

Politechnika Krakowska

Wydział Mechaniczny

Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji

Katedra Inżynierii Procesów Produkcyjnych



**Politechnika Krakowska
im. Tadeusza Kościuszki**

PRACA DOKTORSKA

EFEKTYWNOŚĆ STOSOWANIA WYBRANYCH PROCEDUR W ZARZĄDZANIU PRZYGOTOWANIEM PRODUKCJI

mgr inż. Tomasz Tokaj

Promotor: prof. dr hab. inż. Józef Gawlik

Promotor pomocniczy: dr inż. Jan Rewilak

Kraków, czerwiec 2014



Podziękowania

Autor pracy pragnie podziękować:

Przede wszystkim mojemu Promotorowi *Profesorowi Gawlikowi* oraz Promotorowi pomocniczemu *Doktorowi Rewilakowi* - moim mentorom, za opiekę merytoryczną, za cenne uwagi, wskazówki i sugestie, za niezliczone dyskusje, za inspiracje i nieustanne motywowanie dzięki któremu możliwe było napisanie tej pracy

Mojej ukochanej *Źonie*,

Za cierpliwość, wyrozumiałość, duchowe wsparcie i odciążanie w moich obowiązkach domowych i rodzicielskich

i Tobie *Tato*, bo obiecałem...



Spis treści

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ I SKRÓTÓW	5
1.WPROWADZENIE	7
1.1.UWARUNKOWANIA RYNKOWE NOWYCH URUCHOMIEŃ PRODUKCJI	7
1.2.TRANSFER PRODUKCJI DO ZEWNĘTRZNYCH KOOPERANTÓW	8
1.3.SYSTEMOWE METODY ZAPEWNIANIA JAKOŚCI ROZWOJU NOWYCH PROJEKTÓW.....	10
2.ANALIZA LITERATURY I PRAKTYKI PRODUKCYJNEJ	11
2.1.PRZYGOTOWANIE PRODUKCJI	11
2.1.1.Proces produkcyjny i jego rola w działalności przedsiębiorstwa produkcyjnego	11
2.1.2. Cel i zakres przygotowania produkcji.....	14
2.1.3. Techniczne przygotowanie produkcji.....	16
2.1.4. Wpływ postępu technicznego na etap przygotowania produkcji	18
2.2.ZAPEWNIENIE JAKOŚCI W PRZEDSIĘBIORSTWACH PRODUKCYJNYCH CZĘŚCI MASZYN	19
2.2.1.Rozwój podejścia do zapewnienia jakości produkcji.....	19
2.2.2.Wymagania ISO 9001 w zakresie jakości przygotowania produkcji	23
2.2.3.Podejście procesowe w systemach zarządzania jakością	26
2.2.4.Systemy zarządzania jakością w branży motoryzacyjnej.....	33
2.2.4.1.Amerykański system zarządzania jakością QS-9000	35
2.2.4.2.Niemiecki standard zarządzania jakością VDA 6.1	38
2.2.4.3. Międzynarodowy standard zarządzania jakością ISO/TS 16949	41
2.2.5.Wymagania jakościowe w zakresie przygotowania produkcji w branży motoryzacyjnej.....	43
2.3.ZAAWANSOWANE PLANOWANIE JAKOŚCI WYROBÓW – APQP	46
2.3.1.Procedura APQP.....	46
2.3.2.Zasady planowania jakości wyrobu	49
2.3.3.Etapy planowania jakości wyrobu	51
2.3.3.1.Planowanie i definiowanie wymagań	53
2.3.3.2.Projektowanie i rozwój produktu	54
2.3.3.3.Projektowanie i rozwój procesu	55
2.3.3.4.Walidacja produktu i procesu	56
2.3.3.5.Działania korygujące i ciągłe doskonalenie	57
2.4.PROCES ZATWIERDZANIA CZĘŚCI DO PRODUKCJI (PPAP)	58
2.4.1.PPAP jako standard zapewnienia jakości dostawców	58
2.4.2.Etapy procesu PPAP	61
2.4.2.1.Dane/zapisy z projektowania.....	61
2.4.2.2.Dokumenty dotyczące zmian technicznych, jeśli takowe są.....	62
2.4.2.3.Zatwierdzenie techniczne klienta, jeśli wymagane.....	62
2.4.2.4.FMEA konstrukcji.....	62
2.4.2.5.Schemat przebiegu procesu	62
2.4.2.6.FMEA procesu.....	63
2.4.2.7.Plan Kontroli	63
2.4.2.8.Analazy zdolności systemów pomiarowych.....	63
2.4.2.9.Wyniki pomiarów geometrycznych	63
2.4.2.10.Wyniki badań materiałowych i funkcjonalnych	64
2.4.2.11.Wstępne badania procesu	64
2.4.2.12. Dokumentacja kwalifikowanego laboratorium.....	64
2.4.2.13. Raport Zatwierdzenia Wyglądu (AAR)	64
2.4.2.14. Próbkę wyrobu	65
2.4.2.15.Wzorzec odniesienia.....	65
2.4.2.16. Kontrolne środki pomocnicze	65

2.4.2.17. Zapisy dotyczące zgodności z wymaganiami specyficznymi klienta (CSR)	65
2.4.2.18. Gwarancja Zgłoszenia Części (PSW)	66
2.4.3. Algorytm procesu PPAP	66
2.4.3. PPAP w obecnej praktyce przemysłowej	70
2.5. GŁÓWNE METODY ZAPEWNIENIA JAKOŚCI W PROJEKTOWANIU I PRZYGOTOWANIU PRODUKCJI	73
2.5.1. Flow Chart	73
2.5.2. FMEA	76
2.5.3. Plan kontroli	80
2.5.4. MSA	84
2.5.5. SPC	90
3. WNIOSKI Z ANALIZY LITERATURY I PRAKTYKI PRODUKCYJNEJ W ZAKRESIE JAKOŚCIOWEGO PRZYGOTOWANIA PRODUKCJI	99
3.1. JAKOŚĆ W PRZYGOTOWANIU PRODUKCJI – ANALIZA LITERATURY	99
3.2. JAKOŚĆ W PRZYGOTOWANIU PRODUKCJI – PRAKTYKA PRZEMYSŁOWA	104
3.3. CIĄGŁE DOSKONALENIE PROCESU PPAP	106
3.4. OCENA JAKOŚCI PPAP	110
4. BADANIA WPŁYWU SKUTECZNOŚCI PRZYGOTOWANIA PRODUKCJI NA JAKOŚĆ PRODUKCJI SERYJNEJ 119	
4.1. CEL I ZAKRES PRACY	119
4.2. HIPOTEZA PRACY	121
4.3. METODA BADAŃ	121
4.4. WNIOSKI Z ANALIZY	144
4.4.1. Wnioski statystyczne	145
4.4.2. Wnioski poznawcze	147
4.4.3. Wnioski użytkowe	150
4.5. WSKAZANIA DOTYCZĄCE DALSZYCH BADAŃ	151
BIBLIOGRAFIA	154
SPIS RYSUNKÓW	162
SPIS TABEL	164
STRESZCZENIE	165
ZAŁĄCZNIKI	169

Wykaz ważniejszych oznaczeń i skrótów

APQP - Zaawansowane planowanie jakości wyrobu (ang. Advanced Product Quality Planning)

PPAP - Proces zatwierdzania części do produkcji (ang. Production Part Approval Process)

FMEA - Analiza potencjalnych wad i przyczyn ich występowania (ang. Failure Mode and Effects Analysis)

DFMEA - Analiza potencjalnych wad i przyczyn ich występowania w projektowaniu (ang. Design Failure Mode and Effects Analysis)

PFMEA - Analiza potencjalnych wad i przyczyn ich występowania w procesie wytwarzania (ang. Process Failure Mode and Effects Analysis)

MSA - Analiza systemów pomiarowych (ang. Measurement System Analysis)

SPC - Statystyczne sterowanie procesem (ang. Statistical Process Control)

TQM – Zarządzanie przez jakość/ Kompleksowe zarządzanie jakością/ Totalne zarządzanie jakością (ang. Total Quality Management)

QFD – Funkcji rozwinięcia jakości (ang. Quality Function Deployment)

DOE – Projektowanie eksperymentów (ang. Design of Experiments)

PDCA – Planuj – Działaj – Sprawdzaj – Doskonal (ang. Plan – Do –Check – Act)

OEM – Producent wyrobu finalnego (ang. Original Equipment Manufacturer)

IATF – Międzynarodowy zespół operacyjny przemysłu samochodowego (ang. International Automotive Task Force)

AIAG – Grupa robocza przemysłu motoryzacyjnego (ang. Automotive Industry Action Group)

JAMA – Japońskie Stowarzyszenie Producentów Samochodów (ang. Japan Automobile Manufacturers Association, Inc.)

EAQF – Francuski standard zarządzania jakością w przemyśle motoryzacyjnym (fr. Evaluation d`aptitude sur la Qualite pour les Fournisseur)

AVSQ – Włoski standard zarządzania jakością w przemyśle motoryzacyjnym (wł. Associazione Nazionale dei Valutatori di Sistemi Qualita)

PSW – Gwarancja zgłoszenia części (ang. Part Submission Warrant)

AAR – Raport zatwierdzenia wyglądu (ang. Appearance Approval Report)

GD&T – Geometryczne wymiarowanie i tolerowanie (ang. Geometric Dimensioning and Tolerancing)



CAD – Komputerowe wspomaganie projektowania (ang. Computer Aided Design)

CAM – Komputerowe wspomaganie wytwarzania (ang. Computer Aided Manufacturing)

IMDS – Międzynarodowy system materiałowych baz danych (ang. International Materials Data System)

R&R – Analiza powtarzalności i odtwarzalności (ang. Repeatability and Reliability)

Cpk/ Cp – wskaźnik krótkoterminowej zdolności procesu

Ppk – wskaźnik długoterminowej zdolności procesu

CSR – Indywidualne wymagania klienta (ang. Customer Specific Requirements)

RPN – wskaźnik liczby priorytetowego ryzyka (ang. Risk Priority Number) w FMEA

%EV – powtarzalność względna wyrażona w procentach (ang. Repeatability – Equipment Variation)

%AV – odtwarzalność względna wyrażona w procentach (ang. Reproducibility – Appraiser Variation)

%R&R – powtarzalność i odtwarzalność względna wyrażona w procentach (ang. Repeatability and Reliability)

SQA – Zapewnienie jakości dostaw (ang. Supplier Quality Assurance)

1. Wprowadzenie

1.1. Uwarunkowania rynkowe nowych uruchomień produkcji

W działalność każdego przedsiębiorstwa produkcyjnego jest wpisana konieczność generowania zysku. Obecnie cykl życia produktu jest coraz krótszy. Szczególnie widać to w branży motoryzacyjnej czy informatycznej. Minęły już czasy, w których jeden produkt wytwarzany był bez zmian kilkanaście lub nawet kilkadziesiąt lat. Jako przykład mogą posłużyć: Polski Fiat 126P, produkowany przez 27 lat, albo produkowany przez ponad 40 lat Volkswagen Beetle[22].

Narzuca to przedsiębiorstwom konieczność bycia elastycznym, a także produkcję towarów wysoko jakościowych przy możliwie niskich, konkurencyjnych cenach.

Stale rosnące tempo postępu naukowo-technicznego umożliwia, a wzrastający poziom potrzeb społecznych zmusza, do zwiększenia częstotliwości pojawienia się na rynku nowych wyrobów oraz szybkiego moralnego starzenia się wyrobów aktualnie produkowanych[4]. Nowa produkcja musi być uruchamiana w coraz krótszych okresach, przy zachowaniu wysokiej jakości, nowoczesnych rozwiązaniach konstrukcyjno-technologicznych i sprawnej organizacji.

Przedsiębiorstwa są zmuszone do ciągłego dostosowywania swoich produktów do nieustannie zmieniających się standardów. Wymienione cele można osiągnąć za pomocą wielu metod. Nowy „lepszy” produkt może cechować wprowadzana w nim innowacja, zastosowana nowa technologia produkcji, nowe wzornictwo, nowy materiał, jego wielowariantowość itd.[72]. Innowacje techniczne odnoszą się przede wszystkim do innowacji produktowych (przygotowanie i uruchomienie produkcji nowych wyrobów) i innowacji procesowych (wprowadzanie nowych metod i technik wytwarzania, zazwyczaj w nowych formach organizacji produkcji), a więc są one jednocześnie innowacjami organizacyjnymi oraz społecznymi (w sferze zarządzania)[4].

Za przykład niech posłuży znów samochód, produkowany z pewnym standardowym wyposażeniem, ale opcjonalnie mogący posiadać dodatkowe, często bardzo liczne wyposażenie.

Przewaga konkurencyjna organizacji może być również budowana przez zdolność do szybkiego wprowadzania i komercjalizowania innowacji.

Czynnik czasu ma szczególne znaczenie w nowoczesnych sektorach działalności przemysłowej i w usługach, w których liczy się szybkość doprowadzenia od pomysłu do jego realizacji[25].

Wspólnym mianownikiem wymienionych aspektów działalności jest ciągła konieczność nowych uruchomień produkcji. Z kolei nowe uruchomienia produkcji są nierozdzielnie związane są z koniecznością podejmowania działań przygotowawczych do jej seryjnego biegu. Przygotowanie produkcji wpisuje się w łańcuch procesu produkcyjnego stanowiąc jej pierwszy i jednocześnie ważny element. Pojęcie „przygotowanie produkcji” jest pojęciem złożonym i należy przez nie rozumieć wszystkie działania zmierzające do uruchomienia produkcji przemysłowej wyrobu, w tym także poprzedzające je prace naukowo-badawcze. Każdy wyrób, zanim zostanie wyprodukowany wymaga zaplanowania i wykonania ściśle określonych zadań realizowanych w ustalonej kolejności.

1.2. Transfer produkcji do zewnętrznych kooperantów

Obecne skomplikowanie konstrukcji wyrobu, w skład którego niejednokrotnie mogą wchodzić komponenty wykonane w różnych technologiach, połączone z koniecznością dużej dynamiki wdrażania nowej produkcji wymusiła konieczność wytransferowania (powszechnego „outsourcingu”) części zleceń do zakładów poddostawców, specjalizujących się właśnie w danych technologiach.

Pojęcie „outsourcing” jest zaczerpnięte z angielskich słów outside – resource –using, oznaczających wykorzystywanie zasobów zewnętrznych[102]. Już w latach dwudziestych ubiegłego wieku Henry Ford stwierdził [20]: jeśli jest coś, czego nie potrafimy zrobić wydajniej, taniej i lepiej niż konkurenci, nie ma sensu, żebyśmy to robili i powinniśmy zatrudnić do wykonania tej pracy kogoś, kto zrobi to lepiej niż my.

Obecnie outsourcing traktowany jest jako nowoczesna strategia zarządzania, polegająca na oddaniu innemu przedsiębiorstwu zadań nie związanych bezpośrednio z podstawową działalnością firmy, dzięki czemu może ona skupić swoje zasoby i środki finansowe na tych obszarach, które stanowią podstawę jej działań i w których osiąga przewagę konkurencyjną[24].

Na ogół producent finalny ma swoich poddostawców, dostarczających surowce, materiały, komponenty czy też gotowe podzespoły. Poddostawcy ci są często skupieni w długich, złożonych i często trudnych do zarządzania łańcuchach dostaw.

Wg [93] łańcuch dostaw możemy zdefiniować jako fizyczną sieć, która zaczyna się u dostawcy zaś kończy się u ostatecznego klienta. Obejmuje ona aspekty związane z rozwojem produktu, zakupami, produkcją, fizyczną dystrybucją i usługami posprzedażnymi, jak również z dostawami realizowanymi przez zewnętrznych oferentów.

Bardzo dobrym przykładem występowania łańcucha dostaw jest branża motoryzacyjna, w której produkowany samochód, a właściwie montowany jest w zakładzie jego finalnego producenta, ale komponenty są dostarczane przez setki kooperantów, zorganizowanych w kilkupoziomowym łańcuchu klient-dostawca.

Z tak zorganizowanych łańcuchów dostaw wg [26] może wypływać wiele korzyści dla firm włączając w to oszczędności kosztów z powodu efektu skali, uniknięcie gromadzenia kapitału, wzrost w rozwoju rynku, zwiększenie elastyczności, oraz skupienie się na firmach z kluczowymi kompetencjami w innowacjach.

Zlecenie procesów na zewnątrz niesie też z sobą również pewne ryzyka. Przekazanie produkcji do kooperantów powoduje, że o ile producent finalny w ramach swojego zakładu ma wpływ na zaplanowanie i przygotowanie uruchomienia nowo wdrażanego wyrobu, to już zlecając produkcję na zewnątrz swojego zakładu jest to z całą pewnością utrudnione.

Według [45] zlecenie procesów na zewnątrz niesie trzy podstawowe rodzaje ryzyka:

- Ryzyko operacyjne – wyrażające się pogorszeniem jakości, zwiększeniem kosztów lub pogorszeniem szybkości realizacji procesu,
- Ryzyko strategiczne – związane z ochroną (i ew. utratą) wartości intelektualnych, bezpieczeństwem informacji i prywatności,
- Ryzyko łączone – długoterminowe, np. ryzyko utraty na zawsze możliwości realizowania takiego procesu samemu, spowodowane utratą kompetencji i wiedzy o biznesowych aspektach procesu.

Wzrastające wymagania techniczne, wysokie koszty rozwojowe, wzmógłony i skracający się cykl rozwojowy przy wysokich wymaganiach wywierają nacisk na wytwórców. Obserwowalna jest wzrastająca potrzeba działania po stronie wytwórcy i dostawcy aby uniknąć strat[12].

Z punktu widzenia jakości, zacieśnienie stosunków między nabywcą i dostawcą – zarówno w przypadkach prostych jak i złożonych wyrobów – zmierza do zwiększenia pewności, że wykonany przez dostawcę wyrób będzie ściśle odpowiadał wymaganiom



nabywcy i że dzięki temu odpadnie potrzeba obszernych badań odbiorczych i wykonywania poprawek przez nabywcę[39]. Aby taki stan został osiągnięty, przy utrzymaniu wysokiej jakości procesów oraz produktów zleczanych na zewnątrz, niezbędne jest wdrożenie systemów jakości, obejmujących zastosowanie odpowiednich metod, praktyk oraz procedur.

1.3. Systemowe metody zapewniania jakości rozwoju nowych projektów

W dobie powstawania konkurencyjnych rynków globalnych, problem zapewnienia jakości jest szczególnie istotny. Producenci nie mogą już budować swojej pozycji na rynku jedynie korzystając z reputacji. Funkcjonowanie w warunkach ukierunkowanej jakościowo produkcji oznacza, że odbiorcy nie tylko oczekują jakościowych produktów, ale również żądają dowodów posiadania przez producenta lub usługodawcę możliwości ich wyprodukowania i dostarczenia zgodnie ze sformułowanymi wytycznymi. Zakłada się jednocześnie, iż gwarancje te będą pochodziły z niezależnego źródła[41].

W ostatnich dziesięcioleciach w różnych gałęziach przemysłu rozwinęły się liczne standardy jakościowe. Z początkiem lat 90-tych, rozwinięty został standard ISO 9000 dla zharmonizowania działań zapewnienia jakości w globalnym łańcuchu dostaw. Jednakże ISO 9000, będące ogólnym standardem wykorzystującym prewencyjne podejście bazujące na totalnym zarządzaniu jakością pomijało zajęcie się specyficznymi wymaganiami wielu przemysłów, w tym przemysłu motoryzacyjnego, lotniczego, obronnego, chemicznego i elektronicznego[2].

Kolejne lata przyniosły wyraźną standaryzację metod zapewnienia jakości dostaw. Minimum kwalifikacyjnym dla dostawców stało się posiadanie certyfikowanego Systemu Zarządzania Jakością, co najmniej ISO 9001 [112]. Coraz częściej klienci obligują swoich dostawców do wdrażania i utrzymywania branżowych SZJ. W branży motoryzacyjnej systemem tym jest ISO/TS 16949 [113].

Zawarte w tym dokumencie wymagania dotyczące postępowania przy uruchamianiu nowych projektów (produkcji nowych wyrobów) są zbyt ogólne, aby zapewnić powtarzalność ich realizacji przez dostawcę. Odbiorcy formułują zatem dostawcom wymagania szczegółowe, dotyczące sposobów uzyskania i wykazania zgodności z oczekiwaniami jeszcze przed przystąpieniem do produkcji seryjnej, a nawet próbnej [74].

Najbardziej powszechnym standardem w tym zakresie w branży motoryzacyjnej jest amerykański model procesowego podejścia przy wdrażaniu nowych projektów, znany pod nazwą APQP (Advanced Product Quality Planning) - Zaawansowane Planowanie Jakości Wyrobu [104] – koncepcja DaimlerChrysler Corporation, Ford Motor Company oraz General Motors Corporation. Ta metodologia zarządzania projektem wdrożenia nowego wyrobu zawiera m.in. specyficzną procedurę procesu zatwierdzania przez odbiorcę wyprodukowanych przez dostawcę części. Procedura ta znana jest pod nazwą PPAP (Production Part Approval Process – Proces Zatwierdzania Części do Produkcji) [120], także koncepcja DaimlerChrysler Corporation, Ford Motor Company oraz General Motors Corporation. Jest ona standardowo wykorzystywana przez odbiorców, jako wymóg wobec dostawcy, dotyczący przebiegu i dokumentacji walidacji jego procesu produkcji dla nowego wyrobu lub w przypadku wprowadzenia zmian dotyczących wyrobu lub procesu produkcji.

2. Analiza literatury i praktyki produkcyjnej

2.1. Przygotowanie produkcji

2.1.1. Proces produkcyjny i jego rola w działalności przedsiębiorstwa produkcyjnego

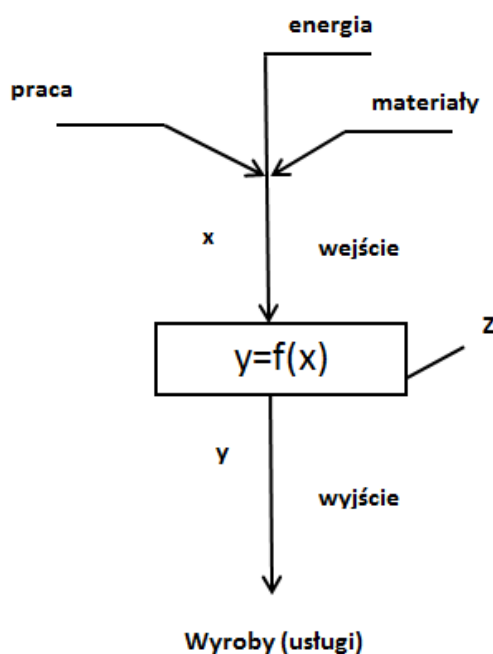
Podstawową funkcją organizacji gospodarczej jest funkcja produkcyjna. Funkcja produkcyjna przedsiębiorstwa polega na dostarczaniu wyrobów i usług wymaganych przez klienta (użytkownika)[16].

Celem działalności przedsiębiorstwa jest możliwe najlepsze zaspokojenie potrzeb klienta przy osiąganiu zysku zapewniającego przetrwanie i rozwój firmy, rozwój produktu i technik wytwarzania. Cel ten firma może osiągnąć przez dostarczenie produktów, które klienci będą nabywali za cenę zapewniającą uzyskanie właściwego zysku[17].

Głównym obszarem działalności przedsiębiorstwa produkcyjnego jest wytwarzanie dóbr użytkowych w ich konkretnej (rzeczowej) postaci, a powodem uzasadniającym uruchomienie produkcji – istnienie potrzeb, których zaspokojeniu ma służyć wytwarzany wyrób. Nabywca, chcąc zaspokoić swoje potrzeby, płaci za produkt określoną cenę, będącą przychodem wytwórcy. Produkowanie dóbr użytecznych dla ich odbiorcy stanowi zatem rację bytu przedsiębiorstwa[52].

Proces produkcyjny to całokształt zjawisk i celowo podejmowanych działań, które sprawiają, że w przedmiocie pracy poddanym ich oddziaływaniu stopniowo zachodzą pożądane zmiany. Kumulując się, powodują one sukcesywne nabieranie przez przedmiot cech przybliżających go i upodabniających do zamierzonego wyrobu. Osiągnięcie wszystkich wymaganych cech w oczekiwanym wymiarze oznacza zakończenie procesu produkcyjnego[52].

Jest to więc system w którym elementy wejścia X (praca ludzka, materiały), są przetwarzane wg określonych sposobów w zakładzie produkcyjnym Z, w elementy wyjścia, którymi mają być gotowe wyroby (usługi) Y. System ten można przedstawić formie graficznej.



Rys.2.1 Uproszczony model systemu zasoby – produkcja [6]

Cechami procesu produkcji są: celowość, dynamika i ekonomiczność. Oznacza to, że:

- Proces produkcji jako uporządkowany zbiór działań musi być zaprojektowany zorganizowany w celu dostarczenia klientom wyrobów zaspokajających ich potrzeby;
- Proces produkcji przebiega w czasie i w przestrzeni, przebiegi te są zaprojektowane, lecz mogą być zmienne ze względu na dostosowanie ich do zmian w: zaopatrzeniu w materiały i energię, sytuacji rynkowej, regulacjach

państwowych, technikach wytwarzania, dystrybucji, obsługi klientów i obsługi wyrobów po sprzedaży;

- Warunkiem funkcjonowania procesu produkcji jest przepływ materiałów, energii i informacji oraz środków finansowych, co także stanowi o jego dynamice;
- Proces produkcji powinien przebiegać zgodnie z zasadami ekonomiczności, czyli przy maksymalizacji efektu produkcyjnego przy założonych nakładach lub przy uzyskiwaniu założonego efektu produkcyjnego przy minimalnych nakładach[17].

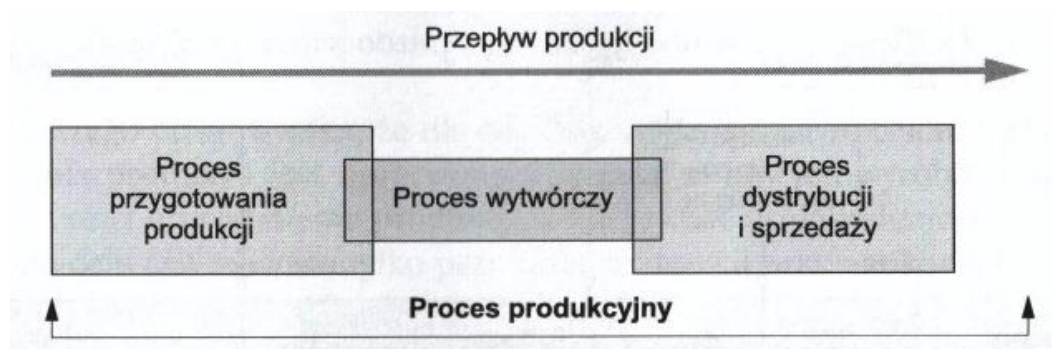
Wśród procesów produkcyjnych wyróżniamy procesy: podstawowe, pomocnicze i obsługowe. Podstawowymi procesami są te procesy, w których jest kształtowana wartość wyrobu dla klienta, a mianowicie takie procesy jak:

- Opracowanie koncepcji nowego wyrobu, zaspokajającego rozpoznane potrzeby klientów lub kształtującego nowe potrzeby, które zostały twórczo określone;
- Badanie i rozwój koncepcji nowego wyrobu oraz technik jego wytwarzania;
- Projektowanie nowego wyrobu i procesów wytwórczych;
- Zapewnienie odpowiedniej jakości, niezawodności i nowoczesności wyrobu;
- Wytwarzanie wyrobu wraz z kontrolą techniczną i odbiorem z systemu wytwórczego;
- Obsługa klientów, sprzedaż wyrobów, serwisowa obsługa wyrobów po sprzedaży itp.;
- Modernizacja wyrobu, projektowanie i instalowanie dodatkowego wyposażenia itp.

Pomocniczymi procesami produkcyjnymi są te procesy, które nie kształtują wartości wyrobu dla klienta, lecz bez których nie można zrealizować procesów podstawowych. Są to logistyczne procesy dostarczające procesom podstawowym niezbędnych zasobów, takich jak: kwalifikowana praca, informacja, środki finansowe, materiały, energia, maszyny, przestrzenie magazynowe itp. Są one ze sobą powiązane, tworząc system logistyki firmy. Do procesów pomocniczych, lecz nie logistycznych, zalicza się także procesy zarządzania. Mają one istotny wpływ na przebieg procesów produkcyjnych, lecz nie kształtują wartości wyrobu. Procesami obsługowymi produkcji są procesy, które nie tworzą wartości wyrobu dla klienta, ani nie są procesami pomocniczymi (logistycznymi), lecz są realizowane ze względów formalnych, administracyjnych, społecznych itp.[76].

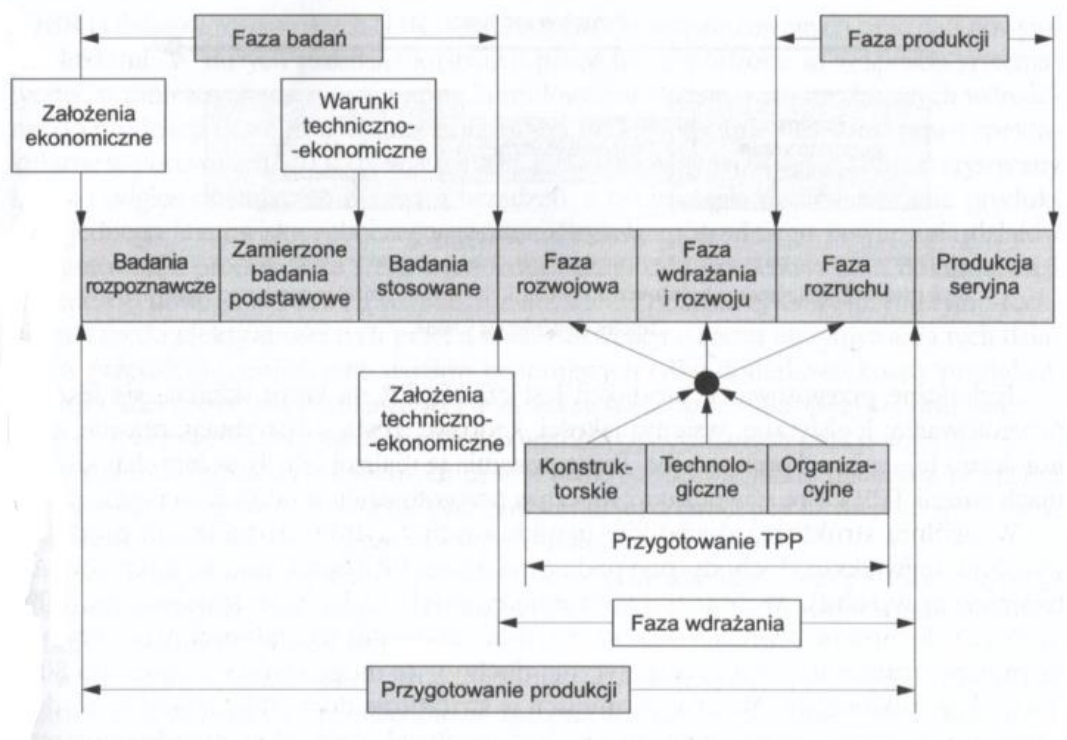
2.1.2. Cel i zakres przygotowania produkcji

Uruchamianie wytwarzania dowolnego wyrobu wymaga odpowiedniego przygotowania produkcji. Proces produkcyjny wyrobu obejmuje szereg następujących po sobie procesów składowych. Przykład umiejscowienia etapu przygotowania produkcji w ogólnym procesie produkcyjnym przedstawi (Rys.2.2).



Rys.2.2 Miejsce przygotowania produkcji w ogólnym procesie produkcyjnym [85]

Procesem wywierającym istotny wpływ na kształtowanie jakości późniejszej produkcji jest przygotowanie produkcji. Proces ten uważany jest przez wielu autorów za pierwszy i zarazem najważniejszy element procesu produkcyjnego. Wg [85] przygotowanie produkcji jest procesem najbardziej złożonym i skomplikowanym. Schemat obrazujący złożoność procesu przygotowania produkcji przedstawiono na (Rys.2.3).



Rys.2.3 Jednolity system przygotowania produkcji [1]

Proces przygotowania produkcji zgodnie z (Rys.2.3) jest podzielony jest na dwie fazy: perspektywiczne badania stanowiące fazę badań oraz fazę wdrażania.

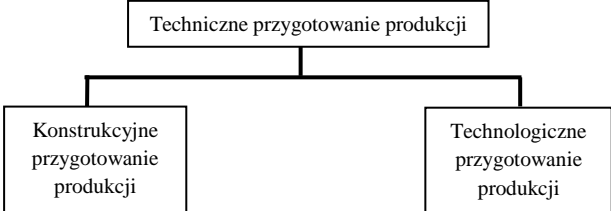
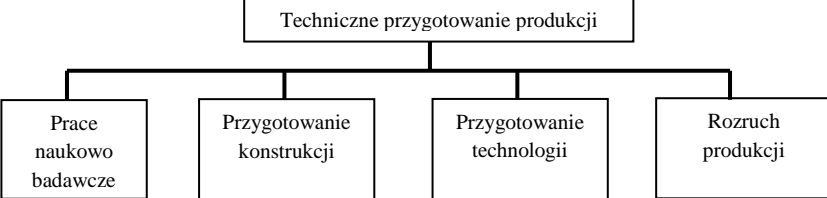
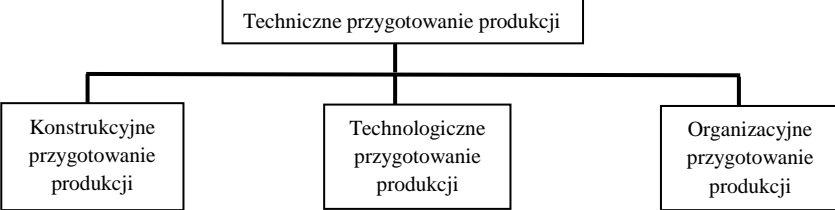
Grelak [27] sugeruje, iż badania powinny się zakończyć badaniami stosowanymi w zakresie nowych konstrukcji i technologii. Ich wyniki powinny stanowić podstawę, w postaci założeń techniczno-ekonomicznych, dla fazy wdrożenia. W fazie wdrażania wg [1] należy realizować opracowaną w wyniku fazy badawczej i zatwierdzoną na etapie założeń techniczno-ekonomicznych naukową koncepcję. Polega to na tym, by w zakresie konstrukcji, technologii i organizacji doprowadzić do takiego rozwiązania, które zapewni podjęcie produkcji przy najwyższych wynikach ekonomicznych i przy możliwie najlepszych warunkach pracy.

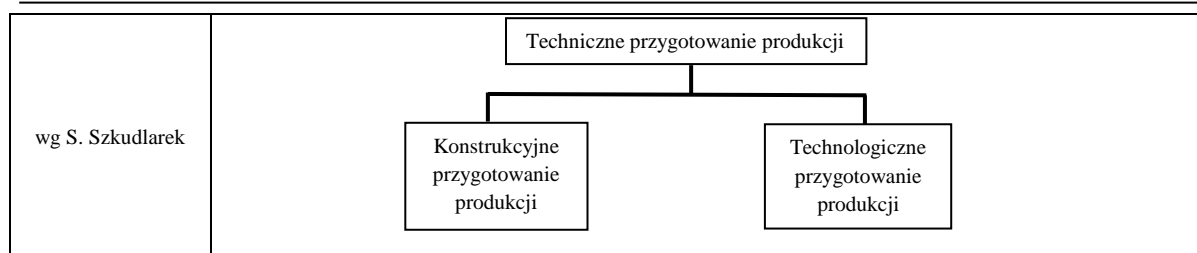
W zakres fazy wdrożenia wchodzi: faza rozwojowa, faza wdrażania i rozwoju, oraz faza rozruchu. Faza wdrożenia, stanowiłaby według tej koncepcji techniczne przygotowanie produkcji obejmujące w swym zakresie przygotowanie konstrukcyjne, techniczne oraz organizacyjne.

2.1.3. Techniczne przygotowanie produkcji

Najczęściej na określenie prac poprzedzających uruchomienie produkcji seryjnej przyjęły się dwie tożsame nazwy (pojęcia) tych prac, tj. przygotowanie produkcji lub techniczne przygotowanie produkcji (tpp). Wg [85] w rzeczywistości jednak przygotowanie produkcji jest pojęciem szerszym niż termin „techniczne przygotowanie produkcji”, poszerzone jest bowiem o strefę prac naukowo-badawczych[85]. Z uwagi na przeplatanie się tych prac, postępującą integracją, coraz trudniej określić, gdzie kończą się badania stosowane, a gdzie rozpoczyna się techniczne przygotowanie produkcji[18].

Literatura obejmuje szereg opracowań na temat przygotowania produkcji, jednakże w większości odnoszą się one do technicznego przygotowania produkcji, a wśród autorów pojęcia te są równoznaczne. Publikacje wykazują dodatkowo dużą dowolność w precyzowaniu definicji i zakresu obszaru stosowalności pojęcia technicznego przygotowania produkcji. Wybrane z literatury interpretacje zakresu pojęcia (tpp) przedstawiono w (Tab.2.1).

AUTOR	ZAKRES POJĘCIA TECHNICZNEGO PRZYGOTWANIA PRODUKCJI
wg G. Haratym	 <pre> graph TD A[Techniczne przygotowanie produkcji] --> B[Konstrukcyjne przygotowanie produkcji] A --> C[Technologiczne przygotowanie produkcji] </pre>
wg M. Dworczak	 <pre> graph TD A[Techniczne przygotowanie produkcji] --> B[Prace naukowo badawcze] A --> C[Przygotowanie konstrukcji] A --> D[Przygotowanie technologii] A --> E[Rozruch produkcji] </pre>
wg K. Grelak	 <pre> graph TD A[Techniczne przygotowanie produkcji] --> B[Konstrukcyjne przygotowanie produkcji] A --> C[Technologiczne przygotowanie produkcji] A --> D[Organizacyjne przygotowanie produkcji] </pre>



Tab.2.1 Zestawienie porównawcze zakresu pojęcia technicznego przygotowania produkcji [opr. na podst. 18,27,33,88]

Jak wynika z (Tab.2.1) nie ma jednoznaczności wśród autorów co do zakresu pojęcia technicznego przygotowania produkcji. Podobnie sytuacja ma się również co do kwestii definiowania, jak i określenia celów technicznego przygotowania produkcji.

Haratym [33] uważa, iż techniczne przygotowanie produkcji obejmuje wszystkie działania w przedsiębiorstwie zmierzające do określenia: cech technicznych nowych i modernizowanych wyrobów oraz ich elementów składkowych, metod i środków ich wytwarzania, a także warunków technicznych i typowego procesu ich eksploatacji. Za cel systemu technicznego przygotowania produkcji Haratym uznaje stworzenie dobrych wzorców wyrobów, a także środków oraz procesów ich produkcji i eksploatacji.

Dworczyk [18] za techniczne przygotowanie produkcji rozumie zespół działań składających się na:

1. organizację prac badawczo-eksperymentalnych nowych wyrobów i materiałów;
2. projektowanie nowych i doskonalenie starych wyrobów oraz przygotowanie niezbędnej dokumentacji;
3. wykonanie modeli, prototypów, serii informacyjnych;
4. projektowanie nowych i doskonalenie istniejących procesów technologicznych oraz metod wytwarzania;
5. projektowanie potrzebnego oprzyrządowania oraz specjalnych urządzeń produkcyjnych;
6. udział technologów w rozruchu i w opracowywaniu nowej produkcji oraz nowych metod produkcji
7. bieżącą obsługę produkcji, wprowadzenie zmian w istniejącej dokumentacji;
8. opracowywanie normatywów technicznych (norm pracy, norm zużycia materiałów itp. stanowiących wejściowe dane operatywnego planowania produkcji);
9. opracowywanie normatywów technicznego przygotowywania produkcji (normatywy: pracochłonność prac, wydłużenia cykli, kosztów prac, struktur nakładów technicznego przygotowania produkcji).

Głównym celem technicznego przygotowania produkcji według Dworczaaka jest opracowanie projektów nowych wyrobów, metod ich wytwarzania oraz uruchomienie produkcji, a także stałe doskonalenie wyrobów.

Grelak [27] uważa, iż dane z technicznego przygotowania, głównie dla produkcji, a następnie dla kontroli jakości wyrobów, gospodarki materiałowej i narzędziowej, stanowią wzorce według których ma przebiegać wykonanie i obsługa produkcji.

