



Zintegrowany
Program
Rozwoju
Politechniki
Lubelskiej

Biuro Projektu:
ul. Nadbystrzycka 38H
20-618 Lublin

Projekt inżynierski

Workbook

Autor: dr hab. inż. Piotr Wolszczak

Lublin, 2021 rok

PROGRAM WIEDZA EDUKACJA ROZWÓJ



Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny





Zintegrowany
Program
Rozwoju
Politechniki
Lubelskiej

Biurowo Projektu:
ul. Nadbystrzycka 38H
20-618 Lublin

1 Wprowadzenie

Podręcznik przeznaczony jest dla studentów kierunków technicznych, w tym Robotyzacja Procesów Przemysłowych, jako pomoc w metodycznym uporządkowaniu i dokumentowaniu czynności projektowych. W pierwszej części omówiono zagadnienia związane z realizacją projektu przez jedną osobę lub niewielki, dwu-, trzyosobowy zespół uczestników. W kolejnej przedstawiono metodykę zarządzania projektami o szerszym zakresie. Ogólne podstawy teoretyczne nie zostały w ten sposób wyczerpane. Podręcznik stanowić może wstęp do samokształcenia i pogłębiania wiedzy na temat zarządzania różnego typu projektami, w tym innowacjami. Projekty studenckie na kierunkach technicznych często dotyczą zastosowań praktycznych, realizowane są na potrzeby określonego odbiorcy (przedsiębiorstwa lub grupy użytkowników) i posiadają zdolność do komercjalizacji, dlatego w podręczniku przedstawiono również wybrane zagadnienia związane z komercjalizacją.

Podręcznik wspomaga doskonalenie umiejętności planowania działań w celu realizacji powierzonego zadania projektowego oraz krytycznej oceny tych działań. Wspomaga doskonalenie umiejętności opracowywania dokumentacji technicznej zgodnej z obowiązującymi normami i dobrą praktyką inżynierską oraz doskonalenie umiejętności prezentacji wiedzy i zarządzania projektem.

2 Po co tworzyć projekt?

Istotnym celem tworzenia projektu jest minimalizacja ryzyka jego niewłaściwej realizacji.

W przypadku realizacji zadania inżynierskiego przez jedną osobę, młody inżynier może zadawać sobie pytanie, jak szczegółową dokumentację należy przygotować oraz, czy w ogóle jest potrzebna? Czy nie będzie wystarczające przedstawienie działa w postaci wytworu, np. zbudowanej drukarki 3D, krocącego robota czy programu komputerowego? Praca inżyniera to w istotnej części rozwój procesów wytwarzania, w tym organizacja pracy osób obsługujących te procesy. To już rozwiewa nasze wątpliwości. Dodajmy, że tworzenie dokumentacji projektowej ma kilka korzyści, a są to między innymi:

- poprawa organizacji pracy,
- możliwość powtórzenia w przyszłości serii zadań w całości lub części (projekty jednorazowe pozostaną nimi bez dokumentacji),
- ułatwienie oceny i dyskusji na temat działań projektowych, w tym:
 - umożliwienie pracy nad projektem kilku zespołom o różnych kwalifikacjach,
 - ocena ryzyka przez specjalistów o różnych uprawnieniach,
- nabycie umiejętności opracowania rysunków, schematów i opisów technicznych,
 - tworzona dokumentacja techniczna posiada wartość intelektualną, która podlega wycenieniu i zwiększa wartość przedsiębiorstwa i jako środek trwały może podlegać amortyzacji

PROGRAM WIEDZA EDUKACJA ROZWÓJ



Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



- (oszczędności finansowe dla przedsiębiorstwa),
- o wykonanie dokumentacji projektu o charakterze innowacyjnym może stanowić koszt obniżający podatek.

Można też pokusić się o uogólnienie, że praca inżyniera polega projektowaniu i realizacji zadań, które noszą znamiona twórczości. Dlatego warto przyjąć podczas okresu studiowania, że bez projektu nie ma inżyniera i że projekt jest konieczny ☺.

3 Jak szybko zacząć?

Jak najwcześniej zacząć pisać pracę dyplomową.

W tym rozdziale przedstawione jest krótkie wprowadzenie dla osób, które nie posiadają jeszcze dobrze zarysowanego planu projektowego. W następnym rozdziale zajmiemy się wstępnym opracowaniem projektu. Jeżeli jednak projektant-realizator stoi przed koniecznością wcześniejszego wykonania jakiegoś zadania, które będzie elementem projektu, lecz nie został jeszcze sprecyzowany jego szczegółowy cel i zakres wówczas powinien:

1. Zbadać stan wiedzy (dotrzeć do literatury i oferty rynkowej) na temat tego zadania;
2. Sporządzić własny opis podstaw teoretycznych;
3. Zapisać plan wykonania zadania;
4. Zrealizować zadanie dokumentując jego realizację (zapisy sygnałów, programów obróbczych, symulacji, szkice schematów, zdjęcia lub nagrania wideo);
5. Ocenic (parametrycznie) poprawność wykonania zadania.

W ten sposób powstanie już fragment pracy dyplomowej. Opis z punktu 2 trafi do części opisującej stan wiedzy, źródła z punktu 1 trafią do spisu literatury, natomiast punkty 3-5 będą podrozdziałami części projektowej. Takie podejście do pisania pracy dyplomowej zwiększa prawdopodobieństwo jej powstania oraz jej wartość.

Praca dyplomowa tworzona po zakończeniu działań projektowych może być krótsza, pozbawiona opisów i projektów, które nie spełniły oczekiwań. Jednak nawet takie działania, realizowane według powyższego podejścia uzupełnią pracę dyplomową o stan wiedzy oraz rzetelną ocenę i uzasadniony wybór rozwiązania alternatywnego.

Droga na skróty do rozdziału 4.4 „Realizacja i dokumentowanie projektu”.

4 Definicja Projektu

Określenie **projekt** odróżniane jest od określenia **proces**, które charakteryzuje działania o charakterze



Zintegrowany
Program
Rozwoju
Politechniki
Lubelskiej

Biuro Projektu:
ul. Nadbystrzycka 38H
20 - 618 Lublin

ciągłym, w którym zarządza się operacjami. Proces dotyczy często operacji produkcyjnych lub realizacji usług. Natomiast projekt to przedsięwzięcie jednorazowe, niepowtarzalne i złożone (encyklopedia).

