



Europejski  
Instytut Miedzi  
Copper Alliance



---

# **Efektywność energetyczna**

## Analiza kosztów cyklu życia - Podstawy

Forte

Czerwiec 2015

Nr ref EIM: EIM02601

## Streszczenie

Wiele atrakcyjnych projektów inwestycyjnych – na przykład w efektywność energetyczną – nie jest realizowanych z różnych powodów (brak kapitału, informacji, siły roboczej, itp.). Przedsiębiorstwa mają trudności ze znalezieniem zadawalającej, opartej na rzetelnej informacji, odpowiedzi na zasadnicze pytanie: które projekty są najbardziej rentowne w długim okresie? Potrzebują, zatem praktycznej metody pracy, prostej i dającej wiarogodne wskazówki dotyczące inwestowania. Taką właśnie metodą jest analiza kosztów cyklu życia (LCC).

Analiza kosztów cyklu życia porównuje szacunkowe koszty ponoszone w czasie życia projektu. Niniejszy Poradnik ukazuje, w jaki sposób można przeprowadzić racjonalną analizę kosztów cyklu życia postępując zgodnie z prostą procedurą w sześciu krokach. Procedura ta wykorzystuje popularne arkusze kalkulacyjne, jest czasowo efektywna i pokazuje jak z ograniczonego zbioru zmiennych wejściowych uzyskiwać wartości potrzebne do podejmowania przemyślanych i racjonalnych decyzji.

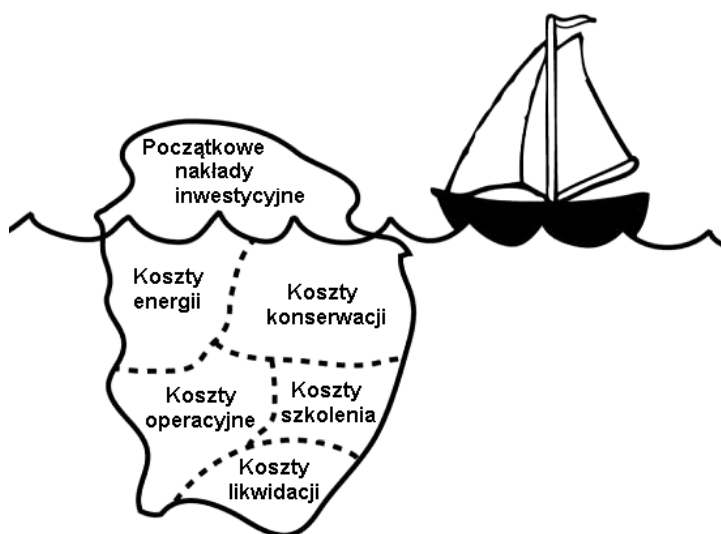
Chociaż metoda ta jest ogólna i może być stosowana do wszelkich decyzji inwestycyjnych, w tym Poradniku skoncentrujemy się na przedsięwzięciach służących poprawie efektywności energetycznej

## Wstęp

Przedsięwzięcia służące poprawie efektywności energetycznej są często przedstawiane, jako **łatwo osiągalny cel** obniżenia emisji gazów cieplarnianych, ponieważ oprócz wszystkich korzyści środowiskowych, są w wielu przypadkach rentowne bez dodatkowych zachęt finansowych. Wiele z tych gotowych do zerwania, ale łatwych do przeoczenia owoców, nie zostaje zebranych z powodu różnych rynkowych i technicznych barier. Niniejszy Poradnik skupia się na analizie kosztów cyklu życia – metodzie, która pozwala na obiektywne porównanie różnych możliwości inwestycyjnych w ciągu ich technicznego lub ekonomicznego czasu życia. Analiza kosztów cyklu życia umożliwi znalezienie zadawalającej, opartej na rzetelnej informacji, odpowiedzi na zasadnicze pytanie: które projekty są najbardziej rentowne w długiej perspektywie?

Szacowanie kosztów cyklu życia (LCC) jest metodą ogólną, umożliwiającą porównanie kosztów w czasie życia projektu. Metoda ta jest szeroko stosowana, ale tutaj skoncentrujemy się na finansowej ocenie projektów służących efektywności energetycznej. Termin "cykl życia" odnosi się do całego okresu między nabyciem środka trwałego a momentem całkowitej amortyzacji (ekonomiczny lub księgowy czas życia), usunięcia jako odpadu lub odsprzedaży na rynku wtórnym (techniczny czas życia).

Powszechnie używaną metaforą, wyjaśniającą istotę LCC jest "zjawisko góry lodowej" zobrazowane na rysunku 1. W chwili zakupu, decydent, znajdujący się w łodzi, widzi wystający nad powierzchnię wody wierzchołek góry lodowej, który reprezentuje tylko początkowy nakład inwestycyjny. Zwykle, gdy produkt zużywa energię i wymaga obsługi, koszty inwestycyjne stanowią zaledwie mały ułamek kosztu cyklu życia. Ponadto, małe oszczędności w nakładach inwestycyjnych mogą prowadzić do dramatycznego wzrostu kosztów operacyjnych i z perspektywy całego cyklu życia stają się bardzo kosztowne.



Rysunek 1. Zjawisko góry lodowej, powszechnie używana metafora wyjaśniająca istotę LCC.

Odpowiedzialne podejmowanie decyzji nie zawsze wymaga wyspecjalizowanych modeli finansowych i kompetencji w dziedzinie techniki. W większości przypadków wystarczy użycie powszechnie dostępnych narzędzi w postaci arkuszy kalkulacyjnych. Niniejszy Poradnik umożliwi przeprowadzenie analizy LCC w sposób skuteczny i czasowo efektywny. Ukazuje on jak, wychodząc od ograniczonego zbioru zmiennych wejściowych, uzyskiwać wartości potrzebne do podejmowania przemyślanych i racjonalnych decyzji. Dla wielu projektów w licznych przedsiębiorstwach będzie stanowić to znaczną poprawę stosowanych procesów podejmowania decyzji. Naukowcy na całym świecie są zdziwieni ograniczonym wykorzystaniem w praktyce przemysłowej szacowania kosztu życia (LCC) lub wiążących się z tym koncepcji, jak całkowity koszt posiadania (TCO). Oszacowania wskazują, że tylko 25% przedsiębiorstw stosuje te techniki, przy czym ta pożałowania godna sytuacja nie wynika ze złożoności analizy LCC. Poniższa, zawarta w sześciu krokach, procedura pomoże wam przeanalizować opłacalność finansową projektów:

1. Określenie zakresu analizy
2. Zidentyfikowanie odnośnych składników kosztów
3. Zebranie danych i określenie szacunkowych kosztów
4. Obliczenie kluczowych wskaźników finansowych
5. Przeprowadzenie analizy ryzyka i niepewności
6. Podjęcie najlepszej decyzji.

W tym Poradniku zostaną objaśnione pierwsze cztery kroki, po których będziecie w stanie wykonać deterministyczną analizę LCC. Termin "deterministyczna" oznacza założenie, że w tym punkcie wszystkie wielkości wejściowe są w 100% pewne i niezmienne. Zatem wynikiem analizy deterministycznej będzie jedna liczba. Oczywiście w przypadku inwestycji w poprawę efektywności energetycznej wielkości wejściowe rzadko kiedy są tak proste. Wiele parametrów wejściowych waszego modelu będzie obciążonych dużą niepewnością i/lub zmiennych, jak ceny energii, intensywność wykorzystania urządzeń lub wydatki na konserwację, żeby wymienić tylko niektóre. Dlatego specjaliści zdecydowanie zalecają rozszerzenie każdej analizy LCC o analizę niepewności i ryzyka. Wymaga to przyjęcia stochastycznego podejścia do LCC, co jest przedmiotem oddzielnego zeszytu Poradnika (Zaawansowane szacowanie kosztu życia – postępowanie w przypadku niepewności i zmienności). Zaczniemy jednak od podstaw – czterech pierwszych kroków procedury. W ciągu tego seminarium będziemy pracowali na rzeczywistym przykładzie, który pozwoli zilustrować każdy z kroków, przedstawionych w poniżej ramce poniżej.

