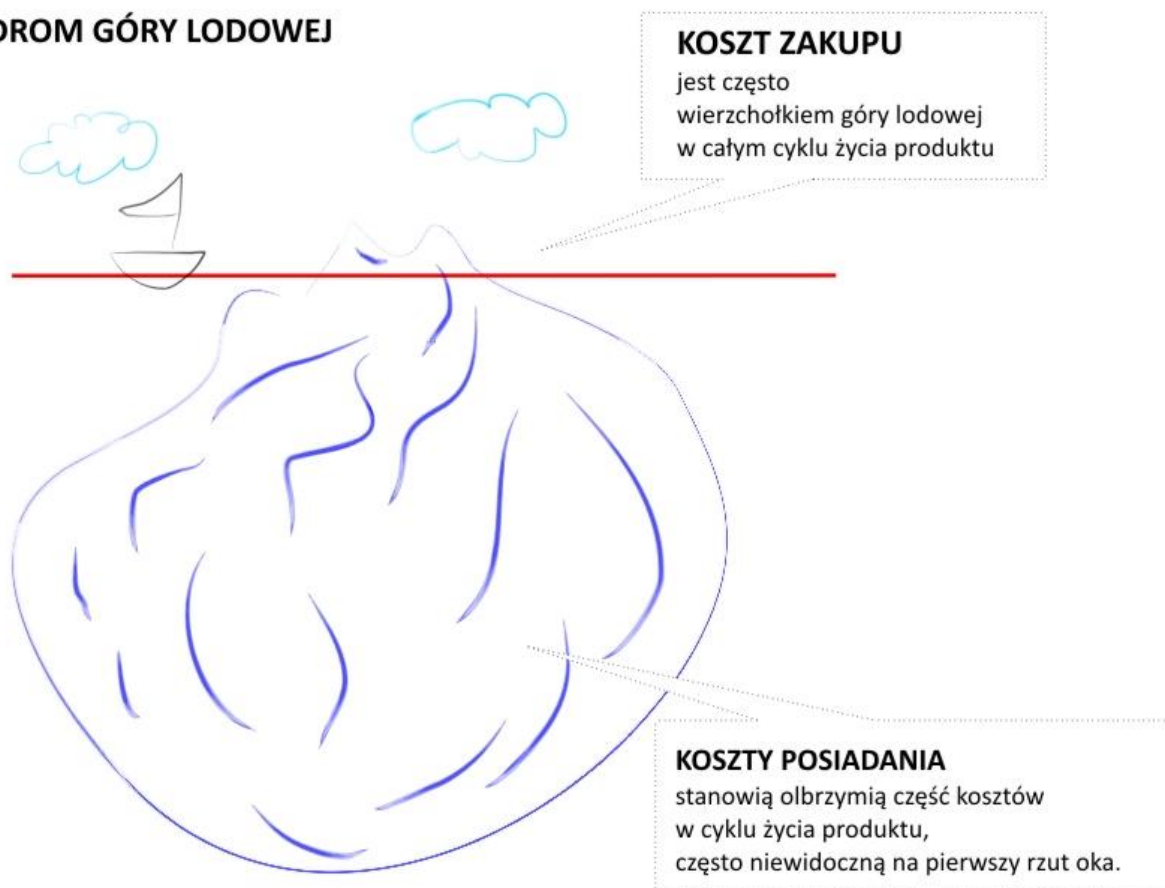
Wspomniane kryterium kosztu można określić z wykorzystaniem rachunku kosztu cyklu życia. Artykuł 245 ust. 3 ustawy Prawo zamówień publicznych określa jakie koszty taki rachunek może obejmować. Są to:

- a) Koszty ponoszone przez instytucję zamawiającą lub innych użytkowników:
 - Koszty związane z nabyciem;
 - Koszty użytkowania, np. zużycie energii i innych zasobów;
 - Koszty utrzymania;
 - Koszty związane z wycofaniem z eksploatacji, np. koszty zbiórki i recyklingu.
- b) Koszty przypisywane ekologicznym efektom zewnętrznym związane z cyklem życia produktu, usługi lub robót budowlanych dotyczące emisji gazów cieplarnianych i innych zanieczyszczeń oraz inne związane z łagodzeniem zmian klimatu, o ile ich wartość pieniężną można określić i zweryfikować.

Czym jest syndrom góry lodowej?

Wcześniej nabywcy podejmowali decyzję o zakupie w oparciu o kryteria krótkoterminowe, jakimi najczęściej była po prostu cena zakupu. Tego typu podejście jest porównywane do syndromu góry lodowej – rysunek poniżej. W takim przypadku zamawiający/inwestor/użytkownik zauważa jedynie koszty początkowe (czyli koszty zakupu będące wierzchołkiem góry lodowej), a koszty posiadania ponoszone w czasie użytkowania danego urządzenia (jak np. koszty energii, koszty konserwacji, zakupu części zamiennych bądź eksploatacyjnych) są pomijane lub niedoceniane.

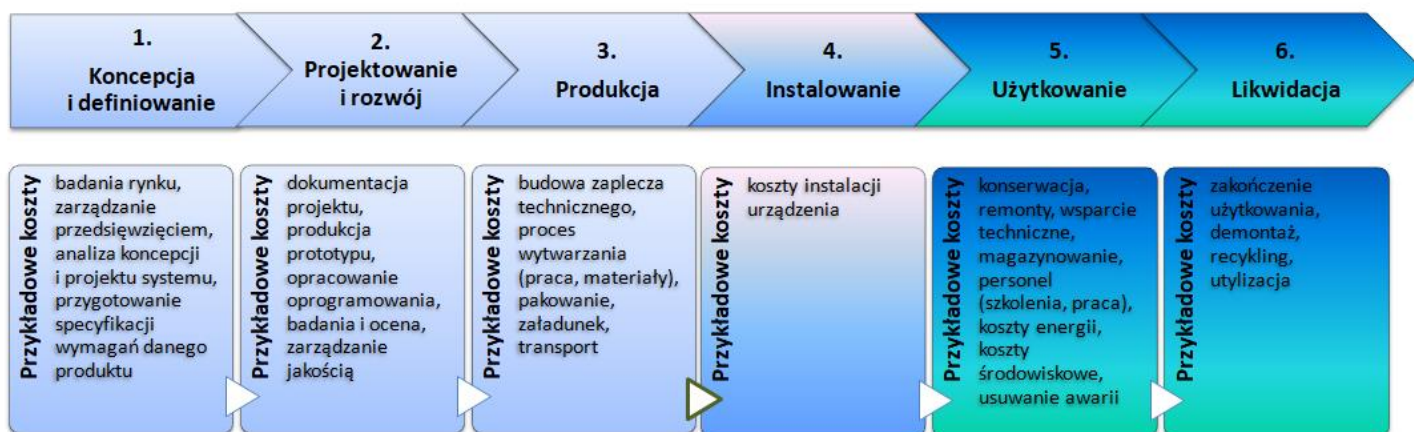
SYNDROM GÓRY LODOWEJ



Obecnie obserwuje się zmianę w podejściu. Rosnąca świadomość nabywców sprawia, że liczy się dla nich nie tylko cena zakupu, ale coraz częściej zwracają oni uwagę na takie parametry, jak: niezawodność, funkcjonalność, energooszczędność czy łatwość obsługi w całym cyklu życia (koszty posiadania).

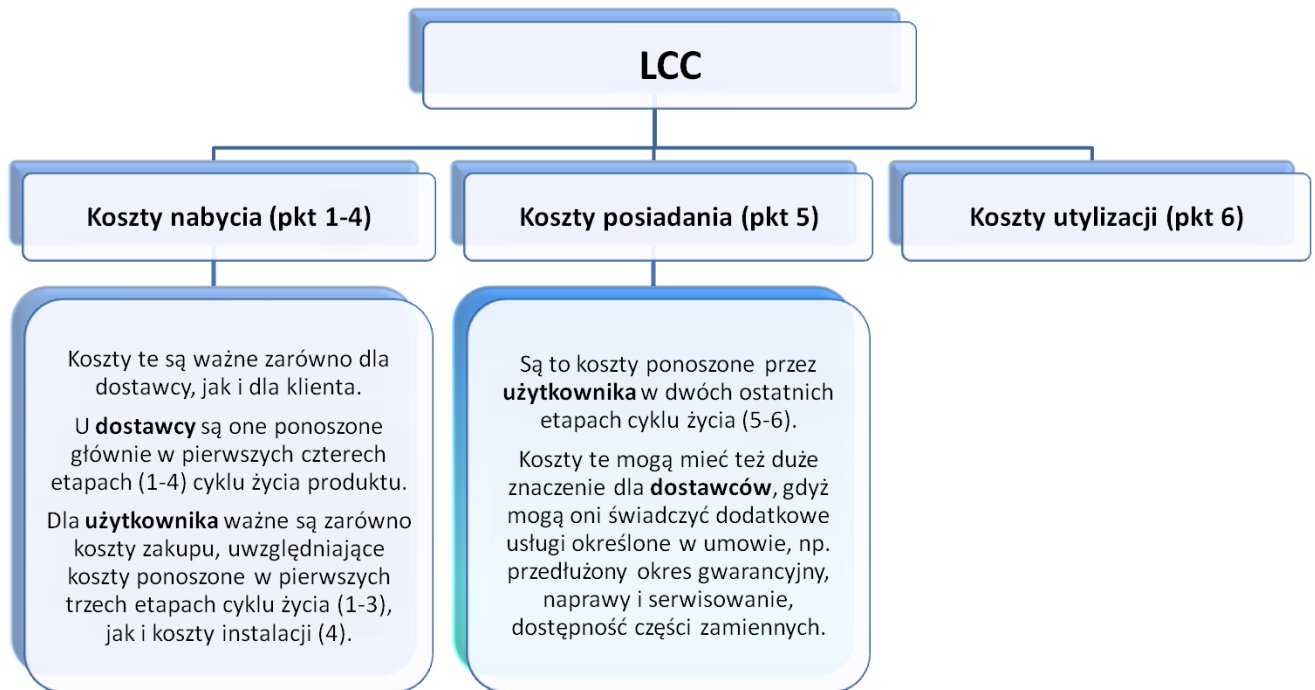
Etapy cyklu życia produktu

Duże znaczenie dla oszacowania kosztów cyklu życia LCC ma zrozumienie z jakich etapów składa się cykl życia produktu / usługi oraz jakie działania są podejmowane w poszczególnych fazach. Na poniższym wykresie przedstawiono sześć faz cyklu życia wraz z przykładowymi kosztami:



Suma kosztów ponoszonych we wszystkich sześciu fazach może zostać przedstawiona jako **koszty nabycia** (inaczej: CAPEX - CAPital EXpenditure, koszty kapitałowe) i **koszty posiadania** (inaczej: OPEX - OPERational EXpenditure, koszty operacyjne), czyli uproszczony wzór na LCC będzie mieć następującą postać:

$$\text{LCC} = \text{Koszt nabycia} + \text{Koszt posiadania} + \text{Koszt utylizacji}$$



Koszty nabycia są łatwe do identyfikacji. Najwięcej trudności sprawia określenie kosztów posiadania. To właśnie one stanowią często główny składnik analizy LCC.

Ważnym jest, aby przy planowaniu jakiegokolwiek inwestycji / przedsięwzięcia zdawać sobie sprawę z istnienia tych kosztów (nabycia i posiadania) i uwzględniać je przy podejmowaniu decyzji. Tylko wtedy będziemy mieć pełny obraz sytuacji i możliwa będzie rzetelna ocena czy planowana inwestycja jest opłacalna, czy raczej należy z niej zrezygnować.

Identyfikacja istotnych składników analizy LCC

Analiza LCC składa się z 6 podstawowych kroków:

1. Zdefiniowanie problemu

W tym punkcie należy zdefiniować problem oraz poczynić podstawowe założenia, takie jak: określenie horyzontu czasowego, określenie wariantów – np. utrzymanie obecnego systemu to wariant 0, wdrożenie nowego systemu to wariant 1, wariant 2, itd. Dodatkowo należy określić kryterium wedle którego zostanie dokonany wybór. W LCC najczęściej jest to najniższy koszt całkowity.

2. Określenie elementów kosztów

W tym punkcie należy przygotować zestawienie wszystkich potencjalnych składników kosztów, które znacząco różnią się między analizowanymi wariantami. Należy tutaj wziąć pod uwagę: koszty inwestycyjne – koszty nabycia (zakup + instalacja), koszty posiadania (koszty ponoszone w czasie eksploatacji urządzenia / korzystania z usługi) oraz koszty likwidacji (wycofania z użytkowania).

3. Przygotowanie modelu

Aby model był funkcjonalny nie może być skomplikowany, musi być łatwy do analizy, a także dawać możliwość jego szybkiej aktualizacji i modyfikacji. Poza tym musi uwzględniać charakterystyczne cechy analizowanego wyrobu / usługi (np. uwzględnienie środowiska użytkownika, harmonogramu pracy, kosztów obsługi).

4. Zabranie danych

Zebranie danych nie jest łatwe. Często są one trudne do zdobycia. Najczęściej bazuje się na danych historycznych, opiniach ekspertów, literaturze fachowej.

5. Przygotowanie profilu kosztów

Profil ten powinien uwzględniać parametry ekonomiczne, jak np. inflację, dyskontowanie, podatki, amortyzację.

6. Ocena wyników

Po wprowadzeniu wszystkich danych dokonywana jest analiza otrzymanych wyników i na tej podstawie następuje wybór najlepszego wariantu inwestycji.