Oczywiście w praktyce zakresy tych definicji często się przenikają. Występują procesy realizowane na zasadach projektowych, np. projekty wdrożeniowe w procesach wytwórczych oraz projekty realizowane w ramach procesów usługowych, np. procesów systematycznego podnoszenia wskaźników jakości produkcji.

Projekt to (encyklopedia):

- zorganizowane ciągi działań ludzkich,
- zmierzające do osiągnięcia założonego wyniku,
- zawarte w skończonym przedziale czasu,
- z wyróżnionym początkiem i końcem,
- realizowane najczęściej zespołowo,
- z wykorzystaniem skończonej ilości zasobów.

Opracowując projekt należy przewidzieć **zadania** konieczne do jego realizacji, przyporządkować im zasoby ludzkie, sprzętowe i materiałowe oraz uporządkować je w kolejności i ich określić czas wykonania. Uporządkowane zadania wygodnie jest przedstawić w postaci graficznej.

4.1 Rodzaje projektów

Ze względu na okres czasu, którego dotyczy projekt wyróżnić można trzy podstawowe typy (M., 2012):

1. diagnostyczne, które dotyczą one analizy przyczyn i oceny stanu bieżącego procesu lub obiektu,
2. identyfikacyjne, które charakteryzują aktualny stan procesu lub obiektu,
3. prognostyczne, których celem jest przewidywanie zdarzeń i planowanie zadań w przyszłości.

Warto przy tym zauważyć, że wszystkie trzy typy projektów często korzystają z danych historycznych, które pozwalają na opracowanie modeli matematycznych analizowanych zjawisk.

Dalszy podział typów projektów przedstawiony w (M., 2012) i (I.) różnicuje je ze względu na przyczynę powstania na:

1. systematyczne – polegające na realizacji planów rozwojowych i celów ogólnych, które określono wcześniej,
2. sytuacyjne – wynikające z reakcji na zmiany zachodzące w procesach i otoczeniu oraz
3. spontaniczne – spowodowane czynnikami wewnętrznymi lub zewnętrznymi, które nie wpływają bezpośrednio na obiekt, lecz są inspirowane obserwacją otoczenia.

Istotny jest podział projektów ze względu na rodzaj, ponieważ właściwe zdefiniowanie projektu pomaga w określeniu jego zakresu.

PROGRAM WIEDZA EDUKACJA ROZWÓJ



Rzeczpospolita
Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



Rodzaje projektów (A., 2000):

1. badawcze – obejmujące prace naukowe, rozwojowe i doświadczalne oraz dotyczące problematyki zarządzania zasobami ludzkimi i zarządzania jakością;
2. techniczne – obejmują zadania inwestycyjne związane z modernizacją, wyposażeniem zakładów przemysłowych, automatyzacją produkcji, wdrożeniem informatycznego systemu zarządzania oraz mogą być przedłużeniem projektów badawczych;
3. przemysłowe – polegają na wdrażaniu zintegrowanych rozwiązań techniczno-organizacyjnych w procesach produkcji, zaopatrzenia, logistyki, controllingu produkcji i innych;
4. systemów zarządzania, które dzielimy na:
 - a. ekonomiczne – dotyczą rozwoju systemów zarządzania produkcją, personelem, marketingiem oraz kosztami, przez co mają znaczenie strategiczne;
 - b. organizacyjne – dotyczą struktury organizacyjnej przedsiębiorstwa, współpracy gospodarczej oraz zarządzania jakością i informacjami;
5. legislacyjne – dotyczące projekty i zmian aktów prawnych, czyli wszelkiego rodzaju ustaw, uchwał i rozporządzeń;
6. związane z działalnością sfery publicznej – mogą dotyczyć zmian organizacyjnych i usprawnienia działania sektora publicznego, modernizację infrastruktury, czy organizację przedsięwzięć kulturalnych;
7. wojskowe (militarne) – odnoszą się do służ takich jak Wojsko, Policja, Straż Graniczna, Obrona Terytorialna, które związane są z działalnością obronną państwa;

4.2 Czynniki charakteryzujące projekt

Głównymi czynnikami definiującymi projekt są jego **zakres**, **czas** trwania i **koszty**. Te trzy czynniki są od siebie ściśle zależne. Określenie dwu z wymienionych czynników determinuje wartość trzeciego. Określenie wymaganego zakresu i koniecznego czasu realizacji projektu wyznacza jego budżet. Ponadto zmiana wartości jednego z nich musi wpłynąć na zmianę co najmniej jednego z pozostałych czynników. Zwiększenie zakresu projektu spowoduje wydłużenie czasu i/lub kosztu projektu. Kolejnymi czynnikami projektu są **jakość** i **ryzyko**. Zmniejszenie kosztu projektu wymaga szukania oszczędności, co wymaga skrócenia czasu realizacji lub wpłynie na obniżenie jakości realizowanych zadań.

4.3 Etapy opracowania projektu

Kroki opracowania projektu, w skrócie.

Przygotowując projekt można przyjąć następującą kolejność czynności (w skrócie):

1. zdefiniować cel projektu,
2. określić zakres projektu,

3. wypisać zadania,
4. kwalifikacje uczestników projektu.

Wymienione elementy posłużą do uzupełniania projektu. Zadania uzupełniane będą o czas ich trwania, numery zadań poprzedzających kolejność zadań oraz zasoby potrzebne do ich realizacji. Stąd wynikać mogą plan pozyskiwania zasobów, harmonogram wnioskowania o zaliczki i transze na realizację projektu. Natomiast wymagane kwalifikacje uczestników pozwolą zaplanować przebieg rekrutacji. W tej skróconej liście czynności ujawnia się inżynierskie podejście do rozwiązywania problemów i realizacji projektów, w którym kolejne czynności pozwalają poprawnie i w uzasadniony sposób planować i realizować kolejne zadania, dlatego istotne jest przyjęcie poprawnej ich kolejności w planowaniu projektu. Nie wyklucza to oczywiście korygowania wcześniej zaplanowanych zadań.