**Wprowadzenie do bieżącego przykładu:** Leonard pracuje w średniej wielkości przedsiębiorstwie petrochemicznym ABC Inc., i dowiedział się, że systemy pompowe odpowiadają za ponad 50% kosztów energii elektrycznej jego pracodawcy. Rozważa zastąpienie istniejącej w ABC pompy, o szacowanym przewidywanym pozostałym czasie życia 10 lat, najnowocześniejszym systemem o napędzie z przemiennikiem częstotliwości (VFD). Ma do wyboru dwa warianty A i B, o następujących charakterystykach:

*Tabela 1. Charakterystyki trzech wariantów.*

|   | OBECNA POMPA                    | WARIANT A                       | WARIANT B                       |
|---|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| <b>Pozostały czas życia</b>                   | 10 lat                          | 15 lat                          | 20 lat                          |
| <b>Nakład inwestycyjny</b>                    | 0 EUR                           | 19000 EUR                       | 35000 EUR                       |
| <b>Roczny koszt konserwacji</b>               | 4800 EUR<br>(+50% po roku 5)    | 5200 EUR<br>(+50% po roku 5)    | 4000 EUR                        |
| <b>Moc silnika znamionowa</b>                 | 13 kW                           | 12 kW                           | 10,3 kW                         |
| <b>Sprawność silnika</b>                      | 75,5                            | 91%                             | 96%                             |
| <b>Szacowana dostępność roczna</b>            | 98,7 %                          | 99,5 %                          | 99,93 %                         |
| <b>Roczne wydatki na szkolenie</b>            | 480 EUR                         | 500 EUR                         | 520 EUR                         |
| <b>Roczne wydatki operacyjne</b>              | 1 operator nadzoruje<br>20 pomp | 1 operator nadzoruje<br>20 pomp | 1 operator nadzoruje<br>20 pomp |
| <b>Wartość złomowa na koniec okresu życia</b> | 500 EUR                         | 500 EUR                         | 500 EUR                         |

# Krok 1 – Określenie zakresu analizy

Każda analiza powinna rozpoczynać się od określenia jej zakresu, tzn. co zamierzamy osiągnąć i w jakim kontekście? Zakres analizy LCC powinien obejmować: jej cele (co zamierzamy ustalić? 0) horyzont czasowy (jak daleko sięga nasza długoterminowa perspektywa? 0) oraz granice systemu (na jakich założeniach nasza analiza jest oparta? 0). Omówimy po kolei te trzy elementy i zastosujemy wskazówki w bieżącym przykładzie.

## Cele

Analizę kosztu cyklu życia (LCC), lub jakąkolwiek inną analizą kosztów, można przeprowadzić z dwóch powodów. Jednym z możliwych celów jest wyznaczenie dokładnych prognoz finansowych lub całościowe oszacowanie kosztów dla celów rachunkowości. W takim przypadku będzie nam potrzebny **model finansowy**, zawierający wszystkie możliwe czynniki kosztowe wpływające na skutki ekonomiczne rozważanego produktu lub przedsięwzięcia. Drugim możliwym celem, najbardziej powszechnym w kontekście projektów efektywności energetycznej, jest ułatwienie podjęcia konkretnej decyzji. Takie, **ad hoc** tworzone modele nie uwzględniają wszystkich czynników kosztowych, lecz tylko te, które różnią się od siebie w zależności od rozważanego wariantu.

Z chwilą, gdy zostanie podjęta decyzja o wyborze modelu, raczej ad hoc niż księgowego, należy określić zbiór wzajemnie wykluczających się wariantów oraz kryterium decyzji. Takimi wariantami są, na przykład, różne systemy, które można zakupić od różnych dostawców. Może to być także modernizacja lub doposażenie istniejącej instalacji. Często jednym z wariantów jest kontynuacja działania bez wprowadzania zmian, znane jako "**scenariusz bazowy**". W bieżącym przykładzie oznacza to nieinwestowanie w wariant A lub B, lecz kontynuowanie eksploatacji starej pompy przez następne dziesięć lat.

Po zdefiniowaniu wariantów należy jednoznacznie określić jedno kryterium, które pozwoli nam wybrać najlepszą opcję. W analizie LCC najczęstszym kryterium jest "minimalny koszt całkowity". Natomiast w innych przypadkach – gdzie analiza LCC nie jest adekwatna – można uwzględnić inne kryteria takie, jak: maksymalna dyspozycyjność, maksymalna jakość lub minimum oddziaływania na środowisko. Techniki podane w tym Poradniku mogą być zastosowane do dwóch kryteriów, mianowicie "minimalny koszt całkowity" lub "maksymalny zysk". W tym drugim przypadku nasz model powinien jednak ujmować zarówno koszty cyklu życia jak i przychody w cyklu życia (co można zrobić wprowadzając ujemne i dodatnie przepływy pieniężne w modelu przepływów pieniężnych, por. rozdział 0).

**Przykład:** W przypadku Leonarda model ad hoc LCC jest wystarczający. Leonard nie potrzebuje szacunkowych kosztów, które mogą być wykorzystane w systemie księgowości jego firmy, potrzebuje natomiast informacji dla poparcia swojego wyboru jednego z trzech dostępnych wariantów:

1. Utrzymanie eksploatacji obecnej pompy przez 10 lat (scenariusz bazowy)
2. Zakup systemu A
3. Zakup systemu B.

Spośród tych trzech wariantów Leonard decyduje się na wybór opcji najniższego kosztu całkowitego. Pomimo że wyraźnie określił cel swojego modelu LCC, Leonard nadal ma wątpliwości. Stara pompa będzie wymagała wymiany po 10 latach. Być może powinien on zatem podzielić scenariusz bazowy na dwa warianty: zastąpienie starej pompy w ciągu 10 lat systemem A lub systemem B? Czy będą one wtedy dostępne? Jeżeli tak, to czy ich charakterystyki będą takie jak obecnie? Zauważa, że istotność tych pytań zależy od długości jego horyzontu czasowego.

## Horyzont czasowy

Jak zobaczyliśmy we wstępie, analiza LCC polega na podejmowaniu decyzji, które są optymalne raczej w długiej niż krótkiej perspektywie, stąd duże znaczenie ma określenie długości horyzontu czasowego. Poniższe **cztery wskazówki** pomogą nam zdefiniować nasz horyzont czasowy.

1. Jakikolwiek horyzont czasowy wybierzemy będziemy musieli **zastosować taki sam** dla każdego wariantu.
2. Horyzont czasowy jest ograniczony przez **najdłuższy fizyczny czas życia** spośród istniejących wariantów.

3. Horyzont czasowy jest ograniczony przez **horyzont inwestycyjny** decydenta. Niektóre przedsiębiorstwa posiadają standardowy okres **analizy inwestycji**, np. 3, 5 lub 10 lat. Przedsiębiorstwa narażone na znaczne ryzyko będą na ogół posiadały krótszy horyzont inwestycyjny niż przedsiębiorstwa działające w stabilnych warunkach.
4. Horyzont czasowy jest **krótszy niż okres użyteczności** oznaczający całkowity okres czasu, w którym istnieje zapotrzebowanie na funkcję tego produktu.

**Przykład:** Leonard wykorzystuje powyższe cztery wskazówki do podjęcia decyzji o horyzoncie czasowym (T):

1. Potrzebuje jeden horyzont czasowy dla każdego z trzech wariantów, nie może, zatem obliczać LCC przypadku bazowego dla więcej niż 10 lat, LCCA dla więcej niż 15 lat i LCCB dla więcej niż 20 lat.
2. Przy horyzoncie 20 lat, pompa B stanowi opcję o najdłuższym fizycznym czasie życia, zatem wybrany horyzont czasowy nie może być dłuższy od tego okresu.
3. Leonard sprawdza u Billa z działu księgowości czy przedsiębiorstwo stosuje standardowy okres analizy inwestycji. Po dwóch dniach Bill odpowiada: "Na pewno krótszy niż 10 lat, kto może wiedzieć czy nasza firma będzie jeszcze wtedy istniała?"
4. Leonard sprawdza u swojego szefa jak długo ten system pompowy będzie potrzebny, ponieważ jest specjalnie dostosowany do obecnego procesu produkcyjnego. Odpowiedź go zaskakuje: pompa będzie użytkowana jeszcze tylko przez 9 lat. Po tym czasie część zakładu zostanie wyłączona z eksploatacji i nie jest pewne czy pompa przeznaczona dla tego konkretnego procesu będzie nadal w użyciu.

Leonard decyduje się ograniczyć horyzont czasowy do 9 lat. Problem zastąpienia starego systemu pompowego po 10 latach utracił swoje znaczenie, ale być może należy skorygować wartość końcową wariantów A i B, ponieważ na koniec horyzontu czasowego będą one dopiero w połowie swojego okresu użyteczności?

## Granice systemu

Po określeniu celu i horyzontu czasowego wskazane jest zapisanie w sposób jednoznaczny najważniejszych założeń, na których opiera się nasza analiza. Założenia te definiują granice systemu, tzn. określają czynniki, które zostaną uwzględnione.