2. Podstawowe wskaźniki finansowe wykorzystywane w analizie LCC

Aby sprawdzić czy dane przedsięwzięcie jest opłacalne można posłużyć się kilkoma wskaźnikami ekonomicznymi, których interpretacja daje możliwość porównania kilku rozwiązań projektowych i ostatecznie ułatwia podjęcie decyzji inwestycyjnej.

Aby prowadzić analizy kosztu cyklu życia LCC należy uwzględniać zmianę wartości pieniądza w czasie. Do tego celu służą metody dyskontowe i powiązana z nimi stopa dyskonta.

Stopa dyskonta jest wyrażana w procentach. Odzwierciedla ona zmianę wartości pieniądza w czasie poprzez określenie z jakiej części kapitału z przyszłości jesteśmy skłonni zrezygnować, aby zamienić go w środki bieżące, czyli takie, którymi możemy dysponować dzisiaj.

Stopę dyskonta można obliczyć samodzielnie ze wzoru:

$$i = \frac{FV - PV}{FV} * 100$$

gdzie:

FV – wartość pieniądza (kapitału) w przyszłości

PV – obecna wartość pieniądza (kapitału)

Można ją też określić w oparciu o stopę bazową publikowaną w Komunikacie Komisji Europejskiej w sprawie zmiany metody ustalania stóp referencyjnych i dyskontowych (2008/C 14/02)¹. Stopa ta stanowi podstawę do obliczenia stopy referencyjnej, która jest ustalana poprzez dodanie do opublikowanej stopy bazowej odpowiedniej marży określonej w w/w Komunikacie. W przypadku stosowania stopy referencyjnej

¹ [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:52008XC0119\(01\)&from=PL#ntc1-C_2008014PL.01000601-E0001](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:52008XC0119(01)&from=PL#ntc1-C_2008014PL.01000601-E0001)

jako stopy dyskontowej do obliczania wartości bieżących, do stopy bazowej należy dodać marżę 100 punktów bazowych.

Od 1 kwietnia 2022 roku stopa bazowa w Polsce utrzymuje się na poziomie 3,42%, a stopa dyskontowa na poziomie 4,42% (3,42% + 1 %)².

***Ważne!** Za nami kilka lat wyjątkowo niskich stóp procentowych. Od zeszłego roku Narodowy Bank Polski sukcesywnie je podnosi. Przykładowo w 2009 roku stopa dyskonta wynosiła 7,78%, a więc była prawie 2-krotnie wyższa niż teraz (4,42%).*

Przyjmowanie niskich stóp do oceny opłacalności inwestycji może sprawiać mylne wrażenie, że inwestycje te są wyjątkowo opłacalne. Tymczasem im wyższą stopę dyskonta przyjmiemy do analizy, tym bardziej będzie spadać jej rentowność.

Przykładowo porównując 5-letnią inwestycję z nakładami wynoszącymi 21 000 zł i oszczędnościami na poziomie 5 000 zł rocznie otrzymujemy NPV (więcej o NPV w dalszej części rozdziału):

A	B	C	D
	Wynik dla stopy dyskonta wynoszącej		
	4,42%	5,00%	7,78%
0 -	21 000,00 zł -	21 000,00 zł -	21 000,00 zł
1	5 000,00 zł	5 000,00 zł	5 000,00 zł
2	5 000,00 zł	5 000,00 zł	5 000,00 zł
3	5 000,00 zł	5 000,00 zł	5 000,00 zł
4	5 000,00 zł	5 000,00 zł	5 000,00 zł
5	5 000,00 zł	5 000,00 zł	5 000,00 zł
NPV	998,90 zł	647,38 zł	-920,16 zł

A zatem, przyjmując do analizy niższą stopę dyskonta inwestycja jest opłacalna, gdyż NPV jest większe od 0. Z kolei przyjmując wyższą stopę NPV jest mniejsze od 0, a więc inwestycja jest nieopłacalna i należy z niej zrezygnować.

Ze stopą dyskonta powiązane jest **dyskontowanie**. Podobnie jak stopa dyskonta uwzględnia ono zmiany wartości pieniądza w czasie i umożliwia przeliczenie wartości kapitału z przyszłości na jego wartość obecną. Najpopularniejszą metodą dyskontowania jest obliczenie **wartości bieżącej (PV)** według poniższego wzoru:

$$PV = \frac{FV}{(1 + i)^n}$$

gdzie:

FV – wartość pieniądza w przyszłości

i – stopa dyskonta

n – lata eksploatacji

² źródło: https://www.uokik.gov.pl/stopa_referencyjna_i_archiwum.php

Przykład obliczeń PV. Najprostszym sposobem przedstawienia liczenia wartości bieżącej (PV) są usługi bankowe. Przykładowo za 5 lat klient banku chciałby wypłacić kapitał wysokości 50 000 zł z lokaty oprocentowanej na 5% w skali roku. Ile musi wpłacić kapitału do banku teraz, czyli jaka jest wartość tego kapitału obecnie? Aby to policzyć skorzystamy z powyższego wzoru.

$$\text{Wartość bieżąca kapitału wynosi: } PV = \frac{FV}{(1+i)^n} = \frac{50000}{(1+5\%)^5} = \frac{50000}{1,276} = 39184,95\text{zł}$$

Aby za 5 lat wyjść z banku 50 000 zł, klient musi wpłacić dzisiaj 39 184,95 zł.

W analizach rachunku kosztu cyklu życia LCC najczęściej wykorzystywane są dynamiczne metody oceny projektów inwestycyjnych, takie jak:

- Bieżąca wartość netto przyszłych przepływów pieniądza – NPV
- Wewnętrzna stopa zwrotu – IRR
- Zdyskontowany (dynamiczny) czas zwrotu nakładów – DPBT.

Bieżąca wartość netto przyszłych przepływów pieniądza – NPV (*Net Present Value*) służy do oceny opłacalności inwestycji i jest najskuteczniejszym sposobem sprawdzenia która z analizowanych opcji jest najkorzystniejsza. Wskaźnik ten wyraża wartość przepływów finansowych w przyszłości wyrażoną w dzisiejszych pieniądzech. W obliczeniach uwzględnia się: koszt inwestycyjny / nabycia, oszczędności / zyski w całym okresie użytkowania, stopę dyskonta, wartość pieniądza w czasie (dyskontowanie).

Wartość NPV wyliczamy z poniższego wzoru, który uwzględnia sumę zdyskontowanych przepływów pieniężnych z inwestycji i wartość nakładów początkowych.

$$NPV = \sum_{n=1}^T \frac{P_p}{(1+i)^n} + K_z$$

gdzie:

T – liczba okresów, w których występują przepływy pieniężne

n – lata eksploatacji

P_p – przepływy pieniężne

i – stopa dyskonta

K_z – początkowy nakład inwestycyjny, koszt nabycia (rok 0)

Otrzymane wyniki interpretujemy w następujący sposób:

- NPV<0 - inwestycja jest nieopłacalna,
- NPV=0 - inwestycja jest na granicy opłacalności,
- NPV>0 - inwestycja jest opłacalna (im wyższa wartość powyżej 0, tym bardziej opłacalna jest inwestycja).

Przykład obliczeń NPV. Inwestor planuje przeprowadzenie 5-letniej inwestycji, która będzie źródłem przepływów pieniężnych na poziomie 5 000 zł, 10 000 zł, 15 000 zł, 20 000 zł i 25 000 zł, a jej nakłady początkowe (koszty nabycia) wyniosą 50 000 zł. Stopę dyskonta przyjęto na poziomie 5%. Czy taka inwestycja jest opłacalna? Aby to sprawdzić korzystamy ze wzoru na wyliczenie NPV:

$$NPV = \sum_{n=1}^T \frac{P_P}{(1+i)^n} + K_Z =$$

$$= \frac{5000}{(1+0,05)^1} + \frac{10000}{(1+0,05)^2} + \frac{15000}{(1+0,05)^3} + \frac{20000}{(1+0,05)^4} + \frac{25000}{(1+0,05)^5} + (-50000) =$$

$$= \frac{5000}{1,05} + \frac{10000}{1,1025} + \frac{15000}{1,1576} + \frac{20000}{1,2155} + \frac{25000}{1,2763} + (-50000) =$$

$$= 4761,90 + 9070,29 + 12957,56 + 16454,05 + 19588,15 - 50000 =$$

$$= 62831,95 - 50000 = 12831,95\text{zł}$$

Inwestycja jest opłacalna, gdyż NPV jest większe od 0.

Wartość NPV można też wyliczyć z wykorzystaniem wbudowanej funkcji arkusza kalkulacyjnego Microsoft Excel. Formuła NPV dostępna jest w opcjach „Formuły / Wstaw funkcje”, kategoria: „Funkcje finansowe”, i wygląda w następujący sposób: NPV(stopa;wartość1;[wartość2];...).

Następnym wskaźnikiem jest **wewnętrzna stopa zwrotu – IRR (*Internal Rate of Return*)**, wyrażana w procentach, pozostająca w ścisłym związku z funkcją NPV. We wcześniejszym przykładzie zaprezentowano NPV, która pozwala na sprawdzenie czy realizacja danego przedsięwzięcia jest opłacalna dla pewnej stopy procentowej. Samo NPV jednak często nie wystarcza, a inwestorzy są zainteresowani jaką stopę zwrotu mogą uzyskać z danej inwestycji (rentowność). IRR jest więc taką wartością stopy zwrotu, dla której NPV projektu jest równe 0, czyli jest to sytuacja w której zdyskontowane przepływy pieniężne będą równe poniesionym nakładom inwestycyjnym.

Projekt jest opłacalny jeżeli IRR jest większe od kosztu kapitału.

Wartość IRR można wyliczyć z następującego wzoru:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1 * (i_2 - i_1)}{NPV_1 + |NPV_2|}$$

gdzie:

i_1 , – stopa dyskontowa, dla której nasze NPV jest dodatnie i bliskie zeru

i_2 – stopa dyskontowa, dla której nasze NPV jest ujemne i bliskie zeru

NPV_1 , - NPV dla i_1 (dodatnie)

NPV_2 – NPV dla i_2 (ujemne)

Ręczne wyliczenie IRR jest procesem pracochłonnym. Aby tego dokonać należy dokonać wielokrotnych wyliczeń NPV dla założonej stopy zwrotu. Obliczenia prowadzi się tak długo, aż znalezione zostaną wartości NPV, które:

- są bliskie 0 i nadal są dodatnie
- są bliskie 0 i nadal są ujemne.

Takie wartości NPV oraz odpowiadające im stopy dyskontowe podstawiamy do powyższego wzoru.

Przykład obliczeń IRR – metoda manualna.

Inwestor planuje przeprowadzenie 5-letniej inwestycji, która będzie źródłem przepływów pieniężnych na poziomie 5 000 zł, 10 000 zł, 15 000 zł, 20 000 zł i 25 000 zł, a jej nakłady początkowe wyniosą 50 000 zł. Stopa dyskonta wynosi 5%. Jaka jest stopa zwrotu IRR?

Aby to sprawdzić korzystamy ze wzoru na wyliczenie NPV: $NPV = \sum_{n=1}^T \frac{P_n}{(1+i)^n} + K_Z$

Do wzoru podstawiamy tak długo różne stopy procentowe, aż uzyskamy wynik ujemny i dodatni zbliżony do 0. (Ważne: różnica między sprawdzanymi stopami procentowymi powinna wynosić jeden punkt procentowy. Jeśli tego nie dopilnujemy otrzymany wynik IRR będzie obarczony coraz większym błędem). W naszym przypadku jest to 12% i 13%, gdzie:

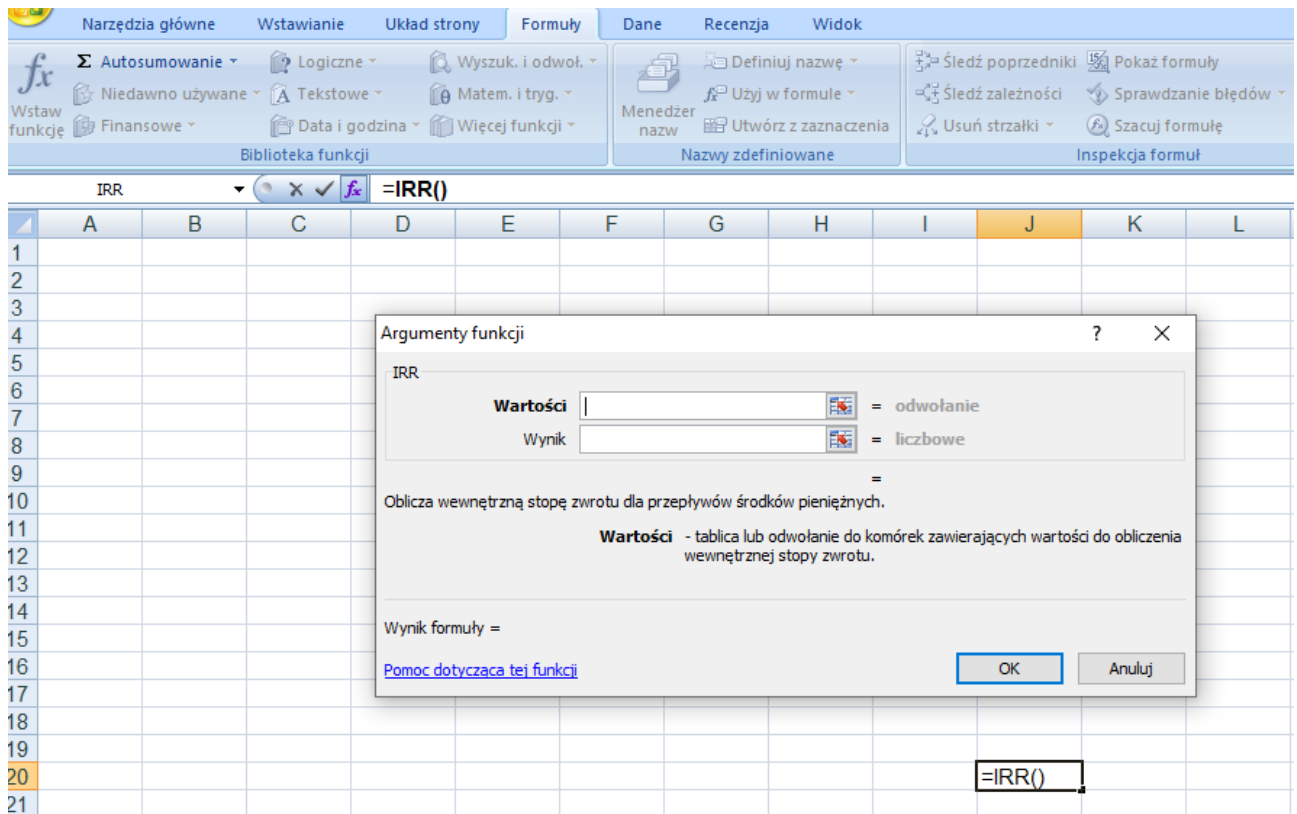
- NPV dla 12% wynosi 8,96 zł
- NPV dla 13% wynosi -1512,63 zł

Znając te wartości możemy skorzystać ze wzoru na IRR:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1 * (i_2 - i_1)}{NPV_1 + |NPV_2|} = 12\% + \frac{8,96 * (13\% - 12\%)}{8,96 + |-1512,63|} = 12\% + \frac{8,96 * 1\%}{1521,59} = 12\% + 0,01 = 12,01\%$$

Współczynnik IRR wyniósł 12,01%. Oznacza to, że jeżeli koszt kapitału będzie mniejszy niż otrzymane IRR projekt jest opłacalny.

Współczynnik IRR można też wyliczyć z wykorzystaniem wbudowanej funkcji arkusza kalkulacyjnego Microsoft Excel. Formuła IRR dostępna jest w opcjach „Formuły / Wstaw funkcje”, kategoria: „Funkcje finansowe”, i wygląda w następujący sposób: =IRR(wartości;[wynik]).



Jest to najprostsza i najszybsza metoda wyznaczenia IRR, z pominięciem żmudnych, ręcznych wyliczeń NPV dla zadanych stóp dyskontowych:

Przykład obliczeń IRR – arkusz kalkulacyjny.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Lata	0	1	2	3	4	5
2		Inwestycja					
3	Przepływy pieniężne	- 50 000,00 zł	5 000,00 zł	10 000,00 zł	15 000,00 zł	20 000,00 zł	25 000,00 zł
4							
5		stopa dyskonta	NPV	formuła			
6	NPV dla i = 1%	1%	22 318,56 zł	=NPV(B6;\$C\$3;\$D\$3;\$E\$3;\$F\$3;\$G\$3)+\$B\$3			
7	NPV dla i = 2%	2%	19 768,66 zł	=NPV(B7;\$C\$3;\$D\$3;\$E\$3;\$F\$3;\$G\$3)+\$B\$3			
8	NPV dla i = 3%	3%	17 342,41 zł	=NPV(B8;\$C\$3;\$D\$3;\$E\$3;\$F\$3;\$G\$3)+\$B\$3			
9	NPV dla i = 4%	4%	15 032,46 zł	=NPV(B9;\$C\$3;\$D\$3;\$E\$3;\$F\$3;\$G\$3)+\$B\$3			
10	NPV dla i = 5%	5%	12 831,97 zł	=NPV(B10;\$C\$3;\$D\$3;\$E\$3;\$F\$3;\$G\$3)+\$B\$3			
11	NPV dla i = 6%	6%	10 734,56 zł	=NPV(B11;\$C\$3;\$D\$3;\$E\$3;\$F\$3;\$G\$3)+\$B\$3			
12	NPV dla i = 7%	7%	8 734,31 zł	=NPV(B12;\$C\$3;\$D\$3;\$E\$3;\$F\$3;\$G\$3)+\$B\$3			
13	NPV dla i = 8%	8%	6 825,68 zł	=NPV(B13;\$C\$3;\$D\$3;\$E\$3;\$F\$3;\$G\$3)+\$B\$3			
14	NPV dla i = 9%	9%	5 003,50 zł	=NPV(B14;\$C\$3;\$D\$3;\$E\$3;\$F\$3;\$G\$3)+\$B\$3			
15	NPV dla i = 10%	10%	3 262,94 zł	=NPV(B15;\$C\$3;\$D\$3;\$E\$3;\$F\$3;\$G\$3)+\$B\$3			
16	NPV dla i = 11%	11%	1 599,50 zł	=NPV(B16;\$C\$3;\$D\$3;\$E\$3;\$F\$3;\$G\$3)+\$B\$3			
17	NPV dla i = 12%	12%	8,96 zł	=NPV(B17;\$C\$3;\$D\$3;\$E\$3;\$F\$3;\$G\$3)+\$B\$3			
18	NPV dla i = 13%	13%	-1 512,63 zł	=NPV(B18;\$C\$3;\$D\$3;\$E\$3;\$F\$3;\$G\$3)+\$B\$3			
19	NPV dla i = 15%	14%	-2 968,96 zł	=NPV(B19;\$C\$3;\$D\$3;\$E\$3;\$F\$3;\$G\$3)+\$B\$3			
20	NPV dla i = 14%	15%	-4 363,51 zł	=NPV(B20;\$C\$3;\$D\$3;\$E\$3;\$F\$3;\$G\$3)+\$B\$3			
21							
22	IRR	12,01%		=IRR(B3:G3)			

Ostatnim wskaźnikiem wykorzystywanym do oceny projektów inwestycyjnych jest **zdyskontowany czas zwrotu nakładów – DPBT (Dynamic Pay Back Time)**. Jest on wyrażany w latach i służy do wyznaczenia takiego momentu na osi czasu, w którym poniesione nakłady zostaną pokryte przez zdyskontowane przepływy pieniężne. Oznacza to, że od nakładów inwestycyjnych (kosztu początkowego) należy odejmować roczne koszty zdyskontowane tak długo, aż otrzymamy wynik 0.

Zdyskontowany czas zwrotu obliczany jest według następującego wzoru:

$$DPBT = \frac{\ln \frac{1}{1 - \frac{|K_0|}{Wro} * i}}{\ln(1 + i)}$$

gdzie:

ln – logarytm naturalny

K₀ – początkowy nakład inwestycyjny (rok 0)

i – stopa dyskonta

Wro – wartość niezdykontowanych rocznych oszczędności

Przykład obliczeń DPBT. Inwestor planuje przeprowadzenie 5-letniej inwestycji, która będzie źródłem przepływów pieniężnych na poziomie 5 000 zł, 10 000 zł, 15 000 zł, 20 000 zł i 25 000 zł, a jej nakłady początkowe wyniosą 50 000 zł. Stopa dyskonta wynosi 5%. Ile wynosi zdyskontowany czas zwrotu nakładów DPBT?

Aby to sprawdzić korzystamy ze wzoru na wyliczenie DPBT: $DPBT = \frac{\ln \frac{1}{1 - \frac{|K_0|}{Wro} * i}}{\ln(1+i)}$

Mamy wszystkie składowe wzoru, poza Wro (wartość niezdyktowanych rocznych oszczędności), którą należy wyliczyć ze zwykłej średniej arytmetycznej przepływów pieniężnych:

$$Wro = (5\ 000 + 10\ 000 + 15\ 000 + 20\ 000 + 25\ 000) / 5 = 15\ 000$$

$$\begin{aligned} DPBT &= \frac{\ln \frac{1}{1 - \frac{|K_0|}{Wro} * i}}{\ln(1+i)} = \frac{\ln \frac{1}{1 - \frac{|-50000|}{15000} * 0,05}}{\ln(1+0,05)} = \frac{\ln \frac{1}{1 - (3,33 * 0,05)}}{\ln(1+0,05)} = \\ &= \frac{\ln \frac{1}{0,8335}}{\ln(1+0,05)} = \frac{0,1821}{0,0487} = 3,74 \end{aligned}$$

Zdyktowany czas zwrotu nakładów DPBT wynosi 3,74 lat.

Do zobrazowania możliwości wykorzystania trzech omówionych wcześniej wskaźników ekonomicznych (NPV, IRR, DPBT) przedstawiono przykład modernizacji oświetlenia wewnętrznego – wymiana starego oświetlenia żarowego (Wariant 0) na energooszczędne oświetlenie LED (Wariant 1, Wariant 2). Porównano ze sobą dwa warianty inwestycji proponowane przez oferentów. Koszt inwestycji różni się o 5 tys. zł, natomiast różnice są w możliwych do uzyskania oszczędnościach po przeprowadzonej inwestycji:

	A	B	C	D
1		Wariant 0		
2		- stan istniejący	Wariant 1	Wariant 2
3	Stopa dyskonta (i):		4,42%	4,42%
4	Czas życia inwestycji w latach (n)		10	10
5				
6	Zużycie energii, kWh/rok	52 000,00	12 000,00	15 000,00
7	Koszt energii, zł/kWh	0,77 zł	0,77 zł	0,77 zł
8	Koszt za zużycie energii, zł/rok	40 040,00 zł	9 240,00 zł	11 550,00 zł
9				
10	Rok 0 - nakład inwestycyjny		- 120 000,00 zł	- 115 000,00 zł
11	Oszczędności w poszczególnych latach			
12	rok 1		30 800,00 zł	28 490,00 zł
13	rok 2		30 800,00 zł	28 490,00 zł
14	rok 3		30 800,00 zł	28 490,00 zł
15	rok 4		30 800,00 zł	28 490,00 zł
16	rok 5		30 800,00 zł	28 490,00 zł
17	rok 6		30 800,00 zł	28 490,00 zł
18	rok 7		30 800,00 zł	28 490,00 zł
19	rok 8		30 800,00 zł	28 490,00 zł
20	rok 9		30 800,00 zł	28 490,00 zł
21	rok 10		30 800,00 zł	28 490,00 zł
22	Średnioroczne oszczędności		30 800,00 zł	28 490,00 zł
23				
24	Bieżąca wartość netto przyszłych przepływów pieniądza – NPV	nie dotyczy	124 673,18 zł	111 322,70 zł
25	Zdyskontowany czas zwrotu nakładów – DPBT, w latach	nie dotyczy	4,37	4,54
26	Wewnętrzna stopa zwrotu – IRR	nie dotyczy	22%	21%
27				

Wariant 1 jest bardziej opłacalny do realizacji niż Wariant 2, pomimo minimalnie wyższych nakładów początkowych. NPV jest większe o ponad 13 tys. zł, minimalnie szybciej nastąpi również zwrot z inwestycji – po 4,3 roku.

3. Metody obliczania LCC

Wybór odpowiedniej metody obliczania LCC zależy od wielkości i stopnia złożoności konkretnej inwestycji. W zależności od potrzeb analizę LCC można przeprowadzić na dwa sposoby:

- 1) **Metodą prostą** – jest ona wykorzystywana do przeprowadzenia prostych porównań. Nie uwzględnia jednak zmiany wartości pieniądza w czasie (brak dyskontowania) czy zmian ceny energii, co może dodatkowo przyczynić się do wzrostu opłacalności inwestycji.
- 2) **Metodą złożoną** – obejmuje analizę zdyskontowanych przepływów pieniężnych w okresie od zakupu do odstawienia urządzenia z użytkowania łącząc różne elementy kosztów, takie jak energia, utrzymanie, naprawy, przeglądy, demontaż końcowy itp.

Metoda liczenia LCC

Prosta

$$LCC = \text{Koszt}_{\text{nabycia}} + \text{Koszt}_{\text{posiadania}} + \text{Koszt}_{\text{likwidacji}}$$

gdzie:

Koszt nabycia = koszt inwestycji

Koszt posiadania = (przykładowo) koszt instalacji + koszt energii + koszt konserwacji i napraw + koszt przerw w eksploatacji i strat produkcyjnych + ewent. koszt ochrony środowiska ponoszony w trakcie użytkowania (np. utylizacja zużytych części, opłaty środowiskowe)

Koszt likwidacji = koszt wycofania z użytkowania (np. utylizacji, ewent. rekultywacji)

Złożona

Przy założeniu zmienności cen

$$LCC = K_N + \sum_{n=1}^T \frac{K_P}{(1+i)^n}$$

gdzie:

K_N – koszty nabycia

K_P – koszty posiadania (np. koszty energii)

i – stopa dyskonta

n – lata eksploatacji

T – długość rozpatrywanego okresu

Przy założeniu, że ceny są stałe w okresie życia

$$LCC = K_N + \frac{K_P}{CRF}$$

gdzie:

K_N – koszty nabycia

K_P – koszty posiadania (np. koszty energii)

CRF – współczynnik odzysku kapitału

Jedynym parametrem, który musimy wyliczyć jest współczynnik odzysku kapitału CRF :

$$CRF = \frac{i}{1 - (1+i)^{-n}}$$

gdzie:

i – stopa dyskonta

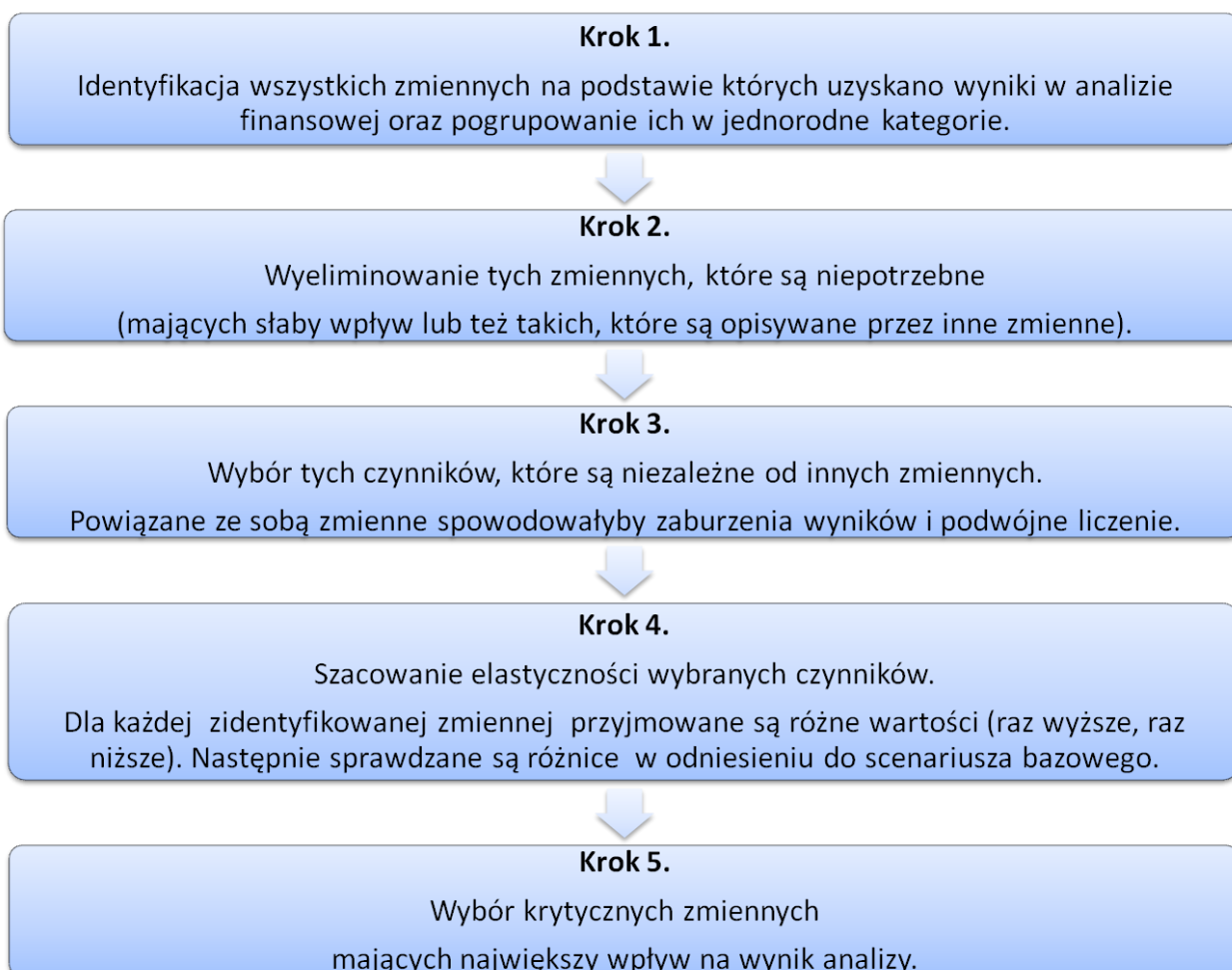
n – lata eksploatacji

4. Niepewność i ryzyko

Wykorzystanie metody szacowania kosztów cyklu życia LCC może okazać się pomocne w procesie podejmowania decyzji inwestycyjnych. Metodologia ta ma jednak pewne ograniczenia, których istnienia należy być świadomym. Przede wszystkim szacowanie kosztów cyklu życia LCC nie jest metodologią ścisłą, co oznacza, że analiza przeprowadzana przez różne osoby może dać różne wyniki. Drugim problemem na jaki można napotkać to trudności z pozyskaniem danych, dlatego stosowanie metodologii LCC wymaga współpracy ekspertów z różnych dziedzin. Trzeba się też liczyć z tym, że rzetelność danych może zostać zakwestionowana. Przykładowo dane historyczne (jak np. raporty z awarii, konserwacji, czasu pracy) mogą być mało szczegółowe lub niesystematycznie rejestrowane, a wypowiedzi ekspertów mogą być zbyt optymistyczne lub zbyt pesymistyczne. Dlatego też należy pamiętać, że otrzymywane wyniki LCC są tylko szacunkami, a mierzenie dokładności błędów utrudniają duże wariancje statystyczne.

W celu zmniejszenia niepewności i ryzyka, wielu ekspertów włącza do LCC analizę wrażliwości. Dzięki temu możliwe jest sprawdzenie, jak bardzo zmiany poszczególnych parametrów przyjętych do analizy, wpływają na opłacalność inwestycji. Takiej analizie poddawana jest tylko jedna zmienna (np. cena za oferowane usługi, stawki godzinowe pracowników, koszty kluczowych materiałów, dane makroekonomiczne), podczas gdy inne parametry pozostają na niezmiennym poziomie. Za zmienne krytyczne zaleca się uznanie tych zmiennych, dla których zmiana wartości o zaledwie +/- 1% w stosunku do scenariusza bazowego, spowoduje zmianę przekraczającą 1% wartości bieżącej netto.

Etapy sporządzania analizy wrażliwości są następujące:



Najbardziej użyteczny sposób prezentacji wyników analizy wrażliwości polega na przedstawieniu ich w formie wartości rozkładu prawdopodobieństwa.

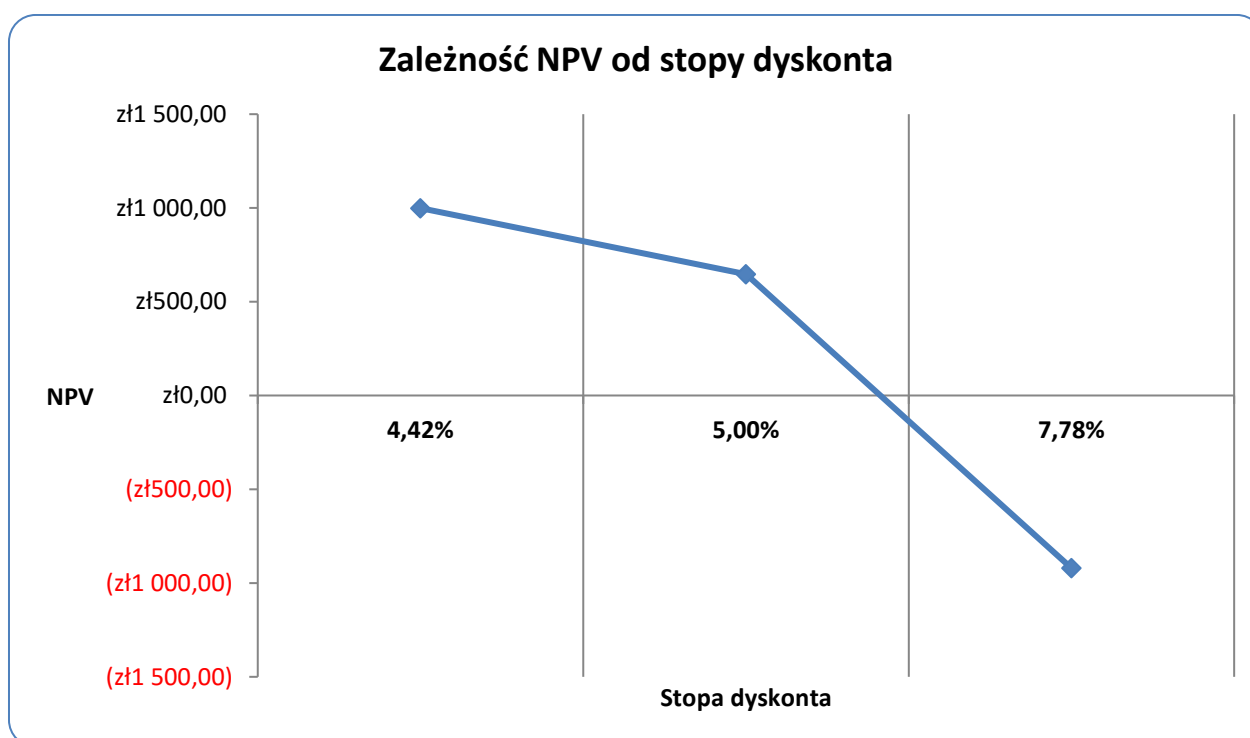
Przykład analizy wrażliwości. Przeprowadź analizę wrażliwości dla opłacalności 5-letniej inwestycji z nakładami wynoszącymi 21 000 zł i oszczędnościami na poziomie 5 000 zł w zależności od różnych stóp dyskonta (4,42% - stopa dyskonta obowiązująca na dzień 01.04.2022; 5% oraz 7,78% - stopa dyskonta z 2009 r.).

Aby to sprawdzić obliczono wskaźnik NPV dla zadanych stóp:

Przykładowo porównując 5-letnią inwestycję z nakładami wynoszącymi 21 000 zł i oszczędnościami na poziomie 5 000 zł rocznie otrzymujemy NPV:



A	B	C	D
Wynik dla stopy dyskonta wynoszącej			
	4,42%	5,00%	7,78%
0 -	21 000,00 zł	- 21 000,00 zł	- 21 000,00 zł
1	5 000,00 zł	5 000,00 zł	5 000,00 zł
2	5 000,00 zł	5 000,00 zł	5 000,00 zł
3	5 000,00 zł	5 000,00 zł	5 000,00 zł
4	5 000,00 zł	5 000,00 zł	5 000,00 zł
5	5 000,00 zł	5 000,00 zł	5 000,00 zł
NPV	998,90 zł	647,38 zł	-920,16 zł



Przeprowadzona analiza wrażliwości pokazuje nam, że im większa stopa dyskonta przyjęta do analizy tym większe ryzyko dla planowanej inwestycji, która przy stopie dyskonta wynoszącej 7,78% staje się nieopłacalna, gdyż NPV jest niższe od 0.

5. Metodologia obliczania kosztów cyklu życia produktu

W tym rozdziale zostaną przedstawione sposoby wykorzystania obliczeń LCC dla dwóch grup produktowych:

1. biurowy sprzęt komputerowy (komputer, monitor, drukarka, urządzenie wielofunkcyjne);

2. oraz wyposażenie budynków (kocioł grzewczy, elektryczny podgrzewacz do wody, oświetlenie wewnętrzne, klimatyzator, pralka).

Każdy z przykładów zawiera wyjaśnienie w jaki sposób dokonać samodzielnych obliczeń.

Wszystkie przykłady są poglądowe i służą jedynie zaprezentowaniu sposobu liczenia LCC oraz uwzględniają przykładowe koszty, które mogą zostać uwzględnione w takiej analizie. Koszty energii przyjęto na 2022 rok i wynoszą 0,77 zł/kWh. Dla ułatwienia analizy nie uwzględniono kosztów utylizacji urządzeń. Wszystkie przykłady zostały obliczone z wykorzystaniem wzoru:

$$LCC = K_N + \sum_{n=1}^T \frac{K_P}{(1+i)^n}$$

K_N – koszty nabycia

K_P – koszty posiadania (np. koszty energii)

i – stopa dyskonta

n – lata eksploatacji

T – długość rozpatrywanego okresu

5.1. Biurowy sprzęt komputerowy – komputer

W niniejszym przykładzie analizy LCC przeanalizowano ofertę zakupu komputera stacjonarnego typu desktop/tower, bez monitora, o następujących parametrach:

Wariant A

- Intel Celeron (4 rdzenie, od 1.50 GHz do 2.30 GHz)
- Grafika zintegrowana Intel HD Graphics
- Pamięć RAM: 8 GB
- Dysk magnetyczny SATA 7200 obr.

Wariant B

- Intel Core i5 (4 rdzenie, od 2.40 GHz do 3.10 GHz)
- Grafika zintegrowana Intel HD Graphics
- Pamięć RAM: 8 GB
- Dysk magnetyczny SATA 7200 obr.

Jeden z komputerów ma mocniejszy procesor. Założono pracę komputera w warunkach biurowych: 10 godzin/dobę/5dni w tygodniu, 60% czasu pracy zajmują programy biurowe, a 40% CAD i przetwarzanie grafiki.

Dodatkowo w kosztach użytkowania uwzględniono koszty konserwacji układu chłodzenia oraz koszty serwisu technicznego (może to być zryczałtowany koszt pracy informatyka przewidzianej na 1 szt. komputera).

Założenia przyjęte do analizy LCC:

- Koszt energii elektrycznej: 0,77 zł/kWh
- Czas analizy: 5 lat (n)
- Stopa dyskonta: 4,42% (i)

		Wariant A	Wariant B
1. Koszty nabycia			
Koszt zakupu [zł]	K_Z	2 200,00 zł	2 900,00 zł
Koszty instalacyjne [zł]	K_I	- zł	- zł
Koszty nabycia razem [zł]	$K_N = K_Z + K_I$	2 200,00 zł	2 900,00 zł
2. Koszty posiadania			
Użytkowanie			
Składnik 1 - konserwacja układu chłodzenia [zł/rok]	K_{U1}	50,00 zł	50,00 zł
Składnik 2 - serwis techn./koszt ryczałtowy [zł/rok]	K_{U2}	100,00 zł	100,00 zł
Składnik 3 - [zł/rok]	K_{U3}	- zł	- zł
Koszty użytkowania razem [zł/rok]	$K_U = K_{U1} + K_{U2} + K_{U3}$	150,00 zł	150,00 zł
Media			
Energia elektryczna			
Ilość medium 1 [kWh/rok]	I_{ME1}	160	230
Cena medium 1 [zł/kWh]	C_{ME1}	0,77 zł	0,77 zł
Koszty medium 1 [zł/rok]	$K_{ME1} = I_{ME1} * C_{ME1}$	123,20 zł	177,10 zł
Woda			
Ilość medium 2 [litr/rok]	I_{ME2}		
Cena medium 2 [zł/litr]	C_{ME2}	- zł	- zł
Koszty medium 2 [zł/rok]	$K_{ME2} = I_{ME2} * C_{ME2}$	- zł	- zł
Gaz ziemny			
Ilość medium 3 [m ³ /rok]	I_{ME3}		
Cena medium 3 [zł/m ³]	C_{ME3}	- zł	- zł
Koszty medium 3 [zł/rok]	$K_{ME3} = I_{ME3} * C_{ME3}$	- zł	- zł
Razem koszty mediów [zł/rok]	$K_{ME} = K_{ME1} + K_{ME2} + K_{ME3}$	123,20 zł	177,10 zł
Roczny wzrost cen mediów [%/rok]	<i>Wzrost ceny mediów w każdym roku użytkowania</i>	0,0%	0,0%
Koszty posiadania razem [zł/rok]	$K_P = K_U + K_{ME}$	273,20 zł	327,10 zł
3. LCC [zł/5 lat]	$LCC = K_N + \sum K_P / (1+i)^n$	3 402,02 zł	4 339,17 zł
Udział kosztów nabycia [% w okresie 5 lat]	K_N / LCC	64,7%	66,8%
Udział kosztów posiadania [% w okresie 5 lat]	$\sum K_P / LCC$	35,3%	33,2%

Analiza LCC wykazała, że w przypadku komputera głównym składnikiem kosztów ponoszonych w czasie jego użytkowania jest koszt nabycia (w obu przypadkach w okolicy 65%). Koszty posiadania stanowią ok. 35% całości kosztów ponoszonych w cyklu życia komputera.

5.2. Biurowy sprzęt komputerowy – monitor

W niniejszym przykładzie analizy LCC przeanalizowano ofertę zakupu monitora o następujących parametrach:

- Przekątna ekranu: 22 cale
- Rozdzielczość ekranu: 1920 x 1080
- Sygnał wejściowy: DisplayPort, DVI, VGA
- Jasność: 250 cd/m²
- Kontrast: 12 mln:1

Założenia przyjęte do analizy LCC:

- Koszt energii elektrycznej: 0,77 zł/kWh
- Czas analizy: 5 lat (n)
- Stopa dyskonta: 4,42% (i)

Zużycie energii przyjęto na poziomie: 20 i 22 kWh/rok.

W przypadku monitora do analizy LCC przyjęto jedynie koszt zakupu oraz koszt zużytej energii jako koszty posiadania.

		Wariant A	Wariant B
1. Koszty nabycia			
Koszt zakupu [zł]	K_Z	700,00 zł	900,00 zł
Koszty instalacyjne [zł]	K_I	- zł	- zł
Koszty nabycia razem [zł]	$K_N = K_Z + K_I$	700,00 zł	900,00 zł
2. Koszty posiadania			
Użytkowanie			
Składnik 1 - [zł/rok]	K_{U1}	- zł	- zł
Składnik 2 - [zł/rok]	K_{U2}	- zł	- zł
Składnik 3 - [zł/rok]	K_{U3}	- zł	- zł
Koszty użytkowania razem [zł/rok]	$K_U = K_{U1} + K_{U2} + K_{U3}$	- zł	- zł
Media			
Energia elektryczna			
Ilość medium 1 [kWh/rok]	I_{ME1}	22	20
Cena medium 1 [zł/kWh]	C_{ME1}	0,77 zł	0,77 zł
Koszty medium 1 [zł/rok]	$K_{ME1} = I_{ME1} * C_{ME1}$	16,94 zł	15,40 zł
Woda			
Ilość medium 2 [litr/rok]	I_{ME2}		
Cena medium 2 [zł/litr]	C_{ME2}	- zł	- zł
Koszty medium 2 [zł/rok]	$K_{ME2} = I_{ME2} * C_{ME2}$	- zł	- zł
Gaz ziemny			
Ilość medium 3 [m ³ /rok]	I_{ME3}		
Cena medium 3 [zł/m ³]	C_{ME3}	- zł	- zł
Koszty medium 3 [zł/rok]	$K_{ME3} = I_{ME3} * C_{ME3}$	- zł	- zł
Razem koszty mediów [zł/rok]	$K_{ME} = K_{ME1} + K_{ME2} + K_{ME3}$	16,94 zł	15,40 zł
Roczny wzrost cen mediów [%/rok]	<i>Wzrost ceny mediów w każdym roku użytkowania</i>	0,0%	0,0%
Koszty posiadania razem [zł/rok]	$K_P = K_U + K_{ME}$	16,94 zł	15,40 zł
3. LCC [zł/5 lat]	$LCC = K_N + \sum K_P / (1+i)^n$	774,53 zł	967,76 zł
Udział kosztów nabycia [% w okresie 5 lat]	K_N / LCC	90,4%	93,0%
Udział kosztów posiadania [% w okresie 5 lat]	$\sum K_P / LCC$	9,6%	7,0%

Analiza LCC wykazała, że w przypadku monitora głównym składnikiem kosztów ponoszonych w czasie użytkowania jest koszt nabycia (w obu przypadkach ponad 90%). Koszty posiadania stanowią znikomy procent całości kosztów ponoszonych w cyklu życia monitora.

5.3. Biurowy sprzęt komputerowy – drukarka

W niniejszym przykładzie analizy LCC przeanalizowano ofertę zakupu drukarki laserowej czarno-białej o następujących parametrach:

Wariant A	Wariant B
<ul style="list-style-type: none">Tryb wyłączenia (off mode): 2,4 WTryb gotowości (sleep mode): 8 WTEC (Typical Energy Consumption): 1,9 kWh/tydzieńPrędkość drukowania: 43 str./minPojemność zasobnika na papier: 650 str.	<ul style="list-style-type: none">Tryb wyłączenia (off mode): 5 WTryb gotowości (sleep mode): 80 WTEC (Typical Energy Consumption): 2,1 kWh/tydzieńPrędkość drukowania: 45 str./minPojemność zasobnika na papier: 630 str.

Założenia przyjęte do analizy LCC:

- Koszt energii elektrycznej: 0,77 zł/kWh
- Czas analizy: 5 lat (n)
- Stopa dyskonta: 4,42% (i)

Zużycie energii: 99 i 110 kWh/rok.

W kosztach posiadania uwzględniono koszty konserwacji urządzenia wysokości 100 zł/rok oraz koszty materiałów eksploatacyjnych. Założono wielkość wydruku na poziomie 1500 str./miesiąc. W związku z tym przyjęto zakup materiałów eksploatacyjnych:

- Dla drukarki 1 zużytych zostanie 2 szt. tonerów /rok o wydajności 9000 stron każdy;
- Dla drukarki 2 zużytych zostanie 9 szt. tonerów / rok o wydajności 3000 stron każdy, konieczna będzie też wymiana bębna światłoczułego.

Dane o tonerach wzięto ze stron producentów drukarek.

W analizie skupiono się wyłącznie na kosztach związanych z eksploatacją drukarki (tonery, komponenty drukarek), nie uwzględniono ceny zakupu papieru do drukowania.

		Wariant A	Wariant B
1. Koszty nabycia			
Koszt zakupu [zł]	K_Z	2 200,00 zł	2 000,00 zł
Koszty instalacyjne [zł]	K_I	- zł	- zł
Koszty nabycia razem [zł]	$K_N = K_Z + K_I$	2 200,00 zł	2 000,00 zł
2. Koszty posiadania			
Użytkowanie			
Składnik 1 - toner [zł/rok]	K_{U1}	1 800,00 zł	1 920,00 zł
Składnik 2 - bęben św. [zł/rok]	K_{U2}	- zł	352,17 zł
Składnik 3 - konserwacja [zł/rok]	K_{U3}	100,00 zł	100,00 zł
Koszty użytkowania razem [zł/rok]	$K_U = K_{U1} + K_{U2} + K_{U3}$	1 900,00 zł	2 372,17 zł
Media			
Energia elektryczna			
Ilość medium 1 [kWh/rok]	I_{ME1}	99	110
Cena medium 1 [zł/kWh]	C_{ME1}	0,77 zł	0,77 zł
Koszty medium 1 [zł/rok]	$K_{ME1} = I_{ME1} * C_{ME1}$	76,23 zł	84,70 zł
Woda			
Ilość medium 2 [litr/rok]	I_{ME2}		
Cena medium 2 [zł/litr]	C_{ME2}	- zł	- zł
Koszty medium 2 [zł/rok]	$K_{ME2} = I_{ME2} * C_{ME2}$	- zł	- zł
Gaz ziemny			
Ilość medium 3 [m ³ /rok]	I_{ME3}		
Cena medium 3 [zł/m ³]	C_{ME3}	- zł	- zł
Koszty medium 3 [zł/rok]	$K_{ME3} = I_{ME3} * C_{ME3}$	- zł	- zł
Razem koszty mediów [zł/rok]	$K_{ME} = K_{ME1} + K_{ME2} + K_{ME3}$	76,23 zł	84,70 zł
Roczny wzrost cen mediów [%/rok]	<i>Wzrost ceny mediów w każdym roku użytkowania</i>	0,0%	0,0%
Koszty posiadania razem [zł/rok]	$K_P = K_U + K_{ME}$	1 976,23 zł	2 456,87 zł
3. LCC [zł/5 lat]			
	$LCC = K_N + \sum K_P / (1+i)^n$	10 894,98 zł	12 809,69 zł
Udział kosztów nabycia [% w okresie 5 lat]	K_N / LCC	20,2%	15,6%
Udział kosztów posiadania [% w okresie 5 lat]	$\sum K_P / LCC$	79,8%	84,4%

Po uwzględnieniu kosztów nabycia oraz posiadania otrzymano wynik analizy LCC, który pokazuje, że w cyklu życia najbardziej opłacalny będzie zakup drukarki nr 1 i to pomimo wyższych kosztów nabycia. Analiza pokazała również, że koszty posiadania są duże i stanowią 80-85% kosztów ponoszonych w całym cyklu życia urządzenia. Koszt nabycia stanowi około 15-20% kosztów jakie zostaną poniesione w cyklu życia drukarki.

W tym przypadku warto było przeprowadzić analizę LCC, gdyż pomogła ona wybrać bardziej ekonomiczne urządzenie, które pomimo wyższego kosztu zakupu okazało się być bardziej opłacalne w użytkowaniu. Na pierwszy rzut oka nie było to widoczne.

5.4. Biurowy sprzęt komputerowy – urządzenie wielofunkcyjne

W niniejszym przykładzie analizy LCC przeanalizowano ofertę zakupu urządzenia wielofunkcyjnego laserowego czarno-białego, mającego następujące funkcje: drukarka, kopiarka, skaner.

Wariant A

- Tryb wyłączenia (off mode): 2,5 W
- Tryb gotowości (sleep mode): 1,4 W
- TEC (Typical Energy Consumption): 0,6 kWh/tydzień
- Prędkość drukowania: 22 str./min
- Pojemność zasobnika na papier: 150 str.

Wariant B

- Tryb wyłączenia (off mode): 5 W
- Tryb gotowości (sleep mode): 1,1 W
- TEC (Typical Energy Consumption): 1,1 kWh/tydzień
- Prędkość drukowania: 26 str./min
- Pojemność zasobnika na papier: 250 str.

Założenia przyjęte do analizy LCC:

- Koszt energii elektrycznej: 0,77 zł/kWh
- Czas analizy: 5 lat (n)
- Stopa dyskonta: 4,42% (i)

Zużycie energii: 31 i 57 kWh/rok.

W kosztach posiadania uwzględniono koszty konserwacji urządzenia wysokości 100 zł/rok oraz koszty materiałów eksploatacyjnych. Założono wielkość skanowania oraz drukowania/kopiowania na poziomie 500 str./miesiąc. W związku z tym przyjęto zakup materiałów eksploatacyjnych:

- Dla urządzenia 1 zużytych zostanie 3,75 szt. tonerów /rok o wydajności 1600 stron każdy;
- Dla urządzenia 2 zużytych zostanie 5 szt. tonerów / rok o wydajności 1500 stron każdy, konieczna będzie wymiana bębna światłoczułego.

Dane o tonerach wzięto ze strony producenta drukarek.

W analizie skupiono się wyłącznie na kosztach związanych z eksploatacją drukarki (tonery, komponenty drukarek), nie uwzględniono ceny zakupu papieru do drukowania.

		Wariant A	Wariant B
1. Koszty nabycia			
Koszt zakupu [zł]	K_Z	700,00 zł	680,00 zł
Koszty instalacyjne [zł]	K_I	- zł	- zł
Koszty nabycia razem [zł]	$K_N = K_Z + K_I$	700,00 zł	680,00 zł
2. Koszty posiadania			
Użytkowanie			
Składnik 1 - toner [zł/rok]	K_{U1}	1 200,00 zł	1 250,00 zł
Składnik 2 - bęben św. [zł/rok]	K_{U2}	- zł	175,00 zł
Składnik 3 - konserwacja [zł/rok]	K_{U3}	100,00 zł	100,00 zł
Koszty użytkowania razem [zł/rok]	$K_U = K_{U1} + K_{U2} + K_{U3}$	1 300,00 zł	1 525,00 zł
Media			
Energia elektryczna			
Ilość medium 1 [kWh/rok]	I_{ME1}	31	57
Cena medium 1 [zł/kWh]	C_{ME1}	0,77 zł	0,77 zł
Koszty medium 1 [zł/rok]	$K_{ME1} = I_{ME1} * C_{ME1}$	23,87 zł	43,89 zł
Woda			
Ilość medium 2 [litr/rok]	I_{ME2}		
Cena medium 2 [zł/litr]	C_{ME2}	- zł	- zł
Koszty medium 2 [zł/rok]	$K_{ME2} = I_{ME2} * C_{ME2}$	- zł	- zł
Gaz ziemny			
Ilość medium 3 [m ³ /rok]	I_{ME3}		
Cena medium 3 [zł/m ³]	C_{ME3}	- zł	- zł
Koszty medium 3 [zł/rok]	$K_{ME3} = I_{ME3} * C_{ME3}$	- zł	- zł
Razem koszty mediów [zł/rok]	$K_{ME} = K_{ME1} + K_{ME2} + K_{ME3}$	23,87 zł	43,89 zł
Roczny wzrost cen mediów [%/rok]	<i>Wzrost ceny mediów w każdym roku użytkowania</i>	0,0%	0,0%
Koszty posiadania razem [zł/rok]	$K_P = K_U + K_{ME}$	1 323,87 zł	1 568,89 zł
3. LCC [zł/5 lat]	$LCC = K_N + \sum K_P / (1+i)^n$	6 524,74 zł	7 582,77 zł
Udział kosztów nabycia [% w okresie 5 lat]	K_N / LCC	10,7%	9,0%
Udział kosztów posiadania [% w okresie 5 lat]	$\sum K_P / LCC$	89,3%	91,0%

Po uwzględnieniu kosztów nabycia oraz posiadania otrzymano wynik analizy LCC, który pokazuje, że w cyklu życia najbardziej opłacalny będzie zakup urządzenia wielofunkcyjnego nr 1 i to pomimo minimalnie wyższych kosztów nabycia. Duże znaczenie w tym przypadku ma czas posiadania (użytkowania) urządzenia. To właśnie w tym czasie generowane są główne koszty, będące składową analizy LCC.

Analiza pokazała również, że koszty posiadania są duże, bo stanowią prawie 90% kosztów ponoszonych w całym cyklu życia urządzenia. Koszt nabycia stanowi zaledwie 10-11% kosztów jakie zostaną poniesione w cyklu życia urządzenia wielofunkcyjnego.

W tym przypadku warto było przeprowadzić analizę LCC, gdyż pomogła ona wybrać bardziej ekonomiczne urządzenie, które pomimo wyższego kosztu zakupu okazało się być bardziej opłacalne w użytkowaniu.

5.5. Wyposażenie budynków – kocioł grzewczy

W niniejszym przykładzie analizy LCC przeanalizowano ofertę zakupu kotła gazowego konwencjonalnego o sprawności 88% oraz kotła gazowego kondensacyjnego o sprawności 108%. Kocioł jest użytkowany w budynku o powierzchni 200m² o zapotrzebowaniu na ciepło 65 GJ/rok. Budynek jest dobrze zaizolowany cieplnie. Na tej podstawie wyliczono zużycia mediów (gaz ziemny, energia elektryczna):

		Kocioł gazowy	Kocioł gazowy kondensacyjny
Powierzchnia ogrzewana budynku	A	200 m ²	200 m ²
Zapotrzebowanie na ciepło budynku	B	65 GJ/rok	65 GJ/rok
Sprawność kotła	C	88%	108%

Gaz ziemny - założenia

Zapotrzebowanie na ciepło (uwzględniono sprawność kotła)	$D = B/(C/100)$	73,86 GJ/rok	60,19 GJ/rok
Wartość opała paliwa	E	0,035 GJ/m ³	0,035 GJ/m ³
Roczne zużycie paliwa	$F = D/E$	2110,39 m ³ /rok	1719,58 m ³ /rok
Taryfowa cena paliwa	G	3,37 zł/m ³	3,37 zł/m ³
Taryfowe opłaty stałe	H	437,19 zł/rok	437,19 zł/rok
Średnia cena paliwa gazowego dla rozpatrywanego przypadku (uwzględnia taryfowe koszty stałe i zmienne)	$I = J / F$	3,57 zł/m ³	3,62 zł/m ³
Roczny koszt paliwa	$J = F * G + H$	7540,71zł/rok	6225,30 zł/rok

Energia elektryczna - założenia

Zużycie energii przez pompę obiegową kotła		59 kWh/rok	59 kWh/rok
--	--	------------	------------

Założenia przyjęte do analizy LCC:

- Koszt energii elektrycznej: 0,77 zł/kWh
- Czas analizy: 15 lat (n)
- Stopa dyskonta: 4,42% (i)

W analizie zostały również uwzględnione koszty instalacji kotła wysokości 5000 zł, na które składają się:

- Elementy hydrauliczne,
- Wkład kominowy/elementy odprowadzania spalin,
- Regulacja automatyki,
- Robocizna.

W kosztach posiadania uwzględniono koszty przeglądu kotła (konserwacja, czyszczenie) oraz koszty przeglądu kominiarskiego wraz z badaniem szczelności instalacji.

W ramach Rządowej Tarczy Antyinflacyjnej dla odbiorców w gospodarstwach domowych od 1 stycznia do 31 stycznia 2022 r. została obniżona stawka podatku VAT na gaz ziemny z 23 % na 8 %, a od 1 lutego do 31 lipca 2022 r. została obniżona stawka podatku VAT na gaz ziemny z 8 % na 0 %. W obliczeniach LCC uwzględniono stawkę VAT 23% ze względu na fakt, że obniżka VAT ma charakter czasowy.

		Wariant A	Wariant B
1. Koszty nabycia			
Koszt zakupu [zł]	K_Z	6 000,00 zł	8 000,00 zł
Koszty instalacyjne [zł]	K_I	5 000,00 zł	5 000,00 zł
Koszty nabycia razem [zł]	$K_N = K_Z + K_I$	11 000,00 zł	13 000,00 zł
2. Koszty posiadania			
Użytkowanie			
Składnik 1 - Przegląd kotła, czyszczenie, regulacja [zł/rok]	K_{U1}	220,00 zł	250,00 zł
Składnik 2 - przegląd kominarski, badanie szczelności [zł/rok]	K_{U2}	180,00 zł	180,00 zł
Składnik 3 - [zł/rok]	K_{U3}	- zł	- zł
Koszty użytkowania razem [zł/rok]	$K_U = K_{U1} + K_{U2} + K_{U3}$	400,00 zł	430,00 zł
Media			
Energia elektryczna			
Ilość medium 1 [kWh/rok]	I_{ME1}	59	59
Cena medium 1 [zł/kWh]	C_{ME1}	0,77 zł	0,77 zł
Koszty medium 1 [zł/rok]	$K_{ME1} = I_{ME1} * C_{ME1}$	45,43 zł	45,43 zł
Woda			
Ilość medium 2 [litr/rok]	I_{ME2}		
Cena medium 2 [zł/litr]	C_{ME2}	- zł	- zł
Koszty medium 2 [zł/rok]	$K_{ME2} = I_{ME2} * C_{ME2}$	- zł	- zł
Gaz ziemny			
Ilość medium 3 [m ³ /rok]	I_{ME3}	2110	1719
Cena medium 3 * [zł/m ³]	C_{ME3}	3,57 zł	3,62 zł
Koszty medium 3 [zł/rok]	$K_{ME3} = I_{ME3} * C_{ME3}$	7 532,70 zł	6 222,78 zł
Razem koszty mediów [zł/rok]	$K_{ME} = K_{ME1} + K_{ME2} + K_{ME3}$	7 578,13 zł	6 268,21 zł
#ADR!			
Roczny wzrost cen mediów [%/rok]	<i>Wzrost ceny mediów w każdym roku użytkowania</i>	0,0%	0,0%
Koszty posiadania razem [zł/rok]	$K_P = K_U + K_{ME}$	7 978,13 zł	6 698,21 zł
3. LCC [zł/15 lat]	$LCC = K_N + \sum K_P / (1+i)^n$	97 154,68 zł	85 333,00 zł
Udział kosztów nabycia [% w okresie 15 lat]	K_N / LCC	11,3%	15,2%
Udział kosztów posiadania [% w okresie 15 lat]	$\sum K_P / LCC$	88,7%	84,8%

Po uwzględnieniu kosztów nabycia oraz posiadania otrzymano wynik analizy LCC, który pokazuje, że w cyklu życia najbardziej opłacalny będzie zakup kotła gazowego kondensacyjnego (wariant B) i to pomimo kosztów nabycia wyższych o 2 tys. zł. Duże znaczenie w tym przypadku ma czas posiadania (użytkowania) urządzenia. To właśnie w tym czasie generowane są główne koszty będące składową analizy LCC. Kocioł gazowy kondensacyjny jest bardziej energooszczędny, gdyż zużywa mniej paliwa gazowego.

Analiza pokazała również, że koszty posiadania są duże i stanowią ponad 80% kosztów ponoszonych w całym cyklu życia urządzenia. Koszt nabycia stanowi zaledwie 11-15% kosztów jakie zostaną poniesione w cyklu życia kotła gazowego.

W tym przypadku warto było przeprowadzić analizę LCC, gdyż pomogła ona wybrać bardziej ekonomiczne urządzenie, które pomimo wyższego kosztu zakupu okazało się być bardziej opłacalne w użytkowaniu.

W tym przykładzie można też dokonać symulacji **jaki będzie koszt użytkowania kotła jeżeli cena paliwa gazowego wzrośnie w cyklu życia urządzenia** – tabela poniżej. Założono wzrost ceny paliwa **o 2% rocznie**. W takim przypadku wynik analizy LCC zmieni się w odniesieniu do analizy bez uwzględniania zmiany cen:

- Wzrośnie o 13,3% w Wariancie A,
- Wzrośnie o 12,5% w Wariancie B.

Kocioł gazowy kondensacyjny nadal jest bardziej opłacalnym wyborem, pomimo wyższych kosztów zakupu (koszty początkowe).

		Wariant A	Wariant B
1. Koszty nabycia			
Koszt zakupu [zł]	K_Z	6 000,00 zł	8 000,00 zł
Koszty instalacyjne [zł]	K_I	5 000,00 zł	5 000,00 zł
Koszty nabycia razem [zł]	$K_N = K_Z + K_I$	11 000,00 zł	13 000,00 zł
2. Koszty posiadania			
Użytkowanie			
Składnik 1 - Przegląd kotła, czyszczenie, regulacja [zł/rok]	K_{U1}	220,00 zł	250,00 zł
Składnik 2 - przegląd kominiarski, badanie szczelności [zł/rok]	K_{U2}	180,00 zł	180,00 zł
Składnik 3 - [zł/rok]	K_{U3}	- zł	- zł
Koszty użytkowania razem [zł/rok]	$K_U = K_{U1} + K_{U2} + K_{U3}$	400,00 zł	430,00 zł
Media			
Energia elektryczna			
Ilość medium 1 [kWh/rok]	I_{ME1}	59	59
Cena medium 1 [zł/kWh]	C_{ME1}	0,77 zł	0,77 zł
Koszty medium 1 [zł/rok]	$K_{ME1} = I_{ME1} * C_{ME1}$	45,43 zł	45,43 zł
Woda			
Ilość medium 2 [litr/rok]	I_{ME2}		
Cena medium 2 [zł/litr]	C_{ME2}	- zł	- zł
Koszty medium 2 [zł/rok]	$K_{ME2} = I_{ME2} * C_{ME2}$	- zł	- zł
Gaz ziemny			
Ilość medium 3 [m ³ /rok]	I_{ME3}	2110	1719
Cena medium 3 [zł/m ³]	C_{ME3}	3,57 zł	3,62 zł
Koszty medium 3 [zł/rok]	$K_{ME3} = I_{ME3} * C_{ME3}$	7 532,70 zł	6 222,78 zł
Razem koszty mediów [zł/rok]	$K_{ME} = K_{ME1} + K_{ME2} + K_{ME3}$	7 578,13 zł	6 268,21 zł
	#ADR!		
Roczny wzrost cen mediów [%/rok]	<i>Wzrost ceny mediów w każdym roku użytkowania</i>	2,0%	2,0%
Koszty posiadania razem [zł/rok]	$K_P = K_U + K_{ME}$	7 978,13 zł	6 698,21 zł
3. LCC [zł/15 lat]	$LCC = K_N + \sum K_P / (1+i)^n$	110 032,97 zł	95 985,22 zł
Udział kosztów nabycia [% w okresie 15 lat]	K_N / LCC	10,0%	13,5%
Udział kosztów posiadania [% w okresie 15 lat]	$\sum K_P / LCC$	90,0%	86,5%

5.6. Wyposażenie budynków – elektryczny podgrzewacz do wody

W niniejszym przykładzie analizy LCC przeanalizowano ofertę zakupu pojemnościowego elektrycznego podgrzewacza do wody o obszarze zastosowania: podgrzewanie wody użytkowej w gospodarstwach domowych, pomieszczeniach socjalnych zakładów pracy. Parametry przyjęte do analizy:

- Profil poboru wody: M (wedle etykiety energetycznej),
- Ekwiwalentna objętość (pobór wody) dla temp. 60°C w ciągu 24h dla profilu poboru M: 100 l,
- Minimalna ilość pobranej ciepłej wody dla profilu poboru M: 65 l,
- Zastosowanie - 2 do 4 osób,
- Moc grzałki: 1,5 kW,
- Zużycie energii elektrycznej wzięto z etykiety energetycznej,
- Pojemność podgrzewacza: 106 i 100 l,
- Założono, że istnieje instalacja wodna, układ jest bez cyrkulacji.

W analizie uwzględniono koszty instalacji urządzenia przez fachowca posiadającego uprawnienia w tym zakresie. W kosztach posiadania uwzględniono koszty konserwacji urządzenia oraz koszty mediów – energii elektrycznej oraz wody.

Założenia przyjęte do analizy LCC:

- Koszt energii elektrycznej: 0,77 zł/kWh
- Czas analizy: 10 lat (n)
- Stopa dyskonta: 4,42% (i)

		Wariant A	Wariant B
1. Koszty nabycia			
Koszt zakupu [zł]	K_Z	900,00 zł	1 200,00 zł
Koszty instalacyjne [zł]	K_I	250,00 zł	250,00 zł
Koszty nabycia razem [zł]	$K_N = K_Z + K_I$	1 150,00 zł	1 450,00 zł
2. Koszty posiadania			
Użytkowanie			
Składnik 1 - konserwacja urządzeń* [zł/rok]	K_{U1}	150,00 zł	150,00 zł
Składnik 2 - [zł/rok]	K_{U2}	- zł	- zł
Składnik 3 - [zł/rok]	K_{U3}	- zł	- zł
Koszty użytkowania razem [zł/rok]	$K_U = K_{U1} + K_{U2} + K_{U3}$	150,00 zł	150,00 zł
<i>* Usuwanie kamienia i innych zanieczyszczeń oraz regeneracja sprawności grzewczej urządzeń i instalacji</i>			
Media			
Energia elektryczna			
Ilość medium 1 [kWh/rok]	I_{ME1}	1334	1284
Cena medium 1 [zł/kWh]	C_{ME1}	0,77 zł	0,77 zł
Koszty medium 1 [zł/rok]	$K_{ME1} = I_{ME1} * C_{ME1}$	1 027,18 zł	988,68 zł
Woda			
Ilość medium 2 [litr/rok]	I_{ME2}	28835	28835
Cena medium 2 [zł/litr]	C_{ME2}	0,0173 zł	0,0173 zł
Koszty medium 2 [zł/rok]	$K_{ME2} = I_{ME2} * C_{ME2}$	498,85 zł	498,85 zł
Gaz ziemny			
Ilość medium 3 [m ³ /rok]	I_{ME3}		
Cena medium 3 [zł/m ³]	C_{ME3}	- zł	- zł
Koszty medium 3 [zł/rok]	$K_{ME3} = I_{ME3} * C_{ME3}$	- zł	- zł
Razem koszty mediów [zł/rok]	$K_{ME} = K_{ME1} + K_{ME2} + K_{ME3}$	1 526,03 zł	1 487,53 zł
Roczny wzrost cen mediów [%/rok]	<i>Wzrost ceny mediów w każdym roku użytkowania</i>	0,0%	0,0%
Koszty posiadania razem [zł/rok]	$K_P = K_U + K_{ME}$	1 676,03 zł	1 637,53 zł
3. LCC [zł/10 lat]			
	$LCC = K_N + \sum K_P / (1+i)^n$	14 464,24 zł	14 458,40 zł
Udział kosztów nabycia [% w okresie 10 lat]	K_N / LCC	8,0%	10,0%
Udział kosztów posiadania [% w okresie 10 lat]	$\sum K_P / LCC$	92,0%	90,0%

Po uwzględnieniu kosztów nabycia oraz posiadania otrzymano wynik analizy LCC, który pokazuje, że w cyklu życia oba urządzenia są zbliżone do siebie. Koszt zakupu jest wyższy w wariancie B, natomiast jest ono też bardziej ekonomiczne w użytkowaniu. Duże znaczenie w tym przypadku ma wielkość zużycia wody oraz czas posiadania (użytkowania) urządzenia. To właśnie w tym czasie generowane są główne koszty, będące składową analizy LCC.

Analiza pokazała również, że koszty posiadania są duże, bo stanowią około 90% kosztów ponoszonych w całym cyklu życia urządzenia. Koszt nabycia stanowi zaledwie 8-10% kosztów jakie zostaną poniesione w cyklu życia podgrzewacza elektrycznego.

5.7. Wyposażenie budynków – oświetlenie wewnętrzne

W niniejszym przykładzie analizy LCC przeanalizowano ofertę zakupu oprawy oświetleniowej o następujących parametrach:

Wariant A	Wariant B
Oprawa rastrowa 4x18 ze świetlówkami T8	Oprawa rastrowa 4x10 ze źródłami LED
<ul style="list-style-type: none">▪ Moc źródła: 72 W▪ Moc statecznika: 6,5 W▪ Całkowita moc: 78,5 W▪ Strumień świetlny: 5400 lm▪ Skuteczność świetlna: 75 lm/W▪ Temperatura barwowa: ciepłe białe▪ Trwałość: 15 000 h▪ Przewidywana trwałość: 6,81lat▪ Roczny czas eksploatacji: 2200 h	<ul style="list-style-type: none">▪ Moc źródła: 40 W▪ Moc statecznika: 0 W▪ Całkowita moc: 40 W▪ Strumień świetlny: 4200 lm▪ Skuteczność świetlna: 105 lm/W▪ Temperatura barwowa: ciepłe białe▪ Trwałość: 25 000 h▪ Przewidywana trwałość: 11,4 lat▪ Roczny czas eksploatacji: 2200 h

W czasie użytkowania, w Wariancie A, dokonana zostanie 1 wymiana źródeł światła w oprawie.

Założenia przyjęte do analizy LCC:

- Koszt energii elektrycznej: 0,77 zł/kWh
- Czas analizy: 10 lat (n)
- Stopa dyskonta: 4,42% (i)

		Wariant A	Wariant B
1. Koszty nabycia			
Koszt zakupu [zł]	K_Z	150,00 zł	195,00 zł
Koszt jednorazowej wymiany świetlówek [zł]	K_I	32,00 zł	- zł
Koszty nabycia razem [zł]	$K_N = K_Z + K_I$	182,00 zł	195,00 zł
2. Koszty posiadania			
Użytkowanie			
Składnik 1 - [zł/rok]	K_{U1}	- zł	- zł
Składnik 2 - [zł/rok]	K_{U2}	- zł	- zł
Składnik 3 - [zł/rok]	K_{U3}	- zł	- zł
Koszty użytkowania razem [zł/rok]	$K_U = K_{U1} + K_{U2} + K_{U3}$	- zł	- zł
Media			
Energia elektryczna			
Ilość medium 1 [kWh/rok]	I_{ME1}	172,7	88
Cena medium 1 [zł/kWh]	C_{ME1}	0,77 zł	0,77 zł
Koszty medium 1 [zł/rok]	$K_{ME1} = I_{ME1} * C_{ME1}$	132,98 zł	67,76 zł
Woda			
Ilość medium 2 [litr/rok]	I_{ME2}		
Cena medium 2 [zł/litr]	C_{ME2}	- zł	- zł
Koszty medium 2 [zł/rok]	$K_{ME2} = I_{ME2} * C_{ME2}$	- zł	- zł
Gaz ziemny			
Ilość medium 3 [m ³ /rok]	I_{ME3}		
Cena medium 3 [zł/m ³]	C_{ME3}	- zł	- zł
Koszty medium 3 [zł/rok]	$K_{ME3} = I_{ME3} * C_{ME3}$	- zł	- zł
Razem koszty mediów [zł/rok]	$K_{ME} = K_{ME1} + K_{ME2} + K_{ME3}$	132,98 zł	67,76 zł
Roczny wzrost cen mediów [%/rok]	<i>Wzrost ceny mediów w każdym roku użytkowania</i>	0,0%	0,0%
Koszty posiadania razem [zł/rok]	$K_P = K_U + K_{ME}$	132,98 zł	67,76 zł
3. LCC [zł/10 lat]	$LCC = K_N + \sum K_P / (1+i)^n$	1 238,38 zł	733,28 zł
Udział kosztów nabycia [% w okresie 10 lat]	K_N / LCC	14,7%	26,6%
Udział kosztów posiadania [% w okresie 10 lat]	$\sum K_P / LCC$	85,3%	73,4%

Po uwzględnieniu kosztów nabycia oraz posiadania otrzymano wynik analizy LCC, który pokazuje, że w cyklu życia najbardziej opłacalny jest wybór urządzenia z Wariantu B. Urządzenie to ma wprawdzie wyższy koszt zakupu, natomiast jest ono też bardziej ekonomiczne w użytkowaniu. Poza tym urządzenie to ma większą trwałość, dlatego w rozpatrywanym cyklu życia nie będzie konieczna wymiana jego źródła światła oprawie. Duże znaczenie w tym przypadku ma czas posiadania (użytkowania) urządzenia. To właśnie w tym czasie generowane są koszty, będące składową analizy LCC.

Analiza pokazała również, że koszty posiadania w Wariancie A wynoszą 85,3%, a w Wariancie B 73,4% kosztów ponoszonych w całym cyklu życia urządzenia. Koszt nabycia to prawie 15% kosztów (Wariant A) i 27% (Wariant B) jakie zostaną poniesione w cyklu życia.

5.8. Wyposażenie budynków – klimatyzator

W niniejszym przykładzie analizy LCC przeanalizowano ofertę zakupu klimatyzatora ściennego typu Split (jednostka zewnętrzna i wewnętrzna) z funkcją chłodzenia i grzania, o następujących parametrach:

Wariant A	Wariant B
<ul style="list-style-type: none">▪ Roczne zużycie energii: 1026 kWh/rok▪ Roczne zużycie energii – chłodzenie: 144 kWh/rok▪ Roczne zużycie energii – grzanie: 882 kWh/rok▪ Moc chłodzenia: 3,5 kW▪ Moc grzania: 4kW▪ Klasa energetyczna (chłodzenie/grzanie): A+++/A++	<ul style="list-style-type: none">▪ Roczne zużycie energii: 1126 kWh/rok▪ Roczne zużycie energii – chłodzenie: 138 kWh/rok▪ Roczne zużycie energii – grzanie: 988 kWh/rok▪ Moc chłodzenia: 3,5 kW▪ Moc grzania: 4kW▪ Klasa energetyczna (chłodzenie/grzanie): A+++/A++

Założenia przyjęte do analizy LCC:

- Koszt energii elektrycznej: 0,77 zł/kWh
- Czas analizy: 10 lat (n)
- Stopa dyskonta: 4,42% (i)

W analizie uwzględnione zostały koszty montażu urządzenia, a także koszty jego przeglądu i konserwacji.

		Wariant A	Wariant B
1. Koszty nabycia			
Koszt zakupu [zł]	K_Z	4 600,00 zł	5 400,00 zł
Koszty instalacyjne [zł]	K_I	1 200,00 zł	1 200,00 zł
Koszty nabycia razem [zł]	$K_N = K_Z + K_I$	5 800,00 zł	6 600,00 zł
2. Koszty posiadania			
Użytkowanie			
Składnik 1 - przegląd i konserwacja [zł/rok]	K_{U1}	250,00 zł	250,00 zł
Składnik 2 - [zł/rok]	K_{U2}	- zł	- zł
Składnik 3 - [zł/rok]	K_{U3}	- zł	- zł
Koszty użytkowania razem [zł/rok]	$K_U = K_{U1} + K_{U2} + K_{U3}$	250,00 zł	250,00 zł
Media			
Energia elektryczna-chłodzenie			
Ilość medium 1 [kWh/rok]	I_{ME1}	144	138
Cena medium 1 [zł/kWh]	C_{ME1}	0,77 zł	0,77 zł
Koszty medium 1 [zł/rok]	$K_{ME1} = I_{ME1} * C_{ME1}$	110,88 zł	106,26 zł
Energia elektryczna - grzanie			
Ilość medium 2 [kWh/rok]	I_{ME2}	882	988
Cena medium 2 [zł/kWh]	C_{ME2}	0,77 zł	0,77 zł
Koszty medium 2 [zł/rok]	$K_{ME2} = I_{ME2} * C_{ME2}$	679,14 zł	760,76 zł
Gaz ziemny			
Ilość medium 3 [m ³ /rok]	I_{ME3}		
Cena medium 3 [zł/m ³]	C_{ME3}	- zł	- zł
Koszty medium 3 [zł/rok]	$K_{ME3} = I_{ME3} * C_{ME3}$	- zł	- zł
Razem koszty mediów [zł/rok]	$K_{ME} = K_{ME1} + K_{ME2} + K_{ME3}$	790,02 zł	867,02 zł
Roczny wzrost cen mediów [%/rok]	<i>Wzrost ceny mediów w każdym roku użytkowania</i>	0,0%	0,0%
Koszty posiadania razem [zł/rok]	$K_P = K_U + K_{ME}$	1 040,02 zł	1 117,02 zł
3. LCC [zł/10 lat]	$LCC = K_N + \sum K_P / (1+i)^n$	14 061,85 zł	15 473,53 zł
Udział kosztów nabycia [% w okresie 10 lat]	K_N / LCC	41,2%	42,7%
Udział kosztów posiadania [% w okresie 10 lat]	$\sum K_P / LCC$	58,8%	57,3%

Po uwzględnieniu kosztów nabycia oraz posiadania otrzymano wynik analizy LCC, który pokazuje, że w cyklu życia najbardziej opłacalny jest wybór urządzenia z Wariantu A. Duże znaczenie w tym przypadku ma czas posiadania (użytkowania) urządzenia. To właśnie w tym czasie generowane są koszty, będące składową analizy LCC – zużycie energii elektrycznej na potrzeby chłodzenia i grzania.

Analiza pokazała również, że koszty posiadania oscylują w okolicy 60% kosztów ponoszonych w całym cyklu życia urządzenia.

5.9. Wyposażenie budynków – pralka

W niniejszym przykładzie analizy LCC przeanalizowano ofertę zakupu pralki o klasie energetycznej A oraz B i klasie wirowania B, o następujących parametrach:

Wariant A	Wariant B
<ul style="list-style-type: none">▪ Klasa energetyczna: A▪ Roczne zużycie energii: 103 kWh/rok▪ Zużycie wody: 9680 l/rok▪ Maksymalny załadunek: 8 kg	<ul style="list-style-type: none">▪ Klasa energetyczna: B▪ Roczne zużycie energii: 119 kWh/rok▪ Zużycie wody: 10560 l/rok▪ Maksymalny załadunek: 8 kg

Parametry energetyczne wzięto z etykiety energetycznej oraz karty produktu załączanej do każdego zakupywanego urządzenia.

1 marca 2021 roku etykiety energetyczne dla pralek uległy zmianie. W analizie LCC roczne zużycie wody i energii obliczono przy założeniu 220 standardowych cykli prania (wedle starej metodologii; nowa etykieta energetyczna pokazuje zużycie dla 100 cykli).

W analizie uwzględniono również zakup detergentów przy założeniu 220 cykli prania rocznie.

Założenia przyjęte do analizy LCC:

- Koszt energii elektrycznej: 0,77 zł/kWh
- Czas analizy: 10 lat (n)
- Stopa dyskonta: 4,42% (i)

		Wariant A	Wariant B
1. Koszty nabycia			
Koszt zakupu [zł]	K_Z	1 600,00 zł	1 400,00 zł
Koszty instalacyjne [zł]	K_I	- zł	- zł
Koszty nabycia razem [zł]	$K_N = K_Z + K_I$	1 600,00 zł	1 400,00 zł
2. Koszty posiadania			
Użytkowanie			
Składnik 1 - detergenty [zł/rok]	K_{U1}	265,00 zł	265,00 zł
Składnik 2 - [zł/rok]	K_{U2}	- zł	- zł
Składnik 3 - [zł/rok]	K_{U3}	- zł	- zł
Koszty użytkowania razem [zł/rok]	$K_U = K_{U1} + K_{U2} + K_{U3}$	265,00 zł	265,00 zł
Media			
Energia elektryczna			
Ilość medium 1 [kWh/rok]	I_{ME1}	103	119
Cena medium 1 [zł/kWh]	C_{ME1}	0,77 zł	0,77 zł
Koszty medium 1 [zł/rok]	$K_{ME1} = I_{ME1} * C_{ME1}$	79,31 zł	91,63 zł
Woda			
Ilość medium 2 [litr/rok]	I_{ME2}	9680	10560
Cena medium 2 [zł/litr]	C_{ME2}	0,0173 zł	0,0173 zł
Koszty medium 2 [zł/rok]	$K_{ME2} = I_{ME2} * C_{ME2}$	167,46 zł	182,69 zł
Gaz ziemny			
Ilość medium 3 [m ³ /rok]	I_{ME3}		
Cena medium 3 [zł/m ³]	C_{ME3}	- zł	- zł
Koszty medium 3 [zł/rok]	$K_{ME3} = I_{ME3} * C_{ME3}$	- zł	- zł
Razem koszty mediów [zł/rok]	$K_{ME} = K_{ME1} + K_{ME2} + K_{ME3}$	246,77 zł	274,32 zł
Roczny wzrost cen mediów [%/rok]	<i>Wzrost ceny mediów w każdym roku użytkowania</i>	0,0%	0,0%
Koszty posiadania razem [zł/rok]	$K_P = K_U + K_{ME}$	511,77 zł	539,32 zł
3. LCC [zł/10 lat]	$LCC = K_N + \sum K_P / (1+i)^n$	5 665,50 zł	5 684,31 zł
Udział kosztów nabycia [% w okresie 10 lat]	K_N / LCC	28,2%	24,6%
Udział kosztów posiadania [% w okresie 10 lat]	$\sum K_P / LCC$	71,8%	75,4%

Po uwzględnieniu kosztów nabycia oraz posiadania otrzymano wynik analizy LCC, który pokazuje, że w cyklu życia oba urządzenia są zbliżone do siebie – niecałe 20 zł różnicy w całym cyklu życia na korzyść urządzenia z Wariantu A. Koszt zakupu jest wyższy o 200 zł w wariantcie A, natomiast jest ono też bardziej ekonomiczne w użytkowaniu. Duże znaczenie w tym przypadku ma czas posiadania (użytkowania) urządzenia. To właśnie w tym czasie generowane są główne koszty, będące składową analizy LCC.

Analiza pokazała również, że koszty posiadania są duże, bo stanowią w wariantcie A około 72% kosztów ponoszonych w całym cyklu życia urządzenia, a w wariantcie B 75%.

6. Bezpłatne narzędzia pomocne przy obliczaniu LCC

Dla tych zamawiających, którzy nie chcą bądź nie potrafią dokonać samodzielnych obliczeń, polecamy kilka bezpłatnych narzędzi dostępnych on-line. Należy jednak wziąć pod uwagę przepisy art. 245 ust. 4 ustawy Prawo zamówień publicznych określające warunki wykorzystania rachunku kosztów cyklu życia w postępowaniach o udzielenie zamówienia. Przede wszystkim w specyfikacji istotnych warunków zamówienia muszą zostać dokładnie określone dane wymagane do przedstawienia przez wykonawców, a także musi zostać opisana metoda, która zamawiający zastosuje do określenia kosztów cyklu życia na podstawie tych danych.

Artykuł 245 ust. 5 ustawy Pzp mówi z kolei, że: „Metoda szacowania kosztów przypisywanych ekologicznym efektem zewnętrznym musi spełniać łącznie następujące warunki:

- 1) opierać się na kryteriach obiektywnie możliwych do zweryfikowania i niedyskryminujących;
- 2) być dostępną dla wszystkich zainteresowanych stron;
- 3) zapewniać, aby dostarczanie danych przez wykonawców działających z należytą starannością nie było nadmiernie uciążliwe, także dla wykonawców z państw trzecich będących stronami Porozumienia Światowej Organizacji Handlu w sprawie zamówień rządowych lub innych umów międzynarodowych, których stroną jest Unia Europejska”.

W przypadku gdy na mocy przepisów prawa UE, określonych w załączniku XIII do dyrektywy 2014/24/UE obowiązkowa jest wspólna metoda kalkulacji kosztów cyklu życia, to należy ją stosować do oszacowania tych kosztów. Dotychczas jedynym aktem prawa UE wprowadzającym kierunkową metodologię LCC była dyrektywa 2009/33/WE w sprawie promowania ekologicznie czystych i energooszczędnych pojazdów transportu drogowego. Metoda kalkulacji LCC została jednak uchylona dyrektywą (UE) 2019/1161 z dnia 20 czerwca 2019 r. zmieniającą dyrektywę 2009/33/WE w sprawie promowania ekologicznie czystych i energooszczędnych pojazdów transportu drogowego.

W Polsce przyjęto metodę kalkulacji kosztów cyklu życia dla budynków w ramach rozporządzenia Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 23 listopada 2021 r. w sprawie metody kalkulacji kosztów cyklu życia budynków oraz sposobu przedstawiania informacji o tych kosztach (Dz. U. 2021 r. poz. 2276).

Poniżej zaprezentowano bezpłatne narzędzia ułatwiające samodzielne obliczenia rachunku cyklu życia LCC:

- **Kalkulatory Komisji Europejskiej** stanowiące wsparcie dla osób zajmujących się zamówieniami publicznymi w instytucjach publicznych. Są one dostępne na stronie <https://ec.europa.eu/environment/gpp/lcc.htm> w formie arkuszy kalkulacyjnych wraz z poradnikiem użytkownika.
- Kalkulatory te są dostępne również **na stronie internetowej Urzędu Zamówień Publicznych** (<https://www.uzp.gov.pl/baza-wiedzy/zrownowazone-zamowienia-publiczne/zielone-zamowienia/przydatne-informacje/rachunek-kosztow-cykladzycia>) w wersji polskiej dla następujących grup urządzeń:
 - Komputery (stacjonarne i przenośne) oraz monitory
 - Urządzenia do przetwarzania obrazu – drukarki, kopiarki, urządzenia wielofunkcyjne, skanery
 - Oświetlenie do wewnątrz
 - Oświetlenie zewnętrzne - oświetlenie drogowe i sygnalizacja świetlna.
- **GPP2020**, <https://gpp2020.eu/low-carbon-tenders/measuring-savings/>, narzędzie do obliczania redukcji zużycia energii i emisji CO₂ w cyklu życia produktów, usług i obiektów budowlanych
- **Clean Fleets (2012-2015)**, www.clean-fleets.eu, narzędzie przeznaczone do obliczeń LCC pojazdów z zaimplementowaną metodologią z Dyrektywy 2009/33/W w sprawie promowania ekologicznie czystych i energooszczędnych pojazdów transportu drogowego. Narzędzie ma dedykowany poradnik wyjaśniający krok po kroku jego działanie (w wersji angielskiej).
- **SMART SPP**, www.smart-spp.eu, narzędzie przeznaczone do obliczeń LCC i emisji CO₂ dla różnych produktów / usług wraz z dedykowanym poradnikiem (w wersji angielskiej i hiszpańskiej).

Celem ułatwienia zamawiającym uwzględniania wymogów ekologicznych w publicznych dokumentach przetargowych, Komisja Europejska opracowała i udostępniła **kryteria dotyczące zrównoważonych zamówień publicznych wraz z technicznymi raportami uzupełniającymi** dla około 20 kluczowych kategorii zamówień. Dokumenty dostępne są - również w języku polskim - na stronie internetowej https://ec.europa.eu/environment/gpp/eu_gpp_criteria_en.htm.

Pod adresem https://ec.europa.eu/environment/gpp/toolkit_en.htm dostępny jest także **zestaw narzędzi szkoleniowych w zakresie zrównoważonych zamówień publicznych** do użytku przez nabywców publicznych. Składa się on z sześciu niezależnych modułów i dziesięciu modułów operacyjnych wraz z prezentacjami PowerPoint (w tym notatkami dla osób szkolących) i towarzyszącymi im wskazówkami.

Bibliografia

1. Bogusz A., Polakowski Ł. 2012. Rachunek kosztów życia – LCC. Zielone zamówienia publiczne. II Podręcznik. Urząd Zamówień Publicznych, Warszawa
2. Clement S., Watt J., Semple A. 2016. The Procura+ Manual. A Guide to Implementing Sustainable Procurement. 3rd Edition. ICLEI European Secretariat GmbH, Freiburg
3. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/24/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie zamówień publicznych, uchylająca dyrektywę 2004/18/WE
4. Ekologiczne zakupy! Podręcznik dotyczący zielonych zamówień publicznych. Wydanie trzecie. 2016. Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg
5. Jachimiałek-Lechman K. 2014. Środowiskowa ocena cyklu życia (LCA) i rachunek kosztów cyklu życia (LCC). Aspekty porównawcze. *Ekonomia i Środowisko* 1 (48)
6. Kowalski Z., Kulczycka J., Góralczyk M. 2007. Ekologiczna ocena cyklu życia procesów wytwórczych (LCA). Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa
7. Langdon D. 2007. Life cycle costing (LCC) as a contribution to sustainable construction. Guidance on the use of the LCC Methodology and its application in public procurement
8. Leonardo Energy. Europejski Instytut Miedzi. 2015. Efektywność energetyczna. Analiza kosztów cyklu życia – podstawy. Nr ref EIM: EIM02601
9. Norma PN-EN 60300-3-3:2017-07. Zarządzanie niezawodnością -- Część 3-3: Przewodnik zastosowań -- Szacowanie kosztu cyklu życia
10. Norma PN-EN ISO 14040:2009. Zarządzanie środowiskowe -- Ocena cyklu życia -- Zasady i struktura
11. Portal Rachunkowość zarządcza:
 - <http://rachunkowosczarzadcza.pl/221/wartosc-biezaca-netto-net-present-value-npv/>
 - <http://rachunkowosczarzadcza.pl/239/wewnetrzna-stopa-zwrotu-internal-rate-of-return-irr/>
 - <http://rachunkowosczarzadcza.pl/200/zdyskontowany-okres-zwrotu-discounted-payback/>
12. Wayne L. Winston. 2014. Microsoft Excel 2013. Analiza i modelowanie danych biznesowych. Wydawnictwo Promise