Poniżej omówiono wymienione kroki, ale na tym etapie nasuwa to pytanie o **poziom uszczegółowienia projektu**. Poziom uszczegółowienia oczywiście zależy od złożoności projektu, ale przyjąć można, że do wstępnych szacunków wystarczające będzie uszczegółowienie pozwalające na szacowanie czasu trwania poszczególnych zadań. Jeśli określenie czasu trwania zadania jest utrudnione, wówczas można spróbować wymienić jego podzadania i określić czas trwania części z nich. Pozwoli nam to na zbliżenie się do szacunkowego czasu wymaganego do realizacji zadania. Może to być również odpowiedni moment do podjęcia decyzji, czy zespół projektowy nie powinien zostać rozbudowany o osobę dysponującą wiedzą z określonej dziedziny. Zaleca się również skorzystanie z wiedzy specjalistycznej konsultantów. Zagadnienia dotyczące składu osobowego zespołu projektowego zostały przedstawione w rozdziale 4.3.4.

4.3.1 Jak zacząć planować projekt?

Określić cel, zakres i lokalizację.

Pierwszym etapem planowania powinno być określenie **celu projektu**. Poprawnie zdefiniowany cel pozwoli określić zakres projektu i odpowiednie zadania, które prowadzą do realizacji celu. Definiując cel warto wziąć pod uwagę cechy wymienione we wstępie do rozdziału 4.

Przykładami celów mogą być:

- wykonanie prototypu urządzenia,
- opracowanie technologii wytwarzania,
- wykonanie projektu systemu sterowania,
- wprowadzenie na rynek nowego typu urządzenia.

Nieprecyzyjnie określony cel utrudnia planowanie i realizację projektu. Dlatego należy rozróżnić cel i rezultaty projektu, które wystąpią po jego realizacji.

Przykład. Nadrzędnym celem działań może być umożliwienie osobie niepełnosprawnej o określonej



Zintegrowany
Program
Rozwoju
Politechniki
Lubelskiej

Biuro Projektu:
ul. Nadbystrzycka 38H
20 - 618 Lublin

niepełnosprawności wykonywania podstawowych czynności podczas samodzielnego przebywania w mieszkaniu. Rozważając różne rozwiązania zespół może podjąć decyzję o konieczności budowy zrobotyzowanego ramienia sterowanego komendami głosowymi. Celem projektu zleconego kierownikowi projektu będzie budowa prototypu. Jeżeli w rezultacie projektu okaże się, że rozwiązanie posiada wady, które wynikają z błędnych założeń, na przykład dotyczących przystosowania mieszkania, wówczas nie będzie to oznaczać wady wymienionego projektu budowy prototypu. Może natomiast wystąpić konieczność rozszerzenia zakresu projektu o dodatkowe zadania, które pozwolą osiągnąć cel nadrzędny dotyczący samodzielności osoby niepełnosprawnej.

Celem projektów realizowanych przez studentów kierunku Robotyzacja Procesów Przemysłowych często będą nowe typy urządzeń bądź systemy. Dlatego w wymienionych powyżej przykładach celów projektów przedstawiono ogólne etapy prowadzące do wdrożenia na rynek nowego, może innowacyjnego rozwiązania. Pozwala to na poprawne określenie zakresu i lokalizacji projektu.

Częstym wymaganiami stawianym projektom inżynierskim jest **innowacyjność**, czyli rozwiązanie nowe lub ulepszone i charakteryzujące się korzystnymi skutkami wobec rozwiązań istniejących.

Dobrą praktyką na etapie definiowania celu i zakresu projektu jest określenie potrzeb rynkowych. Można w tym celu nawiązać kontakt z wybranym przedsiębiorstwem i uzyskać informacje o potrzebach i problemach wybranego zakładu lub całej branży.

Interesujące studenckie projekty inżynierskie mają szansę zastosowanie w praktyce, a często nawet na realizację komercyjną, czyli wprowadzenie rozwiązania na rynek. W takich przypadkach istotne znaczenie ma szacunek poziomu zainteresowania rynku proponowanym rozwiązaniem. W tym celu warto odpowiedzieć na pytanie „**Jaki problem** rozwiązuje mój projekt?“, a odpowiedź powinna być twierdząca. Pozostałe zagadnienia związane z opracowaniem projektu w celu pozyskania inwestora przedstawiono w rozdziale 4.3.5.

Określenie **zakresu** zadań polega na przewidzeniu wszystkich działań koniecznych do realizacji projektu. Podobnie jak inne czynności planistycznej pozwala to na zwiększenie prawdopodobieństwa poprawnej realizacji projektu. Z tych samych powodów należy określić **lokalizację** i zasięg projektu. Przewidujemy wówczas gdzie projekt będzie realizowany. Analizując zakres projektu warto wziąć pod uwagę przykładowe cele wymienione w tym rozdziale. Częstym błędem jest planowanie wykonania projektu i budowy prototypu oraz przewidywanie zysków ze sprzedaży zapominając o zadaniach związanych z uruchomieniem produkcji. Natomiast określenie lokalizacji projektu odnosi się do miejsc, w których uczestnicy projektu wykonywać będą swoje działania. **Przykładowo**, jeżeli projekt polegać będzie na wykonaniu aplikacji internetowej, która umieszczona będzie na zagranicznym serwerze, a wszystkie osoby biorące w jego tworzeniu znajdują się w jednym mieście, to zasięg takiego projektu będzie lokalny. Jeśli jednak we współpracę zaangażowane będą osoby z różnych krajów, wówczas projekt będzie miał zasięg międzynarodowy. Proszę zwrócić uwagę, że takie określenie lokalizacji pierwszego z przykładowych projektów nie zamyka drogi do rozpowszechnienia tej aplikacji na rynku międzynarodowym. Będzie to jednak zadanie należące do innego projektu lub obecny projekt należy zdefiniować ponownie i ponownie wykonać kolejne czynności planistyczne, w tym szacunek

PROGRAM WIEDZA EDUKACJA ROZWÓJ



Rzeczpospolita
Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



kosztów.

Jak wynika z przedstawionego opisu precyzyjne określenie celu, zakresu i lokalizacji projektu ogranicza ryzyko niespełnienia oczekiwań, które wykraczają poza zakres projektu.