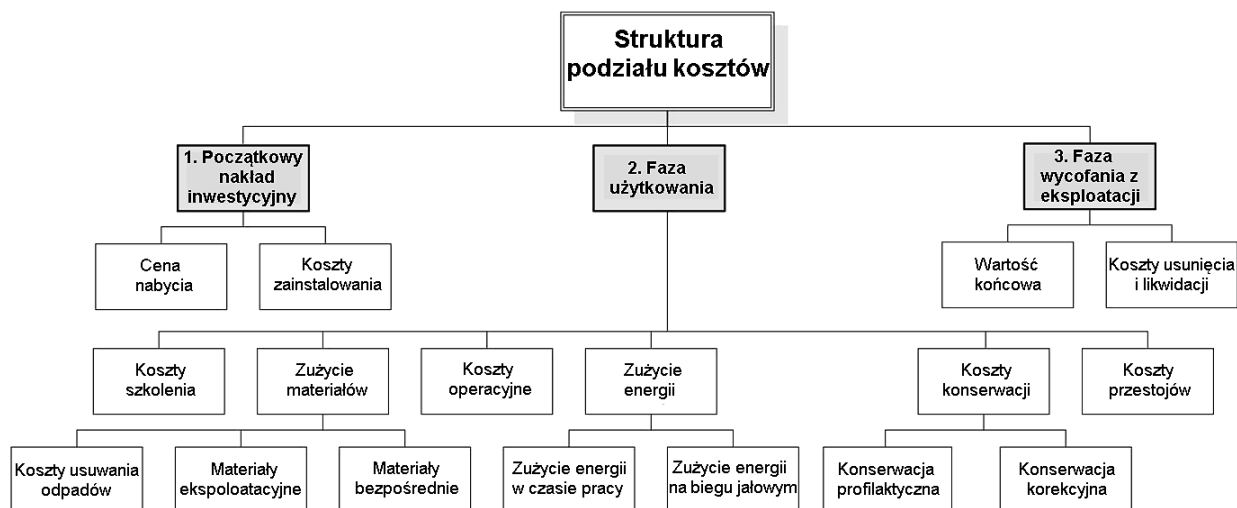
**Przykład:** Oto niektóre z istotnych założeń przyjętych przez Leonarda:

1. Leonard traktuje system pompowy, jako oddzielną jednostkę. Przyjmuje stały koszt kary w wysokości 50 EUR za godzinę przestoju, który odpowiada kosztowi zapewnienia rozwiązania rezerwowego, ale nie uwzględnia oddziaływania pompy na inne części procesu produkcyjnego.
2. Wyróżnia tylko dwa stany: pompa jest w pełni sprawna albo całkowicie niesprawna. Leonard nie bierze pod uwagę możliwości, że pompa pracuje z obniżoną wydajnością. Przyjmuje natężenie przepływu i współczynnik obciążenia, jako stałe w całym horyzoncie czasowym.
3. Nie uwzględnia skutków zdarzeń losowych, jak pożar, wyładowanie atmosferyczne, powódź.
4. Przyjmuje wartość końcową po 9 latach dla opcji A w wysokości 4000 EUR i dla opcji B 4500 EUR.

## Krok 2 – Identyfikacja istotnych składników kosztów

Po zdefiniowaniu zakresu modelu LCC należy sporządzić listę wszystkich składników kosztów, które zostaną uwzględnione. W tym kroku obowiązuje jedna ważna zasada: należy uwzględniać tylko te koszty, które znacząco różnią się pomiędzy poszczególnymi wariantami.

Składniki kosztów mogą być zorganizowane w strukturę drzewiastą lub w strukturę podziału kosztów (CBS), w której każdy węzeł drzewa reprezentuje pewną fazę cyklu życia środka trwałego. Każdy węzeł posiada pewną liczbę węzłów podrzędnych, aż do osiągnięcia najniższego poziomu szczegółowości niezbędnego dla naszego studium. Rysunek 2 przedstawia niektóre składniki kosztów, uwzględniane zwykle w projektach służących efektywności energetycznej, zorganizowane według trzech głównych faz cyklu życia rozważanego środka trwałego: koszty inwestycyjne (1), faza użytkowania (2) i faza wycofania z eksploatacji (EOL) (3). W tym Poradniku nie skupiamy się na obliczaniu podatków, zatem amortyzacja nakładu inwestycyjnego w perspektywie całego horyzontu czasowego nie została uwzględniona.



*Rysunek 2. Ogólna struktura podziału kosztów uwzględniająca typowe składniki kosztów projektu efektywności energetycznej.*

**Przykład:** Leonard zidentyfikował następujące składniki kosztów, mające zastosowanie w jego przypadku:

- Nakład inwestycyjny,
- Koszty konserwacji,
- Zużycie energii w czasie pracy,
- Koszty przestoju,
- Wartość końcowa.

Ponieważ wszystkie pozostałe koszty są prawie takie same dla wszystkich trzech opcji, Leonard nie będzie się nimi zajmował.

## Krok 3 – Zebranie danych i oszacowanie kosztów

Po określeniu zakresu modelu LCC i odnośnych składników kosztów, które zostaną uwzględnione, należy obliczyć koszty dla każdego roku horyzontu czasowego. Proponujemy podejście w 4 krokach:

1. Wykonanie pierwszego, zgrubnego oszacowania
2. Określenie dostępnych źródeł informacji
3. Wybór właściwej metody szacowania kosztów dla każdego składnika kosztów
4. Rozpoczęcie obliczania kosztów.

### Wykonanie pierwszego, zgrubnego oszacowania

Przed rozpoczęciem zbierania danych zawsze jest pomocne wykonanie szybkiego i zgrubnego oszacowania LCC. Da nam to wstępne wyobrażenie o tym, w jaki sposób poszczególne składniki kosztów są ze sobą powiązane. Na tym etapie nie jest nawet potrzebne uwzględnianie wartości pieniądza w czasie lub inflacji, które będą omówione w kroku 4. Wystarczy po prostu pomnożyć roczne wydatki przez liczbę lat w horyzoncie czasowym i dodać je do początkowego nakładu inwestycyjnego i innych wydatków jednorazowych. Jedynym celem tego pierwszego oszacowania jest pokierowanie zbieraniem danych. Nie ma powodu żeby spędzić 90% czasu na oszacowanie składnika kosztów, którego udział jest mniejszy niż 1% całkowitego kosztu.

**Przykład:** Leonard wykonuje pierwsze szybkie, zgrubne oszacowanie (bez dyskontowania –por. str. 10):

*Tabela 2. Pierwsze szybkie, zgrubne oszacowanie LCC.*

|                            | PRZYPADK BAZOWY |       | WARIANT A   |       | WARIANT B  |       |
|----------------------------|-----------------|-------|-------------|-------|------------|-------|
| <b>Nakład inwestycyjny</b> | 0 EUR           | 0,0%  | 19 000 EUR  | 8,9%  | 35 000 EUR | 18,9% |
| <b>Konserwacja</b>         | 52 800 EUR      | 23,2% | 57 200 EUR  | 26,8% | 36 000 ER  | 19,5% |
| <b>Przestoje</b>           | 51 246 EUR      | 22,5% | 19 710 EUR  | 9,2%  | 11 826 EUR | 6,4%  |
| <b>Zużycie energii</b>     | 122 990 EUR     | 54,1% | 113 530 EUR | 53,2% | 97 446 EUR | 52,7% |
| <b>Wartość końcowa</b>     | 500 EUR         | 0,2%  | €4 000 EUR  | 1,9%  | 4 500 EUR  | 2,4%  |

Czy możesz obliczyć te same wielkości? Spróbuj to zrobić opierając się na informacji podanej w Tabeli 1. Leonard oblicza przybliżone roczne zużycie energii zakładając, że silnik pracuje w sposób ciągły przy pełnym obciążeniu, zatem całkowite koszty energii w ciągu dziewięciu lat wynoszą:

$$9[\text{lat}] \times \text{moc silnika}[\text{kW}] \times 8760[\text{godzin rocznie}] \times 0,12 \left[ \frac{\text{EUR}}{\text{kWh}} \right]$$

Na podstawie tej oceny postanawia skoncentrować się na kosztach energii, przestojów i konserwacji dla różnych wariantów, a nie będzie poświęcał zbyt wiele czasu na oszacowanie wartości końcowej.

## Identyfikacja dostępnych źródeł informacji

Jakimi informacjami dysponujesz w celu oszacowania różnych składników kosztów? Odpowiedź będzie zależała od twojego konkretnego przypadku, jednakże słuszne jest następujące rozróżnienie:

- Masz do dyspozycji albo **dane historyczne** albo **opinię eksperta**.
- Informacja pochodzi albo ze **źródła wewnętrznego** (z twojego przedsiębiorstwa) albo z **zewnętrznego**.

Każda z czterech możliwych kombinacji tych źródeł stawia własne wymagania. Warto pamiętać o kilku ogólnych radach, opartych na praktycznych doświadczeniach:

- Należy **ostrożnie podchodzić do danych historycznych** takich, jak raporty konserwacji, karty czasu pracy itp. W wielu praktycznych opracowaniach dotyczących LCC, tego rodzaju dane okazują się być daleko mniej szczegółowe lub systematycznie rejestrowane niż można było oczekiwać. Przed wykorzystaniem danych w modelu trzeba mieć jasny pogląd na to, co było rejestrowane i z jaką dokładnością.
- **Należy zwracać uwagę na reprezentatywność informacji.** Przy szacowaniu kosztów konserwacji można napotkać historyczne dane o liczbie uszkodzeń występujących w produktach poprzedniej generacji. Jeżeli jednak produkty, które zamierzamy kupić zawierają nowe technologie, lub ich konstrukcja jest ulepszona, powinniśmy zastanowić się nad sposobem skorygowania danych historycznych na użytek naszej oceny. Korekta, na którą się zdecydujemy, będzie jednym z założeń, na których opiera się model LCC.
- Biorąc pod uwagę powszechny brak wiarogodnych i reprezentatywnych danych historycznych, będziemy w wielu przypadkach zależni od opinii ekspertów. Tutaj napotykamy problem, który naukowcy nazywają "**obciążeniem estymatora**", co oznacza, że niektórzy specjaliści, z którymi się konsultujemy, są nadmiernie pesymistyczni, podczas gdy inni będą zbyt optymistyczni. **Nie krępuj się interpretować lub "wazyć" opinie ekspertów.**
- Jeżeli masz do czynienia z ekspertami z zewnątrz, obciążenie estymatora być spowodowane względami **komercyjnymi**: dostawcy mogą w pewnych przypadkach podawać zbyt optymistyczne parametry, aby pozytywnie wpływać na proces sprzedaży. **Zawsze postaraj się dowiedzieć, w jaki sposób konkretny parametr został określony i na jakich założeniach się opiera.**
- Innym czynnikiem psychologicznym, który należy brać pod uwagę jest to, że niektórzy eksperci będą podawać oszacowania parametrów z "papieską nieomylnością", podczas gdy inni mogą drobiazgowo usprawiedliwiać niedokładności przed podaniem żądanych wartości.
- **Wybierz eksperta godnego zaufania i kompetentnego w tym konkretnym temacie.** Często najlepszymi ekspertami są ci, którzy posiadają głęboką znajomość techniczną danego urządzenia oraz są bezstronni wobec twojej decyzji i/lub posiadają doświadczenie w pracy z tym urządzeniem (np. technicy serwisu).

**Przykład:** W tym miejscu zakładamy, że dane podane w Tabeli 1 są w 100% pewnymi oszacowaniami ekspertów. Takie założenie jest oczywiście nadmiernie optymistyczne, ale będziemy się tym martwić w drugim zeszycie Poradnika, kiedy do analizy LCC włączymy niepewność.

## Wybór właściwej metody szacowania dla każdego składnika kosztów

Pierwsze, zgrubne oszacowanie LCC nauczyło nas, na których składnikach kosztów należy się skupić. Zebraliśmy i krytycznie oceniliśmy dostępne informacje. Teraz trzeba znaleźć sposób jak je wykorzystać. Dla każdego składnika kosztów należy ustalić właściwą metodę szacowania kosztu. Istnieją zasadniczo dwa podejścia: parametryczne i analityczne:

- **Parametryczne szacowanie kosztów** oznacza przybliżone szacowanie kosztów przez zastosowanie **relacji parametrycznej** pomiędzy kosztami a ograniczonym zbiorem parametrów wejściowych. **Przykład:** szacując koszt naprawy konkretnego samochodu możesz znać równanie, które umożliwi obliczenie kosztu naprawy w funkcji liczby rocznie przejechanych kilometrów ( $X$ ), liczby dni z opadem śniegu w jednym roku ( $Y$ ) i średniej długości każdego przejazdu ( $Z$ ). Równanie to pozwala wyrazić roczny koszt naprawy jako  $K=A \times X + B \times Y + C \times Z$ . W tym przypadku patrzysz na swój samochód od ogółu do szczegółu, traktując abstrakcyjnie wszystkie szczegóły praktyczne pod maską – po prostu wiążesz koszt z parametrami. Dlatego parametryczne szacowanie kosztów jest także znane, jako szacowanie kosztów "od ogółu do szczegółu".
- **Analityczne szacowanie kosztów** oznacza **analizowanie wszystkich elementów** składających się na koszt całkowity. **Przykład:** szacując koszt naprawy samochodu starasz się zidentyfikować każdy możliwy rodzaj uszkodzenia dla każdego elementu, znaleźć dane na temat prawdopodobieństwa każdego rodzaju uszkodzenia oraz jego wpływu na koszt, oraz sumujesz to wszystko, aby uzyskać oszacowanie całkowitego kosztu naprawy. Ponieważ analizujesz cały podstawowy system aż do jego najmniejszych składników, szacowanie analityczne jest również znane, jako podejście "od szczegółu do ogółu". Jedną z najbardziej znanych metod analitycznego szacowania kosztów jest rachunek kosztów działań (ABC - Activity-Based Costing) – podejście ukierunkowane na analizę działań zużywających zasoby i mających udział w kosztach.

Które z tych podejść wybierzesz? Poprzedni opis wyraźnie wskazuje, że **parametryczne** szacowanie kosztu jest **szybsze i łatwiejsze**, ale na ogół **mniej dokładne** niż analityczne szacowanie kosztu. Dokładność parametrycznego oszacowania kosztu zależy w dużej mierze od jakości zastosowanej relacji parametrycznej. Inaczej mówiąc, parametryczne szacowanie kosztu może być wiarogodne, jeżeli znana jest wystarczająco dokładna relacja parametryczna pozwalająca wyliczyć ograniczony zbiór parametrów. Gdzie można znaleźć taką relację? Relacje parametryczne można zaczerpnąć z literatury technicznej lub oprzeć się na wcześniejszym analitycznym oszacowaniu kosztu, własnym lub wykonanym przez kogoś innego.

**Przykład:** Aby uzyskać dokładniejsze oszacowanie rocznego kosztu energii, Leonard stosuje parametryczne szacowanie kosztu, wykorzystując poniższy wzór zaczerpnięty z literatury technicznej:

$$\text{Roczne zużycie energii [kWh]} = \frac{\text{oc silnika przy pełnym obciążeniu}}{\text{koc silnika przy pełnym obciążeniu}} \times (\text{Współczynnik obciążenia}) \times (\text{Roczny czas pracy})$$

Gdzie: współczynnik obciążenia = średnie obciążenie wyrażone w procentach pełnego obciążenia. Leonard przyjmuje, że 65% jest zadowalającym przybliżeniem tego współczynnika. Stąd otrzymuje roczne zużycie energii 75000 kWh dla przypadku bazowego, 75000 kWh dla wariantu A i 61000 kWh dla wariantu B. Aby otrzymać oszacowany roczny koszt energii wartości te należy pomnożyć przez 0,12 EUR/kWh. Dla kosztów przestojów również stosuje parametryczne szacowanie kosztu, posługując się wzorem:

$$\text{Roczne koszty przestojów} = (100 - \text{Dyspozycyjność [\%]}) \times (\text{Kara za godzinę}) \times (\text{Roczny czas pracy})$$

## Rozpoczęcie obliczania kosztów

Zdecydowałeś już, które składniki kosztów uwzględniasz (0), zidentyfikowałeś źródła informacji i zebrałeś dane (0) oraz dla każdego składnika kosztów wybrałeś odpowiednią metodę szacowania (parametryczną lub analityczną). Teraz czas na prawdziwą pracę. Powinieneś utworzyć model przepływów pieniężnych w arkuszu kalkulacyjnym (np. MS Excel). Model przepływów pieniężnych wykazuje każdy przypadek składnika kosztu (lub przychodu) w roku, w którym występuje. Przychody i koszty powinny mieć różny znak (+/-). Teraz powinieneś sporządzić arkusz z osobnymi kolumnami dla każdego roku w horyzoncie czasowym (por. 0) i dla każdego składnika kosztów przeznaczyć wiersz. W każdej komórce wprowadź wartość kosztu poniesionego w danym roku dla konkretnego składnika kosztów.



Podsumowując ten rozdział, Tabela 3 podaje przegląd niektórych, powszechnie stosowanych źródeł informacji i metod szacowania kosztów dla najczęściej spotykanych składników kosztów w kontekście projektów służących efektywności energetycznej.

Tabela 3. Typowe źródła informacji oraz metody i praktyki szacowania dla najczęściej spotykanych rodzajów kosztów.

| Rodzaj kosztu       | Typowe źródła informacji   | Mające zastosowanie metody i praktyki szacowania kosztów   |
|---------------------|--|--|
| Koszty energii      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pomiary energii typu 1: pomiar zużycia (w kWh) oddzielnym licznikiem kWh w ciągu jednego tygodnia lub miesiąca</li> <li>• Pomiary energii typu 2: pomiar zużycia referencyjnego dla różnych standardowych cykli pracy za pomocą analizatora mocy (np. Fluke, Chauvin Arnoux, itp.)</li> <li>• Informacja od dostawców</li> <li>• Informacja z literatury technicznej</li> <li>• Cena energii za kWh dla twojego przedsiębiorstwa</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Przy pomiarach energii typu 1: zużycie mierzone w ciągu jednego miesiąca <math>\times 12 =</math> zużycie roczne (Uwaga: czy zmierzone zużycie jest reprezentatywne dla reszty roku? Należy zwracać uwagę na efekty sezonowe lub niereprezentatywny charakter produkcji i w razie potrzeby skorygować wzór)</li> <li>• Przy pomiarach energii typu 2: zużycie podczas standardowego cyklu pracy <math>\times</math> liczba cykli w roku</li> <li>• Na ogół pomiar energii typu 2 jest bardziej dokładny, ale wymaga bardziej rozbudowanych pomiarów (dla każdego rodzaju cyklu pracy)</li> <li>• Relacja parametryczna zaczerpnięta z literatury technicznej</li> <li>• Często dokonuje się rozróżnienia między zużyciem energii w czasie pracy urządzenia i zużyciem na biegu jałowym</li> </ul> |
| Koszty konserwacji  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Historyczne protokoły czynności konserwacyjnych/serwisowych (uwaga na jakość, por. rozdz. 3.2)</li> <li>• Wycena na podstawie umów serwisowych proponowanych przez dostawcę (ostrożnie: czy obejmują wszystko?)</li> <li>• Opinia eksperta o personelu utrzymania ruchu</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Roczny koszt konserwacji = pewien procent ceny zakupu środka trwałego (aproksymacja)</li> <li>• Koszt konserwacji = Koszt konserwacji profilaktycznej + Koszt konserwacji korekcyjnej<br/>gdzie:<br/> <math display="block">\text{Koszt konserwacji profilaktycznej} = \text{Koszt}_{\text{interwencji}} \times (\text{liczba interwencji})</math> <math display="block">\text{Koszt konserwacji korekcyjnej} = \sum [\text{Prawdopodob}_{\text{uszkodzenia}} \times \text{Koszt}_{\text{naprawy}}]</math>                     gdzie:<br/> <math display="block">\text{Koszt}_{\text{naprawy}} = \text{Koszt}_{\text{robocizny}} + \text{Koszt}_{\text{materiałów}} + \text{Koszt}_{\text{transportu}}</math> </li> </ul>   |
| Koszty eksploatacji | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Badanie czasu (np. Metody MTM)</li> <li>• Informacja dostawcy</li> <li>• Opinia eksperta o operatorach i brygadzystach</li> </ul>   | $\text{Koszt}_{\text{operacji}} = (\text{Liczba godzin nadzoru}) \times (\text{Godzinowy koszt pracy})$  |
| Koszty przestoju    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jaki przychód został utracony przez godzinę przestoju w twoim przedsiębiorstwie? LUB: Ile kosztuje zapewnienie rozwiązania rezerwowego na godzinę przestoju? To określa karę za godzinę (w EUR)</li> <li>• Całkowity roczny czas przestoju zarejestrowany przez utrzymanie ruchu lub oszacowany przez ekspertów</li> </ul>  | $\text{Koszt}_{\text{przestoju}} = (\text{Liczba godzin przestoju}) \times (\text{Kara za godzinę})$   |