Zatytułować projekt

Na tym etapie możliwe jest nadanie projektowi tytułu, który powinien go jasno i konkretnie charakteryzować. Precyzyjny tytuł projektu ułatwia, a często umożliwia podjęcie decyzji o zainteresowaniu nim uczestników oraz ułatwia podejmowanie decyzji inwestorskich, Dlatego w tytule projektu warto zawrzeć jego cel, zakres i lokalizację.

Przykładem tytułu może być „Projekt prototypu fotela wypoczynkowego”, innym „Wdrożenie linii produkcyjnej cukierków mlecznych w zakładzie na terenie województwa lubelskiego”, czy „Opracowanie technologii wytwarzania radiatorów z aluminium z zastosowaniem druku 3D”.

Poza przygotowaniem precyzyjnego tytułu projektu przyjąć można dodatkowo krótkie, chwytliwe hasło, które może być wykorzystane w promocji projektu, a opracowany wcześniej tytuł może stanowić jednozdaniowe streszczenie opisu projektu.

4.3.2 Zadania, czyli uszczegółowienie projektu

Ogólna kolejność zadań projektu inżynierskiego obejmować może następujące etapy:

1. Określenie wymagań stawianych projektowanemu urządzeniu lub systemowi.
2. Analiza zagrożeń i oceny ryzyka związanego z użytkowaniem tworzonego urządzenia. Ocena ryzyka kontynuowana jest w kolejnych etapach projektu. Zakres analizy bezpieczeństwa jest rozszerzany na etapy realizacji projektu. Dla wykrytego ryzyka opracowywane są rozwiązania je eliminujące.
3. Zgromadzenie dokumentacji, w tym norm, dokumentacji technicznej, norm bezpieczeństwa wybranych z listy norm zharmonizowanych, na podstawie analizy zagrożeń, zgodnie z dyrektywami europejskimi dotyczącymi bezpieczeństwa.
4. Projekt techniczny rozwiązania, w tym:
 - a. Projekt konstrukcyjny (rysunki złożeniowe i wykonawcze).
 - b. Symulacja układu kinematycznego (tabela wyników symulacji).
 - c. Symulacja wytrzymałości konstrukcji i/lub obliczenia wydajności układu.
 - d. Projektu układu sterowania (schemat blokowy).
 - e. Projekt układu zasilania (schemat elektryczny, pneumatyczny lub hydrauliczny).
 - f. Projekt układu elektronicznego monitorowania i sterowania (schemat).
5. Wykonanie części i podzespołów (wyniki pomiarów poprawności wykonania).
6. Montaż i zaprogramowanie układu.
7. Testy działania układu obejmujące:
 - a. Plan testowania z wykorzystaniem scenariusza testu lub planu eksperymentu (dokumentacja).
 - b. Testowanie i rejestracja wyników (wyniki pomiarów błędów).

- c. Opis lub tabela błędów i poprawek układu.
8. Opracowanie instrukcji (instalacji, użytkowania, serwis).

Co prawda kompletność tych etapów może zależeć od rodzaju projektu, ale planując zadania projektu inżynierskiego zwraca uwagę ich konsekwencja. Projekt rozpoczyna się od określenie wymagań projektowych. Na kolejnych etapach tworzone są dokumenty (rysunku techniczne, schematy, tabele), które tworzą właściwy projektu urządzania lub układu.

Planując zadania projektowe należy zadbać o ich kompletność. Jednym ze sposobów jest (samo)kontrola polegająca na zadaniu pytań:

1. Jaki jest pierwsze zadanie? Czy są zadania konieczne do wykonania wcześniej?
2. Jakim zadaniem kończy się projekt? Na jakiej podstawie możliwy będzie odbiór projektu i zakończenie go?

Jeżeli w wyniku takiej kontroli wyróżnione zostaną dodatkowe zadania, wówczas należy je włączyć do projektu, zaktualizować koszt i czas trwania projektu.

Przykłady

Projekt technologiczny (z wykorzystaniem maszyn CNC)

1. Analiza kształtu, wymiarów i tolerancji zawartych na rysunku części.
2. Wybór technologii wytwarzania.
3. Plan operacji technologicznych.
4. Projekty technologiczne operacji, w tym:
 - a. dobór maszyn technologicznych,
 - b. wybór sposobu mocowania,
 - c. dobór narzędzi,
 - d. plan kolejności przejść narzędzi,
 - e. projekt programu dla maszyny CNC,
 - f. wygenerowanie programu,
 - g. opracowanie instrukcji ustawianie maszyny, w tym
 - list narzędzi i przyrządów,
 - rysunku mocowania materiału zawierającego: wymiary materiału, lokalizację punktu zerowego programu, postępowanie w przypadku komendy zatrzymania programu,
 - rysunku kontroli wybranych wymiarów geometrycznych,
 - h. wykonanie części testowej,
 - i. kontrola wymiarowa części,
 - j. naniesienie poprawek do projektu i wygenerowanie poprawionego programu.

Projekt systemu monitorowania

1. Wybór procesu do monitorowania. Określenie wymagań projektowych.

2. Wybór kluczowych dla procesu zmiennych (minimum trzy różne wielkości różnego typu).
3. Określenie zakresów zmienności i dokładności zmiennych.
4. Dobór czujników pomiarowych.
5. Skompletowanie tor pomiarowego (protokół transmisji, interfejsów i połączeń kablowych).
6. Dobór urządzeń do odbierania wyników pomiarów (sterowniki PLC, karty akwizycji sygnałów, komputery wyposażone do odpowiednie interfejsy).
7. Algorytm filtracji i przetwarzanie surowych sygnałów.
8. Plan statystycznego sterowania procesem (karty kontrolne).
9. Projekty graficzne ekranów SCADA (trzy ekrany przeznaczone dla pracowników na różnych szczeblach hierarchii: pracownika nadzorującego wybraną operację, kierownika nadzorującego proces, menadżera nadzorującego pracę zakładu)

Przypomnienie

Realizując kolejne zadania wymienionych przykładowo typów projektów korzystnie jest zaczynać każde z nich od zapoznania się ze specjalistyczną literaturą (książki, artykuły naukowe) oraz stanem wiedzy rynkowej (oferty przedsiębiorstw) i przygotowania opisu sposobu realizacji zadania, a następnie wykonania zadania projektowego i opracowania opisu rezultatów. Przykładowo

4.3.3 Harmonogram projektu, czyli porządek i optymalizacja

Do listy zadań zapisanych arkuszu należy dodać kolejne informacje umieszczające je w sąsiednich kolumnach. Są nimi:

1. czas trwania zadania i
2. numer (lub więcej numerów) zadania poprzedzającego.