**Przykład:** Korzystając z danych zamieszczonych w Tabeli 1 i uzyskanych wyników oszacowania kosztów, Leonard przystępuje do tworzenia modelu przepływów pieniężnych, którego rezultat jest ukazany w pliku "ECI\_LCC.xlsx" dołączonego do niniejszego Poradnika. Spójrzmy na pierwszy arkusz "Ćwiczenie", na razie tylko na wiersze 1 do 21 oraz na zaznaczone żółtym kolorem komórki parametrów poniżej. Upewnij się, że rozumiesz w jaki sposób została zdefiniowana każda z komórek w pierwszych 21 wierszach. Teraz

zobacz arkusz "Wykres 1", który przedstawia zsumowane przepływy pieniężne w poszczególnych latach dla wszystkich trzech opcji (tj. wiersze 19, 20 i 21).

## Krok 4 – Obliczanie kluczowych wskaźników finansowych

Celem analizy kosztu cyklu życia (LCCA) jest ułatwienie podjęcia decyzji: który wariant jest najlepszym wyborem w długim okresie czasu? Dla ułatwienia tego rodzaju oceny niniejszy rozdział wprowadza trzy kluczowe wskaźniki finansowe, są to: wartość bieżąca netto (NPV), zdyskontowany czas zwrotu nakładów (DPBT) i wewnętrzna stopa zwrotu (IRR). Zanim jednak pójdziemy dalej należy wyjaśnić jeszcze jedno ważne pojęcie: wartość pieniądza w czasie.

**Wartość pieniądza w czasie** nie pozwala na proste dodawanie kosztów występujących w różnych latach. **Nie jest ona tym samym, co inflacja**, która oznacza ogólny wzrost poziomu cen towarów i usług. Wartość pieniądza w czasie jest powodem, dla którego każdy woli posiadać 500 EUR dzisiaj niż za pięć lat nawet, gdyby w tym czasie można było za to nabyć taką samą ilość towarów i usług. W ciągu tych pięciu lat można tę kwotę zainwestować na wiele różnych sposobów i nie uczynienie tego także "kosztuje" pieniądze.

Każdy koszt występujący w przyszłości będzie miał **wartość obecną (PV)**, która jest różna od jego **wartości przyszłej (FV)**. Relacja między PV (w roku 0) a FV (w roku  $k$ ) jest wyrażona wzorem:

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

Zastosowanie tego wzoru jest nazywane "**dyskontowaniem**", a najważniejszym parametrem, który należy wyznaczyć jest **stopa dyskontowa  $i$** , określająca różnicę między FV i PV.

Powiedzmy, że otrzymujesz kwotę 500 EUR po 10 latach i stosujesz stopę dyskontową 8%, zatem jej wartość obecna wynosi:

$$PV_{8\%} \frac{500}{(1 + 0,08)^{10}} = 232 \text{ EUR}$$

Przy stopie dyskontowej 15% wartość obecna kwoty 500 EUR otrzymanej po 10 latach wyniesie tylko

$$PV_{15\%} \frac{500}{(1 + 0,15)^{10}} = 124 \text{ EUR}$$

Wszystkie trzy kluczowe wskaźniki finansowe wprowadzone w niniejszym Poradniku, tj. wartość bieżąca netto (NPV), zdyskontowany czas zwrotu nakładów (DPBT) i wewnętrzna stopa zwrotu (IRR), wykorzystują powyższy podstawowy wzór, dla którego należy wybrać stopę dyskontową. Wyznaczenie stopy dyskontowej " $i$ " jest trudną, ale ważną decyzją, w której podjęciu będzie pomocny następny rozdział.

### Wybór stopy dyskontowej

Wartość pieniądza w czasie reprezentuje stopa dyskontowa, ale zobaczyliśmy, że także inne zjawisko – **inflacja** wpływa na to, że pieniądz traci z czasem na wartości. Musisz zdecydować czy w swojej analizie uwzględniasz inflację czy też nie uwzględniasz jej. Jeżeli uwzględniasz inflację to do obliczenia wartości pieniądza w czasie zastosujesz **nominalną stopę dyskontową**, jeżeli jej nie uwzględniasz to zastosujesz **realną stopę dyskontową**. Realna stopa dyskontowa będzie zawsze mniejsza od nominalnej, z wyjątkiem rzadkiego przypadku deflacji, tj. obniżenia ogólnego poziomu cen. Kiedy zachodzi potrzeba wyboru między dwiema opcjami, to często wpływ inflacji na każdą z nich jest prawie taki sam, można go zatem zaniedbać. Niektórzy specjaliści doradzają, aby nie tylko stosować nominalne stopy dyskontowe, ale także odmienne stopy inflacji dla różnych rodzajów kosztów (np. inflacja energii wobec inflacji płac). W naszej opinii może to sprawiać fałszywe wrażenie, że inflacja jest zjawiskiem przewidywalnym. Sądzymy, zatem że prościej jest uwzględnić niepewność związaną z inflacją w cenach energii, a nie w stopie dyskontowej. Uwzględnienie niepewności w modelu LCC jest tematem **Poradnika Nr 2**. Na razie radzimy **stosowanie realnej stopy dyskontowej**.

Wielu specjalistów jest zgodnych, co do tego, że realna stopa dyskontowa powinna odzwierciedlać "**koszty alternatywne kapitału**". Alternatywny koszt kapitału oznacza, że kapitał zainwestowany w chwili obecnej w środki poprawy efektywności energetycznej nie przychodzi za darmo – albo jest to kapitał pożyczony (dług),

albo kapitał własny (akcyjny). Zarówno wierzyciele jak udziałowcy będą oczekiwać zwrotu z wyłożonych pieniędzy i będą gotowi zapewnić fundusze tylko wtedy, gdy spełnisz ich oczekiwania.

Akceptowaną wartością odniesienia dla kosztów alternatywnych kapitału, a zatem dla stopy dyskontowej, jest **średni ważony koszt kapitału** (WACC). Średni ważony koszt kapitału jest obliczany jako stopa, którą przedsiębiorstwo powinno średnio płacić właścicielom kapitału. W przypadku przedsiębiorstwa, które pozyskało kapitał tylko od udziałowców i wierzycieli, WACC oblicza się następująco:

$$WACC = \frac{D}{D+E} R_d(1-t) + \frac{E}{D+E} R_e$$

We wzorze tym:

- $E$  – wartość rynkowa kapitału własnego,
- $D$  – dług całkowity,
- $R_d$  – odsetki od długu,
- $t$  – stawka podatkowa (wyrażająca fakt, że procenty od pożyczek są odliczane od dochodu przed opodatkowaniem),
- $R_e$  – zwrot oczekiwany przez udziałowców (najtrudniejszy do wyznaczenia parametru).

W ryzykownym otoczeniu biznesowym średni ważony koszt kapitału (WACC) przedsiębiorstwa będzie wyższy, gdyż zarówno udziałowcy jak i wierzyciele oczekują wyższego zwrotu, podczas gdy w stabilnym otoczeniu WACC będzie niższy. Ponieważ WACC silnie zależy od poziomu ryzyka działalności, dla przedsiębiorstwa prowadzącego działalność w różnych sektorach WACC będzie różny w zależności od sektora.