Korzystając z tych informacji możliwe będzie uporządkowanie zadań w kolejności, określenie które zadania mogą być realizowane równolegle oraz szacowanie całkowitego czasu realizacji projektu. Uporządkowane w ten sposób zadania można przedstawić w formie harmonogramu, wykresu Gantta lub schematu sieciowego, które graficznie przedstawiają plan projektu. Przykład graficznego przedstawienia projektu przedstawia rys. 1. Harmonogram przedstawia zadania projektu budowy garażu.

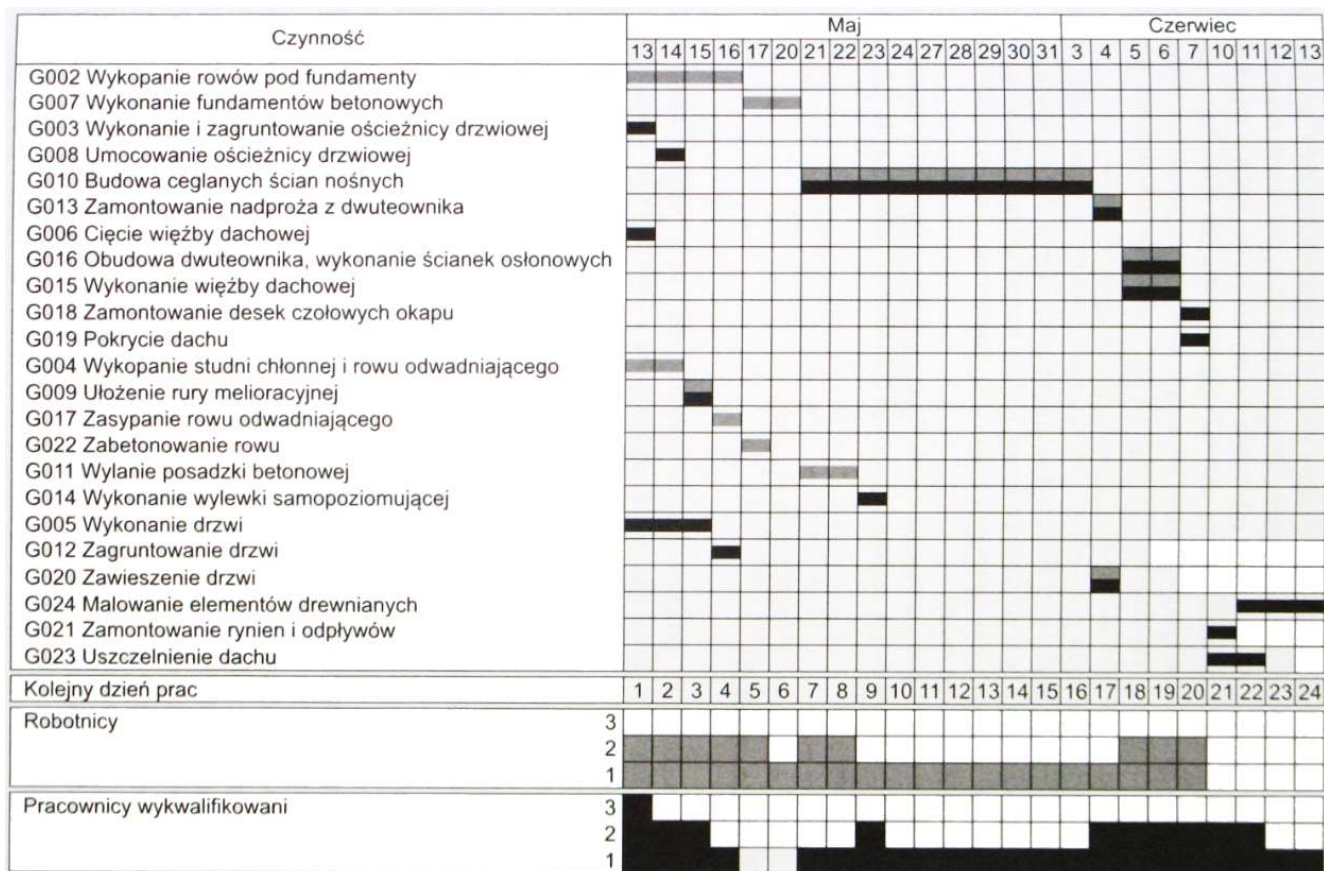
Kolejnymi elementami, które należy dodać do harmonogramu są:

3. zasoby materialne (maszyny, materiały) i
4. uczestnicy projektu (do każdego zadania należy przypisać odpowiednią liczbę uczestników o określonych kwalifikacjach).

W przykładzie budowy garażu przewidziano udział dwóch typów pracowników, którymi są robotnicy i pracownicy wykwalifikowani. Na rys. 2 przedstawiono rezultaty uporządkowania kolejności zadań przyjmując różne ograniczenia. Przypadek planowania przy ograniczonych zasobach przedstawia sytuację,

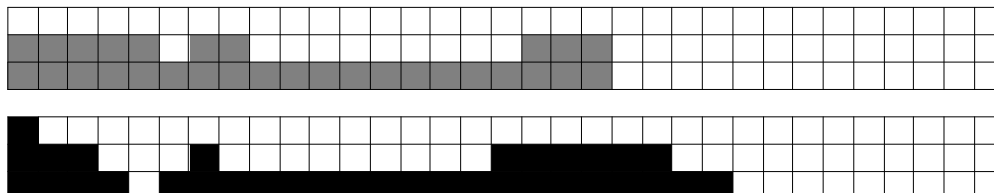
gdy zespół wykonawców składa się z minimalnej liczby uczestników (jeden pracownik wykwalifikowany i jeden robotnik). Natomiast przypadek planowany przy ograniczonym czasie przedstawia sytuację realizacji projektu w najkrótszym terminie z optymalnym rozkładem zatrudnionych wykonawców. Liczba uczestników wzrasta do czterech osób, ale ich udział w projekcie jest ciągły w porównaniu rozkładu przed poprawkami, przedstawionego na rys. 1.