Wzór ten wydaje się być prosty, ale duża trudność tkwi w wyznaczeniu wartości  $R_e$ . Popularnym podejściem wśród ekspertów finansowych jest model wyceny aktywów kapitałowych (CAPM), w którym  $R_e$  jest wyznaczone jako  $R_e = R_0 + \beta \times R_p$ , gdzie  $R_0$  jest stopą wolną od ryzyka (np. 10-letnie niemieckie obligacje skarbowe, około 2% w grudniu 2011),  $\beta$  specyficzny dla danego przedsiębiorstwa współczynnik beta i  $R_p$  premia za ryzyko, typowo 3% do 5%. Współczynnik beta obrazuje jak zwroty przedsiębiorstwa odpowiadają na wahania rynkowe. Bardziej szczegółowe objaśnianie modelu wyceny aktywów kapitałowych zaprowadziłoby nas zbyt daleko, dlatego ograniczymy się tutaj do stwierdzenia, że obliczenia WACC nie są nauką ścisłą, ponieważ różni specjaliści mogą podawać różne wartości  $R_e$  (a zatem różne wartości WACC) dla tego samego przedsiębiorstwa.

Niniejszy Poradnik jest próbą umożliwienia czytelnikowi głębszego wglądu w podstawy WACC. Nie sugerujemy bynajmniej, że zastosowanie modelu wyceny aktywów kapitałowych jest łatwe w rzeczywistych warunkach. Zasadniczo masz dwie podstawowe opcje:

1. Jeżeli twoja firma **jest notowana na giełdzie** to dział finansowy powinien posiadać oszacowanie WACC przedsiębiorstwa, ponieważ może być obliczony na podstawie danych finansowych, których publikacja jest wymagana.
2. Jeżeli twoja firma **nie jest notowana na giełdzie** możesz sam próbować obliczyć WACC zbierając dane na temat parametrów użytych w powyższym wzorze. Prawdopodobnie jednak nie będziesz miał czasu lub przygotowania fachowego do przeprowadzenia tak złożonej analizy finansowej. Jeżeli dział finansowy nie będzie mógł tu pomóc, proponujemy następujące, pragmatyczne podejście:
  - Absolutne minimum WACC wynosi około 4%, jest to tak zwana "społeczna stopa dyskontowa" stosowana w planowaniu długoterminowym. Ogólnie rzecz biorąc, WACC rzadko wynosi poniżej 7% lub powyżej 20%.
  - Wskazówką może być to, że WACC podobnych przedsiębiorstw działających w tej samej branży i o podobnym profilu ryzyka jest w pewnym stopniu porównywalny. W Tabeli 4 podano niektóre oszacowania kosztów kapitału, dotyczące całych branż, opracowane przez prof. Damodarana z Stern Business School Uniwersytetu Nowego Jorku (NYU). Dane te, pochodzące z roku 2009, są oparte tylko na przedsiębiorstwach w USA. Można je przyjąć, jako wartości odniesienia i powiększyć je o kilka procent, jeżeli oceniasz, że profil ryzyka twojego przedsiębiorstwa jest wyższy od średniego lub zmniejszyć, jeżeli jest niższy. Przykłady przedsiębiorstw notowanych na giełdach w USA można znaleźć na stronie: <http://thatswacc.com/>.

**Ćwiczenie:** spróbuj znaleźć WACC dla Apple Inc. (AAPL), Coca-Cola Company (KO) i U.S. Steel (X). Jak uszeregowalbyś je intuicyjnie według rosnącego WACC?

Tabela 4. Średni koszt kapitału dla niektórych wybranych sektorów przemysłu  
(Źródło: <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>).

|   |       |                                 |        |
|---|-------|---------------------------------|--------|
| Przemysł lotniczy i kosmonautyczny/ Obrony  | 8,51% | Leki                            | 8,52%  |
| Samochody osobowe i ciężarowe               | 8,58% | Przetwórstwo żywności           | 7,16%  |
| Części samochodowe                          | 9,91% | Papier/ Produkty leśne          | 9,24%  |
| Napoje                                      | 8,15% | Przemysł naftowy (zintegrowany) | 8,63%  |
| Materiały budowlane                         | 8,57% | Przemysł naftowy (produkcja)    | 8,48%  |
| Przemysł Chemiczny (branże podstawowe)      | 8,70% | Przemysł stalowy (zintegrowany) | 10,27% |
| Przemysł Chemiczny (branże różne)           | 9,10% | Przemysł stalowy (ogólnie)      | 9,54%  |
| Przemysł Chemiczny (branże specjalistyczne) | 8,88% |                                 |        |

**Przykład:** Firma Leonarda nie jest notowana na giełdzie. Postanawia zadzwonić do Billa z działu księgowości. Jaki jest WACC przedsiębiorstwa? Bill nie ma pojęcia i nie ma ochoty się trudzić. Leonard wyszukuje firmy z tej samej branży na <http://thatswacc.com/>. Znajduje, że Exxon Mobil (XOM) ma WACC of 7,83% (uważa, że to absolutne minimum), BP ma WACC 11,55%, a koszt kapitału w całej branży wynosi około 8,5%. Leonard dodaje jeden procent "premię za ryzyko" i wybiera dla swojego przedsiębiorstwa wartość 9,5%. Nie jest całkiem pewien dokładności tego oszacowania, ale wydaje się, że na razie 9,5% jest najbardziej rozsądnym wyborem...

## Wartość bieżąca netto (NPV)

Wartość bieżąca netto (NPV) twojego projektu efektywności energetycznej jest **najważniejszym kluczowym wskaźnikiem finansowym**. Definiuje się ją jako sumę bieżących wartości (PV) poszczególnych składników kosztów, przy czym każdy przypadek wstąpienia danego składnika kosztu jest dyskontowany według wskaźnika dla roku, w którym występuje. Wartość bieżącą netto można obliczać dla każdego szeregu czasowego kosztów i/lub przychodów, ale w kontekście LCC istnieje sposób ewaluacji całkowitego, długoterminowego kosztu każdego wariantu, czyli inaczej mówiąc, wielkości całej góry lodowej. NPV pozwala porównywać różne warianty w kategoriach pieniężnych. Przyjmijmy, że dla jednego z twoich wariantów określonych w **kroku** 1 obliczyłeś wszystkie, odnośne składniki kosztów, gdzie  $C_k$  jest sumą wszystkich kosztów występujących w roku  $k$  i  $C_0$  jest początkowym nakładem inwestycyjnym (w roku 0). Zatem bieżącą wartością netto (Całkowity koszt LCC) dla tego wariantu można obliczyć jako:

$$NPV = C_0 + \sum_{k=1}^T \frac{C_k}{(1+i)^k}$$

We wzorze tym  $T$  oznacza horyzont czasowy,  $i$  oznacza stopę dyskontową. Wartość NPV można obliczyć bezpośrednio w arkuszu kalkulacyjnym MS Excel za pomocą funkcji NPV, która ma składnię "=NPV(Stopa, Wartość1, Wartość2, ...)", gdzie "Stopa" oznacza stopę dyskontową, a "Wartość1, Wartość2, ..." wiersz lub kolumnę wszystkich przepływów pieniężnych w kolejnych latach, poczynając od roku 1. (Uważaj, żeby nie zacząć od roku 0!  $C_0$  należy zawsze dodawać oddzielnie).

Możesz teraz wyznaczyć wartości NPV dla każdego wariantu. Da ci to pogląd na wpływ kosztu całkowitego na każdy z wariantów z uwzględnieniem całego horyzontu czasowego. Dysponując tą informacją będziesz mógł podjąć decyzję. Najbardziej atrakcyjną opcją będzie oczywiście wariant o **najniższym NPV**, a zatem o **najniższym LCC**.

Aby uwydatnić potencjał oszczędności twojego projektu efektywności energetycznej możesz porównać różne aktywne scenariusze (np. zakup systemu A lub zakup systemu B) ze scenariuszem bazowym. W tym celu należy najpierw obliczyć NPV całkowitego kosztu każdego wariantu, w taki sam sposób jak poprzednio. Następnie, odejmując NPV wariantu A od NPV wariantu bazowego, otrzymasz **całkowitą oszczędność kosztów tego wariantu względem wariantu bazowego** (jeżeli wartość jest dodatnia) lub całkowity koszt dodatkowy (jeżeli wartość jest ujemna).

**Przykład:** Korzystając z modelu przepływów pieniężnych, który używaliśmy wcześniej, spróbuj obliczyć NPV całkowitego kosztu dla każdego wariantu Leonarda. Możesz użyć arkusz "Ćwiczenie" z pliku MC Excel "ECI\_LCC.xlsx". W komórkach L19 – L20 – L21 wprowadź swoje wzory (użyj funkcję NPV, ale uważaj na rok 0!).

Następnie spójrz na wiersze 23-24 i 26-27. Upewnij się, że rozumiesz, w jaki sposób zostały obliczone te wartości. Oblicz W komórkach L23 – L24 i L26 – L27 oszczędność zdyskontowanych kosztów całkowitych wariantów A i B w odniesieniu do wariantu bazowego. Wiersze 24 i 27 dodaliśmy, żeby pokazać jak działa funkcja NPV w arkuszu kalkulacyjnym MS Excel; powinieneś, zatem otrzymać w L24 tę samą wartość co w L23, w L26 tę samą wartość co w L27. Który wariant wybrałbyś? Możesz sprawdzić swoją odpowiedź w arkuszach "Rozwiązanie" i "Wykres 2" w tym samym pliku MS Excel oraz w dyskusji na końcu tego rozdziału.