Harmonogram w formie wykresu Gantta jest odpowiedni do niezbyt złożonych projektów. Projekty bardziej złożone przedstawia się i analizuje z wykorzystaniem wykresów sieciowych omówionych w (Lock, 2009) i (Krawiec, 2000).

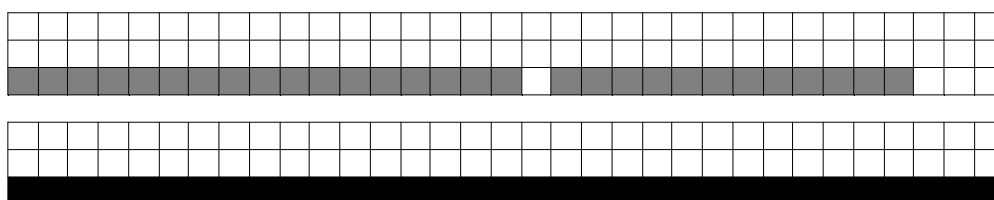


Rys. 1. Projekt garażu - diagram belkowy i histogram (Lock, 2009).

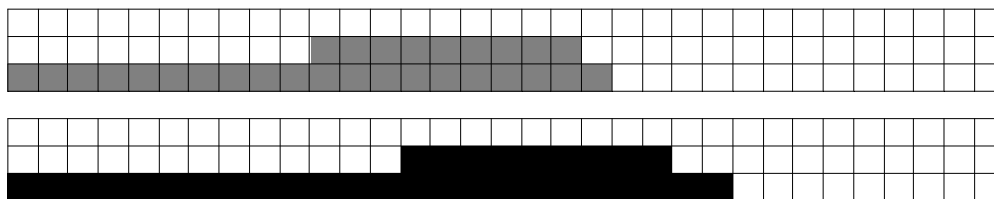
a) Sumowanie zapotrzebowania na zasoby



b) Planowanie przy ograniczonych zasobach



c) Planowanie przy ograniczonym czasie



Rys. 2. Trzy schematy wykorzystania zasobów (Lock, 2009).

Do opracowania harmonogramu projektu stosuje się odpowiednie programy komputerowe. Wstępny plan przygotować można w formie tabeli w arkuszu kalkulacyjnym (Microsoft Excell, OpenOffice Writer) lub edytorze tekstu (Microsoft Word, Microsoft Calc), który może być następnie skopiowany do arkusza w programie do planowania i zarządzania projektami (Microsoft Project lub aplikacje internetowe¹: Trello, Asana, ClickUp, Wrike, Paymo, Airtable, GoodDay, Jira).

¹ Przeznaczenie aplikacji internetowych do zarządzania projektami (Esposito, 2021):

Trello – do wizualnego zarządzania projektami,

Asana – do pracy zespołowej,

ClickUp – wykorzystuje niestandardowe widoki zadań,

Wrike – posiadający funkcjonalność zbliżoną do arkusza kalkulacyjnego,

Paymo – dla freelancerów i niewielkich zespołów,

Airtable – umożliwiający tworzenie niestandardowej aplikacji do zarządzania projektami,

GoodDay – do zastosowania różnych metodologii zarządzania projektami,

Jira – deykowana dla projektów programistycznych.

Tabela 1 Tabela wstępnego planowania zadań projektowych

Nr zadania	Nazwa zadania	Numer poprzednika(ów)	Czas trwania	Uczestnik projektu	Zasoby materiałowe

4.3.4 Dobór zespołu i podział pracy

Powołanie zespołu projektowego polega na przydzieleniu zadań i zakresu odpowiedzialności.

Podczas doboru kierować się kompetencjami osób.

Zespół kompletuje (najczęściej) kierownik projektu.

Zapewnić 'obsadzenie' wszystkich zadań (nie pozostawiać luk – zadań bez przydzielonej osoby)

Charakterystyka

Zespół projektowy jest to jednostka organizacyjna, powołana na zasadzie specjalizacji przedmiotowej, realizująca projekt pod bezpośrednim nadzorem menedżera projektu (Rosiński, 2003).]

Od pracowników w zespole projektowym zależy powodzenie przedsięwzięcia.

Zespoły powołuje się do zrealizowania zadania projektowego, a po jego zakończeniu są rozwiązywane.

Cechy zespołu (Stabryła, 2006):

„- zajmuje się przygotowaniem projektu jednostkowego przedsięwzięcia lub opracowuje projekt danego zadania cząstkowego, podsystemu lub modułu;

- działa w trybie okresowym;

- może posiadać złożoną strukturę hierarchiczną, np. dwustopniową

- jest to podstruktura utworzona na bazie ramowej struktury organizacyjnej przedsiębiorstwa, instytucji;

- posiada swój regulamin organizacyjny, w standardowym ujęciu zawiera sformułowane cele oraz funkcje, uprawnienia, odpowiedzialność, wyróżnia się także zespoły specjalistów, zasoby materialne oraz instrukcje robocze.”

Powoływanie zespołu, czyli kiedy jedna osoba to za mało

Uzasadnieniem powoływania zespołu projektowego jest złożoność projektu. Szczegółowe ustalenia dotyczące różnorodnych zadań wymagają znajomości różnych dziedzin, dlatego planowanie takiego jest projektu przez jedną osobę jest utrudnione lub niemożliwe. Utworzenie zespołu projektowego pozwala na wprowadzenie wiedzy z różnych obszarów. Powołanie zespołu projektowego umożliwi również równoległą pracę nad jednym lub większą liczbą projektów.

4.3.5 Lean Canvas

Nazwa Lean Canvas określa arkusz charakteryzujący projekt, który eksponuje jego cechy pozwalające ocenić jego kompletność i możliwości komercjalizacji. W ten sposób pozwala na znalezienie właściwości, które należy wzmocnić lub podjąć decyzję o zaniechaniu realizacji projektu. W arkuszu Lean Canvas, który można nazwać odchudzonym biznesplanem istotą jest skupienie uwagi na kluczowych właściwościach przedsięwzięcia, które mają wpływ na powodzenie działań. Zwraca na to uwagę budowa arkusza, w którego pierwszym polu definiowany jest problem (potrzeba rynku), który ma zostać rozwiązany. Opiera się on na założeniu, że realizacja projektu musi być potrzebna. Na tym i kilku innych fundamentalnych dla projektu zagadnieniach opera się jednostronicowy arkusz. Poniżej przedstawiono wzór arkusza Lean Canvas.

Tabela 2. Arkusz Lean Canvas (Maurya, 2012).

Problem	Rozwiązanie (Solution)	Propozycja unikalnej wartości	Nieuczciwa konkurencja (Unfair advantage)	Odbiorcy - Segmenty klientów (Customer segments)
	Kluczowe wskaźniki (Key metrics)		Kanały (Channels)	
Struktura kosztów (Cost structure)			Źródła przychodów (Revenue streams)	

Według opracowania przygotowanego przez (Popiołek, 2020) w poszczególne pola wprowadzane są następujące informacje:

Problemy - trzy najważniejsze problemy odbiorców oraz ich dotychczasowe rozwiązania.

Segmenty klientów (odbiorcy) – grupy klientów docelowych, którym dostarczany będzie produkt lub usługa.

Propozycja unikalnej wartości - określone korzyści, jakich dostarczy odbiorcom produkt lub usługa.

Rozwiązanie – sposób (y) rozwiązania problemów odbiorców (klientów).

Nieuczciwa przewaga – czy istnieje możliwość łatwego skopiowania proponowanego rozwiązania oraz czy unikalność propozycji zapewnia przewagę nad konkurencją?

Struktura przychodów – źródła przychodów i przedmiot opłaty (zakup produktu, usługi, licencji, abonament).

Struktura kosztów – koszty działalności, utrzymania relacji z klientami oraz generowaniem przychodów.

Kanały – sposoby komunikacji i dostarczania produktu lub usługi klientom.

Kluczowe wskaźniki – wskaźniki ekonomiczne umożliwiające monitorowanie reakcji rynku na oferowany produkt lub usługę.

Arkusz Lean Canvas stanowi przekształcenie wcześniej opracowanego jednostronicowego szablonu modelu biznesowego (ang. Business Model Canvas), który przedstawiono w Tabeli 3. Szczegółowy opis sposobu użycia szablonu przedstawiono w (S. Blank, 2013).

Tabela 3. Szablonu modelu biznesowego (ang. Business Model Canvas) (Maurya, 2012)

Kluczowi partnerzy (Key partners)	Kluczowe korzyści (Key Activities)	Propozycja wartości (Value propositions)	Relacje z klientami (Customer relationships)	Segmentacja klientów (Customer segments)
	Kluczowe zasoby (Key resources)		Kanały (Channels)	
Struktura kosztów (Cost structures)			Struktura przychodów (Revenue streams)	

4.4 Realizacja i dokumentowanie projektu

Wykonuj rysunki wszystkich projektowanych układów i dokumentuj poprawki, twórz tabele parametrów testów, mierz i notuj wyniki testów.

W przypadku projektów polegających na budowie prototypowego urządzenia fizycznego lub programu komputerowego, w tym układu zrobotyzowanego, czy mechatronicznego na etapie wykonania wprowadzane są często zmiany i ulepszenia. Często dopiero na etapie realizacji fizycznej wykonywane są testy działania podsystemów, w których potwierdzana jest (lub nie) możliwość uzyskania wcześniej zaplanowanej funkcjonalności. Poświęcając wiele czasu na testowanie rozwiązań alternatywnych i wybór najlepszego korzystnie jest dokumentować podejmowane próby i zamieszczać wyniki prób w formie tabeli porównań wraz z opisem wad i zalet, które uzasadniają wybór ostatecznego rozwiązania.

W ten sposób unikamy sytuacji, kiedy realizacja fizyczna zajmuje dużo czasu, a opis projektu zawarty w pracy (na przykład dyplomowej) wydaje się ubogi. Należy też pamiętać, że praca inżyniera często polega na planowaniu pracy innych osób, przy użyciu maszyn, a szczegółowe planowanie ma na celu ograniczenia ryzyka, czyli zwiększenie prawdopodobieństwa ukończenia realizacji projektu. W rozdziale 4.3.2 wymieniono elementy dokumentacji technicznej, które są istotnymi elementami tworzonego projektu. Natomiast na etapie realizacji korzystnie jest wykonywać testy tworzonego układu oraz rejestrować błędy i dokładność uzyskiwaną na kolejnych etapach budowy układu. Rezultaty pomiarów, opracowania statystyczne wyników należy zawrzeć w raporcie z wykonania projektu, gdyż podnosi to jego wartość i kompletność.



Zintegrowany
Program
Rozwoju
Politechniki
Lubelskiej

Biuro Projektu:
ul. Nadbystrzycka 38H
20-618 Lublin

Natomiast w sytuacji kiedy założenia wstępne projektu okażą się wadliwe, wówczas zgromadzona dokumentacja może być wykorzystana do analizy przyczyny niepowodzenia i opracowania rozwiązania alternatywnego.

Jednym z końcowych etapów opracowania nowego rozwiązania jest opracowanie instrukcji dla użytkownika. W przypadku nowego urządzenia będzie to instrukcja obsługi. Dla opracowanego systemu uzasadnione może być dodanie instrukcji instalacji i uruchomienia. Natomiast w przypadku opracowania projektu technologicznego będą to instrukcje wytwarzania, listy narzędzi, programy i parametry pracy maszyn.

Instrukcja również ma istotne znaczenie związane z bezpiecznym użytkowaniem nowego urządzenia lub systemu, ponieważ uwzględnianej w niej są zagrożenia, których nie udało się wyeliminować na etapie projektowania przez zmiany konstrukcyjne, czy zastosowanie układów bezpieczeństwa.

Wdrażanie planu (Lock, 2009)

1. Zatwierdzenie planu
2. Wstępna organizacja projektu
3. Przygotowania i organizacja
4. Rozpoczęcie prac
5. Plany szczegółowe i zlecenia
6. Zarządzanie postępem prac
7. Monitorowanie postępów i aktualizacja planu
8. Informacja o opóźnieniach
9. Zebrania
10. Sprawozdania

Narzędzia stosowane w przypadku projektów niemożliwych do zdefiniowania przed rozpoczęciem ich realizacji.