## Zdyskontowany czas zwrotu nakładów (DPBT)

Podczas gdy wartość bieżąca netto jest wyrażona w jednostkach pieniężnych, można również dokonać porównania w kategoriach czasowych. Zasadnicze pytanie brzmi wtedy: jak długi jest czas zwrotu z tej inwestycji? Prostim sposobem na znalezienie odpowiedzi jest odejmowanie rok po roku uzyskanych oszczędności od początkowego nakładu inwestycyjnego aż do otrzymania wyniku zero. Jest to moment osiągnięcia **progu rentowności**, a odpowiadający tej sytuacji okres to **czas zwrotu nakładów (PBT)**. Jeżeli, przykładowo, inwestujesz 1500 EUR w roku 0 i od pierwszego roku uzyskujesz oszczędność 500 EUR rocznie, to czas zwrotu nakładu (PBT) wyniesie 3 lata.

Czas zwrotu nakładu (PBT), który wyliczymy tylko sumując koszty występujące w poszczególnych latach, nie uwzględnia jednak wartości pieniądza w czasie. Radzimy, zatem aby zamiast czasu zwrotu nakładu (PBT), stosować **zdyskontowany czas zwrotu nakładów (DPBT)**. Przy obliczaniu zdyskontowanego czasu zwrotu nakładów (DPBT) od początkowego nakładu inwestycyjnego odejmujemy *zdyskontowane* koszty, aż do otrzymania wyniku zero. Jesteśmy świadomi trudności związanych z określeniem właściwej stopy dyskontowej, ale zignorowanie zmiany wartości pieniądza w czasie będzie w ostatecznym wyniku zawsze gorsze niż zastosowanie przeszacowanej lub niedoszacowanej stopy dyskontowej.

Intuicyjnie będziesz pewnie preferował projekty z krótkim zdyskontowanym czasem zwrotu nakładów, ale **czy zawsze powinieneś wybrać projekt z najkrótszym DPBT?** Odpowiedź brzmi "nie". Często się zdarza, że kryteria DPBT i NPV uszeregują warianty w ten sam sposób, ale w niektórych przypadkach mogą pojawić się różnice, ponieważ DPBT ma krótszy horyzont czasowy niż NPV. Wartość bieżąca netto uwzględnia wszystkie czynniki kosztów w całym horyzoncie czasowym, podczas gdy DPBT bierze w rachubę tylko koszty i oszczędności występujące w latach przed osiągnięciem progu rentowności i pomija wszystko, co później następuje.

**Przykład:** Rozpoczynając od arkusza kalkulacyjnego NPV spróbuj wyznaczyć DPBT dla każdej z opcji Leonarda. Porównaj je z odpowiadającymi im wartościami PBT. Możesz użyć pierwszy arkusz "Ćwiczenie" z pliku MC Excel "ECI\_LCC.xlsx". Użyj danych z wierszy 25 i 28. Upewnij się, że rozumiesz, w jaki sposób zostały obliczone te wartości. Uszereguj warianty według DPBT i porównaj z rankingiem opartym na analizie NPV. Swoją odpowiedź możesz sprawdzić w arkuszu "Rozwiązanie" w tym samym pliku MS Excel oraz w dyskusji na końcu tego rozdziału. **Wykres 3** przedstawia zdyskontowane skumulowane oszczędności w funkcji czasu. Widoczny jest moment, w którym linia oszczędności przecina oś zerową, wskazując osiągnięcie progu rentowności.

## Wewnętrzna stopa zwrotu (IRR)

Trzecim kluczowym wskaźnikiem finansowym analizy LCC jest wewnętrzna stopa zwrotu (IRR). Wewnętrzna stopa zwrotu jest to stopa dyskontowa, przy której zaktualizowana wartość netto strumienia kosztów i korzyści projektu równa jest 0. W kategoriach matematycznych oznacza to:

$$IRR=i \text{ takie, że}$$

$$NPV = C_{BC0} - C_0 + \sum_{k=1}^T \frac{C_{BCk} - C_k}{(1+i)^k} = 0$$

gdzie:

- $C_{BCk}$  – koszty wariantu bazowego w roku  $k$
- $C_k$  – koszty rozważanego wariantu w roku  $k$

Obliczając wewnętrzną stopę zwrotu IRR wyznaczasz maksymalną stopę dyskontową, przy której inwestycja jeszcze może być rentowna. **Wysoka** wewnętrzna stopa zwrotu oznacza, że **projekt jest bardziej interesujący** – nawet, jeżeli przyszłe oszczędności są dyskontowane przy zastosowaniu tej stopy, nie będzie on przynosił strat. Ogólnie rzecz biorąc, **aby dany projekt był interesujący jego wewnętrzna stopa zwrotu IRR musi być wyższa niż koszt kapitału (WACC)**.

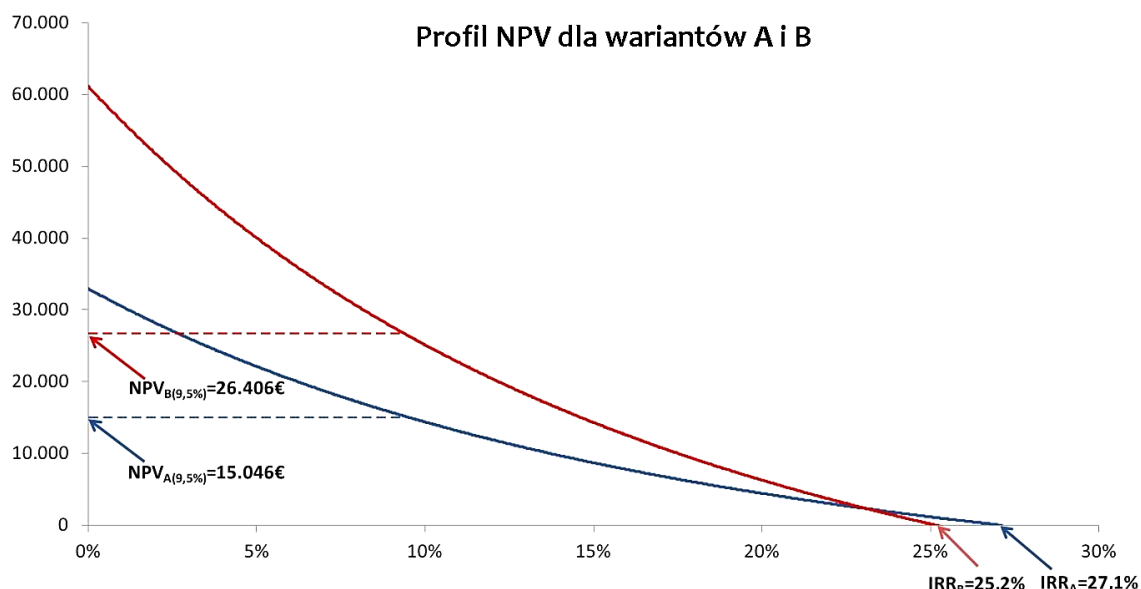
Najłatwiejszym sposobem obliczenia IRR jest użycie funkcji IRR w arkuszu kalkulacyjnym MS Excel. Funkcja ta ma składnię "=IRR(wartość0,wartość1,...wartośćk; oszacowanie)", gdzie: "wartośćj" – przepływ pieniężny w roku "j", "oszacowanie" – wielkość przyjęta jako wstępne oszacowanie IRR. Jest to argument opcjonalny, jeżeli wstępne oszacowanie nie zostanie wprowadzone do wzoru, program przyjmuje domyślnie stopę 10%. Formuła ta może być stosowana tylko wtedy, gdy istnieje stopa dyskontowa, dla której NPV osiąga zero. Jeżeli nie, to MS Excel zgłasza komunikat błędu #NUM! **Spróbuj samemu przerobić ten prosty przykład** w arkuszu MS Excel:  $C_{BC0}-C_0=-100$ ;  $C_{BC1}-C_1=50$ ;  $C_{BC2}-C_2=25$ ;  $C_{BC3}-C_3=35$ ;  $C_{BC4}-C_4=15$  and  $C_{BC5}-C_5=10$ . Jaką wartość IRR otrzymałeś? [Odpowiedź = 14,4%].

**Jak możesz zastosować IRR?** Pewne przedsiębiorstwo przyjęło jako wielkość odniesienia wartość  $B$  i **zaakceptuje projekt tylko gdy jego IRR przekracza  $B$** . W pewnych przypadkach wskaźnik ten jest taki sam jak WACC, zatem projekt będzie zaakceptowany tylko wtedy, gdy może on pokryć koszt kapitału. W innych przypadkach wskaźnik ten jest wyższy niż WACC. W takiej sytuacji projekty są akceptowane tylko, gdy ich efekty przekraczają oczekiwania właścicieli kapitału i efektywnie zwiększają wartość przedsiębiorstwa.

Kryterium IRR jest przydatne głównie do oceny pojedynczych projektów służących efektywności energetycznej. Pomaga odpowiedzieć na pytanie "Czy warto inwestować w ten projekt?" Wiele przedsiębiorstw stosuje IRR w celu porównania i klasyfikowania różnych opcji, jakkolwiek takie zastosowanie jest mniej wskazane. Klasyfikacja projektów na podstawie IRR i NPV może czasem dawać odmienne wyniki, w takim przypadku kryterium NPV jest bardziej sensowne. Kryterium IRR ma tendencję do faworyzowania projektów o niższym początkowym nakładzie inwestycyjnym, podczas gdy NPV bilansuje koszty pojawiające się w różnych momentach przez dyskontowanie rzeczywistego kosztu kapitału. Pozwala, zatem na podjęcie lepszej, bardziej wszechstronnej decyzji. Ilustruje to poniższy przykład.

**Przykład:** Korzystając z tego samego arkusza kalkulacyjnego "**Ćwiczenie**" w pliku MS Excel **ECI\_LCC.xlsx**, znajdź IRR dla wariantów A i B, wprowadzając funkcję IRR w komórkach **G34 – H34**. Czy obydwie warianty zostaną zaakceptowane, jeżeli jako wartość odniesienia dla IRR przyjęto WACC? Co będzie, jeżeli ten wskaźnik wyniesie 25%? Swoje odpowiedzi możesz sprawdzić w arkuszu "**Rozwiązanie**" w tym samym pliku Excel.

Rysunek 3 przedstawia "**profil NPV**" wariantów A i B. Jest to graficzna ilustracja związku między NPV i IRR, gdzie zmienną na osi X jest stopa dyskontowa a odpowiadające jej wartości NPV są odłożone się na osi Y. IRR jest stopą dyskontową, przy której profil NPV przechodzi przez zero. W tym przykładzie wartość NPV wariantu B jest wyższa dla prawie każdej stopy dyskontowej, ale wariant A ma nadal wyższą stopę IRR. Ta ilustracja podkreśla fakt, że NPV jest lepszym kryterium porównywania i klasyfikowania różnych projektów niż kryterium IRR.



Rysunek 3. Profil NPV dla wariantów A i B obrazuje jak NPV zmienia się w funkcji stopy dyskontowej.  
Legenda Rysunku 3: Profil NPV dla wariantów A i B.

## Wnioski i rozwiązanie ćwiczenia

Tabela 5 podaje przegląd trzech kluczowych wskaźników finansowych stosowanych do oceny długoterminowej rentowności projektów efektywności energetycznej oraz najważniejsze charakterystyki każdego kryterium.

Tabela 5. Główne charakterystyki trzech kluczowych wskaźników finansowych omawianych w niniejszym Poradniku.

| Kluczowy wskaźnik finansowy | Wartość bieżąca netto (NPV)  | Zdyskontowany czas zwrotu nakładów (DPBT)   | Wewnętrzna stopa zwrotu (IRR)   |
|-----------------------------|--|---|---|
| Jest obliczany przez...     | ...sumowanie początkowego nakładu inwestycyjnego danego wariantu i zdyskontowanych oszczędności kosztów w porównaniu z przypadkiem bazowym, w całym horyzoncie czasowym. | ...zidentyfikowanie chwili, w której początkowy nakład inwestycyjny zostanie skompensowany przez zdyskontowane oszczędności kosztów w porównaniu z przypadkiem bazowym. | ...wyznaczenie stopy dyskontowej, dla której NPV całkowitych oszczędności jednego wariantu, odniesionych do przypadku bazowego, zeruje się. |
| Przydatny do...             | ...sprawdzenia czy dany wariant jest rentowny (jeżeli $NPV > 0$ )<br>... porównania i klasyfikowania wariantów.  | ...otrzymania intuicyjnej miary w jakim stopniu inwestycja jest ryzykowna, wyrażonej w liczbie lat.   | ...porównania rentowności projektu z ustaloną dla danego przedsiębiorstwa wartością odniesienia, wyrażoną procentowo.                       |
| Mniej przydatny do...       | ...wyrażenia LCC lub rentowności w ujęciu niepieniężnym  | ... rankingu i porównywania wariantów   | ... rankingu i porównywania wariantów   |

Spośród tych kryteriów najważniejszym jest wartość bieżąca netto (NPV). Jest bardzo przydatna do porównywania i rankingu potencjału ekonomicznego różnych opcji projektów efektywności energetycznej w długim okresie czasu.

## Podsumowanie – Czwarty krok analizy LCC: obliczenie kluczowych wskaźników finansowych

- **Upewnij się, że uwzględniłeś wartość pieniądza w czasie**  
Zastosuj dyskontowanie i wybierz WACC
- **Oblicz NPV, DBY i IRR dla każdego wariantu**  
Porównaj ze wskaźnikami zdefiniowanymi dla przedsiębiorstwa
- **Przede wszystkim zwróć uwagę na opcję o najwyższej NPV całkowitych oszczędności**  
NPV jest zawsze najlepszym kryterium!

**Przykład:** Po obliczeniu kluczowych wskaźników finansowych dla rozważanych wariantów, Leonard otrzymał wartości zestawione w Tabeli 6. Upewnij się, że rozumiesz jak każda nich została obliczona, sprawdzając szczegółowo w arkuszu "Rozwiązanie" w pliku MS Excel **ECI\_LCC.xlsx**, i spróbuj uzupełnić arkusz "Ćwiczenie", aby otrzymać takie same wyniki jak w arkuszu "Rozwiązanie".

Tabela 6. Kluczowe wskaźniki finansowe dla obu wariantów.

|   | WARIANT BAZOWY | WARIANT A   | WARIANT B   |
|---|----------------|-------------|-------------|
| Koszt cyklu życia (NPV)                       | 135 634 EUR    | 120 588 EUR | 109 228 EUR |
| Oszczędności w porównaniu z wariantem bazowym | 0 EUR          | 15 046 EUR  | 26 406 EUR  |
| Zdyskontowany czas zwrotu                     | Nie dotyczy    | 4,06 lat    | 4,68 lat    |
| Wewnętrzna stopa zwrotu                       | Nie dotyczy    | 27,1%       | 25,2%       |

Na podstawie tych obliczeń, Leonard wyciąga następujące wnioski:

- Bieżąca wartość netto (NPV) kosztu cyklu życia (obejmująca inwestycję, konserwację, energię i koszty przestoju) wszystkich trzech wariantów zawiera się między 109 000 EUR a 136 000 EUR, co znacznie przekracza nakłady inwestycyjne tych opcji (maksymalny nakład wynosi 35 000 EUR). Podwodna część góry lodowej jest, więc znacznie większa niż jej wierzchołek i Leonard postąpił prawidłowo przyjmując LCC jako wskazówkę dla swojej decyzji inwestycyjnej.
- Według kryterium **NPV** obydwa warianty są rentowne. **W porównaniu z wariantem bazowym, całkowite zdyskontowane oszczędności** wynoszą odpowiednio około 15 000 EUR i 26 000 EUR. Zgodnie z kryterium NPV powinno się wybrać wariant B, ponieważ w porównaniu z wariantem A przynosi on o ponad 70% większe oszczędności.
- Ponieważ można wyznaczyć **zdyskontowany czas zwrotu nakładów (DPBT)**, kryterium to potwierdza, że obydwa warianty są rentowne. Skoro dla obydwu wariantów czas DPBT jest stosunkowo długi (ponad 4 lata), Leonard spodziewa się pytań ze strony swojego kierownictwa. Być może obydwie inwestycje zostaną uznane za zbyt ryzykowne dla przedsiębiorstwa, ponieważ czas spłaty jest tak długi. Prosty czas zwrotu, który większość menadżerów stosuje, pomijając jednak wartość pieniądza w czasie, jest prawie o jeden rok krótszy. To jest logiczne – przy dodatniej stopie dyskontowej DPBT będzie zawsze dłuższy od PBT.
- Wewnętrzna stopa zwrotu IRR jest wyższa niż koszt kapitału, zatem kryterium to wskazuje, że obydwa warianty A i B są rentowne.
- Chociaż zarówno IRR i DPBT są lepsze w przypadku wariantu A niż wariantu B, Leonard zdaje sobie sprawę, że NPV jest najbardziej rozsądnym kryterium rankingu różnych wariantów. Na podstawie kryterium NPV **wybiera wariant B**.

Leonard ma nadal pewne wątpliwości odnośnie pewnych parametrów swojego modelu. Musi przyznać, że niektóre z nich to przypuszczenia – wszystkie założenia i oszacowania, które uczynił są obarczone sporą niepewnością. Jaka będzie bieżąca wartość netto NPV obydwóch wariantów, jeżeli zmieni on stopę dyskontową na 15%, cenę energii na 0,1 EUR/kWh dyspozycyjność wariantu A na 99,0%, a wariantu B na 99,1%? Nagle obydwie opcje staną się mniej atrakcyjne. Leonard jest przekonany, że powinien w swoim modelu uwzględnić niepewność i zmienność, aby otrzymać bardziej obiektywny obraz rentowności swoich projektów. To jest przedmiotem następnego zeszytu **Poradnika**.