- Metoda bramek etapowych
- Unikanie kontraktów z ustaloną ceną
- Pozycje warunkowe w kontraktach z ustaloną ceną
- Studium wykonalności
- Listy kontrolne
- Zakres projektu
- Strategia wykonawcy projektu
- Specyfikacja projektu
- Uszczegółowienie
- Kontrola wersji

PROGRAM WIEDZA EDUKACJA ROZWÓJ



Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny





Zintegrowany
Program
Rozwoju
Politechniki
Lubelskiej

Biuro Projektu:
ul. Nadbystrzycka 38H
20 - 618 Lublin

5 Instrukcja opracowania projektu

Zaleca się uzupełnianie zawartości projektu według poniższej listy.

1. Temat projektu ujmujący cel, zakres i lokalizację
Odróżnić cele projektu od jego rezultatów, czyli skutków, które nastąpią po jego zakończeniu.
W rezultacie powinien powstać nowy lub znacząco ulepszony produkt (wyrób lub usługa).
2. Opcjonalnie: hasło reklamowe
3. Określić typ projektu (badawczy, techniczny, modernizacyjny, odtworzeniowy)
4. Określić rodzaj innowacji
5. Zadania ułożone według kolejności wykonania w projekcie (numerowana lista z numerami zadań poprzedzających)
6. Określenie czasu trwania każdego zadania
7. Wybrać źródło (do)finansowania projektu ze środków UE. Konieczny jest numer podziałania, nazwa konkursu, znajomość zasad finansowania i rodzajów kosztów w wybranym programie/konkursie.
(Dalsza praca nad projektem może być prowadzona z użyciem formularza wniosku w wybranym programie UE.)
8. Uzupełnianie projektu prowadzić w programie komputerowym Microsoft Project lub OpenProject
(Nie są wystarczające proste programy do tworzenia wykresu Gantta. Potrzebujemy zarządzać kosztami projektu.)
9. Do zadań dobrane zasoby (sprzętowe, materiałowe, ludzkie)
10. Do zadań dobrani wykonawcy (uczestnicy projektu lub wykonawcy prac zleconych)
11. Określić kompetencje uczestników projektu według przyporządkowanych im zadań
12. Schemat struktury organizacyjnej uczestników projektu
13. Określić stawki wynagrodzeń pracowników
14. Określić koszty wymaganych zasobów (zakupy, wypożyczenia)
15. Określić koszt i czas trwania projektu
16. Zidentyfikować zadania leżące na ścieżce krytycznej
17. Dokonać optymalizacji kosztów i wykorzystania zasobów. Zanotować jakie uzyskano oszczędności.
18. Przygotować harmonogram kosztów projektu i zaplanować terminy wnioskowania o zaliczki. Te czynności nanieść w projekcie jako zadania. W razie potrzeby uzależnić realizację kolejnych zadań od terminu otrzymania lub zaliczki.
19. Przeprowadzić analizę ryzyka realizacji projektu. Wybrać minimum trzy ryzyka i przygotować ranking ryzyka. Przedstawić działania zapobiegawcze. W razie potrzeby dodać do projektu.
20. Zidentyfikować w projekcie zadania o charakterze B+R

PROGRAM WIEDZA EDUKACJA ROZWÓJ



Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



6 Lista kontrolna projektu

- Czy określono cel?
- Czy cel, zakres i tytuł projektu są spójne?
- Czy poprawnie określono zadania? (Czy realizacja pierwszego zadania projektu wymaga jakiegoś zadania poprzedzającego? Czy ostatnie zadanie projektu jest jego faktycznym zakończeniem?)
- Czy określono kolejność zadań?
- Czy przewidziano zasoby i przyporządkowano je do zadań?
- Czy określono kwalifikacje uczestników według tematyki zadań?
- Czy oszacowano koszty projektu (zakupy, wypożyczenia, wynagrodzenia)?

7 Literatura

Literatura zalecana dla zainteresowanych

- Lock D. „Podstawy zarządzania projektami” PWE, Warszawa 2009.
Krawiec F., „Zarządzanie projektem innowacyjnym produktu i usługi” Difin, Warszawa 2000.
Blank S., Dorf B. „Podręcznik Startupu. Budowa wielkiej firmy krok po kroku” Helion, Gliwice 2013.
Maurya A. „Metoda Running Lean: Iteracja od planu A do planu, który da Ci sukces” Helion, Gliwice 2012,
Bolek M., Bolek C. „Komercjalizacja innowacji” Difin, Warszawa 2014.

Literatura dodatkowa

- Stabryła A.: Zarządzanie strategiczne. PWN, Warszawa 2000.
Rosiński J.: Zarządzanie projektem. IFC Press, Kraków 2003.
Stabryła A. Zarządzanie projektami ekonomicznymi i organizacyjnymi, Warszawa PWN 2006.
Wysocki R.K., McGary R., „Efektywne zarządzanie projektami” Helion, Gliwice 2005.
Trocki M. Podstawy zarządzania projektami. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, 2012.

Artykuły internetowe

- Esposito E. “The best free project management software in 2021” Portal ZApier.com,
<https://zapier.com/blog/free-project-management-software>, 2021.
Sobczyk I. „Typy projektów i ich rodzajowy podział” Encyklopedia Zarządzania.
https://mfiles.pl/pl/index.php/Typy_projekt%C3%B3w_i_ich_rodzajowy_podzia%C5%82. 02 09 2021. -
Maurya A. “Why Lean Canvas vs Business Model Canvas?” Blog.leanstack.com.
<https://blog.leanstack.com/why-lean-canvas-vs-business-model-canvas>, 2012.
Popiołek A. “Lean canvas” Encyklopedia zarządzania, https://mfiles.pl/pl/index.php/Lean_canvas, 2020.

Źródła internetowe do studiowania „na wrywki”



Zintegrowany
Program
Rozwoju
Politechniki
Lubelskiej

Biuro Projektu:
ul. Nadbystrzycka 38H
20-618 Lublin

Portal Zarządzania: <http://biznet.gotdns.org>.

Encyklopedia zarządzania: <http://mfiles.pl>.

Portal <http://MamStartup.pl>.

Podcast: <http://MałaWielkaFirma.pl>.

PROGRAM WIEDZA EDUKACJA ROZWÓJ



Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny