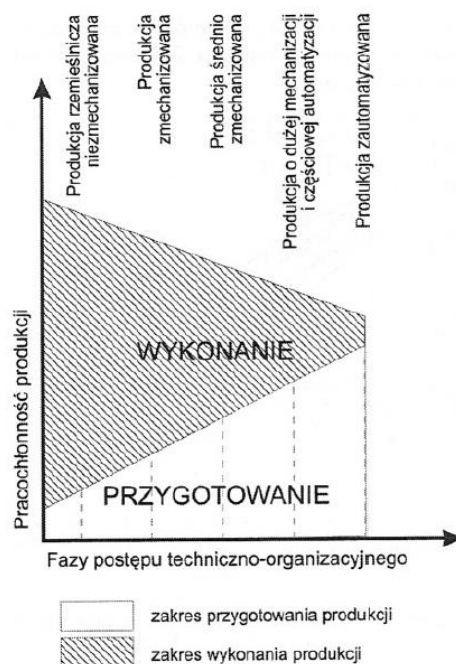
Z kolei Szkudlarek [88] uważa, że przez techniczne przygotowanie produkcji należy rozumieć opracowanie dokumentacji konstrukcyjnej i technologicznej niezbędnej do uruchomienia produkcji nowego względnie modernizowanego wyrobu. Tak określone techniczne przygotowanie produkcji obejmuje wszystkie elementy działalności przedsiębiorstwa potrzebne do tego, aby dokumentacja konstrukcyjna i technologiczna danych wyrobów spełniła swoje zadania. Obejmuje więc konieczne:

- prace badawcze i studialne;
- wykonanie projektów konstrukcyjnych;
- opracowanie procesów technologicznych;
- wykonanie w razie potrzeby prototypów;
- przebadanie prototypów itp.

2.1.4. Wpływ postępu technicznego na etap przygotowania produkcji

Postęp techniczny wprowadzony do produkcji pozwolił na mechanizację i automatyzację wielu czynności produkcyjnych, a także na coraz powszechniejsze stosowanie zasad organizacji pracy i produkcji [43].

Wprowadzenie do produkcji postępu technicznego (kierunek: mechanizacja i automatyzacja) oraz postępu organizacyjnego (nowoczesne rozwiązania w zakresie organizacji pracy) coraz bardziej przesuwa nakłady sił i środków ze sfery wykonania do sfery przygotowania produkcji i kontroli wyników działalności (Rys.2.4).



Rys.2.4 Pracochłonność przygotowania i wykonania produkcji w funkcji postępu technicznego i organizacyjnego [33]

Stan taki wymusił powstanie i rozwój, obok istniejących technik przygotowania produkcji, w tym technicznego przygotowania produkcji, innych standardów zabezpieczających rozruch produkcji również w aspekcie jakości wytwarzania. Odpowiedzią na te potrzeby było powstanie standardów zarządzania jakością ISO 9001 [112], jak i jego rozszerzenie o dodatkowe wymagania dla poszczególnych branż. W branży motoryzacyjnej jest to standard ISO/TS 16949 [113] jak również dodatkowe wymagania dotyczące przygotowania nowo uruchamianej produkcji w tym procesie APQP [104] i stanowiący jej integralną część proces zatwierdzania części do produkcji – PPAP [120].

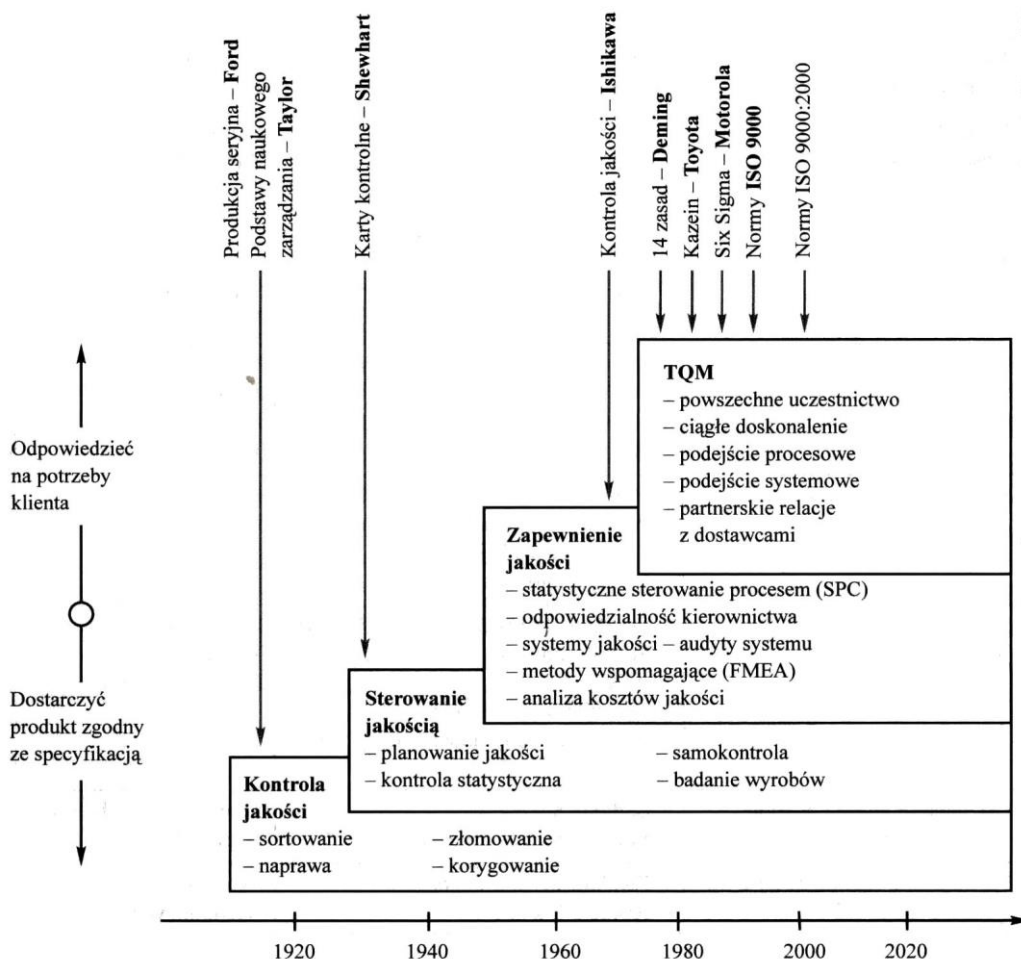
2.2. Zapewnienie jakości w przedsiębiorstwach produkcyjnych części maszyn

2.2.1. Rozwój podejścia do zapewnienia jakości produkcji

Jakość produktów i usług stała się jednym z najistotniejszych aspektów konkurencyjności przedsiębiorstw działających niejednokrotnie na globalnym rynku.

Istniejące koncepcje zarządzania jakością odpowiadają głównie praktyce przedsiębiorstw produkcyjnych.

Syntetyczne zestawienie poszczególnych etapów rozwoju zarządzania jakością przedstawia (Rys.2.5).



Rys.2.5 Etapy rozwoju podejścia do zarządzania jakością [31]

Przedstawiony na rys. 5 rozwój podejścia do zarządzania jakością wg [31], wyróżnia 4 kolejne etapy ewolucji w typ: kontrolę jakości, sterowanie jakością, zapewnienie jakości oraz TQM (ang. Total Quality Management czyli Totalne Zarządzanie Jakością). W porównaniu z innymi autorami występuje tu pewna rozbieżność pojęciowa, gdyż m.in. [10,28,46] pierwsze dwa etapy nazywają w kolejności: inspekcja jakości, następny zaś kontrola jakości. Nie ma też ścisłości co do konkretnych dat, w których te etapy zaczynały swój bieg. Jak wyjaśnia [46], trudno jest datować poszczególne fazy rozwoju zarządzania jakością, gdyż przebiegały one różnie w poszczególnych krajach, regionach, gałęziach gospodarki czy przedsiębiorstwach.

Analizując (Rys.2.5), historię zarządzania jakością można datować od początku XX wieku – okresu, gdy zaczęto produkować pierwsze model „T” samochodu Ford Motor Company, a firma zaczęła zatrudniać inspektorów kontroli. Ich zadaniem było wykrycie części i zespołów niespełniających wymagań technicznych, a następnie ich oddzielenie, wycofanie i ewentualnie naprawienie bądź przekwalifikowanie[31]. Wiązało się to z upowszechnieniem zasad „naukowego zarządzania” stworzonych przez F.W. Taylora (1856-1915), autora książki „Podstawy naukowego zarządzania” wydanej w 1915 roku. Pierwszym wyodrębnionym etapem rozwoju zarządzania jakością była kontrola jakości określana również w literaturze jako inspekcja jakości. Etap ten związany był z przełomowymi zmianami w gospodarce, będącym wynikiem pojawienia się nowych rozwiązań technologicznych, powodujących pojawienie się produkcji masowej oraz specjalizacji i podziału pracy.

Powszechna na te czasy inspekcja czy też kontrola jakości, okazała się zatem coraz mniej skuteczna, a zapewnienie właściwej jakości produkowanych wyrobów wręcz niemożliwe.

W.A.Shewhart zaproponował wyposażanie systemów produkcyjnych w podsystemy bieżącej kontroli (...). Stwarzało to realne możliwości sterowania przemysłowymi procesami kreowania jakości[36]. Shewhart stwierdził, że na każdy proces mają wpływ dwa rodzaje zmienności:

- kontrolowana zmienność, wynikająca ze szczególnych, znanych przyczyn, np. zmiana formy działania, procedur, zmiany w surowcach lub narzędziach (są to czynniki zarówno zewnętrzne, jak i wewnętrzne, oddziałujące na proces i zakłócające jego normalny przebieg),
- niekontrolowana zmienność, wynikająca z nieokreślonych, losowych lub przypadkowych zdarzeń.[46]

Wynikiem tych ustaleń, było opracowanie metody ulepszania jakości pracy i wydajności przez mierzenie, jaka część gotowych produktów mieści się w przyjętych granicach dopuszczalnych odchyień, a jaka część i jak dalece poza nie wykracza. Opracowany przez niego graficzny sposób przedstawienia tej zmienności nazwano kartą kontrolną (ang. control chart). Zastosowanie kart kontrolnych umożliwiło nie tylko dozоровanie procesu produkcyjnego, lecz także sterowanie nim[54]. Zauważono również, iż ilość braków można zmniejszyć bardziej skutecznie poprzez poprawę kwalifikacji pracowników, lepszą organizację pracy, przez formułowanie ustalonych wymagań na

piśmie, przez pomiary i standaryzację. Etap ten wg [31] określić można jako sterowanie jakością.

Trzecie stadium w rozwoju zarządzania jakością, tj. zapewnienie jakości zawiera w sobie wszystkie stadia poprzednie, dla uzyskania odpowiedniej pewności, że wyroby i usługi spełniają potrzeby klientów. Wprowadzono jednak również inne rozwiązania, np. związane z księgami jakości (w tym dokumentacja jakościowa taka jak procedury, instrukcje) czy stosowanie analizy kosztów jakości, rozwinięto kontrolę nad procesami oraz wprowadzono audyty systemu. Wszystko to służyło przejściu od kontroli jakości do zapewnienia jakości. W tym stadium zaczęto kłaść nacisk na przeprowadzenie zmiany działań: z wykrywających niską jakość na zapobiegawcze[10].

Za prekursora nowych idei nastawionych na zapewnienie jakości uważa się W.E.Deminga, który zwrócił uwagę przede wszystkim na konieczność zmiany orientacji na rynkową, a więc wsłuchiwanie się w informacje pochodzące z rynku przy jednoczesnym zapobieganiu niskiej jakości. W ten sposób zapewnienie jakości zawierało w sobie rozwiązania z poprzednich okresów, zgodnie z [10] (kontrola jakości oraz sterowanie jakością) przy jednoczesnym włączeniu nowych rozwiązań, takich jak związane z księgami jakości i audyty jakości, stosowanie analizy kosztów jakości, a także rozwiniętej kontroli nad procesami[54]. W wyniku przejścia na orientację rynkową oraz dążenia do zapobiegania niskiej jakości, powstały nowe metody wspomagające zapewnienie jakości. Do najbardziej znanych, stosowanych z powodzeniem do dziś należą: metoda QFD, metoda FMEA oraz koła jakości. QFD (ang. Quality Function Deployment) jest metodą umożliwiającą uwzględnienie oczekiwań potencjalnych klientów w projektowaniu nowego wyrobu lub unowocześnianiu już istniejącego. Pozwala to na wyprodukowanie wyrobów w pełni zadowolających klientów, a to z kolei powodowało poprawienie sytuacji danego przedsiębiorstwa w stosunku do konkurencji. Natomiast metoda FMEA (ang. Failure Mode and Effect Analysis) służy do analizy wyrobu lub jego części pod względem przyczyn i skutków wad występujących w danym produkcie lub mogących w nim wystąpić. Innymi słowy, umożliwia rozpoznanie słabych stron produktu[46].

Ostatni z wyodrębnionych etapów w rozwoju podejścia wg [31] do zarządzania jakością to TQM (ang. Total Quality Management). W literaturze polskiej pojęcie to tłumaczone jest na wiele sposobów w tym m.in.: zarządzanie przez jakość, kompleksowe zarządzanie jakością, zarządzanie jakością totalną, totalne zarządzanie jakością, kompleksowe zarządzanie przez jakość.

Koncepcja kompleksowego zarządzania jakością powstała w wyniku przemian gospodarczych i świadomościowych w gospodarce światowej, co potwierdza ewolucja poglądów dotyczących zarządzania jakością[87]. Koncepcja TQM ukształtowała się na gruncie historycznie wcześniejszych koncepcji, powiązanych z kolejnymi etapami ewolucji poglądów na istotę zarządzania jakością. Według [32] idea zarządzania przez jakość sprowadza się do uznania, że wszystkie materialne i niematerialne składniki przedsiębiorstwa produkcyjnego wpływają na jakość produktów i procesów wewnętrznych oraz zewnętrznych a więc zarówno jakość tych produktów i procesów, jak i jakość składników (zasobów) przedsiębiorstwa powinny być objęte kompleksem funkcji zarządczych.

Podsumowując, można powiedzieć, że wypracowanie koncepcji (TQM) kompleksowego zarządzania jakością prowadziło od kontroli jakości wyrobów poprzez sterowanie jakością aż po zapewnienie jakości z użyciem m.in. statystycznego sterowania procesem SPC, metodami wspomagającymi w tym FMEA jak i zastosowaniem systemów jakości.

Zasada niewypuszczania z przedsiębiorstwa wadliwych wyrobów została zastąpiona zasadą produkcji bezbrakowej. Oznacza to, że zamiast koncentrować się na kontroli, zwanej tradycyjnie kontrolą techniczną lub kontrolą jakości, szczególna troska jest poświęcona projektowaniu produktów i przygotowaniu procesów ich realizacji. Odpowiedzialność bezpośredniego wykonawcy jest uzupełniana współodpowiedzialnością zespołu, a nawet kierownictwa[31].

2.2.2. Wymagania ISO 9001 w zakresie jakości przygotowania produkcji

Jednym z podejść do zarządzania jakością jest zarządzanie przez spełnianie ustalonych standardów. Według [31] standardy te przedsiębiorstwo przyjmuje lub ustala sama na podstawie norm lub innych uznanych dokumentów zewnętrznych. Określają one wymagania, jakie firma powinna spełnić, aby można było uznać, że jej system zarządzania jakością jest zgodny z daną normą lub dokumentem. Celem systemów zarządzania jakością jest tworzenie warunków pozwalających na produkowanie wyrobów i dostarczanie usług spełniających wymagania klientów. Za podstawę wyznaczania standardów zarządzania jakością zostały powszechnie uznane normy serii ISO 9000.

Główną składową norm serii ISO 9000 jest norma ISO 9001:2008[112]. Norma ta zawiera zbiór minimalnych wymagań, które należy spełnić, by uzyskać certyfikat

zarządzania jakością będący potwierdzeniem, że system jest ustanowiony, udokumentowany, wdrożony, utrzymywany oraz podlega ciągłemu doskonaleniu. Wymagania normy ISO 9001 tyczą się systemu zarządzania jakością mającego zastosowanie dla każdej organizacji, niezależnie od jej wielkości i rodzaju, która chce wykazać zdolność do ciągłego dostarczania wyrobów zgodnych z wymaganiami klienta i mających zastosowanie przepisów oraz dążącej do zwiększenia zadowolenia klienta. Norma składa się z dziewięciu rozdziałów. Rozdział 0 to wprowadzenie, opisujące postanowienia ogólne, podejście procesowe, powiązanie z normą ISO 9004 oraz kompatybilność z innymi systemami zarządzania. Rozdziały od 1 do 3 określają zakres stosowania normy oraz terminy i definicje. Wymagania właściwe opisują rozdziały od 4 do 8.

Jednym z najważniejszych zagadnień firmy jest opracowanie i wytwarzanie wyrobu lub usługi, które znajdą uznanie u klientów. Z tego względu procesy związane z uruchomieniem produkcji nowego wyrobu mają znaczenie strategiczne i do ich realizacji przedsiębiorstwo powinno przystąpić z pełną mobilizacją swoich możliwości twórczych i organizacyjnych[58]. Ten strategiczny dla przedsiębiorstwa produkcyjnego aspekt działalności jakim jest proces uruchamiania wytwarzania nowych wyrobów lub świadczenia usług ma swoje odzwierciedlenie w normie ISO 9001:2008. Rozdział 7 normy opisuje wymagania co do realizacji wyrobu. Wg [112] organizacja powinna zaplanować i opracować procesy potrzebne do realizacji wyrobu. Planowanie wykonania wyrobu powinno być spójne z wymaganiami dotyczącymi innych systemów zarządzania jakością. Zgodnie z normą, planując realizację wyrobu organizacja powinna określić odpowiednio:

- a) cele dotyczące jakości i wymagania dotyczące wyrobu;
- b) potrzeby dotyczące ustanowienia procesów i dokumentów, a także zapewnić zasoby specyficzne dla wyrobu;
- c) wymagane działania dotyczące weryfikacji, walidacji, monitorowania, pomiarów, kontroli i badań, specyficzne dla wyrobu oraz kryteria przyjęcia wyrobu;
- d) zapisy potrzebne do dostarczenia dowodów, że procesy realizacji i wyrób będący ich wynikiem spełniają wymagania.

Dane wyjściowe z planowania powinny być przedstawione w formie odpowiedniej do metod działania organizacji. Dokument w którym określono proces systemu zarządzania jakością (łącznie z procesami realizacji wyrobu) oraz zasoby wykorzystywane do określonego wyrobu, przedsięwzięcia lub umowy, może być nazywany planem jakości.

Norma podaje również wytyczne co do projektowania i rozwoju wyrobu. Projektowanie i rozwój definiowane jest przez [114] jako zbiór procesów, które przekształcają wymagania na określone właściwości lub na specyfikację wyrobu, procesu lub systemu. Według [54] projektowanie, obok zakupów i etapu produkcji, jest uważane w organizacji za najważniejszy etap procesu realizacji wyrobu. Zakres prac zaliczanych do projektowania zależy od specyfiki wyrobu/ usługi i obejmuje: planowanie projektowania i prac rozwojowych, dane wejściowe do projektowania, dane wyjściowe z projektowania, przegląd projektu, weryfikację projektu, walidację projektu i zmiany projektu.

Zgodnie z [112] w czasie planowania projektowania i rozwoju organizacja powinna określić:

- a) etap projektowania i rozwoju;
- b) przegląd, weryfikację i walidację odpowiednie do każdego etapu projektowania oraz rozwoju;
- c) odpowiedzialność i uprawnienia dotyczące projektowania i rozwoju.

Norma [112] daje wytyczne co do określenia danych wejściowych związanych z wymaganiami dotyczącymi wyrobu oraz utrzymywaniem zapisów. Dane te powinny obejmować:

- a) wymagania funkcjonalne i dotyczące parametrów;
- b) mające zastosowanie wymagania przepisów prawnych i innych;
- c) jeżeli ma to zastosowanie, informacje wynikające z poprzednich podobnych projektów;
- d) inne wymagania niezbędne do projektowania i rozwoju.

Z kolei dane wyjściowe z projektowania i rozwoju powinny być w formie właściwej do przeprowadzania weryfikacji w stosunku do danych wejściowych do projektowania i rozwoju i zatwierdzone przed zwolnieniem. Dane wyjściowe powinny:

- a) spełniać wymagania określone w danych wejściowych do projektowania i rozwoju;
- b) zapewniać odpowiednie informacje dotyczące zakupów, produkcji i dostarczania usługi;
- c) zawierać kryteria przyjęcia wyrobu lub powoływać się na nie;
- d) specyfikować właściwości wyrobu, które są istotne dla jego bezpieczeństwa i właściwego użytkowania[112].

Dane te powinny podlegać przeglądowi dla stwierdzenia ich kompletności i poprawności. Według [112] na odpowiednich etapach należy przeprowadzać

systematyczne przeglądy projektowania i rozwoju zgodnie z zaplanowanymi ustaleniami, w celu:

- a) oceny zdolności wyników projektowania i rozwoju do spełnienia wymagań,
- b) identyfikowania wszelkich problemów i proponowania niezbędnych działań.

Norma [112] wskazuje, iż równie istotne jest przeprowadzanie weryfikacji oraz walidacji do każdego etapu projektowania i rozwoju, zgodnie z zaplanowanymi ustaleniami. Weryfikację przeprowadza się w celu zapewnienia, że dane wyjściowe z projektowania i rozwoju spełniły wymagania określone w danych wejściowych do projektowania i rozwoju. Natomiast walidację przeprowadza się w celu zapewnienia, że wytworzony wyrób jest zdolny spełnić wymagania związane z wyspecyfikowanym zastosowaniem lub zamierzonym wykorzystaniem, jeżeli jest znane. Wszędzie gdzie jest to wykonalne, walidacja powinna być zakończona przed dostawą lub wdrożeniem.

Według wytycznych normy [112] wszelkie zmiany w projektowaniu i rozwoju powinny być zidentyfikowane i powinny być utrzymywane zapisy. Zmiany należy poddawać, odpowiednio, przeglądowi, weryfikacji i walidacji, i należy je zatwierdzać przed ich wdrożeniem. Przegląd zmian w projektowaniu i rozwoju powinien obejmować ocenę wpływu zmian na części składowe i już dostarczony wyrób.

Reasumując, norma ISO 9001:2008 podkreśla, iż najważniejszą działalnością przedsiębiorstwa produkcyjnego jest opracowanie i wytwarzanie wyrobu lub usługi. Z tego też względu procesy związane z uruchomieniem produkcji mają szczególne znaczenie. Jednakże, norma ta aspekt przygotowania produkcji traktuje w ujęciu szerokim tj. uwzględniając już etap projektowania. Przedstawione zostają ogólne wytyczne co do koncepcji realizacji wyrobu, obejmujące planowanie realizacji wyrobu, określenie wymagań dotyczących wyrobu, projektowanie i rozwój, weryfikację i walidację projektowania i rozwoju aż po wytwarzanie i dostarczanie do klienta. Kluczowym jest etap planowania realizacji wyrobu, według normy organizacja powinna zaplanować i opracować procesy potrzebne do realizacji wyrobu. Brak jest natomiast wytycznych co do procesów potrzebnych do realizacji wyrobu, nie są też one wyodrębnione jako osobne wymagania. Decyzja dotycząca ich wyodrębnienia należy do przedsiębiorstwa.

2.2.3. Podejście procesowe w systemach zarządzania jakością

Zarządzanie organizacją obejmuje, wśród innych dziedzin zarządzania, zarządzanie jakością [114]. Wszystkie koncepcje zarządzania jakością opierają się na pewnych zbiorach

uniwersalnych zasad. Według [31] dziś za najbardziej wyważony, pełny, a przede wszystkim znany, należy przyjąć zbiór ośmiu zasad opublikowanych w normie ISO 9000:2005. Zbiór ten wywodzi się z zasad Deminga, a także innych wytycznych m.in. [9,19,40].

Jedną z pośród ośmiu wymienionych w normie zasad, które kierownictwo może wykorzystać do uzyskania poprawy funkcjonowania organizacji jest zastosowanie podejścia procesowego. Według tej zasady pożądany wynik osiąga się z większą efektywnością wówczas, gdy działania i związane z nim zasoby są zarządzane jako proces. W myśl [114], proces jest zbiorem działań wzajemnie powiązanych lub wzajemnie oddziałujących, które przekształcają wejścia w wyjścia.

W tym podejściu proces staje się centrum zainteresowania zarządzających przedsiębiorstwem. Działanie organizacji, zgodnie z podejściem procesowym powinno koncentrować się na procesach, a nie na stanowiskach pracy, funkcjach czy zadaniach przypisanych pracownikom[59]. Procesy w organizacji nie muszą i nie bieżą kolejno po sobie, niektóre procesy działają równolegle względem innych, jeszcze inne są uruchamiane w środku procesu w momencie zajścia jakiegoś zdarzenia (np. wykrycia niezgodności). Każdy proces składa się z szeregu następujących po sobie operacji. Informacje z jednego procesu przenikają do innych, bieżących równolegle procesów lub do procesów następnym. Informacje muszą być przekazywane w procesie pomiędzy wykonawcami następujących po sobie operacji. Informacje końcowe po każdym procesie (dane wyjściowe z procesu) powstają jako kwintesencja informacji wynikowych z poszczególnych operacji w procesie[97]. Norma ISO 9000:2005 zaznacza, iż organizacje, aby funkcjonować skutecznie, powinny identyfikować i zarządzać wzajemnie powiązanymi i oddziałującymi na siebie procesami. Często wyjście jednego procesu będzie bezpośrednio tworzyć wejście następnego procesu. Systematyczna identyfikacja procesów stosowanych w organizacji i zarządzanie nimi, a szczególnie wzajemnymi oddziaływaniami między takimi procesami, określane jest jako „podejście procesowe”. Norma ISO 9001:2008 wskazuje, iż zaletą podejścia procesowego jest zapewnienie bieżącego nadzoru nad powiązaniem między poszczególnymi procesami jak też nad ich kombinacją i wzajemnym oddziaływaniem. Zaletą podejścia procesowego wg [95] jest również, fakt, iż w naturalny sposób integruje ono pracowników z systemem zarządzania jakością, który kojarzy im się nie tylko z normą, ale z działaniami, w które są zaangażowani. Podejście procesowe jest typem zarządzania partycypacyjnego, z którego jednoznacznie wynika upodmiotowienie pracownika – specjalisty i przesłanka, że od

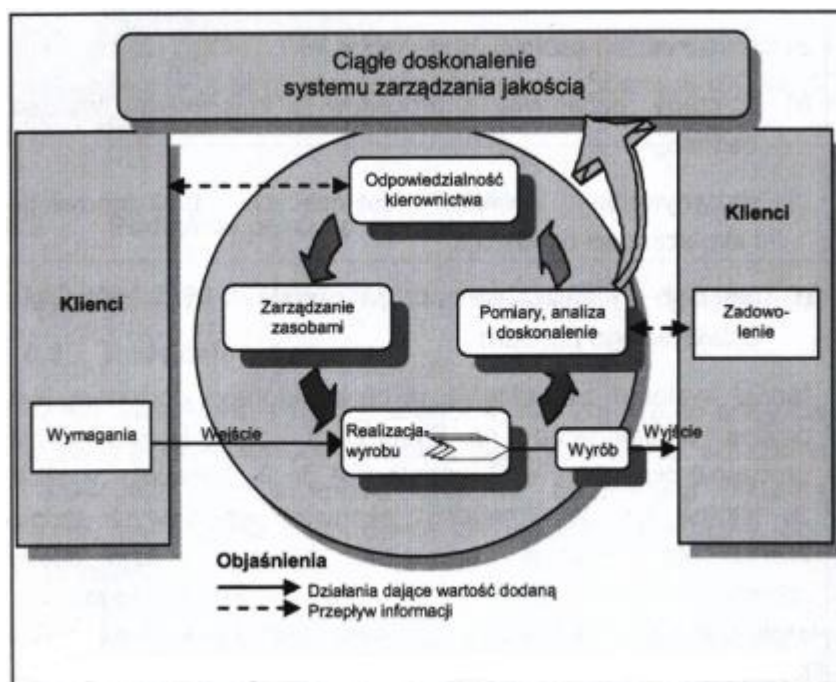
myślenia w pracy są nie tylko kierownicy, ale wszyscy pracownicy o odpowiednich kompetencjach, uprawnieniach i odpowiedzialnościach. Natomiast norma ISO 9004:2009 [115] podkreśla, iż pożądane rezultaty są osiągnięte bardziej efektywnie, jeśli działania i powiązane z nimi zasoby są zarządzane jako procesy. Do głównych korzyści zalicza się tu:

- mniejszy koszt i krótszy cykl przez skuteczniejsze użycie zasobów,
- lepsze, spójne oraz przewidywalne rezultaty,
- skupienie uwagi i priorytetów na możliwości poprawy.

Z kolei za normą [115], stosowanie zasad podejścia procesowego zwykle prowadzi do:

- systematycznego wyznaczania działalności koniecznej do uzyskania pożądanych wyników,
- ustalenia jasnego zakresu obowiązków i odpowiedzialności dotyczących kluczowych działań,
- analizy i pomiarów zdolności kluczowych działań,
- koncentrowania się na czynnikach takich jak zasoby, metody i materiały, co poprawi kluczowe działania organizacji,
- oceny ryzyka, konsekwencji i wpływu działalności na klientów, dostawców i innych zainteresowanych osób.

Model systemu zarządzania jakością, którego podstawą jest proces, przedstawia norma ISO 9001:2008.



Rys.2.6 Model systemu zarządzania jakością, którego podstawą jest proces [112]

Jak wynika z powyższego modelu, najważniejszą rolę w określaniu danych wejściowych do systemu zarządzania jakością, a także całej organizacja pełnią klienci.

Wejście procesu to przede wszystkim identyfikacja potrzeb i oczekiwań klienta danego procesu, a także wszelkie wymagania prawne związane z jego przebiegiem, jak np. specyfikacje, normy, dyrektywy, ustawy i rozporządzenia, zarządzenia i uchwały wewnętrzne organizacji, itp.[47] Monitorowanie zadowolenia klienta stanowi źródło informacji dla organizacji o tym, czy organizacja spełniła jego wymagania.

Wyjście procesu to identyfikacja wszystkich wymagań określonych na jego wejściu. Bardzo istotne jest sprecyzowanie dokumentów na wejściu procesu, niezbędnych do jego rozpoczęcia, jak również dokumentów na wyjściu procesu, ponieważ ułatwia to określenie powiązań procesów w firmie z reguły przebiegających w sposób sekwencyjny, to znaczy, że wyjście jednego procesu stanowi wejście do następnego[47].

W centralnym miejscu modelu wpisane zostały kluczowe grupy procesów wraz z ich powiązaniem, które jednocześnie stanowią wymagania normy [112], a które w kolejnych rozdziałach norma przywołuje i rozwija. Są nimi: odpowiedzialność kierownictwa, zarządzanie zasobami, realizacja wyrobu oraz pomiary, analiza i doskonalenie.

Najwyższe kierownictwo powinno dostarczyć dowód swojego zaangażowania w tworzenie i wdrożenie systemu zarządzania jakością oraz w ciągłe doskonalenie jego skuteczności przez:

- a) Zakomunikowanie w organizacji znaczenia spełnienia wymagań klienta jak też wymagań przepisów prawnych i innych;
- b) Ustanowienie polityki jakości;
- c) Zapewnienie, że ustanowione są cele dotyczące jakości;
- d) Przeprowadzanie przeglądów zarządzania;
- e) Zapewnienie dostępności zasobów.

Kolejną grupą procesów wyodrębnioną w modelu [112] jest zarządzanie zasobami. Zgodnie z [112] organizacja powinna określić i zapewnić zasoby potrzebne do:

- a) Wdrażania i utrzymywania systemu zarządzania jakością, i ciągłego doskonalenia jego skuteczności;
- b) Zwiększania zadowolenia klienta przez spełnienie jego wymagań.

Niemniej istotną grupą procesów jest realizacja wyrobu, omówiona szerzej w podrozdziale 2.2.2.

Cykl kończy „Pomiary, analiza i doskonalenie” Zawarte są tu wytyczne, których przestrzeganie umożliwia organizacji skuteczne doskonalenie swojej działalności. Według [112] organizacja powinna zaplanować i wdrożyć procesy monitorowania, pomiaru, analizy i doskonalenia potrzebne do:

- a) Wykazania zgodności z wymaganiami dotyczącymi wyrobu;
- b) Zapewnienia zgodności systemu zarządzania jakością;
- c) Ciągłego doskonalenia skuteczności systemu zarządzania jakością.

Dodatkowo za normą [112] do wszystkich procesów można stosować metodę znaną jako „Planuj – Wykonaj – Sprawdź – Działaj” (PDCA), którą można pokrótce opisać następująco:

- **Planuj:** ustal cele i procesy niezbędne do dostarczenia wyników zgodnych z wymaganiami klienta i polityką organizacji.
- **Wykonaj:** wdróż procesy.
- **Sprawdź:** monitoruj i mierz procesy i wyrób w odniesieniu do polityki, celów i wymagań dotyczących wyrobu i przedstawiaj wyniki.
- **Działaj:** podejmij działania dotyczące ciągłego doskonalenia funkcjonowania procesu.

Na ostateczny efekt funkcjonowania organizacji wpływa efektywność wszystkich procesów realizowanych w organizacji, które przy tym oddziałują wzajemnie na siebie, wzmagając lub hamując efekty procesów zależnych. Z tych względów organizacja, chcąc

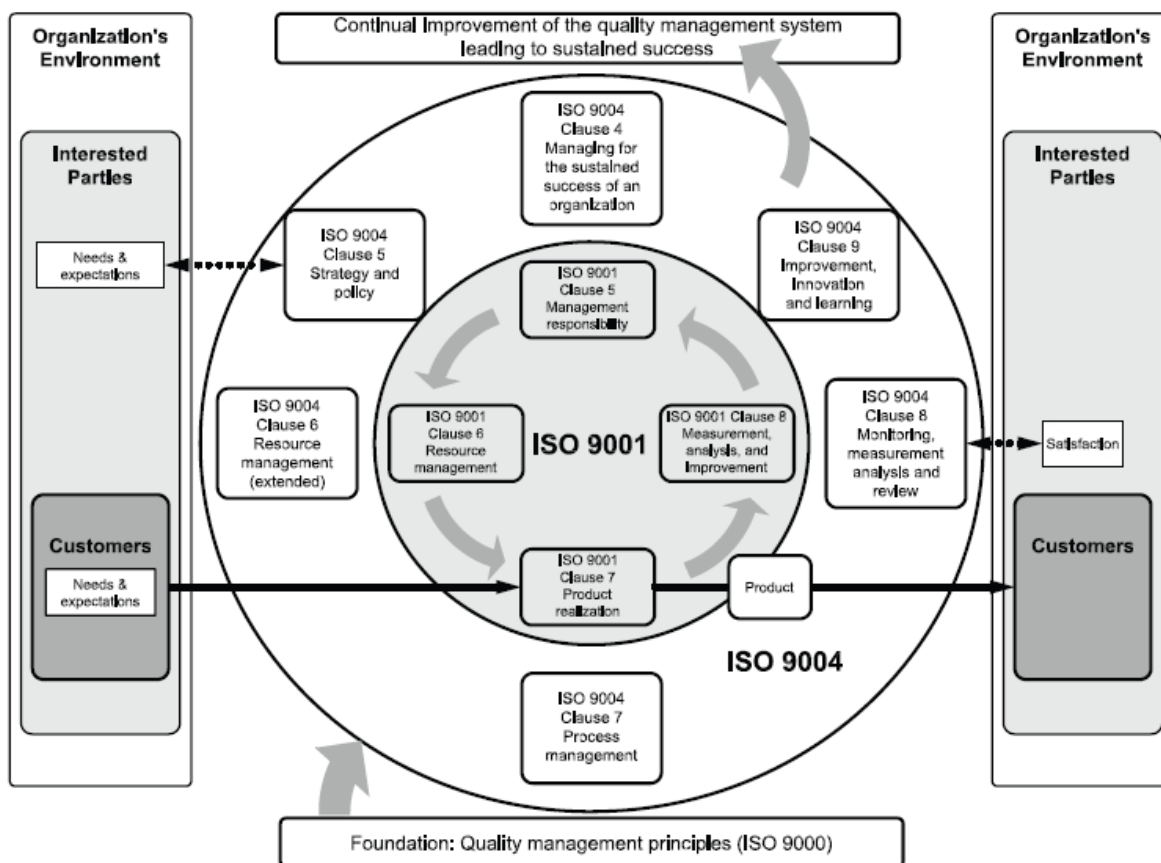
w sposób optymalny wykorzystać swoje zasoby i uzyskać maksymalne efekty, musi umieć identyfikować swoje procesy, ich wzajemne oddziaływania oraz ustanowić skuteczny system zarządzania procesami. Ta zasada znalazła odzwierciedlenie w normie ISO 9001:2008, w której zrezygnowano z zarządzania poszczególnymi elementami systemu jakości, a ukierunkowano wymagania na kluczowe procesy organizacji (przywództwo, zasoby, realizacja wyrobu, doskonalenie)[58].

Zgodnie z normą [112] w celu wdrożenia systemu zarządzania jakością organizacja powinna:

- a) określić procesy potrzebne w systemie zarządzania jakością i ich zastosowanie w organizacji;
- b) określić sekwencję tych procesów i ich wzajemne oddziaływanie;
- c) określić kryteria i metody potrzebne do zapewnienia skuteczności zarówno przebiegu, jak i nadzorowania tych procesów;
- d) zapewnić dostępność zasobów i informacji niezbędnych do wspomagania przebiegu i monitorowania tych procesów;
- e) monitorować, mierzyć tam gdzie ma to zastosowanie, i analizować te procesy;
- f) wdrażać działania niezbędne do osiągnięcia zaplanowanych wyników i ciągłego doskonalenia tych procesów.

Dodatkowo organizacja zlecając realizację jakichkolwiek procesów na zewnątrz, powinna zapewnić nadzór nad tymi procesami.

Rozszerzony model systemu zarządzania jakością którego podstawą jest podejście procesowe zaprezentowany został w najnowszym wydaniu normy ISO 9004:2009.



Rys.2.7 Rozszerzony model systemu zarządzania jakością, którego podstawą jest proces[115]

Analizując ww. model, łatwo można zauważyć, iż do systemu zarządzania jakością normy ISO 9001 wpisane zostają dodatkowe grupy procesów stanowiące wytyczne normy ISO 9004:2009. Model ten wykazuje szersze spojrzenie na zarządzanie jakością. Uwzględnione zostają bowiem potrzeby i oczekiwania wszystkich odpowiednich stron zainteresowanych oraz podane zostają wytyczne do systematycznego i ciągłego doskonalenia funkcjonowania organizacji. W rozdziale czwartym „Zarządzanie ukierunkowane na trwały sukces organizacji”, norma wskazuje, iż trwały sukces organizacji można osiągnąć poprzez spełnienie potrzeb i oczekiwań zainteresowanych stron w sposób zrównoważony w długim okresie. Warunkiem jest identyfikowanie przez najwyższe kierownictwo krótko i długoterminowego ryzyka oraz planowanie w długoterminowej perspektywie. Rozdział piąty „Strategia i polityka”, sugeruje, iż najwyższe kierownictwo powinno ustanowić i utrzymywać misję oraz wizję organizacji. Powinny zostać określone cele, które mają być realizowane, a podejmowane działania powinny być monitorowane i analizowane. Rozdział szósty „Zarządzanie zasobami” zawiera wytyczne do zarządzania zasobami finansowymi, pracownikami (w tym ich angażowanie i motywowanie), dostawcami, partnerami, infrastrukturą, środowiskiem

pracy, wiedzą, informacją, technologią oraz zasobami naturalnymi. Rozdział siódmy „Zarządzanie procesami”, wskazuje na konieczność wyznaczenia „właścicieli procesów”, oraz na elementy które należy uwzględnić w ramach zarządzania procesami. Rozdział ósmy „Monitorowanie, pomiary, analiza i przegląd” uszczegóławia wymagania normy ISO 9001 w tym aspekt monitorowania, przeprowadzania pomiarów oraz audytów wewnętrznych. Poruszone zostały tu również zagadnienia samooceny oraz benchmarkingu. Rozdział dziewiąty „Doskonalenie, innowacje i uczenie się” wskazuje, iż doskonalenie i innowacje są warunkami osiągnięcia trwałego sukcesu organizacji, a to można osiągnąć poprzez uczenie się.

Według [75] wśród głównych atutów rozszerzonego modelu systemu zarządzania, jest fakt, iż standard ten uwzględnia i silniej aniżeli w normie ISO 9001, akcentuje takie zagadnienia jak: analiza ryzyka, zarządzanie strategiczne, zarządzanie wiedzą, benchmarking, motywowanie pracowników oraz zarządzanie relacjami z zainteresowanymi stronami.

2.2.4. Systemy zarządzania jakością w branży motoryzacyjnej

Przedsiębiorstwa, które chcą sprostać coraz ostrzejszym i coraz szybciej zmiennym wymaganiom klientów, stają wobec różnorodnych wymagań dotyczących systemowego podejścia do zapewnienia jakości. Opracowana w 1987 roku seria norm ISO 9000 stworzyła standardowy sposób dokumentujący posiadanie, wdrożenie i utrzymywanie systemu jakości. Normy te spotkały się z uznaniem w wielu krajach i do dziś stanowią światowy standard. Przydatność standardu w zarządzaniu jakością w przedsiębiorstwie i jego upowszechnienie w stosowalności w różnych organizacjach stało się możliwe dzięki wyważonym wymaganiom, przez co organizacje o różnym stopniu zaawansowania techniczno-organizacyjnego mogły je spełnić. Normy te cechuje ogólnikowość, przez co można je stosować w każdej organizacji, niezależnie od jej wielkości i rodzaju sektora oraz wytwarzanych wyrobów czy świadczonych usług. Sformułowane w niej wymagania, są powszechnie spotykane w organizacjach i są spełniane nie tylko przez najlepszych, lecz również przez organizacje średnio zaawansowane w dziedzinie zarządzania. Jednakże w wielu gałęziach przemysłu występują specyficzne wymagania branżowe klienta, których norma 9001 w ogóle nie porusza lub traktuje pobieżnie.

Z tych względów branże te samodzielnie lub przy współpracy z organizacjami branżowymi opracowały własne standardy zarządzania jakością, które najczęściej były

dwuczęściowe: część pierwsza jest to zatwierdzony standard ISO 9001, a część drugą stanowią rozszerzenia wymagań, uwzględniające specyfikę i potrzeby jakości w tej branży[58]. Choć praktycznie każdy z działów przemysłu stworzył rozwiązania odpowiadające własnej specyfice, to szczególnie jest widoczne to zjawisko w globalnym przemyśle motoryzacyjnym. Obserwujemy tu postępującą unifikację standardów.

Idea wykreowania zunifikowanych standardów jakości związana była z zaistniałą potrzebą postawienia jednakowych warunków przedsiębiorstwom – dostawcom, co miało zagwarantować oczekiwany poziom jakości, powtarzalności dostaw i bezpieczeństwo[56]. Wg [89] standardy jakości zaczęły odgrywać tym bardziej istotną rolę, im częściej firmy motoryzacyjne decydowały się na wyzbywanie się oddziałów lub całych przedsiębiorstw produkujących części i podzespoły potrzebne do montażu samochodów, na rzecz tworzenia sieci zewnętrznych dostawców akcesoriów samochodowych.

Obecnie łańcuchy dostaw w branży motoryzacyjnej to przykład bardzo rozbudowanych i skomplikowanych relacji wzajemnych pomiędzy producentami samochodów (OEM) oraz dostawcami (pierwszego, drugiego i kolejnych rzędów), współpracujących ze sobą w różnych zakresach w ramach zróżnicowanych kontraktów. Dostawcy zobligowani są do spełnienia restrykcyjnych wymagań związanych z jakością nie tylko wyrobu, ale przede wszystkim systemu zarządzania jakością.

Systemy zarządzania jakością w branży motoryzacyjnej oparte są na dojrzałych zasadach. Obecny obraz wymagań był kształtowany przez dziesiątki lat doświadczeń i bardzo wiele programów zarządzania jakością ustanawianych przez OEM (Original Equipment Manufacturer) dla dostawców (m.in. Needs Improvement (Chrysler), Q-1 Revocation (Ford), Level II Containment (GM))[56]. Od wielu lat najwięksi przedstawiciele przemysłu motoryzacyjnego dążyli do wprowadzenia bardziej restrykcyjnych warunków, jakie powinni spełnić współpracujący z nimi dostawcy. Wymagania norm serii ISO 9000 stały się podstawą do opracowań systemu zarządzania jakością, który właśnie mógłby spełnić te specyficzne wymagania branży motoryzacyjnej. Na bazie norm ISO 9000 powstały standardy motoryzacyjne, wśród których dominującą rolę odgrywają m.in.: amerykański QS 9000, niemiecki VDA 6.1 i międzynarodowy ISO/TS 16949.

2.2.4.1. Amerykański system zarządzania jakością QS-9000

Amerykańscy producenci samochodów tzw. „Wielka Trójka”, którą stanowią Ford, Chrysler oraz General Motors doszła do wniosku, że certyfikowane systemy jakości zgodne z międzynarodowymi standardami ISO 9001 to za mało, aby zapewnić sobie zaplecze zaopatrzeniowe o oczekiwanej jakości.

Z punktu widzenia „Wielkiej Trójki” standard ISO miał dwa fundamentalne ograniczenia: był ogólny, miał zastosowanie do wszystkich organizacji i nie ustalał jasnych standardów działania[67]. Choć uznawano go za wystarczająco dobry w zakresie podstawowym, to jednak wskazywano na brak wymagań zmuszających do ciągłej poprawy, stosowania metod rozwiązywania problemów, rozumienia konieczności zatwierdzania poszczególnych etapów prac projektowych, nie obligatoryjnego strategicznego planowania jakości[57]. W związku z tym „Wielka Trójka” rozwijała własne indywidualne programy kwalifikacji i oceny dostawców i kooperantów.

Ford miał Q 101 na bazie którego był bazowany program Q1 uznania dostawców. Chrysler miał własny podręcznik zapewnienia jakości dostawców. GM ustandaryzowała wymagania jakościowe dla swoich północno amerykańskich dostawców w 1984 roku za pomocą „Target for Excellence” (TFE), będącym pełnym standardem biznesowym z wymaganiami jakościowymi, kosztowymi, przywódczymi, technologicznymi i dotyczącymi dostaw[69]. Programy te, w które wpisane były specyficzne wymagania branży motoryzacyjnej oraz standard ISO 9001:1994 stały się ostatecznie podstawą do ujednoczenia wymagań, na bazie których powstał jeden standard.

We wczesnych latach 1990 „Wielka Trójka” zdecydowała stworzyć standard QS 9000, ponieważ uważała, że ISO 9000 nie dostarczy wystarczających narzędzi jakościowych dla swoich dostawców i nie uwzględniła specyficznych potrzeb sektora automotive[99].

QS-9000 łączy bazowe zapewnienie jakości z ISO 9000 ze specyficznymi wytycznymi sektora, zaciągniętymi z wcześniejszych programów jakościowych przemysłu motoryzacyjnego[99]. Standard QS 9000 zawiera więcej wytycznych dla dostawców aniżeli jest ich zawartych w normie ISO 9000[21]. W odróżnieniu od norm ISO serii 9000, które zostawiają organizacji dużo swobody interpretacyjnej i doboru stosowanych metod, system QS 9000 narzuca dostawcom określone rozwiązania lub też sugeruje rozwiązania preferowane[57]. Dostawca chcący sprostać QS-9000 powinien ustanawiać krótko i długofalowe biznes plany, feasibility study w zakresie określonych przedsięwzięć, tzw.

plany jakości, wskazujące jednoznacznie etapy oceny i weryfikacji jakości przy realizacji nowych wyrobów od weryfikacji jakości dostaw do prototypu. Standard wymaga także ustanowienia systemu ciągłej poprawy w kluczowych obszarach działalności przedsiębiorstwa, wskazującego mechanizmy identyfikacji szans oraz monitoringu stopnia spełniania bieżących i identyfikacji przyszłych potrzeb klientów[57].

Standard QS 9000 wydanie trzecie [122] definiuje w swym podręczniku podstawowe zadania jak i cele, które postawione zostają dostawcom. Zadania Systemu Jakości QS 9000 skupiają się na wypracowaniu fundamentalnych zasad systemów jakości, gwarantujących ciągły rozwój, kładących nacisk na zapobieganie powstawaniu wad i zmniejszaniu niezgodności i odpadów w łańcuchu zaopatrzeniowym.

QS 9000 odnosi się do wszystkich wewnętrznych i zewnętrznych dostawców:

- a) materiałów do produkcji,
- b) części do produkcji lub części zamiennych,
- c) obróbki cieplnej, malowania, obróbki galwanicznej lub innej obróbki powierzchniowej bezpośrednio do klientów OEM[122].

Standard składa się z dwóch części podstawowych, które ujednolicają wymagania stawiane przez przedstawicieli „Wielkiej Trójki” oraz innych producentów samochodów swoim dostawcom. Część pierwsza zawiera wymagania zawarte w normie ISO 9001:1994, które rozszerzone zostały przez dodanie wymagań właściwych dla branży motoryzacyjnej. W praktyce każdy punkt normy QS-9000 odpowiada punktom układu ISO 9001, natomiast zostaje rozszerzony poprzez dopisanie dodatkowych wymagań. Druga część normy zawiera tzw. specyficzne wymagania klientów, które reprezentują indywidualne wymagania koncernów.

Do najważniejszych nowych elementów wprowadzonych do standardu QS-9000 w porównaniu z normą ISO 9001 zaliczyć można:

- proces aprobowania części produkcyjnych i zmian w dokumentacji;
- proces ciągłego doskonalenia;
- proces zarządzania urządzeniami i wyposażeniem.

Standard wielokrotnie w swojej treści odwołuje się także do tzw. podręczników referencyjnych, którymi są:

- Zaawansowane planowanie jakości wyrobów i plan kontroli (APQP – Advanced Product Quality Planning and Control Plan)[104]

- Zatwierdzanie części do produkcji (PPAP – Production Part Approval Process)[120]
- Statystyczne sterowanie procesem (SPC – Statistical Process Control)[123]
- Analiza systemu pomiarowego (MSA – Measurement System Analysis)[116]
- Analiza przyczyn i skutków potencjalnych błędów (FMEA – Failure Mode and Effects Analysis)[119]

W porównaniu z normą ISO 9001, standard QS-9000 rozszerza i doprecyzowuje wymagania odnośnie do etapu planowania jakości. Wg [122] dostawca musi wypracować i wdrożyć proces zaawansowanego planowania jakości wyrobu. Powinien również powołać interdyscyplinarne zespoły przygotowujące produkcję nowych bądź zmienionych wyrobów. Podejście interdyscyplinarne oznacza angażowanie do rozwiązywania problemów specjalistów z różnych dziedzin – projektowania, wytwarzania, inżynierii technicznej, jakości i innych. Zespoły te powinny wykorzystać odpowiednie techniki opisane w podręczniku APQP[104]. Działania które powinny być wykonane w ramach APQP to m.in. opracowanie i rewizja FMEA. Analiza FMEA czyli analiza potencjalnych wad i skutków ich występowania powinna objąć wszystkie specjalne charakterystyki techniczne. Muszą zostać podjęte wysiłki, aby ulepszyć proces tak, aby zapobiegać powstawaniu usterek, a nie tylko je wykrywać. Wprowadzone zostaje również wymaganie akceptacji części przed uruchomieniem produkcji seryjnej. W rozdziale 4.2.4 normy, określone zostają wymagania procesu zatwierdzania części poprzez odwołanie do podręcznika referencyjnego Procesu Zatwierdzania Części do Produkcji PPAP. Wymaganie to dostawca powinien również stosować w stosunku do swoich poddostawców.

Norma ISO 9001 przywoływała wymagania co do nadzorowania wyposażenia do kontroli, pomiarów i badań. Wymaganiem ogólnym było, iż dostawca musi stworzyć i przestrzegać udokumentowanych procedur kontroli, kalibracji i eksploatacji sprzętu kontrolno-pomiarowego (wliczając oprogramowanie badawcze) używanego przez dostawcę do demonstrowania zgodności swego wyrobu z określonymi wymaganiami. Sprzęt kontrolno-pomiarowy i badawczy powinien być używany w sposób gwarantujący, że niepewność pomiarowa jest znana i dopuszczalna w wymaganym zakresie pomiarowym. Standard QS-9000 rozszerza te wymagania. Przywołany zostaje tu podręcznik MSA[116]. Dostawcy narzucona zostaje konieczność prowadzenia odpowiednich badań statystycznych, aby analizować wariacje wyników pomiarów



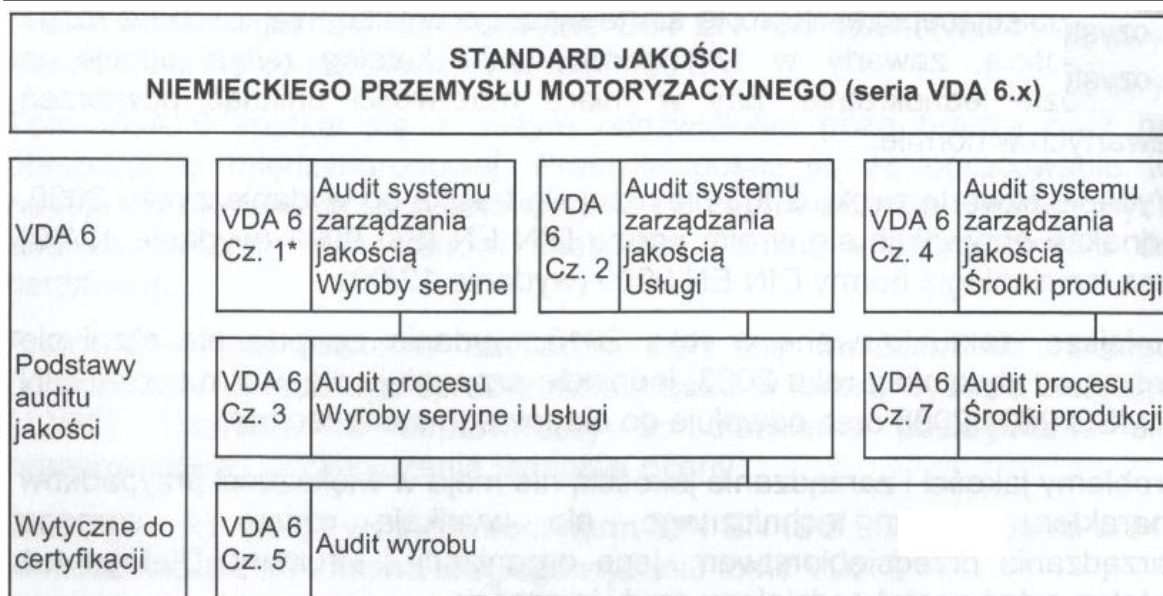
każdego sprzętu pomiarowo-kontrolnego. Metody analityczne i kryteria akceptacji powinny być zgodne z wytycznymi podręcznika MSA (np. błąd systematyczny, liniowość, stabilność, badania powtarzalności i odtwarzalności).

Rozszerzeniu w porównaniu z normą ISO 9001 podlega również aspekt wymagań co do metod statystycznych. Normy ISO ogólnie traktują to wymaganie, narzucając dostawcy konieczność określenia potrzeb w zakresie stosowanych metod statystycznych niezbędnych do stworzenia, kontrolowania i weryfikowania zdolności procesu i charakterystyk wyrobu. QS-9000 narzuca w tym aspekcie obligatoryjność stosowania podręcznika SPC[123].

QS-9000 to standard który z pewnością wywarł największy wpływ na obecny kształt specyfikacji technicznej w zakresie wymagań jakościowych dla motoryzacji, chociaż w grudniu 2006 przestał być wymagany. Nie dotyczy to podręczników z nim związanych, które są nieustannie aktualizowane i przywoływane przez wielu OEM[56]. Standard ten równocześnie był podstawą dla opracowanego w 1998 roku projektu technicznego, międzynarodowego raportu ISO/DTR 16949 dotyczącego unifikacji wymagań dla dostawców na rynek motoryzacyjny, co w konsekwencji doprowadziło do powstania obecnego i powszechnego dziś na całym świecie standardu ISO/TS 16949.

2.2.4.2. Niemiecki standard zarządzania jakością VDA 6.1

W 1991 roku niemieckie Zrzeszenie Przemysłu Samochodowego - VDA (Verband der Automobilindustrie) opracowało na potrzeby swojego rynku standard systemu jakości VDA. Standard ten obejmuje szereg auditów opisanych w tomach wyszczególnionych na (Rys.2.8).



Rys.2.8 Standardy jakości niemieckiego przemysłu motoryzacyjnego [121]

Wśród tomów VDA szczególnie istotny jest standard zarządzania jakością VDA 6.1 - Zarządzanie jakością w przemyśle samochodowym - Audit systemu zarządzania jakością.

VDA 6.1. opiera się na takich samych założeniach jak QS-9000, czyli dąży do wyeliminowania błędów, obejmuje jednak dodatkowe wymogi z zakresu bezpieczeństwa wyrobu oraz wymogi finansowe. Standard ten określa podstawowe oczekiwania firm przemysłu niemieckiego w stosunku do systemów zarządzania jakością wewnętrznych i zewnętrznych dostawców do produkcji, części zamiennych i materiałów[89].

Najnowsze, czwarte wydanie normy VDA 6.1 z roku 2003, aktualizowano w 2010. Aktualizacja nie różni się jednak treścią od wydania z roku 2003, jednakże przywołuje w niej normę ISO 9001:2008 oraz odwołuje się do obecnego stanu techniki jak i normy ISO 9004:2009.

Standard VDA 6.1 podkreśla już we wstępie znaczenie i rolę zarządzania jakością. Według [121] zarządzanie jakością jest kluczową funkcją o charakterze interdyscyplinarnym. Jakość wyrobów i usług stanowi zawsze końcowy wynik wszystkich działań w każdej fazie procesu wytwarzania dóbr. Zatem skuteczne zarządzanie jakością oznacza priorytet działań planowania i zapobiegania w celu identyfikacji związków i zależności oraz odpowiednich działań na rzecz zapobiegania wadom – w przeciwieństwie do powszechnych wcześniej schematów postępowania, polegających na stwierdzeniu, analizie i usuwaniu wad, które już wystąpiły.

Za podstawę auditu systemu jakości posłużyła norma ISO 9001, opisująca na bazie zawartych w niej elementów kompleksowy system zarządzania jakością w przemyśle. W oparciu o wymagania tej normy, dotyczące systemu zarządzania jakością, sformułowano pytania, uzupełnione w pojedynczych przypadkach o specyficzne wymagania normy ISO 9004 i zagadnienia z praktyki przemysłu samochodowego.

Standard jakości VDA 6.1 mimo, iż odwołuje się do normy ISO 9001:2008, nie powiela jej struktury tak jak ma to miejsce w przypadku standardu QS-9000, ale dzieli standard na dwa priorytetowe obszary: część U (Zarządzanie przedsiębiorstwem) oraz część P (Wyrób i proces). Podział taki według [121] wynika z faktu, iż problemy jakości i zarządzania nie mają w większości przypadków charakteru czysto technicznego, ale wynikają często organizacji i struktury przedsiębiorstwa.

Ponieważ kierownictwo przedsiębiorstwa oraz niższe szczeble kadry kierowniczej mają decydujący wpływ na ustanowienie, realizację i nadzór nad procesem zapewnienia jakości, to włączenie ich w działania dotyczące jakości jest istotnym wymaganiem normy. Znajduje to odzwierciedlenie w strukturze katalogu pytań i ich treści. Dlatego na pytania te powinna odpowiadać osoba odpowiedzialna za dany obszar przedsiębiorstwa [121].

Część U standardu, obejmuje siedem wytycznych w zakresie zarządzania przedsiębiorstwem. Wytyczne te odnoszą się do następujących aspektów: odpowiedzialności kierownictwa, systemu zarządzania jakością, auditów wewnętrznych, szkolenia i personelu, aspektów finansowych systemów zarządzania jakością, bezpieczeństwa wyrobu, oraz wskazanego jako wymaganie Z1 – strategii przedsiębiorstwa. Zgodnie z standardem [121] lepsza i stała jakość, niezawodność dostaw w uzgodnionych ramach czasowych oraz redukcja kosztów z jednej strony i bardziej intensywne, budujące zaufanie stosunki klienta z dostawcą z drugiej strony, jak również coraz silniejsze powiązania handlowe w skali międzynarodowej zmuszają obecnie wiele przedsiębiorstw do dostosowywania swojej strategii do tych wymagań. Kierownictwo przedsiębiorstwa powinno w związku z tym zająć się między innymi następującą problematyką: biznes planem, wynikami działalności, zadowoleniem klienta, porównywaniem wyników własnych z wynikami konkurencji, zadowoleniem pracowników.

Część P standardu, zawiera natomiast wytyczne dotyczące produktu oraz procesu opisane w ramach szesnastu sekcji. Merytorycznie część ta jest również zbliżona do amerykańskiego odpowiednika. Pojawiają się jedynie dwa nowe elementy, dotyczące jakości w marketingu oraz planowania i projektowania procesu. Według [121] marketing

obejmuje badania rynku, dystrybucję i sprzedaż. Funkcja marketingu powinna objąć przewodnictwo przy ustalaniu wymagań dotyczących jakości dla wyrobu. Marketing określa dokładnie wymagania dla wyrobu, zapotrzebowanie na rynku oraz wymagania klienta.

Nowością jest także zwrócenie uwagi standardu VDA 6.1 na planowanie procesu. Standard [121] podkreśla, iż planowanie, projektowanie oraz rozwój procesów i metod produkcji wyrobów jest istotnym elementem wszystkich zadań przed uruchomieniem nowych/ zmienionych procesów. Chodzi tu o planowanie wszystkich niezbędnych środków, jak np. urządzenia, instalacje, technologia, metoda, personel i transport. Planowanie procesu obejmuje w ramach przygotowania produkcji również organizację produkcji, planowanie przepływu materiałów i półfabrykatów, strukturyzację przestrzenną oraz działania na rzecz zabezpieczenia produkcji wraz z gospodarką narzędziową. Planowanie procesu należy przeprowadzać jak najwcześniej, równoległe do fazy projektowania i rozwoju wyrobu lub w przypadku zakończonego projektowania i rozwoju wyrobu przed podjęciem produkcji seryjnej w celu realizacji przebiegów procesów produkcji.

2.2.4.3. Międzynarodowy standard zarządzania jakością ISO/TS 16949

Sformalizowane wymagania przemysłu motoryzacyjnego w zakresie systemów jakości dostawców w Europie zostały rozwinięte w rzeczywistości w trzech krajach. W oparciu o powyżej opisany standard VDA 6.1 w Niemczech działały Adam Opel, Audi, BMW, Daimler Benz, Ford Werk oraz VW. We Włoszech: Fiat Auto oraz Iveco (producenci ciężarówek oraz silników) pracowały w oparciu o standard AVSQ. We Francji Renault i PSA które składało się z Peugeota i Citroena działało zgodnie ze standardem EAQF. Producentów amerykańskich Ford, GM, DaimlerChrysler reprezentował omówiony standard QS-9000.

Z powodu rozwoju tych standardów, wielu dostawców potrzebowało wielokrotnych rejestracji na różne standardy samochodowe. Niektóre firmy utrzymywały rejestrację w ISO 9001, QS-9000 i VDA 6.1. Pod koniec lat 1990 stało się jasne, że była potrzeba na jeden zharmonizowany międzynarodowy standard motoryzacyjny jakościowego systemu dostawców[34]. Podjęte zostały wysiłki do identyfikacji, gdzie treść tych dokumentów jest podobna, a gdzie są różnice. Większość wkładu poświęcana została na tłumaczenie tych dokumentów na język angielski, jedyny wspólny język tych grup. Kiedy dokumenty te

zostały porównane z QS-9000, okazało się że są one niezwykle podobne. Najwięcej różnic było w obszarze nacisku i ilości wskazań zawierających te wymagania. Najbardziej znaczące różnice były w metodach określania zgodności tych wymagań. Podejście Europejskie bazowało na audicie drugiej strony (klient/dostawca), z ogólną umową o wzajemnym uznawaniu swoich auditów. Wprowadzenie certyfikacji trzeciej strony w QS-9000, było najbardziej rewolucyjną zmianą wymagań[70].

Następnie dokonana została międzynarodowa harmonizacja wymagań stawianych dostawcom motoryzacyjnym. W opracowanie nowego standard zaangażowany był IATF (ang. International Automotive Task Force - Międzynarodowy Zespół Operacyjny Przemysłu Samochodowego). IATF tworzy międzynarodowa grupa producentów samochodów w tym: BMW Group, Daimler Chrysler, Fiat, Ford Motor Company, General Motors Corporation, PSA Peugeot – Citroen, Renault i Volkswagen oraz krajowe stowarzyszenia handlowe AIAG (USA), VDA (Niemcy), SMMT (Wielka Brytania), ANFIA (Włochy), FIEV (Francja). W roku 1999 został zatwierdzony ostateczny projekt standardu ISO/TS 16949:1999 Systemy jakości dla dostawców na rynek motoryzacyjny – szczególne wymagania dla założeń ISO 9001:1994. Przy edycji kolejnej wersji standardu ISO/TS 16949:2002 dodatkowo zaangażowane było stowarzyszenie japońskich producentów pojazdów (JAMA), które przyłączyło się do IATF. Aktualnie najnowsza wersja standardu to: ISO/TS 16949:2008 [113] Systemy zarządzania jakością – szczególne wymagania w zakresie stosowania ISO 9001:2008 w produkcji seryjnej oraz produkcji części zamiennych w przemyśle motoryzacyjnym.

Standard oparty został na najnowszym wydaniu normy ISO 9001:2008 [112], która poszerzona została o wymagania dotyczące systemu zarządzania jakością dla branży samochodowej. W opracowanym standardzie ujednoczono w miarę możliwości istniejące do tej pory standardy QS-9000, VDA 6.1., EAQF oraz AVSQ.

W tych punktach normy ISO/TS w których udało się ustalić wspólne stanowisko producentów samochodów, zapisano jednoznaczne wymagania. Jednak w punktach, w których kompromisu nie udało się osiągnąć, specyfikacja odwołuje się do indywidualnych wymagań klienta. Oznacza to, że organizacja wdrażająca system zarządzania jakością według ISO/TS powinna mieć świadomość, że każdorazowo musi spełnić wymagania zapisane w odpowiedniej specyfikacji technicznej oraz wymaganiach swoich klientów w zakresie systemu zarządzania jakością[31].

Podstawą opracowania standardu ISO/TS był istniejący standard QS-9000, stąd podobieństwa występujące między tymi standardami. Oba podkreślają ciągłe doskonalenie,



redukcję wad, obniżenie strat w łańcuchu dostaw. Oba również odnoszą się do podręczników referencyjnych takich jak: zaawansowane planowanie jakości wyrobów i plan kontroli, analiza przyczyn i skutków potencjalnych błędów i zatwierdzanie części do produkcji[53].

Celami standardu ISO/TS 16949 [113]: jest rozwój systemu zarządzania jakością, zapewniającego ciągle doskonalenie, skupionego na zapobieganiu wadom i zmniejszaniu wahań i strat w łańcuchu dostaw. Celem jest również uniknięcie wielokrotnych auditów certyfikacyjnych i zapewnienie wspólnego podejścia do systemu zarządzania jakością w produkcji seryjnej i części zamiennych w przemyśle motoryzacyjnym.

Specyfikacja ISO/TS określa w powiązaniu z ISO 9001:2008 wymagania dotyczące systemu zarządzania jakością dla projektowania, produkcji i jeżeli ma to zastosowanie, dla instalowania i serwisu wyrobów dla przemysłu motoryzacyjnego. W każdym punkcie normy ISO/TS najpierw przywołany zostaje oryginalny tekst normy ISO 9001:2008 wyeksponowany w ramce, po czym następuje uzupełnienie wymagań o wymagania branżowe.

System jakości oparty na standardzie jakości ISO/TS 16949 obejmuje swym zakresem cały cykl tworzenia wyrobu, a więc od organizacji firmy i systemu jakości poprzez działania poznawania rynku, etapy projektowania wyrobu i procesu, wytwarzanie, kontrolę i badania, podejmowanie działań korygujących i zapobiegawczych, aż do wysyłki wyrobu do klienta. Na każdym etapie są podejmowane działania zwrotne dla ciągłego doskonalenia systemu[54].

Bezpośrednie korzyści dla przemysłu motoryzacyjnego wynikające z certyfikacji jego dostawców według ISO/TS, zgodnie z oczekiwaniami powinny obejmować poprawę jakości produktu i procesu, wzrost zaufania ze strony zaopatrzenia w skali globalnej, przeniesienie zasobów przedsiębiorstwa na poprawę jakości oraz stworzenie wspólnego podejścia do systemu jakości w łańcuchu dostaw[84].

2.2.5. Wymagania jakościowe w zakresie przygotowania produkcji w branży motoryzacyjnej

W rozdziale 2.2.2 pracy, przedstawione zostały wymagania jakościowe w przygotowaniu produkcji, które zdefiniowane zostały w normie ISO 9001. Norma ISO/TS 16949 opracowana z myślą o wymagającym przemyśle motoryzacyjnym, rozszerza te wymagania. Już w pierwszych uwagach rozdziału 7.3. Projektowanie i rozwój,

wskazane zostaje, iż wymagania co do przygotowania produkcji poszerzone zostają o projektowanie i rozwój wyrobu i procesu produkcji oraz, iż będą się skupiać bardziej na zapobieganiu błędom niż ich wykrywaniu. Zgodnie z normą [113] podczas przygotowania realizacji wyrobu, organizacja powinna stosować podejście interdyscyplinarne. Podejście takie obejmuje zwykle personel organizacji z działów projektowania i rozwoju, wytwarzania, techniki, jakości, produkcji i innych odpowiednich. W ramach działań takich zespołów interdyscyplinarnych w aspekcie przygotowania realizacji wyrobu, działania te powinny obejmować:

- opracowanie/ostateczne określenie i monitorowanie charakterystyk specjalnych/właściwości specjalnych;
- opracowanie i przegląd FMEA, łącznie z działaniami w celu zredukowania potencjalnych ryzyk oraz;
- opracowanie i przegląd planów kontroli.

Norma ISO 9001:2008 etap projektowania i rozwoju, traktuje w ujęciu szerokim, formułując jedynie ogólne wymagania związane z aspektem opracowania koncepcji wyrobu, jego projektowaniem, wytwarzaniem i dostarczeniem do klienta. Zdefiniowane zostają dane wejściowe jak i wyjściowe do określonego etapu projektowania i rozwoju. Skupienie uwagi następuje zatem głównie na rozwoju wyrobu. Rozszerzenie tych wytycznych znajduje się w normie ISO/TS 16949. Norma ta doprecyzowuje wytyczne co do danych wejściowych i wyjściowych do projektowania wyrobu, ale wymagania sięgają również głębiej definiując dane wejściowe i wyjściowe dla projektowania procesu produkcji.

Wg [113] organizacja powinna zidentyfikować, udokumentować i przeglądać wymagania dotyczące danych wejściowych do projektowania wyrobu, w tym:

- wymagania klienta (przegląd umów), takie jak charakterystyki specjalne/właściwości specjalne, identyfikacja, identyfikowalność i opakowanie;
- wykorzystanie informacji: dla bieżących i przyszłych zadań o podobnym charakterze organizacja powinna posiadać proces wykorzystania informacji pozyskanych z poprzednich zadań projektowania wyrobu, z analizy konkurencji, informacji zwrotnych od dostawców, wewnętrznych danych wejściowych, danych z fazy użytkowania i z innych właściwych źródeł;
- cele dotyczące jakości wyrobu, żywotność, niezawodność, trwałość, możliwości utrzymania, harmonogram i koszty.

Uzupełnieniu w porównaniu z norma ISO 9001 podlegają również dane wyjściowe z projektowania wyrobu. Zgodnie z [113] dane wyjściowe z projektowania powinny być wyrażone w formie, która może zostać zweryfikowana i zwalidowana w stosunku do wymagań zawartych w danych wejściowych do projektowania wyrobu. Dane wyjściowe z projektowania powinny obejmować:

- FMEA projektu, wyniki badania niezawodności;
- charakterystyki specjalne/właściwości specjalne i specyfikacje wyrobu;
- zapobieganie błędom wyrobu, tam gdzie ma to zastosowanie;
- opis wyrobu łącznie z rysunkami lub danymi obliczeniowymi;
- dane wyjściowe z przeglądu projektowania wyrobu;
- wytyczne diagnostyczne, jeśli ma to zastosowanie.

Norma ISO/TS 16949 w swoich wytycznych nie skupia się jedynie na projektowaniu wyrobu, a rozszerza wymagania już na etap projektowania procesów produkcyjnych poprzedzających produkcję seryjną. Wymaganiem [113] jest, aby organizacja zidentyfikowała, udokumentowała i przeglądała wymagania dotyczące danych wejściowych do projektowania procesu produkcji, w tym:

- dane wyjściowe z projektowania wyrobu;
- cele dotyczące produktywności, zdolności procesu i kosztów;
- wymagania klienta, jeżeli takie są;
- doświadczenia z poprzednich opracowań projektowych.

Natomiast dane wyjściowe z projektowania procesu produkcji powinny być wyrażone w formie, która może zostać zweryfikowana w stosunku do wymagań zawartych w danych wejściowych do projektowania procesu produkcji i zwalidowana. Dane wyjściowe z projektowania procesu produkcji powinny obejmować:

- specyfikacje i rysunki;
- schemat przepływu procesu produkcyjnego/rozplanowanie procesu produkcyjnego (layout procesu);
- FMEA procesu produkcyjnego;
- plan kontroli;
- instrukcje pracy;
- kryteria przyjęcia w zakresie zatwierdzenia procesu;
- dane dotyczące jakości, niezawodności, możliwości utrzymania ruchu i mierzalności;

- wyniki działań zapobiegania błędom, tam gdzie ma to zastosowanie;
- metody szybkiego wykrywania i przekazywania informacji zwrotnych na temat niezgodności z wymaganiami wyrobu lub procesu produkcji.

Zgodnie z normą [113] na określonych etapach projektowania i rozwoju powinny zostać określone i przeanalizowane mierniki, wykazane w podsumowaniu wyników jako dane wejściowe do przeglądu zarządzania. Miernikami tymi mogą być: ryzyko jakości, koszty, czasy realizacji, ścieżki krytyczne i inne, jeżeli ma to zastosowanie.

Norma [113] uzupełnia również wymóg z normy ISO 9001 dotyczący walidacji projektowania i rozwoju. Wymogiem normy branżowej jest, aby walidacja projektowania i rozwoju była przeprowadzona zgodnie z wymaganiami klienta, obejmującymi harmonogram programu.

Końcowy etap przygotowania produkcji powinien zostać zakończony procesem zatwierdzania wyrobu do produkcji. Tu organizacja powinna postępować zgodnie z uznaną przez klienta procedurą zatwierdzania wyrobu i procesu produkcji. Zaleceniem jest, aby zatwierdzanie wyrobu nastąpiło po weryfikacji procesu produkcji.

Poza wymaganiami jakościowymi w zakresie przygotowania produkcji, które zostały ujęte w normie ISO/TS 16949, branża motoryzacyjna rozwinęła również wytyczne bardziej szczegółowe, pośrednio przywołane w normie ISO/TS. Znakomita część producentów samochodowych jak i dostawców pierwszego i drugiego rzędu posługuje się wytycznymi zawartymi w podręcznikach referencyjnych APQP (Advanced Product Quality Planning – Zaawansowane Planowanie Jakości Wyrobu) oraz procesem PPAP (Production Part Approval Process – Zatwierdzanie Części do Produkcji) będącym ostatnim etapem APQP. Ponieważ praca poświęcona jest badaniu wpływu etapu przygotowania produkcji z użyciem procesów APQP i PPAP na produkcję seryjną, procesy te zostaną w kolejnych rozdziałach omówione szerzej.

2.3. Zaawansowane Planowanie Jakości Wyrobów – APQP

2.3.1. Procedura APQP

Najpowszechniejszy standard jakości ISO 9001, opracowany z myślą o każdym rodzaju działalności produkcyjnej i usługowej okazał się zbyt ogólny wobec wymagającego rynku motoryzacyjnego. Standard nie dawał szczególnych wytycznych dla aktywności w zakresie

planowania jakości, w tym konieczności zatwierdzania poszczególnych etapów prac projektowych czy obligatoryjności strategicznego planowania jakości. Również zunifikowane wymagania opracowane przez branżę motoryzacyjną w tym m.in. omówiony standard QS-9000 czy późniejszy ISO/TS 16949 nie zaspakajały w pełni problematyki zapewnienia jakości w planowaniu jakości nowych wyrobów.

Podczas gdy rola outsourcing wzrastała i rozciągała się na łańcuch dostaw – łańcuch z tysiącem powiązanych często następujących po sobie procesach, otworzył się problem dla powstania potencjalnie złych produktów. Wada w jednej części mogła prowadzić do katastrofalnych rezultatów w produkcie finalnym[50]. Stan taki sprawił, iż koniecznym było opracowanie pewnych reguł dla planowania jakości nowo uruchamianej produkcji a stało się konieczne dla produkcji wytransferowanej poza własny zakład produkcyjny. Odpowiedzią na niedobory istniejących standardów w kwestii zapewnienia jakości nowych uruchomień produkcji była opracowany w 1994 roku przez DaimlerChrysler Corporation, Ford Motor Company oraz General Motors Corporation a wydany przez AIAG (Automotive Industry Action Group) – procedura Zaawansowanego Planowania Jakości Wyrobu i Plan Kontroli APQP. Procedura ewoluowała w kolejnych latach i obecnie ważność ma druga poprawiona wersja wymagań opublikowana w 2008 roku.

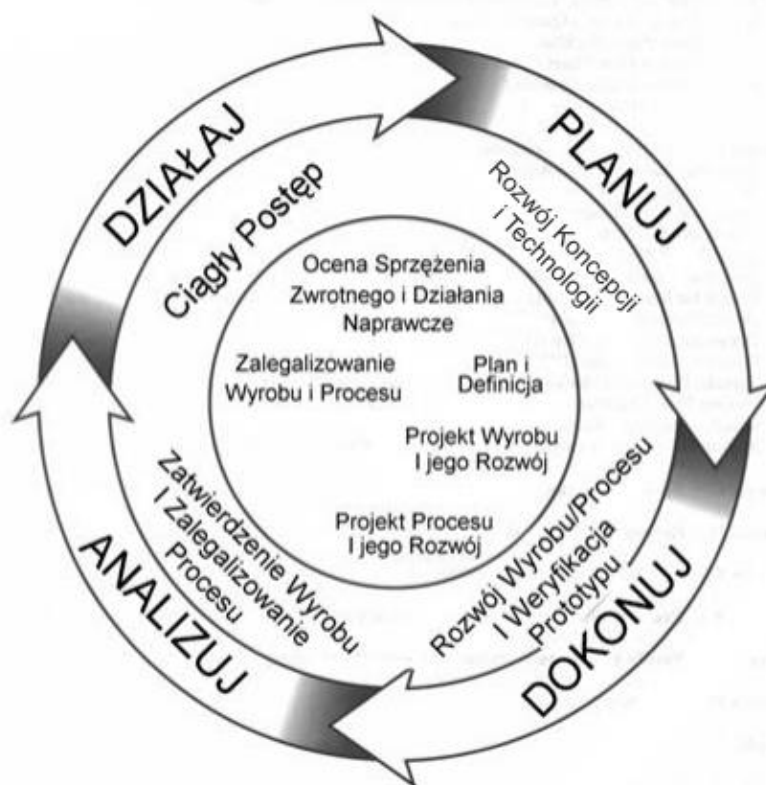
Zaawansowane planowanie jakości wyrobów APQP jest to metoda określania i ustanawiania kroków niezbędnych do zapewnienia pełnego zadowolenia klienta z zamawianego produktu[104]. Wytyczne APQP mają pomóc dostawcom przemysłu motoryzacyjnego w opracowaniu planów jakości wspierających rozwój produktu lub usługi, które spełnią wymagania klienta[60].

Celem planowania jakości wyrobu wg [104], jest umożliwienie komunikacji z każdym włączonym w proces, aby zapewnić, że wszystkie wymagane kroki będą wykonane na czas. Skuteczne planowanie jakości wyrobu zależy od zaangażowania najwyższego kierownictwa w wysiłek wymagany dla osiągnięcia satysfakcji klienta. Niektóre korzyści z planowania jakości wyrobu to:

- kierowanie zasobami aby usatysfakcjonować klienta;
- promowanie wczesnych identyfikacji wymaganych zmian;
- uniknięcie późnych zmian;
- dostarczenie wyrobu o wymaganej jakości w terminie i przy najniższym koszcie.

Podręcznik [104] wskazuje, iż cykl zaawansowanego planowania jakości wyrobu zasadza się na popularnym kole ciągłego doskonalenia Deminga - PDCA. Zgodnie z tą

koncepcją podstawą doskonalenia PDCA dla APQP jest opracowanie planu działań (PLAN-Planuj), w którym należy zgodnie ze schematem (Rys.2.9) uwzględnić rozwój koncepcji i technologii. W etapie tym, inicjuje się przedsięwzięcie oraz czynione są uzgodnienia na linii klient – dostawca. W kolejnym etapie – (Do-Wykonaj) następuje realizacja zaplanowanych działań. Na etap ten składa się rozwój wyrobu/procesu oraz weryfikacja prototypu. Wykonywana jest produkcja serii pilotowej. Następnie zrealizowane działania podlegają analizie na etapie (Check-Analizuj), które w APQP sprowadza się do zatwierdzenia wyrobu i zalegalizowania procesu. Cykl kończy etap (Act-Działaj) czyli ciągły postęp, w którym to, jeśli rezultaty wykonanych działań są pozytywne, należy wprowadzić je na stałe do procesu i ciągle szukać możliwości dalszego doskonalenia. Działania te są podejmowane po uruchomieniu produkcji seryjnej i związane z ciągłym doskonaleniem.



Rys.2.9 Cykl planowania jakości produktu [104]

Celem cyklu planowania jakości produktu jest położenie nacisku na:

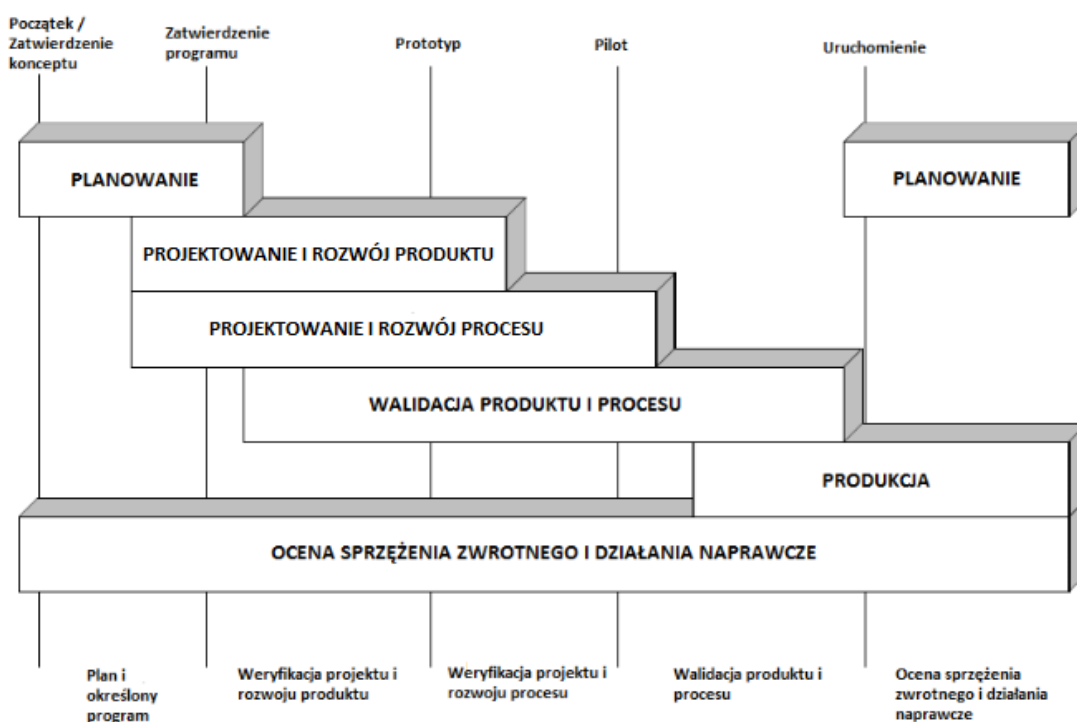
- wcześniejsze planowanie. Pierwsze trzy kwarty cyklu poświęcone są wczesnemu planowaniu jakości produktów poprzez zatwierdzenie produktu/procesu;

- czwarta kwarta jest etapem kiedy ważność oceny danych wyjściowych służy dwóm funkcjom: określeniu zadowolenie klienta oraz do wsparcia ciągłego doskonalenia[104].

Na planie koła PDCA opiera się zatem cała koncepcja zaawansowanego planowania jakości wyrobu. Zgodnie z podręcznikiem [104] koncepcję stanowi pięć następujących po sobie etapów planowania jakości wyrobu. W kolejności są nimi:

1. Planowanie i definiowanie wymagań
2. Projektowanie i rozwój produktu
3. Projektowanie i rozwój procesu
4. Walidacja produktu i procesu
5. Działania korygujące i ciągłe doskonalenie

Etapy te zestawione zostają na wykresie Gantta, przedstawionym na (Rys.2.10), stanowiącym jednocześnie wykres czasowy planowania jakości wyrobu.



Rys.2.10 Wykres czasowy planowania jakości produktu[104]

2.3.2. Zasady planowania jakości wyrobu

Podręcznik APQP przytacza szereg zasad planowania jakości wyrobu. Podczas planowania jakości wyrobu organizacja powinna wyznaczyć właściciela procesu dla projektu APQP. Ponadto powinien zostać powołany zespół interdyscyplinarny (cross-functional team) dla zapewnienia skutecznego planowania jakości wyrobu. Zespół powinien składać się

z reprezentantów różnych działów takich jak: dział techniczny, produkcyjny, kontroli materiałów, zakupów, jakości, zasobów ludzkich, sprzedaży, usług serwisowych, poddostawców i klienta jeśli jest to wymagane.

Musi zostać również określony zakres planowania jakości wyrobu. Dla zespołu planowania jakości wyrobu ważnym jest bowiem zidentyfikowanie potrzeb klienta, jego oczekiwań i wymagań w najwcześniejszym etapie planowania wyrobu. W związku z tym zespół musi spełnić co najmniej następujące wymagania:

- wytypować lidera zespołu projektowego odpowiedzialnego za nadzorowanie procesu planowania. (W niektórych przypadkach może być korzystne dokonywanie rotacji lidera zespołu podczas cyklu planowania);
- określić role i odpowiedzialności dla każdego obszaru;
- zidentyfikować klientów - wewnętrznych i zewnętrznych;
- określić wymagania klienta (w tym celu można wykorzystać metodę QFD – Quality Function Deployment – Funkcję Rozwinięcia Jakości);
- wytypować obszary wiedzy, jednostki, lub/i poddostawców, którzy muszą być dołączeni do zespołu i tych, którzy nie są wymagani;
- zrozumieć oczekiwania klienta tj. design, ilość testów;
- ocenić możliwości wykonania proponowanego projektu, wymagań wydajnościowych i procesu produkcyjnego;
- określić koszty, ramy czasowe i ograniczenia, które muszą być rozważone;
- ustalić pomoc wymaganą od klienta;
- zidentyfikować proces lub metodę dokumentowania[104].

Współpraca i dostępność informacji odgrywają główną rolę w trwałości i sukcesie procesu APQP. Zmiany poczynione do określonego projektu lub informacji procesowych muszą być dzielone i badane przez zespół[29]. Istotnym jest aby zespół planowania jakości wyrobu ustalił sposób komunikacji z innymi zespołami organizacji jak i zespołami klienta. Sposobami tymi są regularne spotkania zespołów. Zakres spotkań zespołów jest zależny od ilości spraw wymagających ustalenia.

Zgodnie z podręcznikiem [104], sukces planowania jakości produktu jest zależny również od skutecznego programu szkoleniowego, który przekazuje wszystkie wymagania i rozszerza umiejętności, aby spełnić wymagania i oczekiwania klienta.

W planowaniu jakości wyrobu zastosowanie ma inżynieria symultaniczna, która jest

procesem w którym zespoły interdyscyplinarne dążą do osiągnięcia wspólnego celu. Zastępuje ona sekwencyjny cykl faz, w którym rezultaty są przekazywane do następnego obszaru do wykonania.

Zastosowanie powinny mieć również, plany kontroli, które są pisemnym opisem systemu kontroli części i procesu, powinny one obejmować i pokrywać trzy odrębne fazy: prototypu, wstępnego uruchomienia oraz produkcji.

W czasie procesu planowania, zespół może napotkać na problemy w projektowaniu wyrobu i/lub procesu. Problemy te powinny zostać udokumentowane na matrycy z przydzielonymi odpowiedzialnościami i ramami czasowymi ich usunięcia. W celu rozwiązania skomplikowanych przypadków sugeruje się skorzystanie z technik analitycznych w tym m.in.: wykresu przyczynowo-skutkowego, metody ścieżki krytycznej, DOE (Design of Experiments, QFD (Quality Function Deployment).

Pierwszym zadaniem zespołu planującego jakość produktu powinno być opracowanie ram czasowych wykonania planowania. Typ wyrobu, jego złożoność i oczekiwania klienta powinny być rozważone w określeniu ram czasowych, które muszą być zaplanowane i przedstawione na diagramie. Wszyscy członkowie zespołu powinni zaakceptować wszystkie działania i ramy czasowe. Dobrze opracowany diagram ram czasowych powinien uwzględniać zadania, ich rozdzielenie i/lub inne wydarzenia. Diagram powinien dostarczać zespołowi w zwięzłym formacie śledzenie postępu i ustalanie programów spotkań. Dla ułatwienia raportowania, każde działanie musi mieć datę rozpoczęcia oraz zakończenia z zarejestrowanym rzeczywistym punktem postępu.

Powodzenie jakiegokolwiek programu polega na spełnieniu wymagań klienta i jego oczekiwań w terminie i po koszcie który reprezentuje pewną wartość. Diagram czasowy planowania jakości wymagają od zespołu planującego skoncentrowania swoich wysiłków na zapobieganiu wadom. Zapobieganie wadom jest napędzane przez inżynierię symultaniczną z użyciem działania inżynierii produktu i wytwarzania działając jednocześnie. Zespół planujący musi być przygotowany do zmodyfikowania planu jakości produktu aby spełnić oczekiwania klienta. Zespół jest również odpowiedzialny za zapewnienie że diagram czasowy spełni lub wyprzedzi diagram czasowy dostawcy.

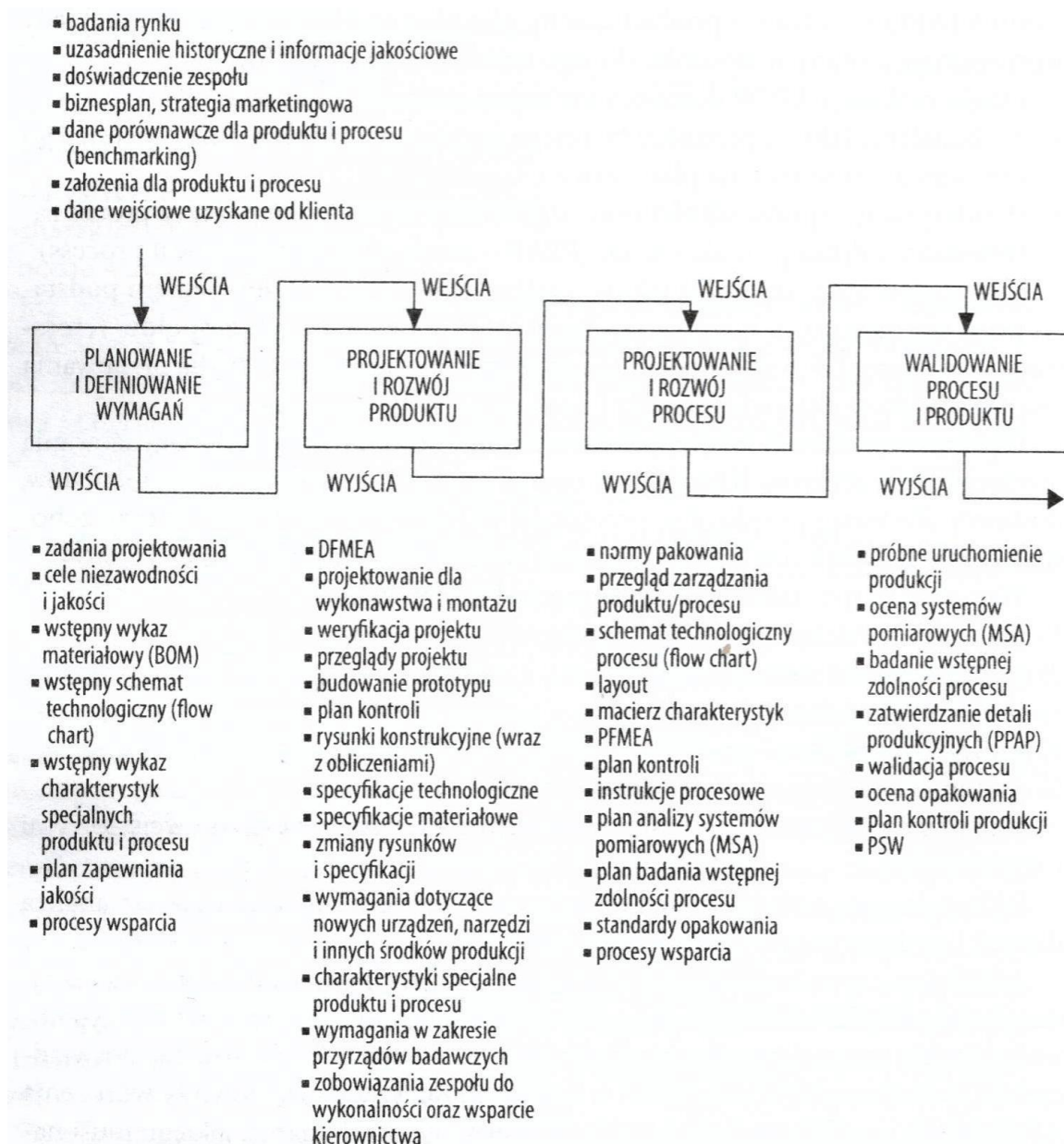
2.3.3. Etapy planowania jakości wyrobu

Podręcznik APQP proponuje pięć etapów w planowaniu jakości, zestawiając je na wykresie Gantta jak na przedstawionym powyżej (Rys.2.10).



W praktyce etapy te mogą zachodzić na siebie, a różne zadania są wykonywane równolegle (projektowanie współbieżne), aby usprawnić działanie i zmaksymalizować wykorzystanie zasobów[78]. Etapy planowania jakości produktu składają się z narzędzi, procedur i wymogów sprawozdawczych określonych dla każdego etapu projektowania nowej części. Każdy etap może być rozszerzony lub skrócony w celu dopasowania do pożądanego rezultatu, a granice są określone w celu zapewnienia, że wyjścia każdego etapu stają się wejściami następnego etapu[62].

Istotą APQP jest wykonywanie działań właśnie w ramach tych poszczególnych etapów procesu. APQP nie daje ścisłych instrukcji jak przechodzić przez poszczególne kroki (etapy) planowania, a dostarcza jedynie ogólnych wytycznych dla planowania jakości wyrobu, które pokrywają najczęstsze sytuacje mogące się wydarzyć. Podręcznik dla każdego z etapów zestawia dane wejściowe oraz wyjściowe które stają się jednocześnie danymi wejściowymi kolejnego etapu. Takie zestawienie wejść/ wyjść etapów przedstawia (Rys.2.11).



Rys.2.11 Zaawansowane planowanie jakości wyrobu (APQP) (etapy oraz dane wejściowe i wyjściowe)[56]

2.3.3.1. Planowanie i definiowanie wymagań

Pierwszy etap wskazuje w jaki sposób potrzeby klientów i ich oczekiwania są związane z planowaniem i definiowaniem programu jakości. Celem każdego programu produktu jest zaspokojenie potrzeb klientów, zapewniając jednocześnie konkurencyjne wartości. Początkowym krokiem w procesie planowania jakości produktu jest zapewnienie, że potrzeby i oczekiwania klienta są zrozumiałe.

Etap ten opisuje jak określać potrzeby i oczekiwania klienta, aby zaplanować i zdefiniować program jakościowy. Założeniem jest ustalenie, że potrzeby i oczekiwania klienta są w pełni zrozumiałe, zanim nastąpi kontynuacja z designem, rozwojem produktu i usługi lub procesem produkcyjnym związanym z produktem. Powszechnie są tu metody i techniki odnoszące się do słuchania „głosu klienta”[91]. Wg podręcznika APQP, „głos klienta” obejmuje: reklamacje, zalecenia, dane i informacje uzyskane od wewnętrznych i/lub zewnętrznych klientów. Zasugerowane zostają niektóre metody zbierania tych danych w tym: badania rynku, reklamacje z historii i informacje jakościowe, jak i doświadczenie zespołu.

Wynikiem a jednocześnie wyjściem tego etapu procesu są cele projektu jak i ustalone zostają cele niezawodności i jakości. Na etapie tym opracowana zostaje również wstępna lista materiałów (preliminary bill of material) jak i wstępny schemat przebiegu procesu (flow chart). Zdefiniowaniu podlega również wstępna lista charakterystyk specjalnych oraz wstępny zarys planu zapewnienia jakości.

2.3.3.2. Projektowanie i rozwój produktu

Kolejny etap APQP jest realizowany tylko w przypadku, gdy dostawca jest odpowiedzialny także za projektowanie wyrobu oraz jego rozwój. Podręcznik [104] omawia elementy procesu planowania, w którym cechy konstrukcyjne i charakterystyki zostały opracowane w postaci prawie ostatecznej. W zaawansowanym planowaniu jakości produktu organizacja powinna uwzględnić wszystkie czynniki projektowe, nawet jeśli projekt jest własnością lub współwłasnością klienta. Kroki te uwzględniają budowę prototypu aby zweryfikować, że produkt lub usługa spełnia wymagania klienta. Wykonalny projekt musi umożliwiać spełnienie wymagań wielkości produkcji i harmonogramów ilościowych oraz być zgodny z możliwością spełnienia wymagań inżynierskich, wraz z jakością, niezawodnością, kosztami inwestycyjnymi, kosztami jednostkowymi i celami czasowymi wdrożenia. Chociaż stadia wykonalności i plany kontroli są oparte przede wszystkim o rysunki techniczne i wymagania specyfikacji, cenne informacje mogą pochodzić także w oparciu o wykorzystanie zaproponowanych w podręczniku APQP narzędzi analitycznych w tym m.in. DFMEA (Design Failure Mode and Effects Analysis – Analiza Potencjalnych Wad i Przyczyn ich Występowania w Projektowaniu). DFMEA jest analityczną metodą do oceny prawdopodobieństwa błędów jak również skutków występowania tych błędów, już na etapie projektowania. Jest

to podlegający ciągłym uaktualnieniom dokument zgodnie z wymaganiami i oczekiwaniami klienta. DFMEA jest ważnym składnikiem wejściowym do procesu APQP, który może zawierać wcześniej wybrane charakterystyki produktu i procesu.

Na tym etapie procesu wykonana zostaje wstępna analiza wykonalności aby ocenić potencjalne problemy które mogą się pojawić podczas produkcji. Weryfikacji i przeglądowni podlega projekt. Powstaje plan kontroli dla prototypu. Opracowaniu podlegają rysunki i specyfikacje inżynieryjne oraz specyfikacje materiałowe.

2.3.3.3. Projektowanie i rozwój procesu

Etap projektowania i rozwoju procesu stanowiący kolejny etap APQP, koncentruje się na rozwoju systemów wytwarzania oraz definiowaniu planów kontroli, których celem jest osiągnięcie produktu spełniającego określone wymagania.

Działania podejmowane w tym zakresie dotyczą procesu, dlatego na tym etapie powstaje zweryfikowana wersja schematu blokowego procesu (layout), uzgadniane są specyfikacje pakowania. Na podstawie schematu procesu szacowane jest ryzyko powstawania błędów w produkcji seryjnej z wykorzystaniem PFMEA oraz opracowywany jest plan kontroli dla fazy wstępnego uruchomienia[56]. Plan taki jest opisem pomiarów geometrii oraz testów materiałowych jak i funkcjonalnych które mają miejsce po fazie prototypu, ale jeszcze przed fazą produkcji seryjnej. Plan kontroli dla fazy wstępnego uruchomienia powinien zawierać dodatkowe kontrole dla produktu/procesu które powinny być wdrożone do zatwierdzenia produkcji seryjnej. Celem tego planu jest powstrzymanie potencjalnych niezgodności podczas lub przed startem produkcji seryjnej, co jest osiągnięte m.in. przez:

- większą częstotliwość badań;
- więcej punktów kontrolnych do sprawdzania w czasie procesu i po jego zakończeniu;
- ocenę statystyczną;
- wzmożenie auditów;
- identyfikacja przyrządów error-profing (przyrządów wykrywających błędy)[104].

Efektom etapu projektowania procesu jest również opracowanie zrozumiałych instrukcji procesu, dostarczających wystarczająco dużo szczegółów dla personelu obsługującego, który ma bezpośrednią odpowiedzialność za obsługę procesu. Instrukcje

procesu dla standardowych procedur operacyjnych powinny zawierać ustalone parametry takie jak m.in: prędkość obrotowa maszyny, posuw, czas cyklu itp. powinny być dostępne dla operatorów i nadzorujących proces.

Zespół planowania jakości produktu dostawcy powinien zapewnić również, iż jest rozwinięty plan, aby zrealizować wymaganą analizę systemu pomiarowego. Plan powinien zawierać co najmniej odpowiedzialność za zapewnienie liniowości przyrządów pomiarowych, dokładności, powtarzalności, możliwości odtworzenia i korelacji z kopiami przyrządów pomiarowych[104]. APQP w przypadku analizy zdolności systemów pomiarowych, odwołuje się do podręcznika referencyjnego MSA.

Na podstawie planu kontroli dla wstępnego uruchomienia produkcji przygotowany jest plan obliczania wstępnej zdolności procesu. Charakterystyki określone w planie kontroli będą służyć jako podstawa dla planu analizy wstępnej możliwości procesu. Podręcznik APQP dla obliczania zdolności procesu, przywołuje podręcznik referencyjny SPC[123].

2.3.3.4. Walidacja produktu i procesu

Etap walidacji produktu i procesu stanowi kolejny etap w zaawansowanym planowaniu jakości produktu. Podręcznik APQP wytyczne co do tego etapu odnosi do podręcznika referencyjnego PPAP[120].

Etap ten skupia się na zatwierdzeniu procesu produkcyjnego przez ocenę serii produkcyjnej i wszystkich związanych z nią aktywności. Głównym punktem jest określenie za pomocą określonych metod i technik, że długoterminowy proces produkcyjny jest zdolny spełnić wszystkie wymagania, które zostały zbadane i udokumentowane przez wcześniejsze etapy[91]. Podczas znaczącego cyklu produkcyjnego, zespół planowania jakości produkcji organizacji powinien potwierdzić, że plan kontroli i schemat procesu zostały przestrzegane, a produkty spełniają wymagania klientów. Dodatkowe problemy powinny być zidentyfikowane dla zbadania i rozwiązania przed rozpoczęciem produkcji seryjnej[104]. Ta próbna produkcja musi być prowadzona wykorzystując produkcyjne oprzyrządowanie, wyposażenie, otoczenie (włączając produkcyjnych operatorów), urządzenia i czas cyklu. Minimalne ilości dla produkcji próbnej zazwyczaj są ustalane przez klienta.

Na etapie tym zostaje opracowany plan kontroli dla produkcji seryjnej. Plan ten jest logicznym przedłużeniem wstępnego planu kontroli i jest pisemnym opisem systemu

kontroli części produkcyjnych i procesu już na etapie produkcji seryjnej. Wspecyfikowane urządzenia pomiarowe i metody do sprawdzenia określonych charakterystyk planu kontroli w stosunku do technicznych specyfikacji powinny zostać poddane ocenie systemu pomiarowego. W tym przypadku APQP powołuje się na podręcznik referencyjny MSA[116]. W oparciu o charakterystyki określone w planie kontroli powinna być wykonana również analiza wstępnych możliwości procesu. Do wykonania analizy zdolności procesu przywołany zostaje podręcznik SPC[123].

Efektem tego etapu jest zatwierdzenie części do produkcji seryjnej, które ma być potwierdzeniem, że wyroby wykonane na urządzeniach produkcyjnych i wg ustalonych procesów spełniają normy techniczne.

Ponieważ niniejsza praca doktorska w głównej mierze odnosi się do zbadania skuteczności i efektywności działań prowadzonych w ramach PPAP na późniejszą produkcję seryjną, wymagania PPAP zostaną w sposób bardziej szczegółowy opisane w rozdziale 2.4.

2.3.3.5. Działania korygujące i ciągłe doskonalenie

Planowanie jakości nie kończy się na zatwierdzeniu procesu i jego uruchomieniu. Wyniki uzyskiwane w trakcie produkcji stanowią bowiem dane do oceny wszystkich specjalnych i zwykłych przyczyn zmienności. Narzędziami użytymi do identyfikacji zmienności procesu są karty kontrolne lub inne statystyczne techniki. Analiza i działania korekcyjne powinny być użyte w celu zredukowania zmienności. Ciągłe doskonalenie wymaga skupienia uwagi nie tylko na specjalnych przyczynach zmienności, ale zrozumieniu zwykłych przyczyn zmienności i poszukiwania sposobów, aby je zmniejszyć. Redukcja czy eliminacja zwykłych przyczyn może prowadzić do dodatkowych korzyści w tym obniżenia kosztów[104].

Ciągłe doskonalenie procesu produkcyjnego może być skutecznie osiągnięte przez podejście systematyczne z zastosowaniem odpowiednich metod i narzędzi[65]. APQP przywołuje w tym celu użycie narzędzi przedstawionych w podręczniku SPC[123].

2.4. Proces Zatwierdzania Części do Produkcji (PPAP)

2.4.1. PPAP jako standard zapewnienia jakości dostawców

W procesach realizacji produktów lub świadczenia usługi wzorzec odniesienia (wzorzec jakości) musi być określony jednoznacznie. Dotyczy to zwłaszcza procesów wytwarzania wyrobów. W procesie produkcyjnym jakość nie może być postrzegana lub oceniana wyłącznie na podstawie niejednoznacznych, rozmytych i subiektywnych kryteriów, tak jak to dzieje się na rynku w przypadku klienta postrzegającego lub oceniającego jakość nabywanego przez niego produktu [101]. Konieczność definiowania wzorców jakości stała się tym bardziej istotna w gałęziach przemysłu charakteryzujących się produkcją wieloseryjną, połączoną z wysokimi wymaganiami jakościowymi i logistycznymi, w którym skomplikowanie konstrukcji połączone z dużą dynamiką wdrażania wyrobów do produkcji wymusiła specjalizację dostawców. Stan taki obserwowalny jest m.in. w przemyśle motoryzacyjnym, gdzie montaż wyrobu finalnego – samochodu odbywa się w otocze dziesiątek kooperantów skupionych w łańcuchu dostaw. Powstała zatem niewątpliwa konieczność jakościowego zabezpieczania podzlecanych na zewnątrz nowych uruchomień produkcji. Konieczność ta dotyczyła etapu projektu, czego przejawem było powstanie omówionego powyżej standardu zaawansowanego planowania jakości produktu - APQP, jak i ustalenia „reguł dostarczania wyrobu” z nowych uruchomień poprzez definiowanie wzorców wyrobów zgodnych i finalnego akceptowania procesu produkcyjnego, z którego te wzorce pochodzą. Wytyczne do walidacji nowych uruchomień opisane zostały w podręczniku referencyjnym PPAP [120] koncepcji „Wielkiej Trójki”.

Proces zatwierdzania części do produkcji PPAP definiuje ogólne wymagania dotyczące zatwierdzenia części do produkcji, wliczając w to materiały masowe i produkcyjne. Zgodnie z [120] celem procesu zatwierdzania części do produkcji jest ustalenie czy wszystkie zapisy projektów technicznych i wymagania dotyczące specyfikacji klienta są prawidłowo rozumiane przez dostawcę oraz, że proces produkcyjny posiada potencjał umożliwiający produkcję wyrobu niezmiennie spełniając te wymagania podczas faktycznego przebiegu produkcji zgodnie z podanym tempem produkcji.

Podręcznik [120] określa wymagania, w których musi zostać dokonane przedłożenie PPAP do zatwierdzenia przed pierwszą wysyłką produkcyjną. Przedłożenie takie musi nastąpić dla:

- nowej części lub wyrobu;
- poprawienia niezgodności we wcześniej przedłożonej części;
- zmianie technicznej zapisów projektowych specyfikacji lub materiałów do produkcji wyrobów.

Proces PPAP obejmuje szereg dowodów jakościowych tzw. dowodów przedłożeń niezbędnych do zaprezentowania klientowi, aby dowieść jego kompetencji co do możliwości uruchomienia produkcji seryjnej części zgodnych jakościowo z wszystkimi wyspecyfikowanymi wymaganiami. W (Tab.2.2) zostały zestawione wymagane do przedłożenia dowody jakościowe[120].

WYMAGANIE - ELEMENT PPAP	POZIOM 1	POZIOM 2	POZIOM 3	POZIOM 4	POZIOM 5
1. Dane/zapisy z projektowania	R	S	S	*	R
- dla wyrobów zastrzeżonych	R	R	R	*	R
- dla wszystkich innych wyrobów	R	S	S	*	R
2. Dokumenty dotyczące zmian technicznych, jeśli takowe są	R	S	S	*	R
3. Zatwierdzenie techniczne klienta, jeśli wymagane	R	S	S	*	R
4. FMEA konstrukcji	R	R	S	*	R
5. Schemat przebiegu procesu	R	R	S	*	R
6. FMEA procesu	R	R	S	*	R
7. Plan Kontroli	R	R	S	*	R
8. Analizy zdolności systemów pomiarowych	R	R	S	*	R
9. Wyniki pomiarów geometrycznych	R	S	S	*	R
10. Wyniki badań materiałowych i funkcjonalnych (osiągów)	R	S	S	*	R
11. Wstępne badania procesu	R	R	S	*	R
12. Dokumentacja kwalifikowanego laboratorium	R	S	S	*	R
13. Raport Zatwierdzenia Wyglądu (AAR), jeśli ma zastosowanie	S	S	S	*	R
14. Próbkę wyrobu	R	S	S	*	R
15. Wzorzec odniesienia	R	R	R	*	R
16. Kontrolne środki pomocnicze	R	R	R	*	R
17. Zapisy dotyczące zgodności ze specyficznymi wymaganiami klienta (CSR)	R	R	S	*	R
18. Gwarancja Zgłoszenia Wyrobu (PSW)	S	S	S	*	R
Lista kontrolna dla materiałów bezpostaciowych	S	S	S	*	R
Wymagany sposób przedstawienia dowodów klientowi:					

S	Organizacja musi przedłożyć do klienta i zachować kopię zapisów lub pozycji z dokumentacji w odpowiednich lokalizacjach.
R	Organizacja zachowa w odpowiednich lokalizacjach oraz udostępni klientowi na żądanie
*	Organizacja zachowa w odpowiednich lokalizacjach i przedłoży klientowi na jego żądanie

Tab.2.2 Wymagania PPAP dla dostawców[120]

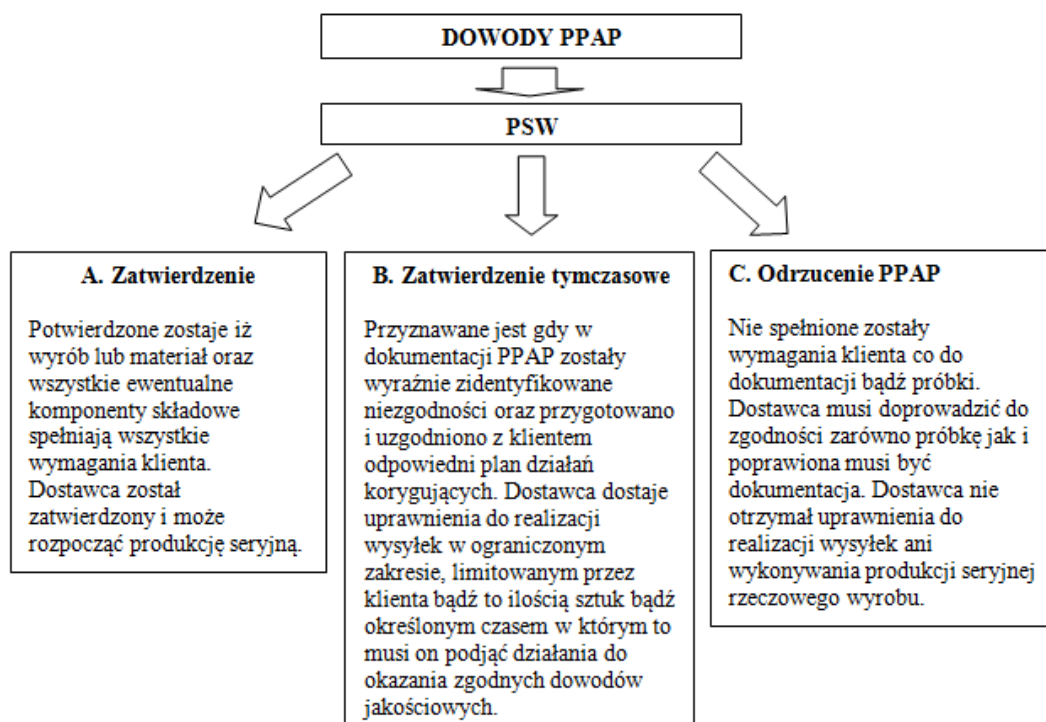
Aby uzyskać zatwierdzenie PPAP, dostawca jest zobowiązany przedłożyć klientowi (lub udostępnić na jego żądanie) ww. dowody swoich kompetencji i zdolności jako dostawcy. Obowiązkowość przygotowania wyszczególnionych powyżej dowodów definiuje 5 poziomów przedłożeń. Poziom opracowania PPAP jest zdefiniowany i narzucony dostawcy przez klienta, który ustala go mając na uwadze konieczność osiągnięcia określonej jakości wyrobu/części, wpływu części na bezpieczeństwo czy też m.in. uwzględnienie aspektu wizualnego produktu.

Poziom przedłożeń (1-5) zależy również od zaufania, jakim klient darzy dostawcę, biorąc pod uwagę takie czynniki, jak:

- przestrzeganie przez dostawcę wymagań ISO/TS 16949;
- status określający jakość dostaw od dostawcy (np. Chrysler`s Quality Excellence, Ford`s Q1, GM`s supplier of the year),
- ważność części,
- doświadczenia ze współpracy z wcześniejszych zatwierdzeń PPAP[56]

Najczęściej stosowanym poziomem opracowania PPAP jest poziom 3, powszechnie nazwany „full PPAP”. Narzucony poziom wymusza na dostawcy opracowanie, przygotowanie i przedłożenie klientowi wymaganych dowodów do weryfikacji.

Po skompletowaniu wymaganych dokumentów zgodnie z żądanym poziomem, wypełniany zostaje dokument PSW (Part Submission Warranty – Dowód Przedłożenia Części do Zatwierdzenia), a następnie dokumenty wraz z próbkami wzorcowymi zostają przesłane do finalnej walidacji klienta. Klient analizując dokumenty oraz zgodność próbki wzorcowej z dokumentacją techniczną, podejmuje decyzje odnośnie do przedłożonego PPAP, mając opcje możliwych decyzji przedstawione na (Rys.2.12).



Rys.2.12 Opcje decyzji PPAP (opr. na podst.[120])

2.4.2. Etapy procesu PPAP

2.4.2.1. Dane/zapisy z projektowania

Organizacja dostawcy musi posiadać wszystkie zapisy z projektowania wyrobu, w tym zapisy z projektowania komponentów. Tam gdzie zapis jest w formie elektronicznej (np. dane CAD/CAM), należy sporządzić wersję drukowaną (np. schemat, lista, wizualizacja lub rysunek opracowany wg zasad tolerowania i wymiarowania geometrycznego - GD&T) w celu identyfikacji wymiarów i udokumentowania wykonanych pomiarów (nie dotyczy materiałów bezpostaciowych). Dane/zapisy z projektowania powinny wskazywać numer/y części oraz bieżący poziom zmian konstrukcyjnych. Każdy wyrób i jego część powinien mieć tylko jeden zbiór danych / zapisów z projektowania, ewentualnie powołujący się i włączający w ten zbiór inne dokumenty. Jednocześnie jeden zbiór danych/zapisów z projektowania może obejmować więcej niż jeden wyrób, jego konfiguracje i części składowe.

Dane / zapisy z projektowania powinny także obejmować specyfikacje materiałowe (rodzaj, skład chemiczny), dowodzące zgodność ze specyficznymi wymaganiami klienta (patrz też: dowód 17-ty). Wymagania PPAP zalecają skorzystanie w tym celu z globalnej

bazy danych materiałowych IMDS (International Materials Data System [125]). W wytycznych PPAP dotyczących opracowywania specyfikacji materiałowych znajdują się ponadto szczegółowe zalecenia dotyczące materiałów polimerowych (odwołania do stosownych norm ISO).

2.4.2.2. Dokumenty dotyczące zmian technicznych, jeśli takowe są

Należy posiadać (i przedłożyć) wszelkie autoryzowane dokumenty dotyczące zmiany technicznej, nie uwzględnione w zapisach projektowych, ale włączone do wyrobu lub oprzyrządowania.

2.4.2.3. Zatwierdzenie techniczne klienta, jeśli wymagane

Organizacja winna posiadać udokumentowane zatwierdzenie techniczne zapisów projektowych (rysunek, inne specyfikacje) przez klienta.

2.4.2.4. FMEA konstrukcji

Organizacja dostawcy, w przypadku gdy jest odpowiedzialna za projekt wyrobu, musi posiadać udokumentowane FMEA Konstrukcji (DFMEA) dla wyrobu i jego komponentów.

2.4.2.5. Schemat przebiegu procesu

Dostawca powinien posiadać i przedstawić schemat przebiegu procesu produkcyjnego ("Flow Chart"). Wybór formatu schematu przebiegu procesu leży w gestii dostawcy. Powinien on określać etapy procesu produkcyjnego i kolejność operacji oraz pokazać przypisanie wymagań klienta do poszczególnych etapów / operacji procesu produkcyjnego.

2.4.2.6.FMEA procesu

Dostawca jest zobowiązany wykazać się udokumentowaną analizą FMEA procesu. Analiza powinna być wykonana zgodnie z wymaganiami klienta (np. zgodnie ze wskazaną przez niego procedurą FMEA). Analiza obowiązkowo musi uwzględniać wszystkie właściwości specjalne (krytyczne, kluczowe, funkcjonalne, itp.) wyrobu i procesu.

2.4.2.7.Plan Kontroli

Dostawca powinien opracować i utrzymywać Plan Kontroli, który określa wszystkie metody przewidziane dla kontroli wyrobu i nadzorowania procesu. Plan Kontroli powinien być zgodny z ewentualnymi wymaganiami specyficznymi klienta, może podlegać zatwierdzeniu przez klienta.

2.4.2.8.Analizy zdolności systemów pomiarowych

Organizacja dostawcy musi wykonać i udokumentować badania zdolności systemów pomiarowych (MSA - Measurement System Analysis) dla metod kontroli wyrobu / nadzoru procesu przewidzianych w Planie Kontroli. Badania mogą dotyczyć: Powtarzalności i Odtwarzalności (R&R), niepoprawności (błąd systematycznego), liniowości, stabilności systemów pomiarowych (lub kontrolnych). Wymóg dotyczy wszystkich przyrządów pomiarowych (i kontrolnych) nowych lub zmodyfikowanych. Wymóg nie dotyczy metod badań materiałów bezpostaciowych (wymagane uzgodnienie z klientem).

2.4.2.9.Wyniki pomiarów geometrycznych

Dostawca musi przedłożyć dowody, iż weryfikacje wymiarowe wyrobu i komponentów, wymagane zgodnie z zapisami projektowymi oraz Planem Kontroli, zostały przeprowadzone, a wyniki pomiarów wskazują na zgodność z określonymi wymogami geometrycznymi.

2.4.2.10. Wyniki badań materiałowych i funkcjonalnych

Dostawca musi posiadać i przedłożyć zapisy dotyczące badań materiałowych (fizycznych, chemicznych) i/lub wyników testów funkcjonalnych / eksploatacyjnych, zgodnie z wymaganiami projektowymi lub Planem Kontroli.

2.4.2.11. Wstępne badania procesu

Organizacja dostawcy jest zobowiązana przeprowadzić wstępne badania zdolności procesu produkcyjnego. Zalecany jest podręcznik SPC[123]. Dla wszystkich właściwości specjalnych (krytycznych, kluczowych, funkcjonalnych, itp.) określonych przez klienta oraz dostawcę (lub też innych właściwości wskazanych przez klienta) należy wykazać wstępną zdolność procesu w oparciu o wyniki pomiarów (nie kontroli alternatywnych). Wybór wskaźników i wymagania dla zdolności (Cpk, Ppk) powinny być uzgodnione z klientem.

2.4.2.12. Dokumentacja kwalifikowanego laboratorium

Organizacja dostawcy musi przedstawić dowody, że kontrole i badania dla potrzeb PPAP były przeprowadzane przez kwalifikowane laboratorium (wewnętrzne lub zewnętrzne). Laboratorium musi wykazać zakres i kwalifikacje odpowiednie dla typów pomiarów lub badań wykonanych dla potrzeb przedłożenia PPAP. W przypadku angażowania laboratorium zewnętrznego dostawca powinien dostarczyć wyniki pomiarów/badań w oryginalnym formacie stosowanym przez laboratorium (papier firmowy, raporty wyników), zawierającym dane identyfikacyjne laboratorium, datę pomiarów/badań oraz użyte wzorce.

2.4.2.13. Raport Zatwierdzenia Wyglądu (AAR)

Dostawca powinien przedłożyć tzw. Raport Zatwierdzenia Wyglądu (Appearance Approval Report - AAR) jeśli w zapisach projektu znajdują się wymogi dotyczące wyglądu wyrobu lub jego części (kolor, faktura, ziarnistość, itp.). Raport AAR musi towarzyszyć Gwarancji Zgłoszenia Części (Part Submission Warranty - PSW; patrz: dowód 18-ty).

2.4.2.14. Próbkę wyrobu

Dostawca jest zobowiązany dostarczyć próbkę wyrobu.

2.4.2.15. Wzorzec odniesienia

Organizacja musi zachować wzorzec / próbkę wzorcową wyrobu przez okres wymagany do zatwierdzenia części do produkcji lub do czasu wykonania i zatwierdzenia nowej próbki wzorcowej przez klienta lub do czasu zakończenia jej wykorzystywania jako wzorca dla celów kontrolnych (porównawczych). Wzorzec odniesienia powinien obejmować wszystkie komponenty i dopuszczalne warianty wykonania (narzędzia, technologie) oraz posiadać dowód zatwierdzenia przez klienta. W przypadkach szczególnych (zmiana właściwości w czasie, trudność przechowywania, materiały bezpostaciowe) wymagane jest uzgodnienie wymagań z klientem.

2.4.2.16. Kontrolne środki pomocnicze

Jeżeli zażąda tego klient, dostawca musi przedstawić w chwili przedłożenia PPAP wszelkie pomocnicze środki kontrolne („checking aids”) związane z montażem wyrobu lub jego komponentami. Dostawca musi zaświadczyć, że wszystkie funkcje i właściwości środka kontrolnego odpowiadają wymaganiom wymiarowym części, włącznie z uwzględnieniem ewentualnych zmian konstrukcyjnych wprowadzonych do wyrobu. Dostawca ma także zapewnić prewencyjne utrzymanie sprawności wszystkich pomocniczych środków kontrolnych przez cały czas produkcji wyrobu oraz potwierdzić ich zdolność poprzez wykonanie analizy R&R, badania niepoprawności, liniowości i oceny stabilności.

2.4.2.17. Zapisy dotyczące zgodności z wymaganiami specyficznymi klienta (CSR)

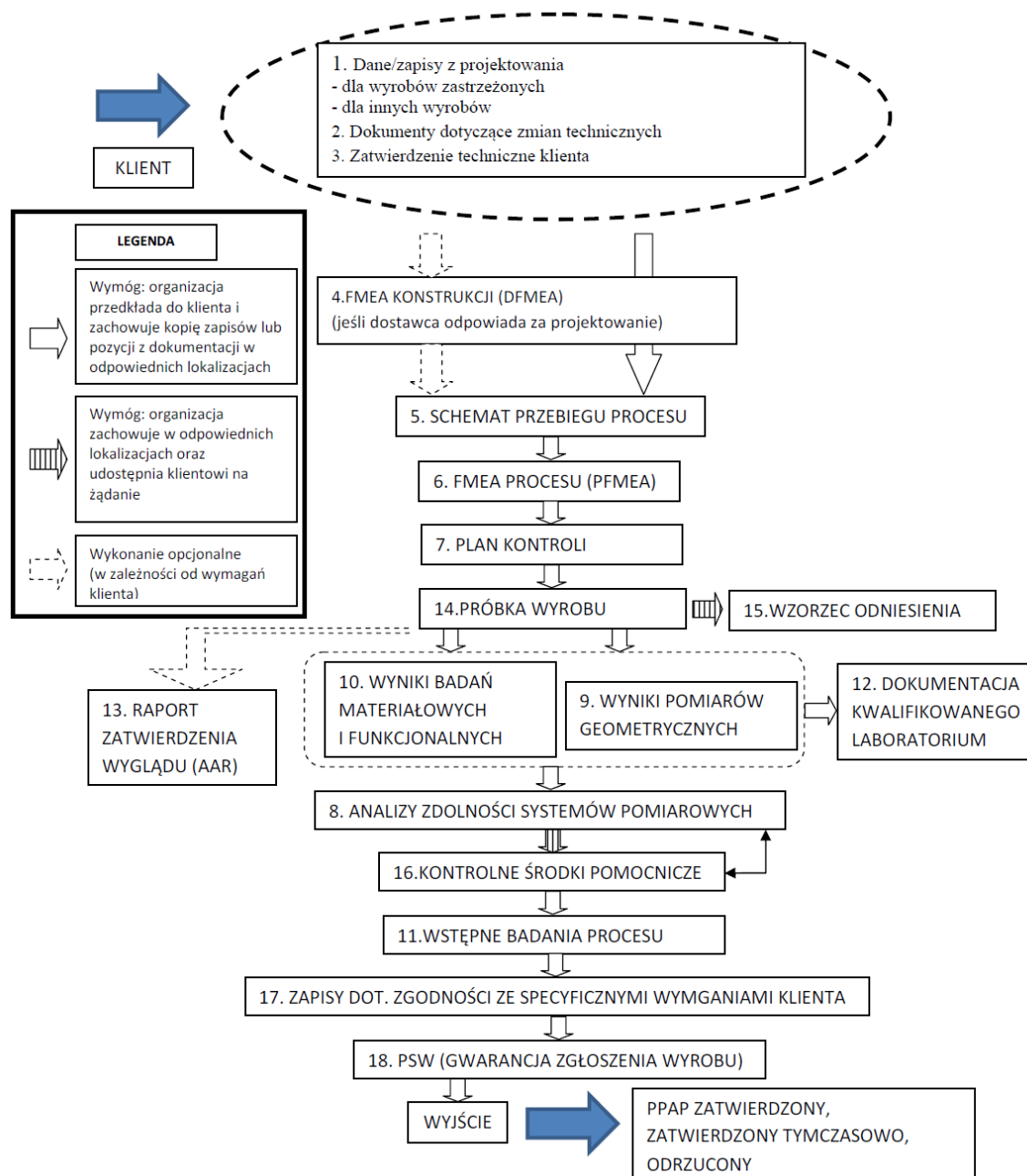
Dostawca musi posiadać zapisy świadczące o zgodności ze wszystkimi mającymi zastosowanie specyficznymi wymaganiami klienta (CSR – ang. Customer Specific Requirements).

2.4.2.18. Gwarancja Zgłoszenia Części (PSW)

W przypadku spełnienia wszystkich wymagań PPAP i skompletowania wymaganych dowodów dla danego typu wyrobu, dostawca wypełnia Gwarancję Zgłoszenia Wyrobu (Part Submission Warrant - PSW), stanowiącą deklarację przedłożenia wyprodukowanych części (a więc i procesu produkcji) do zatwierdzenia. Jeśli produkcja odbywać się będzie równolegle z użyciem kilku linii / maszyn / narzędzi (np. form) produkcyjnych, wówczas w ramach PSW należy uwzględnić wyniki pomiarów geometrycznych (PPAP dowód 9-ty) dla każdej linii / maszyny / narzędzia (np. formy). Wytyczne PPAP w opisie PSW podają szczegółowe wymagania dotyczące sposobu określenia masy przedkładanego wyrobu. W przypadku materiałów bezpostaciowych, zgodność ze specyficznymi wymaganiami klienta należy udokumentować w postaci odpowiedniej listy kontrolnej rekomendowanej dla tego typu materiałów w wytycznych PPAP[120].

2.4.3. Algorytm procesu PPAP

PPAP – Proces Zatwierdzania Części do Produkcji, zgodnie z podejściem wymaganym przez ISO 9001:2008 [112], wymaga ustalenia struktury procesów, określenia zbiorów działań i zasobów wzajemnie powiązanych przekształcających wejście w wyjście, opisanie działań które składają się na dany proces, oraz przypisaniu do nich odpowiedzialności. Proces PPAP spełnia wszystkie wyżej wymienione cechy procesu, a zatem można go przedstawić za pomocą algorytmu określającego działania podejmowane przy zbieraniu kolejnych dowodów jakościowych. Graficzne przedstawienie algorytmu PPAP, w którym realizuje się określone czynności, wymagające określonych zasobów aby przekształcić wejścia w wyjścia zostało zobrazowane na (Rys.2.13).



Rys.2.13 Algorytm postępowania w przygotowywaniu dokumentacji PPAP poziom 3[74]

Wejściem procesu będącym po stronie otoczenia klienta będą wszystkie dane i zapisy z projektowania wyrobu, w tym zapisy z projektowania ewentualnych komponentów składowych. Najczęściej jest to dokumentacja rysunkowa wg zasad tolerowania i wymiarowania geometrycznego – GD&T. Są to również wszelkie zapisy w formie elektronicznej (np. dane CAD/CAM). Dane i zapisy projektowe powinny uwzględniać również specyfikę materiałową powołującą się na normę branżową (w przypadku branży motoryzacyjnej rolę tę spełnia system IMDS - International Materials

Data System [125], będący globalną bazą danych materiałowych). Wejściem procesu są również wszelkie autoryzowane dokumenty dotyczące zmian technicznych, nie uwzględnione w zapisach projektowych ale włączone do wyrobu lub oprzyrządowania jak również udokumentowane zatwierdzenie techniczne zapisów projektowych przez klienta (rysunek, inne specyfikacje). Można zatem stwierdzić, iż wejściem do procesu PPAP jest ostatnia, aktualna, zwalidowana przez klienta wersja specyfikacji (rysunku i innych dokumentów) zawierająca wszystkie wymagania techniczne co do wyrobu.

Na podstawie tak zdefiniowanego wejścia realizowany jest proces PPAP, którym jest opracowanie oraz zbieranie dowodów kompetencji jakościowych, wyszczególnionych w kolejnych krokach algorytmu.

Wyjściem z procesu PPAP jest uzyskanie przez dostawcę konkretnego statusu co do przedłożonego PPAP. W momencie gdy wszystkie wymagania założone przez klienta zostały spełnione, dostawca otrzymuje zatwierdzenie PPAP, co w rzeczywistości jest zezwoleniem na realizację dostaw seryjnych. Jeśli natomiast u klienta pojawia się pewna wątpliwość co do przedłożonych dowodów jakościowych, lub zidentyfikowane zostały pewne niezgodności, klient udziela zatwierdzenia tymczasowego. Status taki może być jednak udzielony wówczas gdy dostawca:

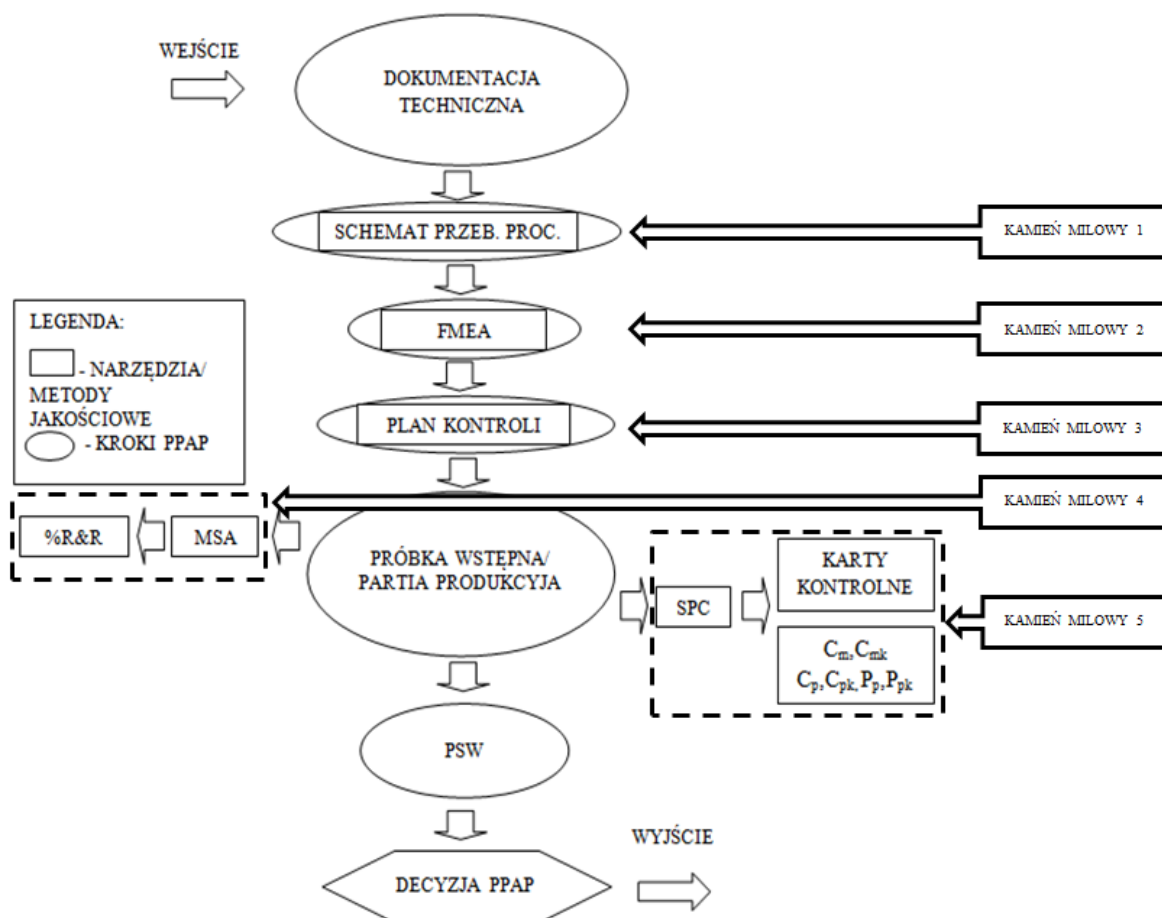
- wyraźnie określił niezgodności, które uniemożliwiały zatwierdzenie;
- przygotował plan działań uzgodniony z klientem[120].

Zatwierdzenie tymczasowe upoważnia dostawcę do realizowania wysyłek jednakże w ograniczonym zakresie. Zazwyczaj klient definiuje ten okres jako określony przedział czasowy bądź jest to pewna zdefiniowana ilość sztuk. Obowiązkiem dostawcy jest jednak usunięcie wszelkich niezgodności oraz ponowne przedłożenie PPAP w celu otrzymania statusu „zatwierdzony”.

Gdy jednak klient stwierdzi, iż nie spełnione zostały jego wymagania co do dokumentacji bądź przedłożonej próbki, odrzuca PPAP, a dostawca zmuszony zostaje do przedłożenia PPAP raz jeszcze. Dostawca tym samym nie zostaje uprawniony do realizacji wysyłek seryjnych.

Przedstawiony na powyższym (Rys.2.13) algorytm procesu zatwierdzania części do produkcji można również przedstawić w formie skróconej. Zgodnie z podejściem procesowym do zarządzania jakością algorytm PPAP można zapisać w postaci metod i narzędzi jakościowych stanowiących kolejne kroki procesu zatwierdzania części do produkcji. Te narzędzia i metody jakościowe stanowią pewnego rodzaju kamienie milowe

tw. „milestones” realizowanego procesu zatwierdzania części do produkcji. Algorytm taki przedstawiony został na (Rys.2.14).



Rys.2.14 Model ogólny PPAP w oparciu o użyte narzędzia jakościowe (opr.własne na podst. [22])

Proces PPAP definiuje 5 kamieni milowych, którymi w kolejności są:

- Schemat przebiegu procesu (tzw. Flow Chart)
- FMEA
- Plan kontroli
- MSA
- SPC

Realizacja kolejnych „kamieni milowych”, w postaci wymienionych narzędzi i metod jakościowych, będących celami cząstkowymi procesu PPAP warunkuje uzyskanie całkowitego celu procesu, jakim jest zatwierdzenie PPAP, czyli zgodę klienta na uruchomienie produkcji seryjnej.

Ponieważ, na analizie efektywności wykonania tych kolejno następujących po sobie metod i narzędzi jakościowych w ramach PPAP zasadza się niniejsza praca doktorska, zostaną one w sposób bardziej szczegółowy opisane w kolejnym rozdziale.

2.4.3.PPAP w obecnej praktyce przemysłowej

Standard zatwierdzania wyrobów przed rozpoczęciem produkcji seryjnej stał się w ostatnim czasie procedurą obowiązkowo stosowaną przez wszystkie firmy branży samochodowej wobec swoich dostawców. Co więcej, uzyskanie zatwierdzenia PPAP jest wymaganiem nie tylko stawianym przez producentów samochodów (Original Equipment Manufacturer - OEM) w stosunku do swoich bezpośrednich dostawców (lub inaczej: dostawców I-go rzędu, tzw. Tier 1 supplier), ale powszechnym stało się, iż dostawcy I-go rzędu wdrożyli egzekwowanie wymagań PPAP wobec swoich dostawców (dostawców II-go rzędu, tzw. Tier 2 supplier), a nawet można zaobserwować trend stosowania wymagań PPAP wobec dostawców niższych rzędów. Na ogół większość producentów "OEM" oraz ich dostawców (I-go rzędu) opisuje swoje specjalne wymagania proceduralne dla dostawców w dedykowanych dokumentach o charakterze instrukcji/podręcznika, zwanych np. "Księga Jakości Dostawcy" (Supplier Quality Manual)[74]. Dokumenty te tworzą tzw. CSR (Customer Special Requirement – Specjalne Wymagania Klienta), w których, oprócz opisu ogólnych wymagań dla dostawcy, zawarte zostają wytyczne dotyczące przebiegu i wymagań dla zatwierdzania wyrobu do produkcji (PPAP).

Naturalną kolejną rzeczą stało się, iż „Wielka Trójka” OEM – GM, Ford oraz Chrysler, którzy wspólnie współtworzyli proces PPAP, powołują się na swoje opracowanie w sposób bezpośredni w wydanych podręcznikach CSR, i tak:

- GM – General Motors Global Purchasing and Supply Chain. Global Supplier Quality [11]
- Ford – Ford Motor Company Customer Specific Requirements [108]
- Chrysler – Chrysler Group LLC Customer – Specific Requirements for use with ISO/TS 16949 and ISO 14001:2004 [106]

Jednakże Ford opracował dodatkowe, specyficzne wymagania w aspekcie zatwierdzania części do produkcji, które zdefiniowane zostają w dokumencie: Ford Motor Company Customer-Specific Requirements for use with PPAP 4.0 [109]. Dokument daje wytyczne co do metody przedłożenia PPAP, które ma się odbyć za pośrednictwem platformy internetowej. Rozwinięciu podlega również większość wytycznych PPAP w tym, m.in. co do użycia FMEA, planu kontroli, MSA czy analizy zdolności procesu SPC.

Podobnie czyni Chrysler wydając: Chrysler Group LLC Customer – Specific Requirements for use with PPAP 4th Edition [105].

Również, dostawcy pierwszego rzędu przerzucają wymagania co do zatwierdzania części do produkcji na swoich poddostawców. Przykładem może być globalny koncern Nexteer, lider w produkcji układów kierowniczych. W dokumencie – Nexteer Supplier Requirements for use with the current version of ISO/TS 16949 and ISO 9001[117], koncern Nexteer powołuje się wprost na wymagania z podręcznika PPAP. Wśród dodatkowych wymagań, narzuconych dostawcą jest jednak obligatoryjność przedkładania PPAP dla produkowanych części w cyklu rocznym. Inny wielki koncern EATON, znany w branży motoryzacyjnej z produkcji oszczędnych sprężarek i zaawansowanych technologii mechanizmów rozrządów zaworowych takich jak m.in. układy przenoszenia płynów, mechanizmy różnicowe w wydanym CSR – Eaton Corporation Global Supplier Excellence Manual [107] przywołuje podręcznik PPAP w aspekcie wymagań zatwierdzania części do produkcji. Wg [107] przedłożenie PPAP powinno opierać się na najnowszym wydaniu PPAP wydanym przez AIAG. Wartym odnotowania jest dodatkowe wymaganie narzucone dostawcy w przypadku udzielenia mu zatwierdzenia tymczasowego w postaci zdefiniowania maksymalnego terminu jego ważności na okres 90 dni.

Inne wielkie globalne korporacje, posiadające wiele dywizji produkujących różnorodne moduły części do samochodów w tym m.in. Magna dywizja Closures produkująca systemy zamknięć czy TRW produkujące m.in. systemy bezpieczeństwa, w swoich podręcznikach dla dostawców [124], [110], obligują dostawców do przedkładania PPAP wg najnowszej wersji tego podręcznika.

Powszechnie i z coraz większym nasileniem jest obserwowalna również dyfuzja wymagań właśnie w zakresie zatwierdzania części do produkcji, wymagań ściśle do tej pory związanych z branżą motoryzacyjną, na inne branże.

Dobrym przykładem może być szwedzka firma Husqvarna, światowy lider m.in. w produkcji maszyn dla ogrodnictwa. Firma ta, śladem branży motoryzacyjnej, również opracowała podręcznik dla dostawców „The Quality Assurance Process for Suppliers to Husqvarna Group”[126], w którym swoje wymagania odnośnie PPAP dla dostawców definiuje w sposób następujący: "Wszystkie działania w PPAP muszą być wykonane przez dostawcę przed rozpoczęciem seryjnych dostaw do Husqvarna (...). Husqvarna zawsze wymaga od dostawcy, aby przedkładając PPAP wszystkie jego składniki były wzięte pod uwagę, zgodnie z przyjętym poziomem przedłożenia (...). Poziom 3 przedłożenia PPAP powinien być przyjmowany jako domyślny, o ile inaczej nie wyspecyfikowano w zamówieniu”. O rozwoju i wysokim poziomie procedur kwalifikacji dostawców przez firmę świadczy fakt, iż w swoim podręczniku dla dostawców firma nie

powołuje się na podręcznik referencyjny PPAP wg AIAG [120] lecz sama definiuje wymagania PPAP dla dostawców, w tym poziomy przedłożenia oraz wymagane dowody przedłożenia. Wspecyfikowane przez firmę wymagane dowody przedłożenia są podobne do pozycji określonych w PPAP wg AIAG, natomiast wprowadzono aż 7 możliwych poziomów przedłożeń[74].

Proces zatwierdzania części do produkcji PPAP, stał się praktyką powszechnie stosowaną i sprawdzoną. Stosowanie tego podejścia zabezpiecza już na wstępie uruchomienie produkcji, definiując jednocześnie reguły dostarczania części zgodnych, będąc swoistego rodzaju jakościowym przygotowaniem procesu produkcyjnego.

Wymagania jakościowe niezbędne do przedłożenia klientowi w celu uzyskania statusu – „PPAP zatwierdzony” jeśli wykonane poprawnie i z pełnym zaangażowaniem pracowników, którzy gruntownie przeanalizują nowo wdrażany proces są w stanie zabezpieczyć go przed powstawaniem ewentualnych braków jeszcze przed seryjną produkcją. Takie działanie jest niezmiernie istotne szczególnie teraz bo klienci zaczynają definiować poziom akceptowalnych braków u swoich dostawców na poziomie 0 ppm[22]. W dobie wszechobecnej konkurencji dostawcą nie pozostaje nic innego jak tylko „starać” się ten wymóg spełnić. W osiągnięciu celu mają pomóc nie tylko wdrożone już zapewne systemy jakościowe ISO, ale także wdrożenie specjalnych wymagań klienta wraz z dodatkowymi wymaganiami jak np. zatwierdzanie części przed uruchomieniem seryjnym. Strategia oparta na produkowaniu i wykrywaniu niezgodności już dawno odeszła do lamusa, a zastąpić ją ma strategia prewencji w którą to wpisuje się omawiana procedura PPAP. Prewencja PPAP polegać ma na wykorzystaniu narzędzi i metod jakościowych które mają za zadanie opisać i „zabezpieczyć” proces oraz dostarczanie części zgodnych do klienta jeszcze zanim rozpocznie się produkcja seryjna. Zdefiniowanie „detalu” akceptowalnego schodzącego z próbnej partii seryjnej (ze zdefiniowanego i przeanalizowanego procesu) jeszcze przed startem serii do klienta ustala „reguły dostarczania detali zgodnych”. Takie zdefiniowanie pozwala później w razie jakichkolwiek problemów i w kwestiach spornych co do zgodności części mieć punkt odniesienia zarówno w próbie jak i dokumentacji procesowej, którą klient ma w postaci dokumentacji PPAP. Zgromadzona wiedza ma za zadanie pomóc w szybszym dojściu do źródła problemu, ewentualnych korektach procesu i wprowadzeniu dodatkowych zabezpieczeń. Pomóc w tym mają kolejne dowody jakościowe – „składniki” PPAP, będące metodami i narzędziami jakościowymi, powszechnie zwanymi „core tools PPAP” jak: Flow Chart opisujący już na wstępie jak proces będzie przebiegał, z wykorzystaniem jakich

maszyn/urządzeń będzie produkowany wyrób oraz definiując kolejność operacji. Następnie przeprowadzona analiza potencjalnych wad i przyczyn ich występowania czyli FMEA ma za zadanie dać pełny obraz potencjalnych zagrożeń w poszczególnych krokach procesu, jak i wskazać źródła ich występowania i poprzez wprowadzenie niezbędnej prewencji ograniczyć lub całkowicie wyeliminować ich istnienie. Zdefiniowane potencjalne procesowe zagrożenia zapisane zostają do Planu Kontroli, będącego swoistego rodzaju kartą kontrolną procesu. Zadaniem Planu Kontroli jest badać wyrób w ciągu trwania procesu, a poprzez kontrolę wskazanych charakterystyk wykrywać ewentualne niezgodności i przez to odpowiednio wcześniej reagować konkretnymi działaniami korygującymi oraz zabezpieczającymi „wydostaniu się” wyrobów niezgodnych. Sprawdzeniem zasadności ustalonej w Planie Kontroli techniki pomiarowej jest wykonanie testu %R&R będącego narzędziem metody MSA (Analizy Systemu Pomiarowego) na urządzeniach pomiarowych dla wybranej lub wskazanej przez klienta charakterystyki wyrobu. Następnie ustaleniu podlega czy proces jest zdolny oraz stabilny. Dokonuje się tego za pomocą narzędzi SPC jak karty kontrolne oraz wskaźnik zdolności procesu w tym m.in. C_{pk} . Opisane metody jakościowe dają pełny obraz wdrażanego procesu, a odpowiednio wykorzystane są w stanie zapewnić pełną kontrolę procesu. Metody te zostaną bliżej przedstawione w kolejnym rozdziale pracy.

2.5. Główny metody zapewnienia jakości w projektowaniu i przygotowaniu produkcji

2.5.1. Flow Chart

Schemat przebiegu procesu, schemat blokowy procesu, layout procesu to powszechnie znana metoda jako flow chart. Jest to graficzne przedstawienie (mapowanie) funkcjonowania procesu lub zespołu procesów/ operacji wraz z ich wzajemnym powiązaniem. Stanowi uporządkowany obraz struktury procesów ich wzajemnych relacji i powiązań uwzględniający kolejność realizacji poszczególnych czynności w procesie.

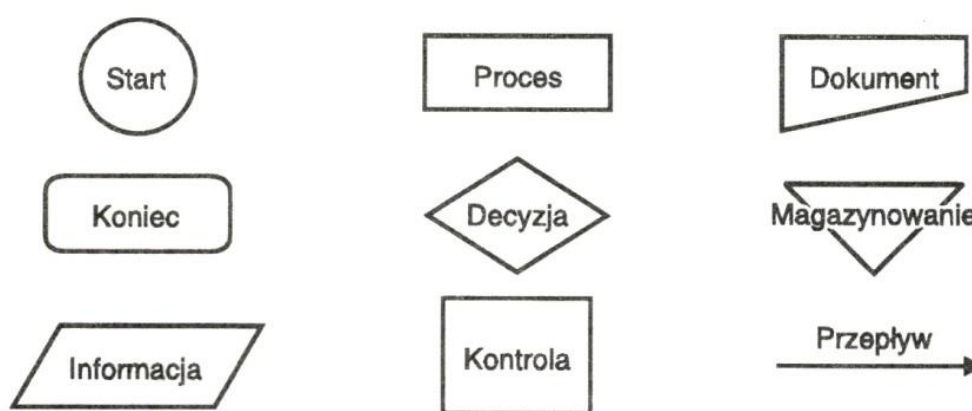
Celem budowy schematów blokowych jest przedstawienie w określonej kolejności działań w danym procesie pod kątem:

- logiczności;
- uporządkowania;

- efektywności;
- wystarczalności[55].

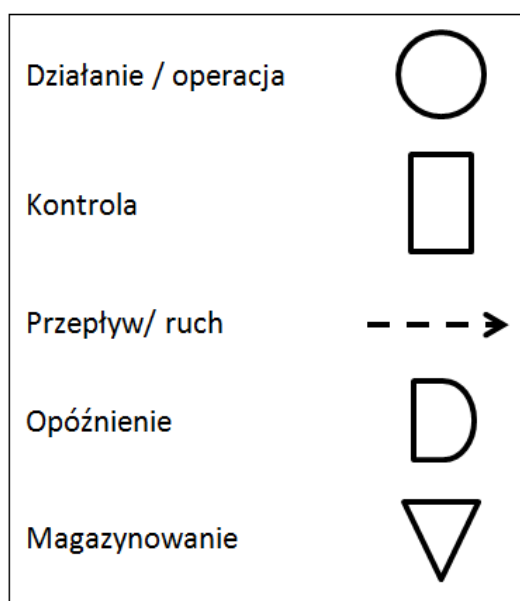
Podręcznik PPAP [22] definiuje, iż organizacja musi posiadać schemat przebiegu procesu w formacie określonym przez klienta, który jasno opisuje etapy procesu produkcyjnego wraz z przypisaniem do nich wymagań klienta (dotyczących wyrobu i procesu, zarówno jego parametrów jak i metod sterowania/kontroli). Do opisu kolejnych operacji w procesie stosuje się graficzne symbole uzgadniane z klientem. Istnieje wiele konwencji opisu graficznego przepływu (kroków) procesu[22].

Jedną z koncepcji symboli używanych do obrazowania schematu przebiegu procesu produkcyjnego przedstawia poniższy (Rys.2.15).




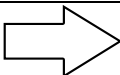
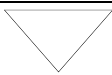
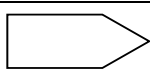
Rys.2.15 Przykład symboli używanych do opisu procesu [55]

Inna z koncepcji sugeruje użycie symboli w następującej konwencji:



Rys.2.16 Symbole używane do opisu procesu[83]

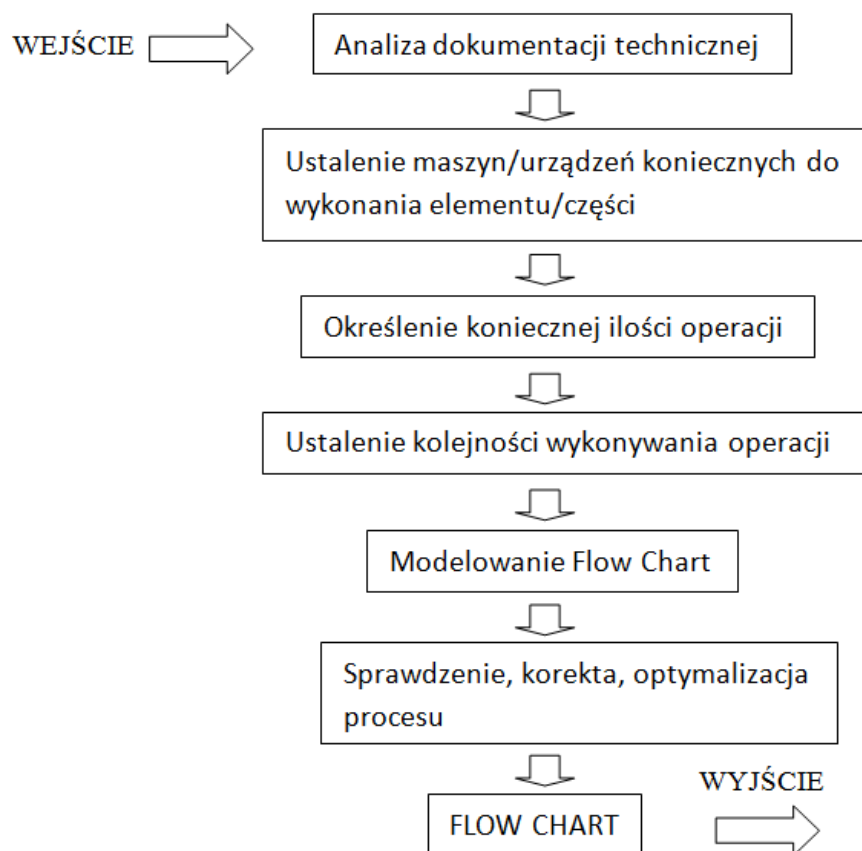
Bardzo często klienci, których zamierzeniem jest unifikacja dokumentacji wpływającej od swoich dostawców, opracowują swoje własne standardy przedstawiania Flow Chart, obligując dostawców do ich przedstawiania na własnych drukach. Dostawca bardzo często więc poza własną dokumentacją procesową, tworzy dodatkową, spełniając tym samym specjalne wymagania klienta. Przykładem standardu przedstawiania Flow Chart, narzuconym przez jednego z dostawców Tier 1, są przedstawione poniżej symbole definiujące etapy procesu:

Proces	Transport	Magazynowanie	Bezczynność
			

Rys.2.17 Przykład symboli używanych do opisu procesu przez jednego z dostawców TIER1

Pierwszym krokiem przy tworzeniu mapy przepływu procesu jest analiza dokumentacji technicznej, gdzie rysunek poddawany jest studium wykonalności. W zależności od typu elementu ustalone w pierwszej kolejności zostaje na jakich urządzeniach czy też maszynach występujących w parku maszynowym dostawcy będzie można przeprowadzić produkcję/ montaż. Następnie zakłada się wstępnie w ilu/jakich operacjach wykona się dany element, po czym ustala się kolejność wykonywania operacji. Mając założenia co do procesu, wstępnie można zamodelować proces za pomocą Flow Chartu. Używając symboli uzgodnionych z klientem definiuje się poszczególne operacje począwszy od przyjęcia surowców/materiałów/podkomponentów, poprzez ich magazynowanie, wydanie materiałów z magazynu na produkcję/montaż, następnie poprzez wszystkie kolejne operacje/procesy produkcyjne/montażowe, aż po kontrolę jakości wyrobu gotowego, skończywszy na magazynowaniu lub wysyłce z magazynu wyrobów gotowych do klienta. Tak zamodelowany proces poddaje się następnie analizie pod kątem jego kompletności i możliwości dokonania optymalizacji. Istnieje bowiem możliwość, że podczas tworzenia mapy procesów zidentyfikowane zostaną miejsca/ operacje gdzie marnotrawiony jest czas lub istnieje zagrożenie, iż wyroby niezgodne dostarczone zostaną do kolejnego procesu, lub nastąpi pomieszanie wyrobów w poszczególnych operacjach. Dobrą praktyką jest również ponumerowanie poszczególnych operacji w procesie. Naniesione zmiany tworzą gotowy Flow Chart procesu.

Opisane kroki przy tworzeniu Flow Chart można przedstawić procesowo za pomocą algorytmu, zobrazowanego na (Rys.2.18).



Rys.2.18 Model tworzenia Floch Chart [22]

Posiadając Flow Chart, można następnie przejść do analizy potencjalnych wad (wyrobu/procesu) i przyczyn ich występowania. Ten następny krok procesu PPAP jest niezbędny dla określenia z jakimi potencjalnymi ryzykami dla wyrobu lub procesu możemy mieć do czynienia w trakcie realizacji produkcji. Metodą jakościową wykorzystywaną powszechnie do tej analizy jest FMEA [119], będące kolejnym krokiem w procesie PPAP.

2.5.2.FMEA

Metoda FMEA [119] jest wykorzystywana do identyfikacji potencjalnych wad i wywołujących je przyczyn, które mogą ograniczać właściwe funkcjonowanie wyrobu, zmniejszać wydajność i skuteczność procesów realizacji produktów, narażać użytkowników wyrobów lub odbiorców usług na straty lub nawet utratę zdrowia lub życia.

FMEA jest metodą która odpowiada na szereg pytań:

- co może się nie udać?

- jak może się to nie udać?
- jak często może się to nie udać?
- jakie są skutki wad?
- jakie są konsekwencje wad związanych z niezawodności/ bezpieczeństwa?[8].

Odpowiedź na te pytania uzyskuje się poprzez szacowanie, przez wykorzystanie wiedzy i doświadczenia zespołu prowadzącego projekt FMEA – ryzyka pojawienia się w wyrobie lub procesie wad, identyfikacji ich przyczyn oraz opisie wskaźników ryzyka: znaczenia skutków (Severity), prawdopodobieństwa przyczyn (Occurrence) i wykrywalności przyczyn lub wad (Detection). W wyniku wykonanej analizy ryzyka zespół przedstawia propozycje działań zapobiegawczych.

Analiza oceny może mieć dwa kierunki działania. Po pierwsze, przy użyciu danych historycznych, może być przeprowadzona analiza podobnych danych dla podobnych produktów i/lub usług, danych z gwarancji, reklamacji klientów, oraz wszystkich innych odpowiednich dostępnych informacji w celu określenia błędów. Po drugie dla identyfikacji i określenia błędów mogą być użyte wnioskowanie statystyczne, modelowanie, symulacje, inżynieria współbieżna i inżynieria niezawodności[8]. Podręcznik PPAP [120] wskazuje, iż organizacja musi opracować FMEA konstrukcji (jeśli dotyczy) i FMEA procesu zgodnie z i stosowanie do wymagań specyficznych klienta.

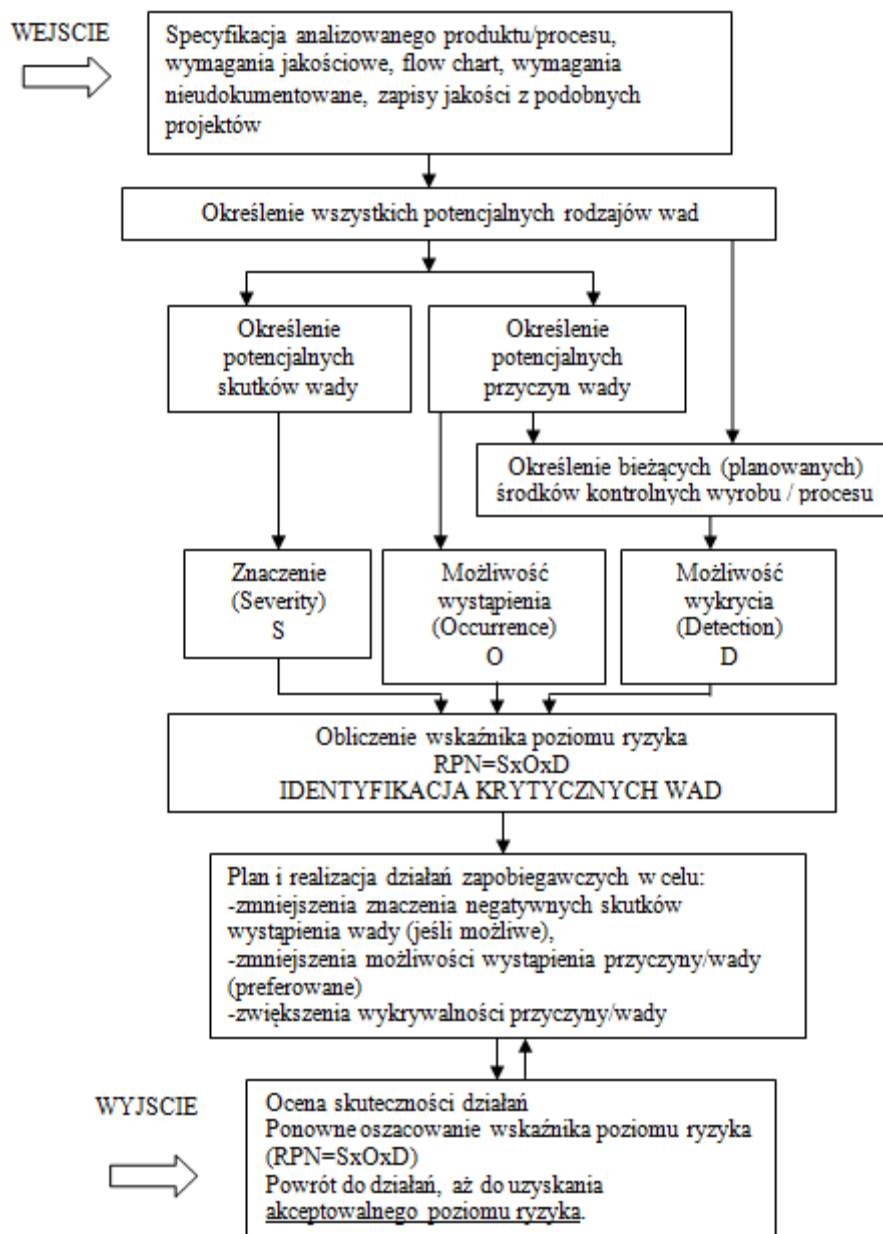
Przed przystąpieniem do analizy FMEA konieczne jest utworzenie zespołu składającego się z przedstawicieli różnych funkcji / działów przedsiębiorstwa (jakość, konstrukcja, R&D, produkcja, kontrola jakości, zakupy). Ważnym jest, aby członkami zespołu byli eksperci w danej działalności przedsiębiorstwa.

W praktyce okazał się być korzystny, sposób realizacji FMEA pod nadzorem moderatora FMEA, który jest zaznajomiony z metodycznego postępowania tej procedury. W ten sposób, można uniknąć czasochłonnych dyskusji dotyczących tej metody[3]. Zadaniem moderatora jest prowadzenie i organizowanie pracy grupy. Analizę FMEA dokumentuje się na znormalizowanym formularzu (najpopularniejszy wzór formularza znajduje się w podręczniku referencyjnym FMEA[119]).

Pierwszym krokiem analizy jest zidentyfikowanie wszystkich elementów, funkcji i wymagań dla badanego wyrobu i/lub procesu (w zależności od zakresu FMEA). Następnie określa się, jakie wady mogą wystąpić w analizowanym zespole elementów lub działań w procesie. Wady należy opisywać jednoznacznie, w powiązaniu nie tylko ze specyfikacją, ale także odnosząc się do wymagań nieudokumentowanych i domniemanych.

Kolejnym krokiem jest określenie potencjalnych skutków wad dla elementów wyrobu i procesu oraz dla użytkownika. Następnie określeniu podlegają przyczyny wad, często z użyciem dodatkowych narzędzi, takich jak burza mózgów, diagram Ishikawy czy zasada 5Why. Mając określone rodzaje wad, ich potencjalne skutki i przyczyny przystępuje się do kolejnego kroku analizy, który dotyczy wykrywalności. Określeniu podlega jakie obecnie planuje się, lub stosuje się środki do wykrycia danej wady lub jej przyczyny w procesie konstruowania lub procesie wytwarzania wyrobu (w zależności od zakresu analizy). Analiza ryzyka zmierza do wyznaczenia tzw. liczby priorytetowej ryzyka – wskaźnika RPN (ang. Risk Priority Number), będącego iloczynem znaczenia wady – (ang. Severity), występowania przyczyny – (ang. Occurrence) i wykrywalności wady oraz jej przyczyny – (ang. Detection). Wskaźnik RPN służy jako główne kryterium podejmowania decyzji dotyczących potrzeby wdrażania działań zapobiegawczych (próg reagowania), choć wytyczne ostatniej czwartej edycji FMEA[119], wydanej przez AIAG, wskazują nieco inne zasady podejmowania decyzji, bez uwzględniania RPN. Działania zapobiegawcze powinny być przede wszystkim nastawione na zmniejszenie prawdopodobieństwa wystąpienia przyczyny wady, w drugiej kolejności dopiero na zwiększenie prawdopodobieństwa wykrycia wady lub jej przyczyny. Do wprowadzanych działań zapobiegawczych wyznacza się osobę odpowiedzialną wraz z wskazaniem terminu realizacji. Po wdrożeniu działań i ich walidacji ponownemu obliczeniu podlega wskaźnik RPN, co pozwala określić potrzebę podjęcia dalszych działań zapobiegawczych lub uznać się ryzyko za akceptowalne.

Proces wykonywania analizy FMEA można przedstawić za pomocą algorytmu, zobrazowanego na (Rys.2.19).



Rys.2.19 Proces tworzenia FMEA[22]

Wg [83] jeśli analiza FMEA została przeprowadzona właściwie to powinna ona prowadzić do:

1. pewności, że wszystkie ryzyka zostały wcześniej zidentyfikowane i odpowiednie akcje zostały podjęte;
2. priorytyzacji i racjonalizacji działań dla poprawy procesu;
3. redukcji odpadu, napraw i kosztów produkcji;
4. ochrony wiedzy o produktach i procesach;
5. eliminacji ryzyka podczas użytkowania i kosztów gwarancji;
6. udokumentowania zagrożeń i działań dla przyszłych projektów i lub procesów;

7. identyfikacji potencjalnych wad;
8. identyfikacji potencjalnych skutków wad;
9. oceny znaczenia każdego skutku;
10. określenia potencjalnej przyczyny wady począwszy od najwyższego stopnia ważności;
11. identyfikacji mocnych stron lub kontroli, które zapobiegają występowaniu awarii;
12. identyfikacji działań naprawczych niezbędnych do zapobiegania lub łagodzenia awarii lub wcześniejsze zwiększenie prawdopodobieństwa wykrywania uszkodzeń;
13. ustanowienie priorytetu dla projektowych działań doskonalących.

Wynikiem opracowanego FMEA jest analiza i identyfikacja potencjalnego ryzyka. Ustalony zostaje ranking zagrożeń, zidentyfikowane zostają zagrożenia krytyczne. Ustalony i wykonany zostaje plan działań zapobiegawczych. Ustaleniu podlegają środki kontrolne dla procesu produkcyjnego. Wszystkie te dane zostaną wykorzystane przy budowie Planu Kontroli.

2.5.3. Plan kontroli

Jak wspomniano, celem opracowania FMEA jest identyfikacja możliwych wad i wywołujących je przyczyn, które mogą niekorzystnie wpływać na wyrób finalny. Jednocześnie celem FMEA jest również wyznaczenie tych właściwości materiałów, komponentów i wyrobu oraz tych parametrów procesu, które mają istotny wpływ na bezpieczeństwo, jakość, koszty produkcji czy eksploatacji wyrobu – tzw. „właściwości specjalnych”. Wyznaczone za pomocą FMEA właściwości specjalne oraz inne, wybrane przez zespół, muszą podlegać nadzorowaniu i kontroli, zarówno na etapie produkcji próbnej, jak i po uruchomieniu produkcji seryjnej. Aby jednoznacznie zdefiniować wszystkie przewidziane już na etapie FMEA kontrole i przekazać te informacje osobom odpowiedzialnym za ich organizację i realizację, opracowuje się Plan Kontroli, zawierający wszystkie kontrolowane właściwości, miejsca i metody ich kontroli, osoby odpowiedzialne oraz wymagania dotyczące reagowania w przypadku wykrycia niezgodności. Plan kontroli jest integralną częścią podręcznika referencyjnego Advanced Product Quality Planning and Control Plan [104].

Wymagania co do konieczności stosowania Planów Kontroli, zawarte są już w normie ISO/TS 16949[113], zgodnie z którą organizacja powinna:

- sporządzić plany kontroli na poziomie systemu, podsystemu, komponentu i/lub materiału do dostarczanego wyrobu, w tym również takie plany dla

procesów, w trakcie których produkowane są zarówno materiały masowe jak i części;

- posiadać plan kontroli dla fazy produkcji przedseryjnej i seryjnej, który uwzględnia dane wyjściowe z FMEA projektu i FMEA procesu produkcyjnego.

Natomiast, podręcznik PPAP[120] narzuca wymagania, aby organizacja posiadała Plan Kontroli, który określa wszystkie metody stosowane dla kontroli wyrobu/procesu zgodnie z wymaganiami specyficznymi klienta.

Plan Kontroli opracowuje zespół interdyscyplinarny w składzie podobnym do zespołu, który opracował analizę FMEA dla procesu produkcyjnego. Dla kolejnych operacji procesu produkcyjnego (zgodnie z Flow Chart) dokonuje się przeglądu wymagań klienta dotyczących kontroli wyrobu/procesu oraz kontroli zdefiniowanych już w uprzednio wykonanej analizie FMEA procesu. Pod uwagę brane są również doświadczenia zespołu z poprzednich podobnych projektów. Szczególną uwagę zwraca się przy tym na właściwości specjalne wyrobu/procesu.

Wprowadzając kolejne informacje do Planu Kontroli uzupełnia się te dane, których brak w FMEA czy wymaganiach klienta, szczególnie: doprecyzowuje się specyfikacje (wymagane wartości dla kontrolowanych właściwości wraz z tolerancjami lub odwołaniem do dokumentu zewnętrznego), metody kontroli (np. wskazanie na konkretne systemy pomiarowe, zdefiniowanie częstości kontroli i wielkości próbki, wykonawcę kontroli). Ponadto uwzględnia się również metody sterowania (np. wskazanie planowanych metod statystycznych, m.in. SPC), ewentualne wymagania dotyczące zapisów (ręcznie – wskazując formularz czy zapis automatyczny) oraz definiuje się plany reagowania w przypadku gdy kontrola wskaże niezgodność. Plan reagowania może być odwołaniem do instrukcji lub może być kompletną listą czynności do wykonania przez osobę odpowiedzialną za daną kontrolę. Plan reagowania powinien specyfikować zarówno działania korekcyjne (postępowanie z wyrobem niezgodnym) jak i działania korygujące (próba identyfikacji i usunięcia przyczyny niezgodności).

Dobierając konkretne metody kontroli należy kierować się ogólnie znanymi zasadami racjonalnego doboru przyrządów pomiarowych oraz mieć na uwadze, iż wskazane w Planie Kontroli metody, przyrządy, sprawdziany będą podlegały walidacji metodami MSA[116].

Dobłą praktyką jest konsultacja z klientem i przedstawienie mu propozycji dotyczących kontrolowanych właściwości. Praktyka pokazuje, iż następują wtedy ważne

uzgodnienia techniczne między klientem a dostawcą, zarówno jeśli chodzi o kontrolowane właściwości, jak i metody i częstotliwości kontroli czy wielkości pobieranych próbek. Wszelkie zmiany w planowanej kontroli powinny znaleźć swoje odzwierciedlenie w FMEA w postaci kolejnej aktualizacji analizy.

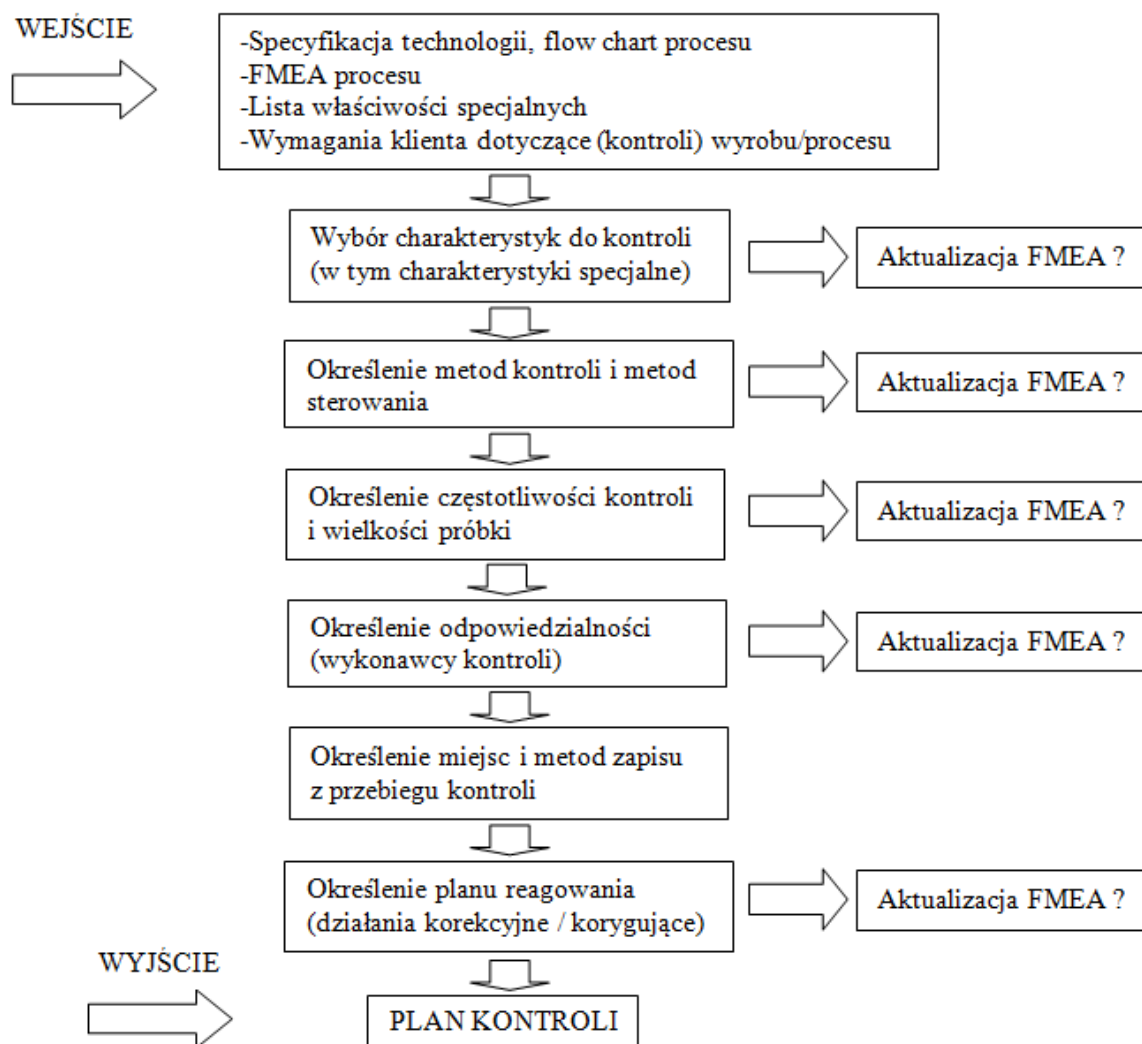
Norma [113] daje wytyczne w zakresie sporządzania planów kontroli, definiując minimum elementów które muszą się w nim znaleźć, wśród nich są:

- a) dane ogólne
 - numer planu kontroli,
 - datę wydania i nowelizacji, jeżeli miała miejsce,
 - informację o kliencie (patrz wymagania klienta),
 - nazwę organizacji/ określenie lokalizacji,
 - numer(y) wyrobu,
 - nazwę/ opis wyrobu,
 - stan zmian konstrukcyjnych,
 - rodzaj fazy (faza prototypu, produkcji przedseryjnej, seryjnej),
 - dane osoby udzielającej informacji,
 - numer etapu części/ procesu,
 - nazwę procesu/ opis operacji;
- b) nadzór nad wyrobem
 - charakterystyki specjalne/ właściwości specjalne wyrobu,
 - inne właściwości nadzorowane (numer, wyrób lub proces),
 - specyfikacja / tolerancja
- c) nadzorowanie procesu produkcji
 - parametry procesu,
 - charakterystyki specjalne / właściwości specjalne procesu,
 - maszyny, przyrządy obróbkowe, uchwyty przedmiotu obrabianego, narzędzia do produkcji,
- d) metody
 - technikę pomiaru,
 - zapobieganie błędom,
 - liczności próbki i częstotliwość jej pobierania,
 - metodę nadzoru;
- e) plan reagowania i działania korygujące
 - plan reagowania (podany lub powołany),

-działania korygujące.

Najpowszechniej stosowany (nie tylko w branży motoryzacyjnej) formularz Planu Kontroli przedstawiony jest w podręczniku referencyjnym APQP[104].

Opracowanie Planu Kontroli można przedstawić za pomocą sekwencji następujących po sobie działań (Rys.2.20).



Rys.2.20 Proces tworzenia Planu Kontroli[22]

Według podręcznika APQP[104], zastosowanie metodologii Planu Kontroli, daje organizacji szereg korzyści z których wyróżnione zostały:

- redukcja strat i polepszenie jakości wyrobów podczas projektowania, produkcji i montażu. Ta strukturalna metoda dostarcza dokładnej oceny wyrobu i procesu. Plan Kontroli identyfikuje charakterystyki procesu i identyfikuje metody kontroli dla źródeł zmienności (zmienne wejściowe), które powodują zmienność w charakterystykach produktu (zmienne wyjściowe);



- koncentracja środków na procesach i wyrobach związanych z wytycznymi, które są ważne dla klienta. Właściwe rozmieszczenie zasobów dla tych głównych pozycji pomaga zredukować koszty nie obniżając jakości;
- jako żywy dokument Plan Kontroli identyfikuje i komunikuje o zmianach w charakterystykach produktu/procesu, metodach kontroli i wytycznych dokonywania pomiarów.

Opracowanie kolejnych dowodów jakościowych PPAP w kolejności Flow Chart, FMEA, Plan Kontroli pozwala na poczynienie już na wstępie projektu ważnych ustaleń dotyczących planowanego wdrażania procesu produkcyjnego. Ustalony został bowiem plan przebiegu procesu, zidentyfikowane i zmniejszone zostały zagrożenia jakościowe oraz określone zostały charakterystyki i parametry wymagające kontroli.

Do tej pory analiza procesu miała charakter teoretyczny (wyniki analiz miały wpływ na projekt procesu), teraz można przystąpić do fazy praktycznej. Kolejnym z dowodów PPAP jest bowiem przedstawienie próbki wzorcowej pobranej z wstępnej partii produkcyjnej. Z działaniami tymi związane są kolejne narzędzia/metody jakościowe tj. przeprowadzenie analizy zdolności zaproponowanych w Planie Kontroli systemów pomiarowych za pomocą metod MSA[116]) oraz ocena stabilności i zdolności jakościowej procesu produkcyjnego za pomocą SPC

2.5.4.MSA

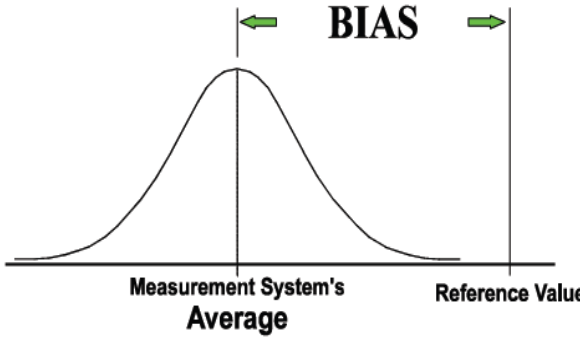
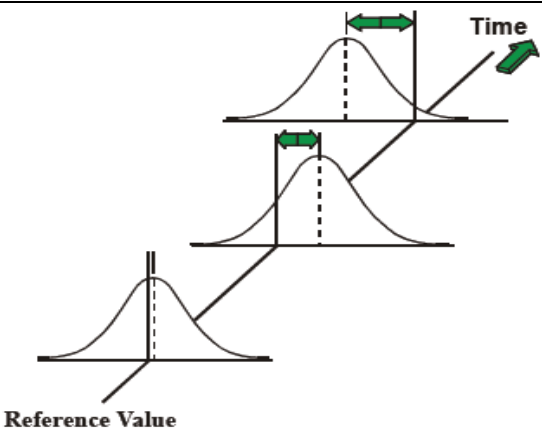
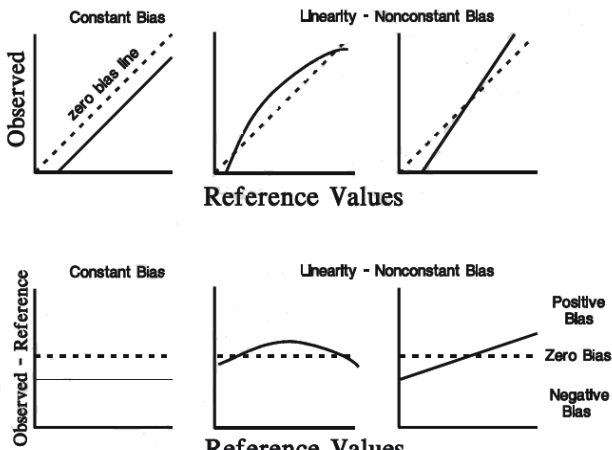
MSA, czyli Measurement System Analysis – Analiza Systemów Pomiarowych [116] jest kolejnym z podręczników referencyjnych, wydanych przez koncerny Chrysler, Ford i GM powstałym dla ujednoczenia wymagań jakościowych co do zgodności testowania (walidacji) stosowanych technik pomiarowych. Podręcznik PPAP [120] definiuje, iż organizacja musi posiadać dowody kwalifikacji dla systemów pomiarowych wymienionych w Planie Kontroli. Dowody te mają być uzyskane odpowiednimi metodami MSA, m.in. za pomocą analizy powtarzalności i odtwarzalności (R&R), niepoprawności (ang.: bias), liniowości i stabilności.

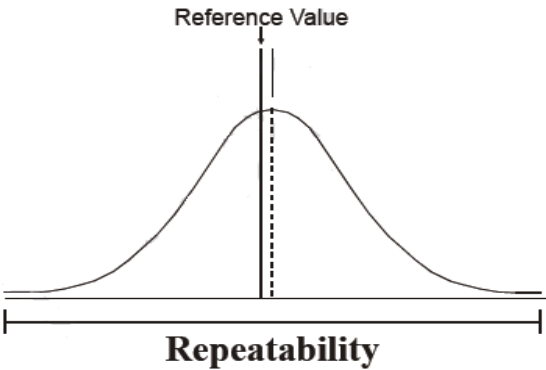
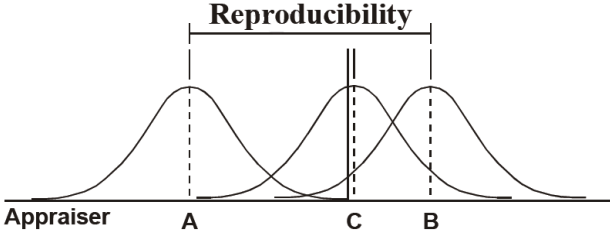
W zakres MSA wchodzi wszystkie systemy pomiarowe wymienione w Planie Kontroli z możliwymi wyjątkami [116]: systemy do pomiarów lub badań materiałów bezpostaciowych (ang.: *bulk material*) oraz systemy pomiarowe, dla których są dowody stabilności i zdolności procesu produkcyjnego, braku istotnych problemów w zakresie

Efektywność stosowania wybranych procedur w zarządzaniu przygotowaniem produkcji niepoprawności pomiarów (*ang: no bias and linearity problems*) oraz aktualnego statusu wzorcowania (*ang: calibration status*).

Zgodnie z [116] jakość systemu pomiarowego jest zwykle określana jedynie przez właściwości statystyczne, które posiadają dane produkowane przez ten system. Inne własności, jak koszt, łatwość stosowania itp. są również ważne i wpływają na ogólną przydatność zastosowanego systemu. Ale to właściwości statystyczne systemu decydują o jego jakości.

Podstawowymi charakterystykami statystycznymi do oceny systemów pomiarowych, które definiuje podręcznik [116] są:

Błąd pomiarowy - charakterystyka	Interpretacja graficzna
<p>(<i>ang. BIAS</i>) – Błąd systematyczny</p> <p>Różnica między wartością średnią uzyskanych wyników a wartością rzeczywistą (wartości wzorcowej)</p>	
<p>(<i>ang. Stability</i>) – Stabilność</p> <p>Całkowita zmienność wyników pomiarów uzyskanych za pomocą systemu pomiarowego na podstawie tego samego wzorca lub detalu (części), gdy pomiary wykonywane były w dłuższym czasie</p>	
<p>(<i>ang. Linearity</i>) – Liniowość</p> <p>Różnica wartości błędu systematycznego w określonym zakresie roboczym przyrządu pomiarowego</p>	

<p>(ang. Repeatability) – Powtarzalność</p> <p>Zmienność wyników pomiarów uzyskanych za pomocą jednego przyrządu pomiarowego, użytego kilka razy przez tego samego pracownika podczas pomiaru określonej charakterystyki tego samego detalu (części)</p>	
<p>(ang. Reproducibility) – Odtwarzalność</p> <p>Zmienność średniej wyników pomiarów przeprowadzanych przez kilku pracowników, uzyskanych za pomocą jednego przyrządu pomiarowego użytego kilka razy podczas pomiaru określonej charakterystyki tego samego detalu (części)</p>	

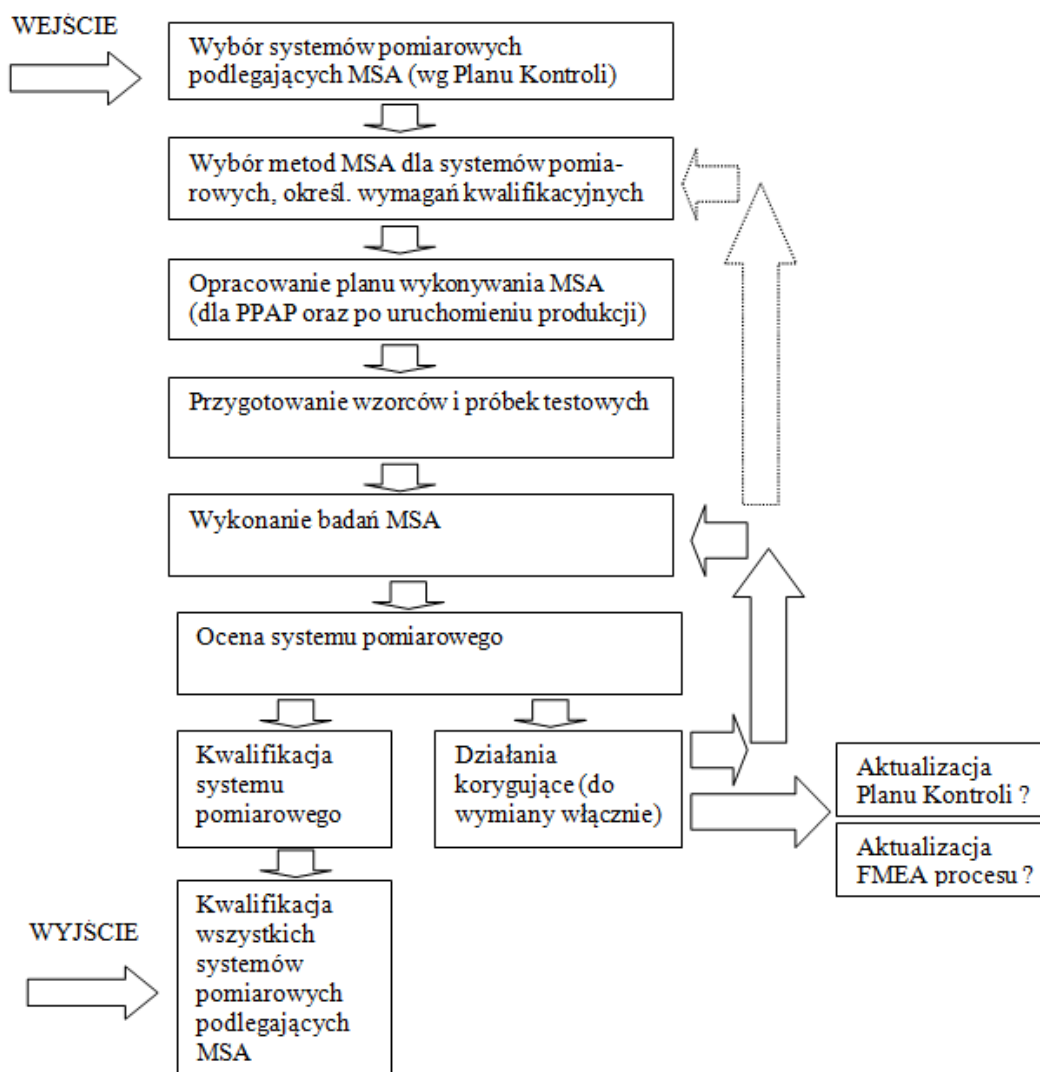
Tab.2.3 Charakterystyki statystyczne oceny systemów pomiarowych(opr. na podst.[116])

Metody MSA traktują systemy pomiarowe jako źródło dodatkowej zmienności wyników pomiarów i testów wykonywanych do oceny wyrobu lub procesu produkcyjnego. Porównują one zmienność generowaną przez system pomiarowy (błędy przypadkowe) ze zmiennością kontrolowanych charakterystyk wyrobu lub parametrów procesu, a następnie za pomocą odpowiednich wskaźników oceniają zdatność danego systemu pomiarowego do wykonywania konkretnego zadania pomiarowego, przewidzianego w Planie Kontroli. W przypadku, gdy zmienność systemu pomiarowego okaże się zbyt duża w porównaniu z oczekiwaną zmiennością kontrolowanej charakterystyki wyrobu lub parametru procesu, podejmowanie decyzji nt. jakości wyrobu i przebiegu procesu produkcji na podstawie uzyskiwanych wyników pomiarów uznaje się za mało wiarygodne[116].

Test MSA polega na wykonaniu pomiarów próbki testowej wyrobów (i/lub wzorców – w zależności od wybranej metody) w warunkach jak najbardziej zbliżonych do przewidywanych warunków pomiaru i z udziałem osób, które będą pomiar wykonywać w toku produkcji. Na podstawie uzyskanych wyników zmienność generowana przez

system pomiarowy jest dekomponowana na dwie składowe: powtarzalność, której źródłem jest przyrząd, oraz odtwarzalność, której źródłem jest na ogół wpływ różnych sposobów wykonywania pomiaru przez osoby uczestniczące w pomiarze. O ich udziale w zmienności całkowitej mówią wskaźniki, odpowiednio : %EV (Repeatability – Equipment Variation) oraz %AV (Reproducibility – Appraiser Variation). Dzięki temu jest możliwe lepsze zrozumienie i częściowa eliminacja przyczyn zmienności wpływających na wyniki generowane przez system pomiarowy. Takie dogłębne poznanie systemu pomiarowego pozwala zaplanować ewentualne działania korygujące, warunkujące zastosowanie systemu pomiarowego do określonego Planem Kontroli zadania pomiarowego. Po wprowadzeniu działań korygujących ich skuteczność powinna być zweryfikowana ponownym badaniem MSA, aż do uzyskania akceptowalnych wskaźników. Działania korygujące mogą wiązać się ze zmianą metody pomiaru lub zmianą systemu pomiarowego, co wymaga aktualizacji Planu Kontroli i ewentualnej aktualizacji FMEA. Efektem tego etapu powinno też być opracowanie harmonogramu okresowych testów MSA dla fazy produkcji seryjnej.

Proces przeprowadzania analizy MSA można przedstawić za pomocą algorytmu, przedstawionego na (Rys.2.21).



Rys.2.21 Proces oceny zdolności systemów pomiarowych[22]

Najpowszechniej w praktyce przemysłu motoryzacyjnego ocenę systemów pomiarowych w środowisku produkcyjnym przeprowadza się z użyciem wskaźnika %R&R. Na ocenę systemu pomiarowego tym wskaźnikiem poprzez wymagania określone w dokumentach CSR powołują się wprost takie firmy jak Magna [124], TRW [110] czy Nexteer [117]. Wskaźnik %R&R zawiera w sobie trzy elementy: powtarzalność (ang. Repeatability), odtwarzalność (ang. Reproducibility) systemu pomiarowego oraz zmienność mierzonego systemu (symbolizuje ją w oznaczeniu znak %, ponieważ do niej jest odnoszona wypadkowa R&R).

Wskaźnik %R&R wylicza się następujących krokach:

1. $\bar{\bar{R}}$
2. $\overline{\bar{x}_r}$

3. $EV = k_1 \cdot \bar{R}$ (EV ang. Equipment Variation) - powtarzalność

4. $AV = k_2 \cdot \bar{x}_r$ (AV ang. Appraiser Variation) - odtwarzalność

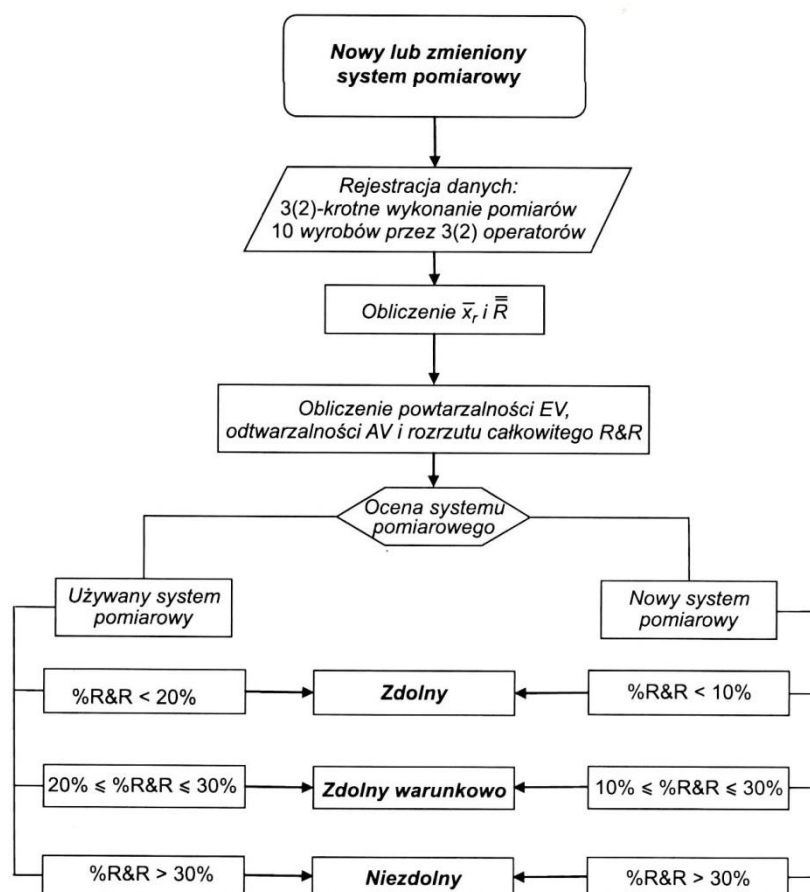
5. $R\&R = \sqrt{EV^2 + AV^2}$

6. $\%EV = 100 \cdot \frac{EV^2}{R\&R \cdot T}$ – powtarzalność procentowa w odniesieniu do tolerancji

7. $\%AV = 100 \cdot \frac{AV^2}{R\&R \cdot T}$ – odtwarzalność procentowa w odniesieniu do tolerancji

8. $\%R\&R = \%EV + \%AV$ – procentowy wskaźnik powtarzalności i odtwarzalności

Ocenę systemu pomiarowego metodą %R&R można przedstawić za pomocą schematu blokowego.



Rys.2.22 Schemat blokowy oceny systemu pomiarowego metodą R&R[77]

Po uzyskaniu dowodów zdolności przewidzianych Planem Kontroli systemów pomiarowych można uznać, iż uzyskiwane za ich pomocą wyniki pomiarów charakterystyk wyrobu lub parametrów procesu nie będą obciążone istotną zmiennością pochodzącą od samego systemu pomiarowego. A zatem przyszłe decyzje dotyczące jakości wyrobu i przebiegu procesu produkcji będą wiarygodne. Można więc przystąpić do

wstępnego badania jakości procesu produkcyjnego. W tym celu wykorzystuje się narzędzia Statystycznego Sterownia Procesem – SPC.

2.5.5.SPC

Po wykonaniu analizy FMEA, opracowaniu Planu Kontroli oraz kwalifikacji systemów pomiarowych metodami MSA można uznać, iż proces produkcyjny jest gotowy do wstępnej oceny jego zdolności i stabilności. Analiza FMEA wraz z działaniami zapobiegawczymi zapewniła redukcję ryzyka do poziomu akceptowalnego, Plan Kontroli zdefiniował wszystkie wymagane kontrole – wraz z charakterystykami specjalnymi podlegającymi monitorowaniu metodami SPC, natomiast badania systemów pomiarowych (MSA) wykazały zdolność dobranych w Planie Kontroli systemów pomiarowych do realizacji przewidzianych dla nich zadań pomiarowych. Badanie zdolności procesu produkcyjnego powinno zatem wykazać gotowość do rozpoczęcia produkcji seryjnej oraz przygotować karty kontrolne dla etapu produkcji seryjnej[22]. Pozytywne wyniki badania zdolności i stabilności procesu dla wszystkich właściwości specjalnych wyznaczonych przez klienta i organizację są kolejnym obowiązkowym dowodem w ramach PPAP. Tam gdzie nie zidentyfikowano żadnych specjalnych charakterystyk, klient na ogół zastrzega sobie prawo do zażądania wykazania wstępnych zdolności procesu w ramach na zaproponowanych charakterystykach.

Stabilność zgodnie z podręcznikiem SPC[123] jest to brak specjalnych przyczyn zmienności, właściwość mieszczona się w zakresie sterowania statystycznego. Z kolei proces stabilny to proces, który jest w zakresie sterowania statycznego. Sterowanie statyczne to stan opisujący proces, z którego zostały wyeliminowane wszystkie specjalne przyczyny zmienności i pozostały tylko zwykłe przyczyny. Zdolność procesu określana jest jako statystyczna miara zmienności naturalnej procesu w odniesieniu do danej właściwości (cechy).

Podstawą statystycznego sterowania procesem jest spostrzeżenie dokonane przez Shewharta [80], że zmienność procesu jest wywoływana przez dwa rodzaje przyczyn:

- przyczyny specjalne, czy też wyznaczalne (ang. special causes or assignable causes), pojawiające się systematycznie lub sporadycznie. Mogą być stałym elementem procesu lub pojawiać się przypadkowo. Gdy zachodzą powodują zmianę ogólną rozkładu dla procesu. Jeżeli wszystkie specjalne przyczyny zmiany nie zostaną wcześniej rozpoznane i nie podejmie się w stosunku do nich

odpowiednich działań, w dalszym ciągu będą one oddziaływały na wyjście z procesu w sposób nieprzewidywalny. Można je łatwo zidentyfikować a następnie usunąć lub ograniczyć ich działanie;

- przyczyny losowe lub normalne (ang. random causes lub common causes) nazwane też naturalnymi, czyli takimi, które są stale obecne w procesie i w zasadzie są prawie nieuniknionymi w danych warunkach. Jest ich na ogół bardzo dużo, lecz żadne z nich nie są na tyle silne, aby doprowadzić do rozregulowania procesu.

Podsumowanie różnie występujących między tymi dwom przyczynami przedstawia poniższa tabela.

	Liczba obecnych	Skutek każdej	Warte poszukiwania?
Przyczyny specjalne	Niewiele, może tylko jedna lub żadna	Znaczny	Warte poszukiwania i możliwe do znalezienia
Przyczyny losowe	Bardzo mała liczba	Niewielki	Nie warte poszukiwać

Tab.2.4 Różnice pomiędzy przyczynami[5]

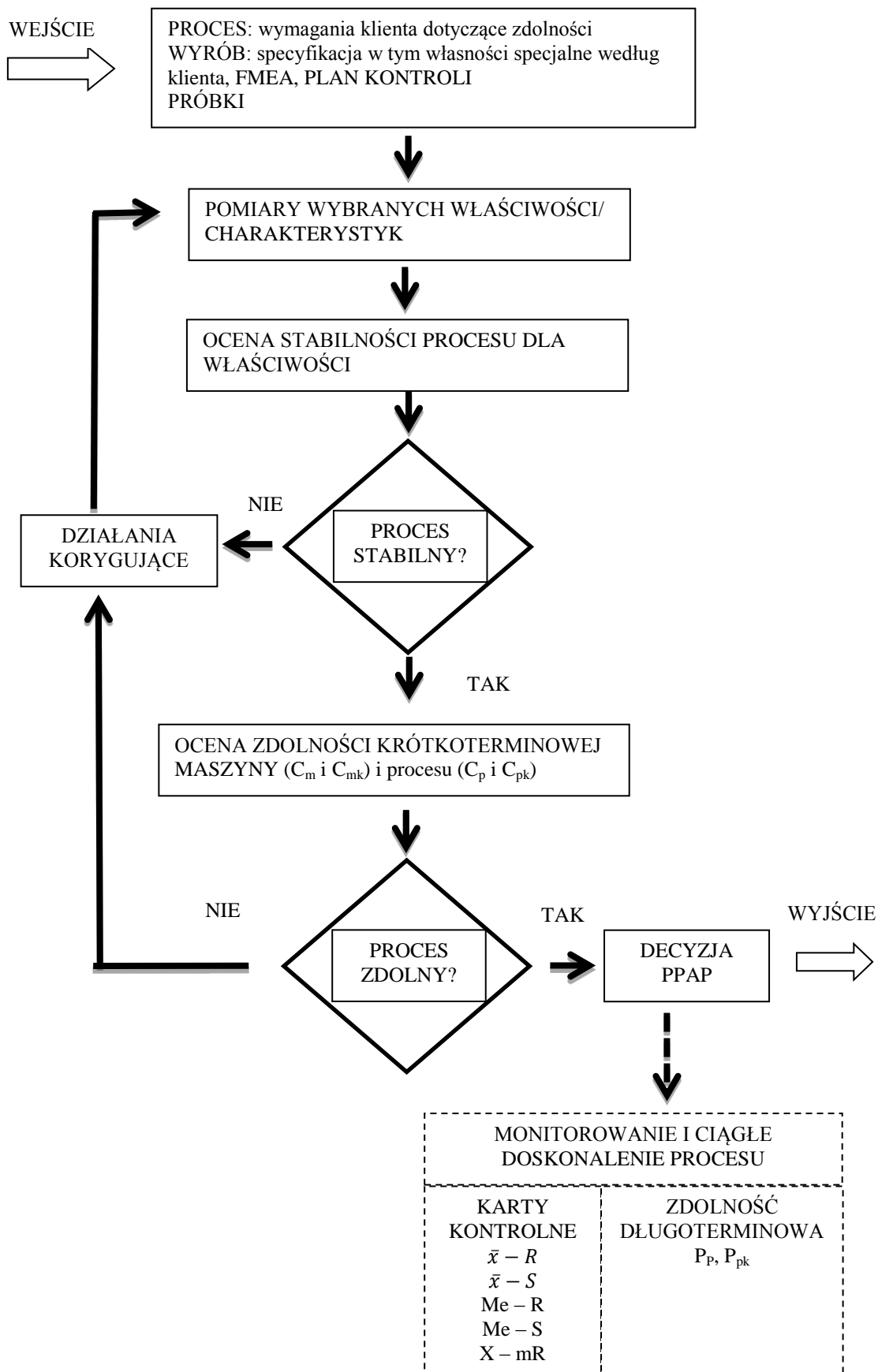
Po wprowadzeniu działań zapobiegawczych wynikających z FMEA zakłada się, że proces produkcyjny powinien wykazywać wyłącznie tzw. zmienność losową (naturalną), wynikającą z oddziaływania tzw. normalnych przyczyn rozrzutu (ang. common causes), czyli przyczyn, które nie zostały wyeliminowane na etapie FMEA. Proces w takim stanie (tzw. stanie stabilnym) powinien wykazywać losowy (przewidywalny w sensie statystycznym) przebieg na karcie kontrolnej SPC oraz posiadać odpowiednią zdolność, mierzoną wskaźnikami Cp, Cpk. Jeśli na proces zaczyna oddziaływać dodatkowy zbiór przyczyn (tzw. przyczyny dodatkowe lub inaczej: przyczyny wyznaczalne, ang. special causes lub assignable causes), powodując zwiększenie zmienności procesu (np. sporadyczne skoki wartości) lub zmianę charakteru tej zmienności (np. zmianę położenia przedziału zmienności, trend wartości lub niesymetrię przedziału zmienności) wówczas proces traci stabilność (w sensie przewidywalności zmienności) i w efekcie traci wymaganą zdolność.

Jeśli proces w czasie badania zdolności wykaże stabilność, ale nie wykaże oczekiwanej zdolności, wówczas konieczne jest wprowadzenie działań korygujących mających na celu eliminację wybranych przyczyn normalnych (ang. common causes), co wymaga ich identyfikacji, eliminacji i redukcji prawdopodobieństwa wystąpienia (poprzez aktualizację FMEA, niekiedy także Planu Kontroli) oraz ponownego wykonania badania

zdolności. Jeśli radykalna redukcja prawdopodobieństwa wystąpienia zidentyfikowanej przyczyny normalnej nie będzie możliwa, wówczas działania korygujące muszą polegać na wzmocnieniu działań kontrolnych mających na celu skuteczne wykrywanie danej przyczyny lub (najgorsza opcja) wykrywanie dopiero wady (w toku produkcji).

Jeśli natomiast proces w czasie badania zdolności wykaże odpowiednią zdolność, ale nie wykaże oczekiwanej stabilności, wówczas konieczne jest wprowadzenie działań korygujących mających na celu eliminację przyczyn dodatkowych (lub inaczej: wyznaczalnych) (*ang. special causes or assignable causes*), co wymaga ich identyfikacji, eliminacji i redukcji prawdopodobieństwa wystąpienia (poprzez aktualizację FMEA, niekiedy także Planu Kontroli) oraz ponownego wykonania badania zdolności. Jeśli radykalna redukcja prawdopodobieństwa wystąpienia zidentyfikowanej przyczyny dodatkowej (wyznaczalnej) nie będzie możliwa, wówczas działania korygujące muszą polegać na wzmocnieniu działań kontrolnych mających na celu skuteczne wykrywanie danej przyczyny lub (najgorsza opcja) wykrywanie dopiero wady (w toku produkcji). Zmiany w kontroli pociągają oczywiście za sobą konieczność aktualizacji analizy FMEA oraz Planu Kontroli.

Ocenę zdolności i stabilności procesu produkcyjnego można przedstawić jako proces następujących po sobie działań i powiązań przedstawionych na (Rys.2.23).



Rys.2.23 Proces określania stabilności i zdolności procesu[22]

Identyfikacja i eliminacja przyczyn dodatkowych (wyznaczalnych) wiąże się na ogół z prostszymi i tańszymi działaniami (zmianami) niż eliminacja przyczyn normalnych, których wybór i eliminacja pociąga za sobą dodatkowe badania (zalecane: DOE) oraz poważne zmiany w procesie produkcyjnym.

Powyżej opisane podejście, zwane Statystycznym Sterowaniem Procesem, nie jest kontrolą jakości w tradycyjnym rozumieniu, która polega na orzekaniu zgodności wyrobu ze specyfikacją (inspekcji). SPC ma zapewnić jakość wyrobu poprzez ciągłe sterowanie procesem produkcyjnym dla wybranych (już na etapie FMEA, potem przy tworzeniu Planu Kontroli) charakterystyk wyrobu lub nawet parametrów procesu.

Badanie zdolności i stabilności procesu powinno zakończyć się nie tylko uzyskaniem dowodów zdolności procesu dla wybranych charakterystyk, ale także uzyskaniem dowodów jego krótkoterminowej stabilności oraz przygotowaniem kart kontrolnych dla monitorowania i ciągłego doskonalenia procesu już na etapie produkcji seryjnej.

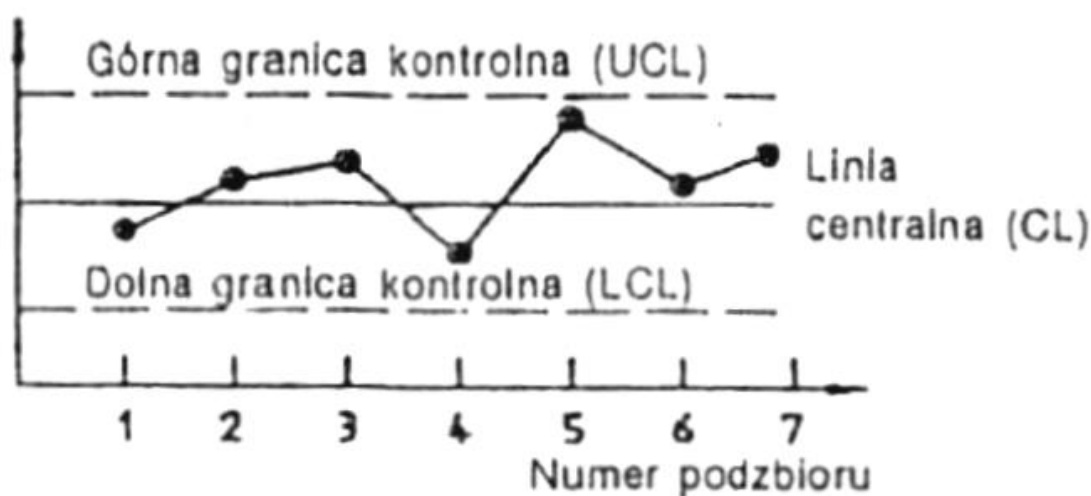
Podręcznik PPAP[120] wymaga, aby badanie procesu przeprowadzić na znaczącej (*ang. significant*) serii produkcyjnej. Za taką serię rozumie się produkcję wykonaną w czasie od jednej godziny do ośmiu godzin, obejmującą minimum 300 wykonanych po sobie części, chyba, że zostanie to inaczej określone przez upoważnionego przedstawiciela klienta. Seria produkcyjna ma być przeprowadzona na terenie przyszłej produkcji seryjnej, przy planowanym tempie produkcji oraz przy zastosowaniu rzeczywistego oprzyrządowania produkcyjnego, produkcyjnych przyrządów pomiarowych, materiałów i operatorów. Pomiarów mają być wykonane dla części wykonywanych na każdym oddzielnym procesie produkcyjnym (np. podwójnej linii montażowej i/lub komórki roboczej, każdego gniazda wielokrotnego matrycy, formy, narzędzia lub wzornika).

Najpowszechniej w praktyce przemysłowej do oceny stabilności procesu stosowana jest karta kontrolna \bar{x} -R, natomiast do wstępnej (tzw. krótkoterminowej) oceny zdolności procesu stosowane są wskaźniki Cp, Cpk. Do długoterminowej oceny zdolności procesu, już na etapie produkcji seryjnej, zalecane są wskaźniki Pp, Ppk [123], które uwzględniają wyniki pomiarów pozyskane z procesu zarówno w stanie stabilnym, jak i niestabilnym (jeśli takowy wystąpił).

Idea kart kontrolnych została opracowana przez Shewartha [80] w latach 30 XX wieku. Zadaniem kart kontrolnych jest dostarczenie w przejrzystej, graficznej formie informacji o tym, czy proces jest stabilny, oraz czy w jego przebiegu nie wystąpiły zmiany wymagające podjęcia działań korygujących bądź zapobiegawczych.

Karta kontrolna procesu (ściślej: karta regulacji procesu lub karta sterowania procesem) służy do jego nadzorowania, przez monitorowanie wartości cech procesu w celu szybkiego wychwycenia odstępstw i tym samym uniknięcia powstania dalszych wyrobów wadliwych. Taka sytuacja może mieć miejsce np. w przypadku rozregulowania maszyny lub złego jej nastawienia przez operatora. Umożliwia to ciągły (specjalny) wpływ na proces[77].

Wytyczne w aspekcie stosowania metody sterowania procesem produkcyjnym za pomocą kart kontrolnych Shewharta, są zawarte w międzynarodowej normie ISO 8258 + AC1[118]. Zgodnie z tą normą [118] karta kontrolna Shewharta wymaga danych otrzymywanych przez pobieranie próbek procesu w mniej więcej regularnych odstępach. Odstępy te mogą być zdefiniowane w kategoriach czasowych (np. w godzinach) albo ilościowych (np. każda partia). Zwykle każdy podzbiór tworzą takie same wyroby lub usługi, do mierzenia których stosuje się te same jednostki miary, a każdy podzbiór ma taką samą liczbę. Dla każdego podzbioru badana jest jedna lub więcej właściwości, takich jak średnia wartość z podzbiorów \bar{x} , rozstęp podzbiorów R lub odchylenie standardowe s . Karta kontrolna Shewharta jest wykresem wartości danej właściwości podzbioru w funkcji numeru podzbioru. Na wykresie zaznaczono linię centralną (CL) odpowiadającą wartości odniesienia przedstawianej właściwości. Karta kontrolna ma dwie określone statystycznie granice kontrolne jedną po każdej stronie linii centralnej zwane górną granicą kontrolną (UCL ang. upper control limit) i dolną granicą kontrolną (LCL ang. lower control limit). Przykład karty kontrolnej przedstawiony jest na poniższym rysunku.



Rys.2.24 Schemat karty kontrolnej[118]

Wykreślone na kartach kontrolnych punkty mają być informacjami wskazującymi na konieczność korekcji, prowadzącej do redukcji zmienności procesu technologicznego[68].

Granice kontrolne na karcie Shewharta znajdują się w odległości 3σ po każdej stronie linii centralnej, gdzie σ jest odchyleniem standardowym właściwości w każdym podziorze należącym do danej populacji.

Granice 3σ są granicami są granicami działania określają one punkt, w którym jest uzasadnione podejście działań na procesie[96].

Linie kontrolne są tak dobrane, że jeśli proces jest pod kontrolą, to prawie wszystkie z punktów mieszczą się między nimi. Tak długo jak punkty mieszczą się w granicach kontrolnych, zakłada się że proces jest w stanie kontroli, i nie są potrzebne żadne działania[61]. Jednakże punkt poza granicami kontrolnymi jest interpretowany jako dowód że proces jest poza stanem kontroli i potrzebne jest badanie oraz działania naprawcze aby wyeliminować przyczyny specjalne lub przyczyny odpowiedzialne za takie zachowanie[61].

Za pomocą karty \bar{x} -R analizuje się dwie wartości: średnią procesu \bar{x} (wartości średnie pobieranych cyklicznie próbek) oraz rozstęp R (różnicę między największą i najmniejszą wartością w próbce). Karta ta uwzględnia obie istotne miary położenia rozkładu normalnego danych: miarę położenia i zmienności. Wartość średnią w próbce, linię centralną oraz granice kontrolne karty \bar{x} określają zależności:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (2.1)$$

$$LC = \bar{\bar{x}} = \frac{\sum \bar{x}}{k} \quad (2.2)$$

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \quad (2.3)$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} \quad (2.4)$$

natomiast wartość rozstępu w próbce, linię centralną oraz granice kontrolne karty R zależnościami:

$$R = x_{\max} - x_{\min} \quad (2.5)$$

$$LC = \bar{R} = \frac{\sum R}{k} \quad (2.6)$$

$$UCL = D_4 \bar{R} \quad (2.7)$$

$$LCL = D_3 \bar{R} \quad (2.8)$$

gdzie:

\bar{x} – wartość średnia cechy w próbce,

n – liczność próbki,

$\bar{\bar{x}}$ – wartość średnia z wartości średnich w poszczególnych próbkach,

k – liczba próbek,

A_2, D_3, D_4 – współczynniki statystyczne,

R – rozstęp,

\bar{R} – wartość średnia z rozstępów w próbkach,

x_{\max} – wartość największa w próbce,

x_{\min} – wartość najmniejsza w próbce.[77]

Wymaganiem normy ISO/TS 16949 [113] jest, iż organizacja powinna utrzymywać zdolność lub wyniki procesu produkcji zgodnie z wymaganiami określonymi przez klienta dla procesu zatwierdzania części i dla procesu produkcyjnego. Specjalne wymagania klienta (ang. Customer Specific Requirement), w tym m.in. wymagania stawiane dostawcom przez takie firmy jak GM[111], Magna [124], TRW[110], Valeo[127] wskazują na konieczność zastosowania do oceny zdolności procesów wskaźników C_p i C_{pk} .

Przed wykonaniem jakichkolwiek obliczeń współczynników zdolności, proces musi zostać ustabilizowany. Proces nieuregulowany jest nieprzewidywalny i jakiegokolwiek sprawdzenie jego zdolności jest bezużyteczne[92]. Analiza zdolności procesu produkcyjnego ma odpowiedzieć na pytanie, na ile proces jest zdolny spełnić zakładane specyfikacje.

Zdolność procesu opisana jest przez wskaźnik zdolności jakościowej, który opisuje zdolność rzeczywistą procesu do wytwarzania określonej cechy w niezmienny w czasie sposób w zadanych granicach specyfikacji. Zdolność procesu ocenia jego wydajność jakościową na zasadzie porównania szerokości rozrzutu procesu z szerokością tolerancji z jednoczesnym uwzględnieniem położenia albo wyśrodkowania procesu[13].

Wartość wskaźnika C_p (wskaźnika zdolności rozrzutu procesu) wyznacza się z zależności:

$$C_p = \frac{USL-LSL}{6\sigma} = \frac{T}{6\sigma} \quad (2.9)$$

gdzie:

USL – górna granica specyfikacji (ang. Upper Specification Limit),

LSL – dolna granica specyfikacji (ang. Lower Specification Limit),

σ – odchylenie standardowe zmienności własnej procesu.

Wskaźnik C_p służy do oceny długoterminowej procesu w trakcie realizacji produkcji seryjnej, gdy proces jest ustabilizowany. Na tym etapie stosuje się kartę kontrolną (najczęściej \bar{x} -R). Wówczas odchylenie standardowe może zostać obliczone na podstawie średniej rozstępów próbek:

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (2.10)$$

gdzie:

d_2 -współczynnik statystyczny dobierany z tabeli, względem licznosci próbki n

Na etapie oceny krótkoterminowej (przed rozpoczęciem produkcji seryjnej, gdy proces może nie być ustabilizowany) odchylenie standardowe s oblicza się zgodnie ze wzorem:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2.11)$$

a wskaźnik zdolności procesu oznacza się jako P_p .

Wartość wskaźnika C_p informuje o wartości rozrzutu wyników mierzonej cechy wokół jej wartości średniej. Jest to tzw. zdolność potencjalna, bowiem nie uwzględnia ona odstępstwa średniej procesu w stosunku do granic specyfikacji. W związku z tym może się zdarzyć, że wskaźnik C_p ma wartość wysoką, a związana z nim właściwość nie będzie spełniać wymagań ustalonych liniami tolerancji. Położenie wartości średniej właściwości względem granic tolerancji uwzględnia wskaźnik zdolności jakościowej procesu C_{pk} , który jest obliczany z zależności:

$$C_{pk} = \min\{C_{pl}, C_{pu}\} \quad (2.12)$$

gdzie:

$$C_{pl} = \frac{\bar{x} - LSL}{3\sigma}, \quad C_{pu} = \frac{USL - \bar{x}}{3\sigma} \quad (2.13)$$

Przy wyznaczaniu wskaźnika C_{pk} obowiązują te same założenia co przy wyznaczaniu C_p , tzn.: na etapie oceny długoterminowej odchylenie standardowe wyznacza się z zależności σ , zaś na etapie oceny krótkoterminowej z zależności s i wskaźnik oznaczany jest wówczas jako P_{pk} .

W (Tab 2.5) przedstawiono standardowe wymagania dla wskaźników zdolności wg wytycznych PPAP[120].

Wskaźnik	INTERPRETACJA
wskaźnik > 1,67	proces akceptowalny
$1,33 \leq \text{wskaźnik} \leq 1,67$	proces może być zaakceptowany, wymagany kontakt z klientem w celu przeglądu wyników oceny zdolności
wskaźnik < 1,33	proces nieakceptowalny, wymagany kontakt z klientem w celu przeglądu wyników oceny zdolności

Tab.2.5 Wymagania PPAP dla wstępnej zdolności procesu[120]

Uzyskując w badaniu SPC zdolności procesu na wymaganym poziomie można uznać, iż proces został zaakceptowany do produkcji seryjnej. Zgodnie z wytycznymi PPAP [120] organizacja z wstępnego badania procesu, zabezpiecza określoną z klientem ilość próbek, przeprowadzając weryfikację wymiarową zgodnie z zapisem projektu oraz planem kontroli. Wyniki muszą wskazywać na zgodność z określonymi wymogami. Próbkę wzorcowe w ustalonej ilości będą elementem przedłożenia. Organizacja musi również zachować próbki wzorcowe we własnej organizacji.

W momencie ukończenia wszystkich działań PPAP, organizacja wypełnia Dowód Przedłożenia Części do Zatwierdzenia (ang. Part Submission Warranty - PSW), i składa PPAP do akceptacji klienta.

3.Wnioski z analizy literatury i praktyki produkcyjnej w zakresie jakościowego przygotowania produkcji

3.1.Jakość w przygotowaniu produkcji – analiza literatury

Istnieje szereg publikacji nt. przygotowania produkcji [m.in. 4,18,27,30,33,43,85,88,103], jednakże odnoszą się one w głównej mierze do technicznego przygotowania produkcji. Kolejni autorzy w ramy technicznego przygotowania produkcji wpisują najczęściej przygotowanie konstrukcyjne oraz przygotowanie technologiczne. W ramach przygotowania konstrukcyjnego ustalony zostaje przedmiot planowanej

produkcji m.in. poprzez zdefiniowanie jego właściwości (specyfikacji). Efektem tego etapu jest opracowanie dokumentacji wyrobu i jego ewentualnych części składowych. Dokumentacja definiuje kształt wyrobu, określa właściwości geometryczne i granice dopuszczalnych odchyłek, określa rodzaj materiału z jakiego wyrób ma być wykonany jak i stan warstwy wierzchniej.

Natomiast na etapie technicznego przygotowania produkcji ustala się następstwo wykonywanych operacji wraz z przydzieleniem do nich określonych stanowisk. Wykonuje się to na ogół w postaci schematu blokowego definiującego przepływ materiałów, komponentów, podzespołów oraz definiującego wymagania jakościowe poszczególnym etapom (operacjom) procesu. W dalszej kolejności dla każdej operacji opracowuje się szczegółową instrukcję jej wykonania ujmując niezbędne zabiegi i czynności, wraz z ustaleniem kolejności ich wykonania. Dla stanowisk przygotowuje się również (karty technologiczne, karty kontrolne itp.).

Etapy przygotowania konstrukcyjnego jak i technologicznego w analizowanych źródłach nie uwzględniały jednak pełnego zakresu koniecznych aktywności dla przygotowania produkcji. Widząc złożoność i zakres działań do wykonania w procesie przygotowania produkcji, a w szczególności braki rozwiązania kwestii organizacyjnych, [27] wyodrębnił dodatkowo etap przygotowania organizacyjnego. Zakreślone powyżej zakresy działań w etapach przygotowania konstrukcyjnego jak i technologicznego, nie uwzględniały bowiem m.in. aspektu organizacji pracy siły roboczej. Etapy te nie definiowały ilości niezbędnych pracowników do wykonywania danych operacji, nie wskazywały na niezbędne kwalifikacje personelu produkcyjnego do wykonywania tychże operacji, nie rozwiązywały wreszcie kwestii zorganizowania ewentualnych szkoleń. Przygotowanie konstrukcyjne jak i technologiczne nie rozwiązywało również kwestii organizacji stanowisk roboczych. Technolog zakładając proces technologiczny, wpływający z uwarunkowań konstrukcyjnych wyrobu, dobiera / wybiera niezbędne maszyny do wykonania określonych operacji. W podejściu konstrukcyjno-technologicznym nie rozwiązane pozostają jednak kwestie: ergonomiki stanowisk, wydajności, zachowania zasad BHP, ogólnych zasad dla rozpoczęcia produkcji, dodatkowego wyposażenia stanowisk dla realizacji założonego procesu produkcyjnego. Etap przygotowania technologicznego definiuje wprawdzie za pomocą jakich narzędzi będzie realizowana dana operacja, ale nie rozstrzyga w jaki sposób mają one trafiać na stanowisko, w jakich okresach czasu należy dokonać ich przeglądów. Podobnie rzecz ma się z materiałem wejściowym do wykonania wyrobu, również jasno sprecyzowanym przez

technologa, ale do rozwiązania pozostają kwestie kto ma dostarczyć ten materiał na stanowisko, w jakich partiach, jakimi środkami transportu, jak i gdzie odprowadzać odpady. Te właśnie kwestie powinny być regulowane na etapie organizacyjnego przygotowania produkcji.

Wyszczególnione w ramach przygotowania produkcji przez kolejnych autorów w tym m.in.[27]: przygotowanie konstrukcyjne, technologiczne oraz przygotowanie organizacyjne, nie ukazują jednak całości problematyki istniejącej w przygotowaniu produkcji. W żadnym z wymienionych etapów nie ujęta została bowiem kwestia jakości. Skoro jednak jakość jest jednym z najważniejszych elementów kształtujących przewagę konkurencyjną, a udowodnione zostało, iż koncepcja zapobiegania przeważa na koncepcją wykrywania wad, zasadnym jest uwzględnienie kwestii jakościowych już na etapie przygotowania do produkcji.

Mając na uwadze powyższe, należałoby uwzględnić już na etapie przygotowania do produkcji seryjnej m.in. w jaki sposób zabezpieczyć jakość wdrażanych do produkcji wyrobów, określić jakie potencjalne wady mogą wystąpić podczas produkcji, zdefiniować ich przyczyny oraz określić potrzebne metody ich zapobiegania. Ważnym zagadnieniem jest określenie jakie właściwości wyrobu należy poddać kontroli, z jaką częstotliwością, oraz jakimi środkami kontrolnymi należy te kontrole wykonywać, ewentualnie też: jak reagować na ewentualnie wykryte w toku procesu niezgodności, aby nie użyć / wysłać do klienta wyrobu niezgodnego. Środki kontrolne dobrane do pomiarów, należałoby poddać ocenie pod kątem ich wiarygodności pomiarowej. Wymienione zagadnienia są istotne z punktu widzenia, osiągnięcia późniejszej jakości wyrobu już w produkcji seryjnej. Jednakże aspekty te nie znalazły należytej uwagi w literaturze produkcyjnej.

Z drugiej jednak strony obszerna literatura z dziedziny zarządzania jakością w tym m.in.[10,31,32,36,41,42,46,49,54,55,58,79,87,92,94,98] opisuje koncepcje, metody i narzędzia jakościowe zalecane już w fazie projektowania wyrobu / procesu oraz w fazie produkcyjnej, dostaw i obsługi posprzedażnej. Szeroko w literaturze jakościowej ujęty jest także aspekt związany z kosztami jakości, m.in.[7,44,86,100].

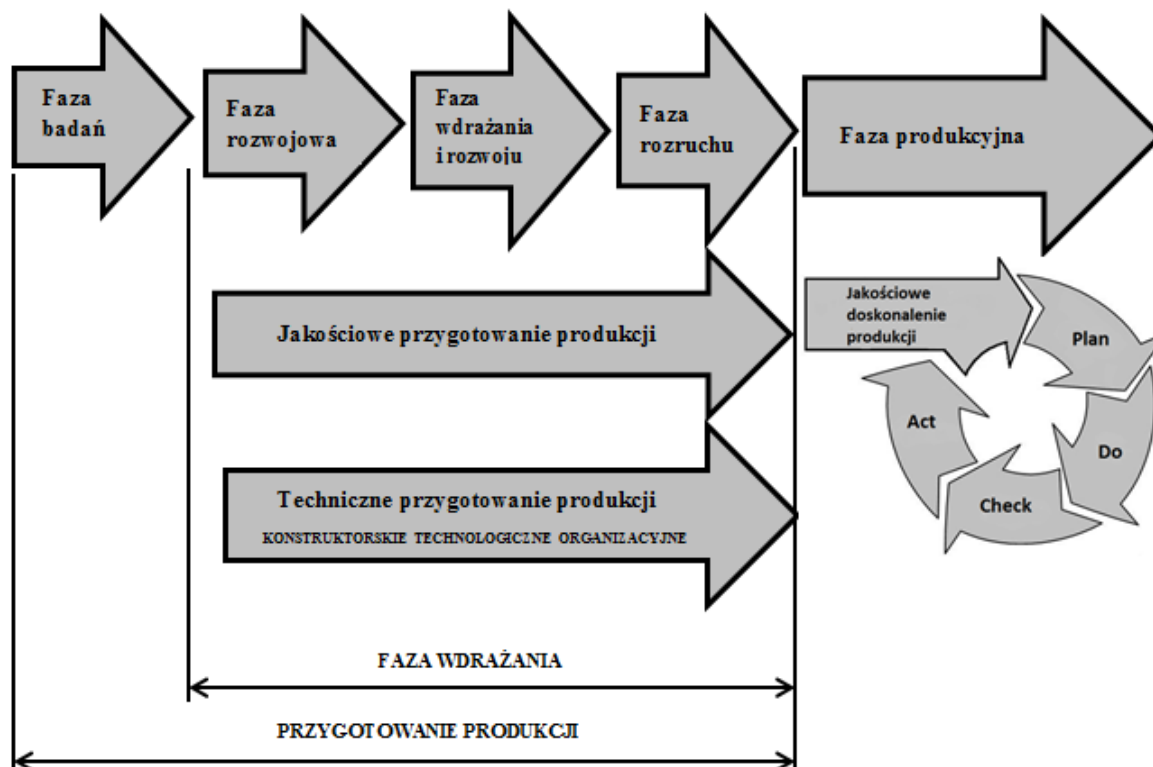
Kolejni autorzy przywołują powstałe na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat koncepcje zarządzania jakością takich autorów jak: Shewhart [80], Deming [11], Juran [40], Ishikawa [35], Crosby [9], Taguchi [90], Oakland [63], Feigenbaum [19].

Literatura jakościowa opisuje również narzędzia jakościowe z ich powszechnym podziałem na siedem tradycyjnych, zwanych również elementarnymi i siedem nowych narzędzi. Narzędzia elementarne służące do przetwarzania danych związanych z różnymi

Aspektami jakości są instrumentami nadzorowania i diagnozowania procesów projektowania, wytwarzania, kontroli oraz wszystkich działań w cyklu życia wyrobu. Ich stosowanie jest istotne z punktu widzenia podejmowania skutecznych działań w zakresie systematycznego doskonalenia jakości. Nowe narzędzia są uzupełnieniem narzędzi tradycyjnych. Ich celem jest poprawa skuteczności i efektywności zarządzania jakością, poprzez pomoc w planowaniu oraz rozwiązywaniu problemów.

Obszernie literatura jakościowa poświęca uwagę metodom wspomagającym zarządzanie jakością. Wśród powszechnie opisywanych metod są: QFD, FMEA, DOE, SPC czy MSA. Literatura jakościowa, poza opisem wymienionych poszczególnych koncepcji, narzędzi i metod nie zwraca jednak baczniejszej uwagi na etap przygotowania produkcji, nie uwzględniając tym samym aspektu jakości w przygotowaniu produkcji. Literatura formułuje ogólne zalecenia, opisuje pojedyncze narzędzia i metody, nie proponując kompleksowego ich wykorzystania w sposób procesowy („proceduralny”), czyli określający kolejne działania, ich sekwencję i wymagania dotyczące przygotowania i efektu (wejścia, wyjścia).

Z analizy literatury i dostępnych prac w zakresie zarówno produkcji jak i jakości nasuwa się wniosek, iż istnieje zauważalny brak interdyscyplinarnego podejścia produkcyjno-jakościowego w zakresie przygotowania produkcji. Przytaczany diagram jednolitego systemu przygotowania produkcji na (Rys.2.3), obrazujący złożoność procesu przygotowania produkcji, nie ujmuje w swym obrębie zagadnień jakościowego przygotowania produkcji. Diagram ten, można jednak wykorzystać, jako punkt wyjścia, uzupełniając go o problematykę jakościową. Aplikację tematyki jakości w fazę przygotowania produkcji zawiera diagram na (Rys.3.1).



Rys.3.1 System przygotowania produkcji uwzględniający aspekt jakości (opr. własne na podst.[1])

Zaproponowany diagram przygotowania produkcji (Rys.3.1) podobnie jak diagram (Rys.2.3) składa się z 2 głównych faz tj. fazy badań i fazy wdrażania podzielonej dodatkowo na fazę rozwojową, fazę wdrażania i rozwoju oraz fazę rozruchu po której następuje faza produkcyjna. Diagram jedynie sygnalizuje istnienie fazy badań stanowiącej etap, w którym następują odkrycia naukowe, poprzez m.in. publikacje naukowe. Następnie po upływie pewnego czasu producent podejmuje dalsze badania mające na celu wykorzystanie tego odkrycia i zastosowaniu go w nowym produkcie. Natomiast w zakresie fazy wdrożenia wpisująby się techniczne przygotowanie produkcji z konstrukcyjnym, technologicznym i organizacyjnym jego przygotowaniem. Diagram dopełniałoby dodatkowo jakościowe przygotowanie produkcji, przeplatające się przez fazę wdrażania. Działania jakościowe nie kończyłyby się z uruchomieniem produkcji seryjnej, a miałyby w dalszym ciągu swą kontynuację w fazie produkcyjnej, jako jakościowe doskonalenie produkcji. Każdy proces powinien bowiem zgodnie z dobrą praktyką procesową podlegać ciągłemu doskonaleniu. Stan taki wpisująby się w pętlę Deminga, zawierającą planowanie działań doskonalących, ich wykonanie, sprawdzenie ich skuteczności oraz dokonanie ewentualnych korekt. Działania zmierzające do doskonalenia procesu mogą być

realizowane m.in. za pomocą narzędzi i metod jakościowych takich jak: Kaizen, Six Sigma, FMEA czy SPC.

3.2. Jakość w przygotowaniu produkcji – praktyka przemysłowa

Przemysł rozwinął własne koncepcje tego zagadnienia. Rozwój tych koncepcji, nierozzerwalnie związany był z rozwojem międzynarodowych standardów w zakresie zarządzania jakością i można go rozpatrywać dwupłaszczyznowo.

Z jednej bowiem strony rozwinęła się seria norm ISO 9000, ustanowiona w 1987 roku przez Międzynarodową Organizację Normalizacyjną (ISO – International Organization for Standardization). Normy serii ISO 9000 mają zastosowanie w każdym rodzaju działalności w tym i produkcyjnej, bez ograniczeń co do jej specyfiki a także niezależnie od wielkości przedsiębiorstwa. Najpopularniejsza norma serii ISO 9000 to norma ISO 9001, będąca zbiorem wymagań koniecznych do spełnienia w celu uzyskania certyfikatu zgodności systemu zarządzania jakością z jej wymaganiami. Norma jest ukierunkowana na zrozumienie i spełnienie wymagań klienta, przyjęcie podejścia procesowego, dostarczanie wyników skuteczności procesów oraz ich ciągłe doskonalenie, w oparciu o obiektywne pomiary. Standard ten zaleca objęcie procesów organizacji cyklem PDCA, znanym również jako cykl Deminga. Norma ta z biegiem lat ewoluowała, kolejne jej wydania miały miejsce w latach 1994 oraz 2000, a obecnie ważność ma wersja ISO 9001:2008. Punkt 7 normy [112] daje wytyczne dotyczące realizacji wyrobu, wskazując iż organizacja powinna zaplanować i opracować procesy potrzebne do realizacji wyrobu. Punkt 7.3 normy [112] zawiera wytyczne do projektowania i rozwoju, dając wymagania w aspekcie planowania projektowania i rozwoju wyrobu. Szerzej na temat wymagań normy ISO 9001 w zakresie jakości przygotowania produkcji zawartych jest w rozdziale 2.2.2. niniejszej pracy.

Z drugiej zaś strony rozwinęły się systemy branżowe czego przykładem jest branża motoryzacyjna. Powstanie tych standardów było wynikiem wieloletnich ewolucji praktyk w zakresie zapewnienia jakości dostaw, domeny działów SQA (Supplier Quality Assurance- Zapewnienie Jakości Dostawców) oraz ostatnio także SQD (Supplier Quality Development). Obraz wymagań był kształtowany przez bardzo wiele programów zarządzania jakością ustanawianych przez klientów - producentów wyrobów finalnych, tzw. OEM (Original Equipment Manufacturer) dla dostawców w tym m.in.: Needs

Improvement (Chrysler), Q-1 Revocation (Ford), Level II Containment (GM). W efekcie w 1994 roku w/w „Wielka Trójka” producentów samochodów zdefiniowała specjalne wymagania dla systemu jakości, narzucając je swoim dostawcom, ujednolicając tym samym istniejące wymagania każdego z osobna. Tak powstał standard QS-9000[122]. Standard ten również ewoluował w kolejnych latach doczekując się 3 nowelizacji. Wywarł on największy wpływ na obecny kształt wymagań motoryzacyjnych, choć od 2006 roku standard przestał być wymagany (zastąpił go standard w postaci specyfikacji technicznej ISO/TS 16949). Dezaktualizacji nie uległy jednak podręczniki referencyjne związane z QS-9000, które standard opisywał i do których wymagań się odnosił. Podręczniki te opracowane wspólnie przez służby jakości i oceny dostawców Chrysler, GM, Ford pod auspicjami AIAG i ASQC (Automotive Industry Action Group oraz American Society for Quality Control) to: APQP[104], PPAP[120], FMEA[619], MSA[116], SPC[123].

Podręczniki te również ewoluowały na przestrzeni lat wspólnie ze standardem ISO/TS (obecnie aktualna jest wersja ISO/TS 16949:2009) doczekując się kolejnych edycji:

- APQP (wersja I-1994 r., wersja II-2008 r.)
- PPAP (wersja I – 1993r., wersja II – 1995 r., wersja III – 1999 r., wersja IV – 2006 r.)
- FMEA (wersja I – 1993 r., wersja II – 1995 r., wersja III – 2001 r., wersja IV – 2008 r.)
- MSA (wersja I – 1990 r., wersja II – 1995 r., wersja III – 2002 r., wersja IV – 2010 r.)
- SPC (wersja I – 1992 r., wersja II – 2008 r.)

Ewolucja ta była przejawem dopasowywania się ww. standardów do wymagającej branży samochodowej, kształtowanej przez rosnące wymagania klientów.

System zarządzania jakością określony wymaganiami ISO/TS 16949 stworzony z myślą o przemyśle samochodowym w przeciwieństwie do ISO 9001 nastawiony jest głównie na działalność produkcyjną. Zawiera w sobie wymagania ISO 9001 rozszerzając je jednak o wymagania specyficzne dla branży samochodowej. W związku z tym, że głównym adresatem wymagań są firmy produkcyjne, norma ISO/TS rozszerza w znacznej mierze w porównaniu z ISO 9001 wymagania dotyczące procesów projektowania i rozwoju wyrobu oraz projektowania, planowania, przygotowania (w tym walidacji), realizacji i doskonalenia procesu jego produkcji. Jednak zawarte w ISO/TS wymagania dotyczące postępowania przy uruchamianiu nowych projektów (wdrażania produkcji nowych wyrobów) także okazały się niekompletne i zbyt ogólne, aby zapewnić powtarzalność metod ich realizacji przez dostawcę. Niedobory istniejących standardów

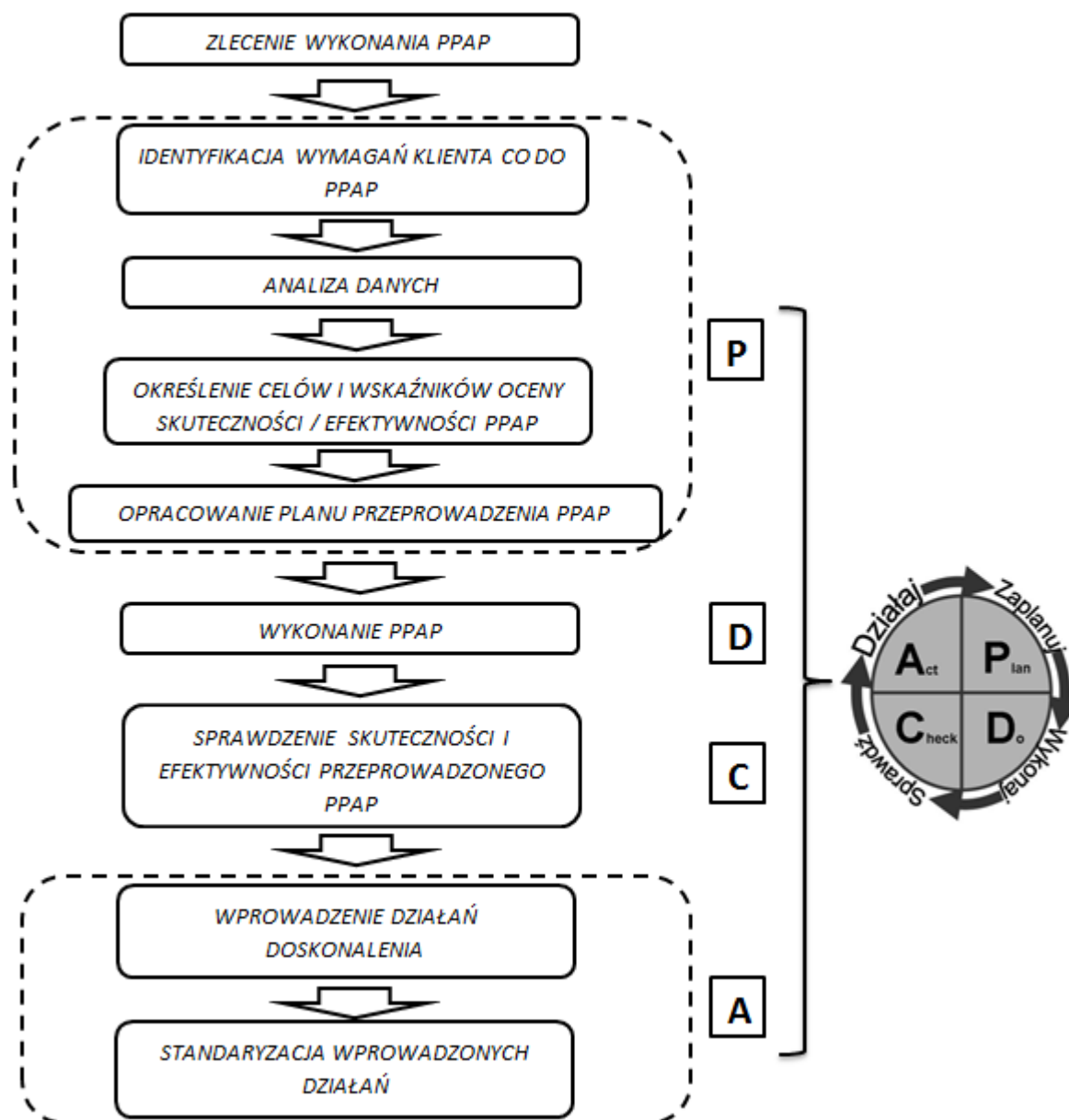
w kwestii zapewnienia jakości nowych uruchomień produkcji uzupełnione zostały poprzez opracowanie dodatkowych wymagań zawartych w podręcznikach referencyjnych APQP [104] oraz PPAP [120]. Wymagania te będące jednym z najistotniejszych procesów stanowiących pierwotne wymagania QS-9000, obecnie są bardzo często wymogiem przytaczanym w ramach indywidualnych wymagań klientów w tym m.in. [106,108,110,111,124], a pośrednio przywoływanym w wytycznych ISO/TS.

3.3.Ciągle doskonalenie procesu PPAP

Ciągle doskonalenie procesu PPAP, jest uzasadnione z kilku względów. Dobrze wykonany proces PPAP zabezpiecza jakościowo produkcję seryjną. Jest to istotne również z punktu widzenia kosztów, gdyż najmniejsze nakłady na usunięcie późniejszych ewentualnych wad w procesie produkcji seryjnej ponosi się właśnie, poprzez działania zapobiegawcze, na etapie przygotowania produkcji. Stąd tak istotne jest zidentyfikowanie wszystkich potencjalnych zagrożeń procesowych już na etapie przygotowania produkcji. Proces PPAP musi również zostać zamknięty w pewnym założonym przez klienta czasie. Brak otrzymania zatwierdzenia w wymaganym czasie może skutkować, zagrożeniem planowanego uruchomienia produkcji u klienta a tym samym karami finansowymi, utratą reputacji jak i utratą przyszłych zamówień. Konieczność ta wynika wreszcie z faktu utrzymania zasadności zastosowania podejścia procesowego dla PPAP.

Doskonalenie procesu PPAP można przeprowadzić z użyciem wspomnianego już, a powszechnie stosowanego cyklu PDCA Deminga. W rozdziale 2.3.1. pracy wskazano na zaimplementowanie tej koncepcji w doskonaleniu procesu APQP.

Koncepcję taką zaimplementowaną dla doskonalenia procesu PPAP przedstawiono na (Rys.3.2).



Rys.3.2 Ciągłe doskonalenie dla procesu PPAP (opr. własne)

Podstawą koncepcji PDCA jest opracowanie planu działań (P). Odnosząc ten etap do realizowanego doskonalenia procesu PPAP, w pierwszej kolejności należy poddać przeglądowi i identyfikacji wymagania klienta co do rozpatrywanego projektu. Przed wszystkim należy wziąć pod uwagę ramy czasowe dla przedłożenia PPAP określone przez klienta. Klient dla każdego projektu definiuje również poziom przedłożenia PPAP, determinujący wymagane dowody jakościowe niezbędne do wykonania dla zatwierdzanego procesu. Uwzględnić należy również złożoność projektu, pod kątem zakresu działań które należy wykonać. Dane te są podstawą do przeprowadzenia analizy

wykonalności PPAP. Kolejnym krokiem jest określenie wskaźników oceny skuteczności i efektywności wykonania procesu PPAP.

Najczęściej stosowanym podejściem do definiowania celów jest formułowanie ich według zasady SMART. Koncepcję tą stanowi zbiór pięciu postulatów dotyczących cech, którymi powinien charakteryzować się poprawnie sformułowany cel [14]:

S - Specific-sprecyzowany;

M – Measurable – mierzalny;

A - Ambitious- ambitny;

R - Reasonable-realistyczny, osiągalny;

T - Time-bound-określony w czasie.

Cel musi być sprecyzowany tzn., musi zostać określone co należy osiągnąć, po co chcemy to osiągnąć, oraz w jaki sposób to osiągnąć.

Cel musi być mierzalny, gdyż tego czego nie da się zmierzyć, nie można osiągnąć. Powinien zatem być tak sformułowany, by można było liczbowo wyrazić stopień realizacji celu, lub przynajmniej umożliwić jednoznaczną "sprawdzalność" jego realizacji.

Cel musi być osiągalny i ambitny. Określając cel należy pamiętać o tym, aby cel był tak sformułowany aby dało się go osiągnąć i jednocześnie był taki, aby można było do niego dążyć.

Wreszcie cel musi być określony w czasie. Powinien mieć dokładnie określony horyzont czasowy w jakim zamierza się cel osiągnąć.

Poprawne formułowanie celów nie gwarantuje ich osiągnięcia, lecz jest koniecznym krokiem do podjęcia skutecznych działań. Aby stwierdzić w jakim stopniu określone cele są realizowane należy dążyć do parametryzowania procesów. Według [86] monitorowanie procesu może odbywać się w odniesieniu do jego parametrów ilościowych (przebieg procesu) jak i jakościowych (osiąganie celów).

Celami dla opracowaniu PPAP mogą być m.in. założone terminy realizacji dla kolejnych dowodów, wskaźniki z kolei mogą odnosić się do skuteczności i efektywności wykonywanych działań (będą one tematem kolejnego podrozdziału).

Następnie należy zaplanować przeprowadzenie działań PPAP. Bazując na przeprowadzonej uprzednio analizie danych, należy określić zakres wykonywanych działań w ramach realizowanego PPAP. Zakrojony zakres prac określa zasoby jakie będą potrzebne do realizacji tychże działań (ludzie, kwalifikacje, narzędzia, materiały, oprogramowanie itd.) Istotną kwestią jest wytypowanie lidera projektu będącego odpowiedzialnym za realizowane przygotowanie PPAP.

Określeniu podlega również przydzielenie odpowiedzialności za kolejno realizowane dowody jakościowe. Mając na uwadze doświadczenia w realizacji podobnych projektów oraz specyfikę nowego projektu można założyć i rozplanować ramy czasowe dla kolejno wykonywanych działań, określając datę rozpoczęcia kolejnych zadań jak i czasy ich wykonania. Uwzględniając ostateczną datę przedłożenia PSW zdefiniowaną przez klienta, określeniu podlega zatem planowa data zakończenia kolejnych działań jak i całego PPAP. Do daty uzgodnionej z klientem dopasowywane (dobierane, zapewniane) są odpowiednie zasoby, aby sprostać założonemu terminowi. Do zaplanowania przeprowadzenia PPAP może posłużyć wykres Gantta, który jest graficznym sposobem planowania i kontroli prowadzonych działań. Dla projektów nowych, istotnie odbiegających (w sensie wymagań jakościowych) od wykonywanych dotychczas w organizacji, należy zwrócić szczególną uwagę podczas etapu planowania. Elementem końcowym tego etapu powinno być opracowanie finalnego planu przeprowadzenia PPAP.

W kolejny etapie – (D) Wykonaj, realizowane są działania zgodnie z uprzednio opracowanym planem realizacji PPAP. Etap ten to zbieranie kolejnych dowodów przedłożeń (dowodów jakościowych) mających za zadanie dowieść klientowi kompetencji dostawcy co do realizacji w przyszłości procesu produkcji seryjnej danego wyrobu. Algorytm dla takich działań, zawierający poszczególne kroki niezbędne do wykonania, realizujące trzeci poziom przedłożeń PPAP, przedstawiony został w rozdziale 2.4.3 niniejszej pracy.

Zamknięcie działań PPAP powinno prowadzić do kolejnego etapu PDCA, (C) Sprawdź. Następuje w nim analiza zrealizowanego PPAP. Ocenie podlega stopień, osiągnięcia założonych celów, akceptowalność otrzymanych wyników jak i ocena mocnych i słabych stron przeprowadzonych działań.

Cykl PDCA powinien dopełniać ostatni etap - (A) Działaj określany również jako Standaryzuj. Jeśli zrealizowane działania PPAP, nie spełniły zakładanych celów w zadawalającym stopniu, należy przeanalizować przeprowadzone działania, wyciągając wnioski, które należy uwzględnić przy realizacji kolejnych projektów.

W przypadku jednak gdy, wykonanie PPAP zakończyło się sukcesem, poprzez zrealizowanie założonych celów, należy te pozytywne doświadczenia implementować i sformalizować dla przyszłych projektów. Zadaniem tego etapu jest zestandaryzowanie wypracowanych rozwiązań oraz zintegrowanie ich z bieżącą praktyką firmy. Realizacja tych zadań może odbywać się przez: udokumentowanie zmian w dokumentacji procesowej, systemowej (procedury), instrukcji, szkolenia pracowników w obszarach

związanych z przeprowadzaniem zatwierdzania części do produkcji, ustalenie wskaźników służących do śledzenia kolejnych zatwierdzeń, ponowne wykorzystanie najlepszych rozwiązań do kolejnych projektów.

3.4. Ocena jakości PPAP

Integralną częścią zarządzania procesowego jest realizacja cyklu planowania, usprawniania i kontroli mierników procesów. Służy temu m.in. monitorowanie ustanowionych wskaźników. Analiza poziomu osiągnięcia celów poszczególnych procesów stanowi podstawę do podejmowania działań ukierunkowanych na korektę i doskonalenie procesów. Procesowy charakter PPAP sprawia, iż uzasadnione jest określenie procesowi PPAP nie tylko celów, ale również mierników i wskaźników służących do jego nadzorowania i oceny.

Proces PPAP, aby mógł skutecznie funkcjonować i przynosić zakładane rezultaty, poza jego właściwym zaplanowaniem i realizacją, także powinien być zatem poddany monitorowaniu, aby na bazie wyników pomiaru m.in. jego skuteczności i efektywności mogły zostać podjęte doraźne działania korekcyjne i długoterminowe działania korygujące zmierzające do jego poprawy i ciągłego doskonalenia.

Wyniki doskonalenia procesu powinny być wymierne. Dlatego bardzo ważne jest ustalenie odpowiednich wskaźników pomiarowych i ich wartości docelowych, do których uzyskiwane rezultaty doskonalenia będą systematycznie przyrównywane.

Dla skutecznego zarządzania procesem powinny zostać ściśle określone cele procesu. Cele te powinny być sformułowane już na etapie rozpoczęcia projektowania procesu, najlepiej z zastosowaniem wspomnianej zasady SMART. Nie wystarczy ustalenie celów ogólnych procesu, lecz zalecane jest również dokonanie ich dekompozycji na cele szczegółowe w poszczególnych podprocesach. Według [59] powodem takiego podejścia jest analiza procesu, zmierzająca do jego oceny, a następnie optymalizacji. Im bardziej wnikliwie dokonana zostanie identyfikacja składowych procesu oraz ich atrybutów, tym bardziej rzetelne staną się uzyskane wyniki analizy procesu. Skutkiem tego typu analiz jest najczęściej dążenie do ograniczenia marnotrawstwa surowców, czasu i eliminacji zbędnych kosztów.

Porównanie celów z osiągniętymi wynikami pomaga odpowiedzieć na pytanie: czy założone cele zostały osiągnięte. Przy czym pomiarowi i ocenie powinny podlegać

zarówno cele główne jak i cele szczegółowe. Odnosząc to do realizacji procesu PPAP, monitorowaniu i ocenie podlegać powinna zarówno skuteczność i efektywność realizowania celu głównego, jakim jest uzyskanie zatwierdzenia PPAP, a tym samym uzyskanie prawa do realizacji dostaw seryjnych, oraz celów cząstkowych którymi są kolejno sporządzane dowody jakościowe. Stan taki jest kluczowy z punktu widzenia możliwości ciągłego doskonalenia całego procesu PPAP, jak i dążenia do poprawy realizacji jego części składowych, czyli sporządzania kolejnych dowodów jakościowych.

Rozdział 3.3 niniejszej pracy wskazuje na niewątpliwą lukę, zastosowanego podejścia procesowego dla procesu PPAP. Podręcznik PPAP nie definiuje bowiem wskaźników dla oceny prowadzonych w ramach tego procesu kolejnych działań jak i wskaźników oceny wykonania procesu PPAP całościowo.

Propozycje wskaźników oceny działań PPAP przedstawiona została w [73] oraz [23]. Autorzy dla celów oceny przeprowadzonych działań w ramach PPAP proponują m.in. 3 różne koncepcje wskaźników skuteczności oraz koncepcję wskaźnika efektywności procesu PPAP z wykorzystaniem funkcji strat Taguchi`ego. Niniejsza praca zawiera także uzupełnienie koncepcji, o kolejne dwie możliwości zbadania skuteczności przeprowadzenia działań PPAP.

Koncepcje wskaźników skuteczności odnoszą się do skuteczności w sensie terminowości wykonania danego dowodu przedłożenia (składnika PPAP), bądź to PPAP jako całości. Skuteczność jest pojęciem dotyczącym stopnia realizacji celu przez proces. Dla procesu PPAP oznacza to uzyskiwanie stanu gotowości do produkcji seryjnej w terminie, uzyskując zatwierdzenie PPAP za pierwszym razem, przy ograniczaniu kosztów procesu PPAP, m.in. poprzez eliminację marnotrawstwa zasobów (czasu, zasobów ludzkich, środków finansowych) wykorzystanych na jego realizację. Każda z koncepcji proponuje możliwość oceny skuteczności każdego elementu (działania) procesu PPAP indywidualnie, jak i pozwala na ocenę całkowitej, globalnej skuteczności całego procesu PPAP. I tak:

- a) każdemu działaniu realizowanemu w ramach PPAP (lub inaczej: każdemu podprocesowi PPAP, mającemu na celu opracowanie poszczególnych dowodów przedłożeń w terminie) oblicza się wskaźnik skuteczności,
- b) całemu procesowi PPAP wyznacza się wskaźnik skuteczności ogólnej – tzw. wskaźnik OPE (Overall PPAP Effectiveness), który może być obliczany na dwa sposoby – jako:

- iloczyn poszczególnych skuteczności kolejnych działań realizowanych w ramach PPAP, lub
- globalny wskaźnik skuteczności PPAP, traktując PPAP jako całość, bez wnikania w poszczególne skuteczności realizowanych podprocesów.

Koncepcje wskaźników oceny skuteczności PPAP zaproponowane w [73], wprowadzają następujące pojęcia i oznaczenia:

E_{si} – wskaźnik skuteczności realizacji i -tego elementu PPAP,

i – kolejny dowód przedłożenia (składnik PPAP, np. PFMEA),

t_{di} – wielkość opóźnienia w opracowaniu danego elementu PPAP (okres czasu między rzeczywistym terminem pozyskania danego dowodu PPAP a planowanym, wymaganym terminem pozyskania dowodu),

t_{doi} – krytyczne (zakładane) opóźnienie w realizacji danego dowodu przedłożenia PPAP lub całego PPAP,

t_{SOP} – ustalona, narzucona dostawcy przez klienta data rozpoczęcia produkcji seryjnej;

$t_{plan\ i}$ – planowany czas (np. termin, data) dla zakończenia opracowania danego elementu PPAP lub całego PPAP,

$T_{plan\ i}$ – planowany okres czasu opracowania danego elementu PPAP lub całego PPAP, stanowi różnicę między planowanym czasem (datą) zakończenia a rozpoczęcia opracowywania danego elementu PPAP lub całego PPAP,

Dla dwóch dodatkowo opracowanych koncepcji wskaźników skuteczności wykonania procesu PPAP wprowadzono następujące oznaczenia:

t_{PPAP} – ustalona, narzucona dostawcy przez klienta data przedłożenia PPAP;

$T_{rzecz\ i}$ – rzeczywisty okres czasu opracowania danego elementu PPAP lub całego PPAP, stanowi różnicę między rzeczywistym czasem (datą) zakończenia a rozpoczęcia opracowywania danego elementu PPAP lub całego PPAP.

$t_{start\ rzecz\ i}$ – rzeczywisty czas (np. termin, data) rozpoczęcia opracowywania danego elementu PPAP lub całego PPAP,

$t_{koniec\ rzecz\ i}$ – rzeczywisty czas (np. termin, data) wykonania, finalnego ukończenia danego elementu PPAP lub całego PPAP,

$t_{start\ plan\ i}$ – planowany czas (np. termin, data) dla rozpoczęcia opracowania danego elementu PPAP lub całego PPAP.

Dla pierwszej koncepcji wskaźnika oceny skuteczności procesu PPAP wprowadzono następujące założenia:

- I. wskaźnik powinien być liniową funkcją opóźnienia,
- II. skuteczność dla $t_{di} = 0$ ma wynosić 100%,
- III. skuteczność dla $t_{di} = t_{d0i}$ ma wynosić 0%,
- IV. skuteczność dla $t_{di} > t_{d0i}$ ma maleć poniżej 0% (ma być ujemna),
- V. skuteczność dla opóźnień ujemnych ($t_{di} < 0$) ma rosnać począwszy od wartości 100%.

Na bazie tak poczynionych założeń wskaźnik skuteczności dla kolejnych (i-tych) realizowanych dowodów PPAP przyjmuje postać:

$$ES_i = \left(1 - \frac{t_{di}}{t_{d0i}}\right) \cdot 100\% \quad (3.1)$$

Wskaźnik dla procesu PPAP jako całości przyjmuje wzór:

$$ES_{PPAP} = \left(1 - \frac{t_{dPPAP}}{t_{d0PPAP}}\right) \cdot 100\% \quad (3.2)$$

gdzie:

t_{dPPAP} - opóźnienie w wykonaniu PPAP (w stosunku do zaplanowanego terminu),

t_{d0PPAP} - krytyczne (zakładane) opóźnienie w realizacji przedłożenia PPAP,

Wskaźnik ogólnej skuteczności PPAP (OPE – Overall PPAP Effectiveness) wylicza się jako iloczyn składowych wskaźników poszczególnych dowodów PPAP tj.:

$$OPE = \prod_{i=1}^n ES_i \quad (3.3)$$

gdzie: n – liczba dowodów PPAP które mają być przedłożone.

Druga koncepcja jest szczególnym przypadkiem koncepcji pierwszej przy założeniu, iż zakładane krytyczne opóźnienie pozyskania danego dowodu przedłożenia PPAP pokrywa się z wymaganym terminem rozpoczęcia produkcji (SOP). Oznacza to, że zakładane opóźnienie krytyczne w opracowaniu danego elementu PPAP może być wyrażone jako:

$$t_{d0i} = t_{SOP} - t_{plan\ i} \quad (3.4)$$

Dla drugiej koncepcji wskaźnika oceny skuteczności procesu PPAP wprowadzono następujące założenia:

- I. funkcja ma mieć charakter liniowy,
- II. skuteczność dla $t_{di} = 0$ ma wynosić 100%,

III. skuteczność dla $t_{di} = t_{d0i} = t_{SOP} - t_{plan\ i}$ ma wynosić 0%,

IV. dla $t_{di} < 0$ skuteczność ma rosnać powyżej 100%,

V. dla $t_{di} > t_{SOP} - t_{plan\ i}$ skuteczność ma być ujemna.

Biorąc za podstawę powyższe założenia wskaźnik skuteczności dla kolejnych (i-tych) realizowanych dowodów PPAP przyjmuje postać:

$$ES_i = \left(1 - \frac{t_{di}}{t_{SOP} - t_{plan\ i}} \right) \cdot 100\% \quad (3.5)$$

Wskaźnik dla procesu PPAP jako całości przyjmuje wzór:

$$ES_{PPAP} = \left(1 - \frac{t_{dPPAP}}{t_{SOP} - t_{planPPAP}} \right) \cdot 100\% \quad (3.6)$$

gdzie:

$t_{planPPAP}$ - planowany czas wykonania PPAP.

Mając wyliczone wskaźniki skuteczności ES_i dla każdego kolejnego etapu PPAP, można wyliczyć ogólną skuteczność wykonania PPAP – poprzez wskaźnik OPE w podobny sposób jak w koncepcji numer 1.

Trzecia z koncepcji wskaźników oceny skuteczności działań PPAP bazuje na następujących założeniach:

- I. wskaźnik ma być nieliniową funkcją opóźnienia, maleje z t_{di} , początkowo znacznie, następnie wolniej w miarę wzrostu t_{di} ,
- II. skuteczność powinna zależeć od wielkości opóźnienia t_{di} w stosunku do planowanego czasu realizacji $T_{plan\ i}$ (tj. im mniejszy jest okres $(t_{plan\ i} - t_{start\ plan\ i})$ tym mniejszy powinien być wskaźnik ES dla danego t_{di} ,
- III. skuteczność dla $t_{di} = 0$ ma wynosić 100%,
- IV. skuteczność dla $t_{di} \rightarrow \infty$ ma asymptotycznie dążyć do 0,
- V. skuteczność dla opóźnień ujemnych ($t_{di} < 0$) ma rosnać począwszy od wartości 100%.

Bazując na powyższych założeniach, wskaźnik skuteczności dla kolejnych (i-tych) realizowanych dowodów PPAP przyjmuje postać:

$$ES_i = \left(\frac{T_{plan\ i}}{t_{di} + T_{plan\ i}} \right) \cdot 100\% \quad (3.7)$$

Wskaźnik dla procesu PPAP jako całości przyjmuje wzór:

$$ES_{PPAP} = \left(\frac{T_{planPPAP}}{t_{dPPAP} + T_{planPPAP}} \right) \cdot 100\% \quad (3.8)$$

Mając wyliczone wskaźniki skuteczności E_{si} dla każdego kolejnego etapu PPAP, można wyliczyć ogólną skuteczność wykonania PPAP – poprzez wskaźnik OPE, analogicznie jak w powyższych koncepcjach.

Powyższe koncepcje wskaźników skuteczności można jeszcze uzupełnić o kolejne, również opisujące skuteczność działań w ramach PPAP.

Przedstawiona powyżej koncepcja numer 2 dla wyliczenia skuteczności działań PPAP, uwzględnia datę t_{SOP} . Jest to data uruchomienia produkcji seryjnej, narzucona dostawcy przez klienta już w założeniach projektowych. Data t_{SOP} zamyka etap przygotowania produkcji, i rozpoczyna etap produkcji seryjnej. Aby taki fakt miał miejsce, dostawca musi otrzymać dopuszczenie do realizacji produkcji poprzez uzyskanie PPAP. Założenia projektowe klienta definiują dostawcy zatem poza datą t_{SOP} również datę t_{PPAP} będącą terminem przedłożenia dokumentacji PPAP do akceptacji. Dopiero po akceptacji PPAP przez klienta, dostawca otrzymuje pozwolenie na realizację dostaw seryjnych. Datę t_{PPAP} można aplikować do wskaźnika skuteczności z koncepcji numer 2. Nowy wskaźnik (z aplikowaną t_{PPAP}) podobnie jak wskaźnik koncepcji 2 będzie szczególnym przypadkiem koncepcji 1, przy założeniu, iż zakładane krytyczne opóźnienie pozyskania danego dowodu przedłożenia PPAP pokrywa się z wymaganym terminem przedłożenia całego PPAP dla danego projektu. Otrzymany nowy wskaźnik skuteczności będzie ostrzej oceniał etap przygotowania produkcji seryjnej, gdyż będzie odnosił się do wcześniejszego punktu w czasie aniżeli t_{SOP} .

Dla tak zakreślonej koncepcji wskaźnika oceny skuteczności procesu PPAP wprowadzono następujące założenia:

- I. funkcja ma mieć charakter liniowy,
- II. skuteczność dla $t_{di} = 0$ ma wynosić 100%,
- III. skuteczność dla $t_{di} = t_{d0i} = t_{PPAP} - t_{plan\ i}$ ma wynosić 0%,
- IV. dla $t_{di} < 0$ skuteczność ma rosnać powyżej 100%,
- V. dla $t_{di} > t_{SOP} - t_{plan\ i}$ skuteczność ma być ujemna.

Na podstawie powyższych założeń, wskaźnik skuteczności dla kolejnych (i -tych) realizowanych dowodów PPAP przyjmuje postać:

$$E_{si} = \left(1 - \frac{t_{di}}{t_{PPAP} - t_{plan\ i}} \right) \cdot 100\% \quad (3.9)$$

Wskaźnik dla procesu PPAP jako całości przyjmuje wzór:

$$ES_{PPAP} = \left(1 - \frac{t_{dPPAP}}{t_{PPAP} - t_{planPPAP}} \right) \cdot 100\% \quad (3.10)$$

Mając wyliczone wskaźniki skuteczności Esi dla każdego kolejnego etapu PPAP, można wyliczyć ogólną skuteczność wykonania PPAP – poprzez wskaźnik OPE, analogicznie jak w powyższych koncepcjach.

Powyższe koncepcje wskaźników opisują wykonanie danych działań PPAP w aspekcie skuteczności wykonania poszczególnych dowodów jak i PPAP jako całości. Wskaźniki te uwzględniają opóźnienie w wykonaniu dowodów przedłożeń, jednakże nie ujmują potencjalnej możliwości opóźnienia w rozpoczęciu pracy nad danym dowodem. Możliwość taką ujmuje wskaźnik koncepcji 4, gdyż odnosi się zarówno do czasów startu jak i zakończenia działań opracowywania dowodów PPAP i to zarówno czasów planowanych jak i ich realizacji.

Dla tak zakreślonej koncepcji numer 4 wskaźnika oceny skuteczności procesu PPAP wprowadzono następujące założenia:

- I. w przypadku opóźnienia (przyspieszenia) rozpoczęcia pracy nad danym elementem PPAP i adekwatnego wydłużenia (skrócenia) czasu jego opracowania, przy stałych zasobach ludzkich, wskaźnik powinien wynosić 100%,
- II. w przypadku opóźnienia (przyspieszenia) rozpoczęcia pracy nad danym elementem PPAP i braku adekwatnego wydłużenia (skrócenia) czasu jego opracowania, wskaźnik powinien maleć poniżej 100%, tym silniej, im krócej w porównaniu z planem pracowano nad danym elementem PPAP, przy stałych zasobach ludzkich,
- III. w przypadku opóźnienia (przyspieszenia) rozpoczęcia pracy nad danym elementem PPAP i więcej niż adekwatnego wydłużenia (skrócenia) czasu jego opracowania, wskaźnik powinien rosnąć ponad 100%, tym silniej, im dłużej dodatkowo pracowano nad danym elementem PPAP, przy stałych zasobach ludzkich,
- IV. wskaźnik może mieć charakter liniowy.

Na podstawie powyższych założeń, wskaźnik skuteczności dla kolejnych (i-tych) realizowanych dowodów PPAP przyjmuje postać:

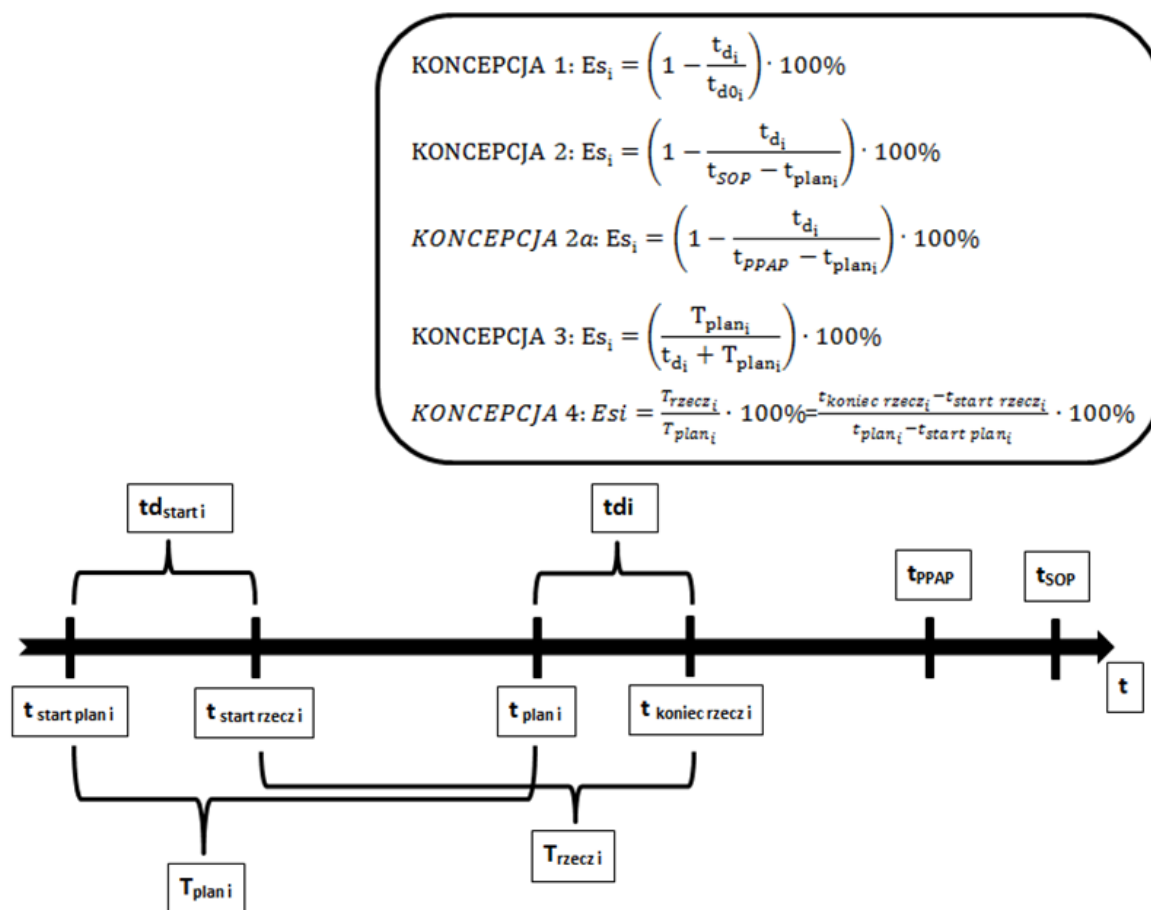
$$Esi = \frac{T_{rzecz_i}}{T_{plan_i}} \cdot 100\% = \frac{t_{koniec\ rzecz_i} - t_{start\ rzecz_i}}{t_{plan_i} - t_{start\ plan_i}} \cdot 100\% \quad (3.11)$$

Wskaźnik dla procesu PPAP jako całości przyjmuje wzór:

$$ES_{PPAP} = \frac{T_{rzecz_{PPAP}}}{T_{plan_{PPAP}}} \cdot 100 \quad (3.12)$$

Mając wyliczone wskaźniki skuteczności Esi dla każdego kolejnego etapu PPAP, można wyliczyć ogólną skuteczność wykonania PPAP – poprzez wskaźnik OPE, analogicznie jak w powyższych koncepcjach.

Graficzna ilustracja przedstawionych powyżej koncepcji wskaźników oceny skuteczności przedstawia (Rys.3.3).



Rys.3.3 Graficzna ilustracja koncepcji wskaźników skuteczności (opr. własne)

Wskaźnik pomiaru efektywności [23] z wykorzystaniem funkcji strat Taguchi`ego zakłada, że dla każdego etapu procesu PPAP istnieje optymalny termin (czasookres) realizacji, którego niespełnienie w dowolny sposób (przekroczenie lub przyspieszenie) powoduje ryzyko strat. Straty te wynikać mogą bądź to ze wzrostu ryzyka niezyskania zatwierdzenia PPAP (opóźnienie w stosunku do planowego optymalnego czasookresu),

bądź to, w przypadku krótszej realizacji elementu PPAP (w stosunku czasookresu planowanego – optymalnego) z powodu ryzyka wykonania PPAP w sposób niedostatecznie zapewniający jakość przygotowywanego procesu produkcji.

Koncepcja ta bazuje na następujących założeniach:

- I. wszystkie elementy PPAP mają ustalone optymalne terminy wykonania (optymalne, jak wyżej wspomniano oznaczają, że dany składnik wykonany jest na tyle szybko, aby nie zagrozić projektowi – terminowi przedłożenia PPAP, ale nie na tyle szybko, aby ucierpieła na tym jakość składnika PPAP),
- II. wykonanie danego składnika PPAP po zaplanowanym terminie rodzi różne straty i ryzyko związane z realizacją całości PPAP, trudne do oszacowania,
- III. wykonanie danego składnika PPAP przed terminem rodzi także straty i ryzyko, związane z potencjalnie słabą jakością opracowania danego składnika (patrz: założenia 1)
- IV. potencjalne straty zależą od opóźnienia (t_d) silniej niż liniowo (ryzyka się kumulują) i są tym większe, im termin wykonania składnika PPAP jest bliżej terminu rozpoczęcia produkcji (SOP).

Biorąc za podstawę powyższe założenia można przedstawić funkcję strat dla danego składnika PPAP jako:

$$L_i = k_i \cdot t_{di}^2 \quad (3.13)$$

gdzie:

L_i – strata dla danego (i) składnika PPAP,

k_i – współczynnik nachylenia paraboli dla i-tego elementu PPAP,

t_{di} – opóźnienie względem planowego czasu zakończenia opracowania i-tego elementu PPAP, jest to argument funkcji strat $L_i(t_d)$.

Z poczynionych założeń I-IV oraz z postaci funkcji strat Taguchi`ego wynikają następujące wartości charakterystyczne funkcji strat:

dla $t_{di}=0$ funkcja strat przyjmuje wartość $L_i=0$;

dla $t_{di}=t_{SOP}-t_{plan}$ i strata przyjmuje wartość krytyczną $L_i=L_0$

Na podstawie powyższych zależności można wyznaczyć współczynnik k (nachylenia paraboli). Współczynnik k_i wynosi

$$k_i = \frac{L_0}{(t_{SOP}-t_{plan_i})^2} \quad (3.14)$$

Co daje finalną postać funkcji strat dla i-tego elementu PPAP:

$$L_i = \frac{L_0}{(t_{SOP} - t_{plan_i})^2} \cdot t_{di}^2 \quad (3.15)$$

gdzie:

L_0 – strata dla danego (i) składnika PPAP,

Wartość L_0 wymaga arbitralnego przyjęcia wartości możliwych strat wynikających z nieprzedłożenia PPAP do dnia wymaganego uruchomienia produkcji seryjnej. Przykładowe, proponowane koncepcje określenia wartości L_0 przedstawiają się następująco:

- a) podejście agresywne: za L_0 przyjąć planowany (potencjalnie utracony) zysk z całego projektu (biorąc pod uwagę przewidywany cykl życia projektu);
- b) podejście zachowawcze: za L_0 przyjąć koszt wykonania całości PPAP (planowany koszt bez uwzględnienia opóźnień).

Dla całego PPAP można oszacować stratę całkowitą, która będzie sumą wszystkich strat L_i poszczególnych składników PPAP:

$$L_{PPAP} = \sum L_i \quad (3.16)$$

4. Badania wpływu skuteczności przygotowania produkcji na jakość produkcji seryjnej

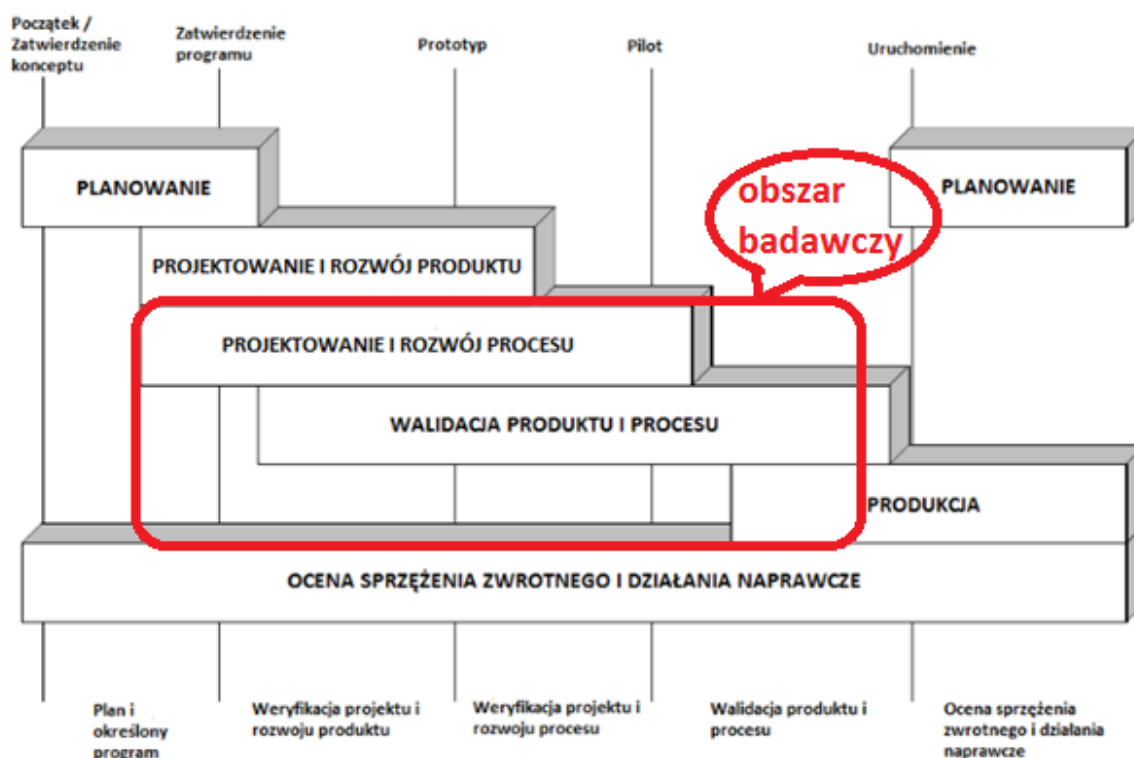
4.1. Cel i zakres pracy

Celem pracy jest ocena wpływu skuteczności i efektywności jakościowego przygotowania produkcji na wskaźniki osiągane podczas produkcji seryjnej.

Realizacja tego celu wymaga:

- określenia metody oceny (wskaźnikowej) skuteczności i efektywności realizacji PPAP we wdrażaniu nowych produktów;
- zbadania skuteczności i efektywności realizacji PPAP we wdrażaniu nowych produktów za pomocą zaproponowanych wskaźników;
- obserwacji wskaźników jakościowych osiągniętych w uruchomionych projektach już w trakcie procesu produkcyjnego i realizacji dostaw;
- zbadania korelacji wskaźników skuteczności i efektywności realizacji PPAP ze wskaźnikami opisującymi jakość wyrobu i procesu, osiąganymi podczas produkcji seryjnej i realizacji dostaw.

Praca skupia się na fazach wyróżnionych poniżej na diagramie APQP (Rys.4.1) tj. na fazie projektowania i rozwoju procesu, fazie walidacji procesu i produktu sięgając po początkową fazę produkcji seryjnej.



Rys.4.1. Określenie zakresu pracy na wykresie czasowym planowania jakości produktu - APQP

Praca odnosi się zatem do etapów, w których produkt jest już zdefiniowany, istnieje jego zatwierdzony projekt (sprecyzowane wymagania jakościowe, rysunki techniczne oraz inne specyfikacje techniczne). W przedsiębiorstwie natomiast prowadzone są działania mające na celu przygotowanie produkcji do spełnienia wszystkich postawionych wymagań dla planowanego procesu produkcyjnego.

Głównym celem części badawczej pracy, będzie zatem próba wskazania wpływu jaki mają poszczególne etapy poprzedzające rozruch produkcji seryjnej, tj. etap projektowania i rozwoju procesu oraz walidacji produktu i procesu na wskaźniki jakościowe osiągnięte podczas produkcji seryjnej. Główny zakres badań będzie odnosił się do etapów procedury PPAP, a w szczególności do metod i narzędzi jakościowych ją stanowiących.

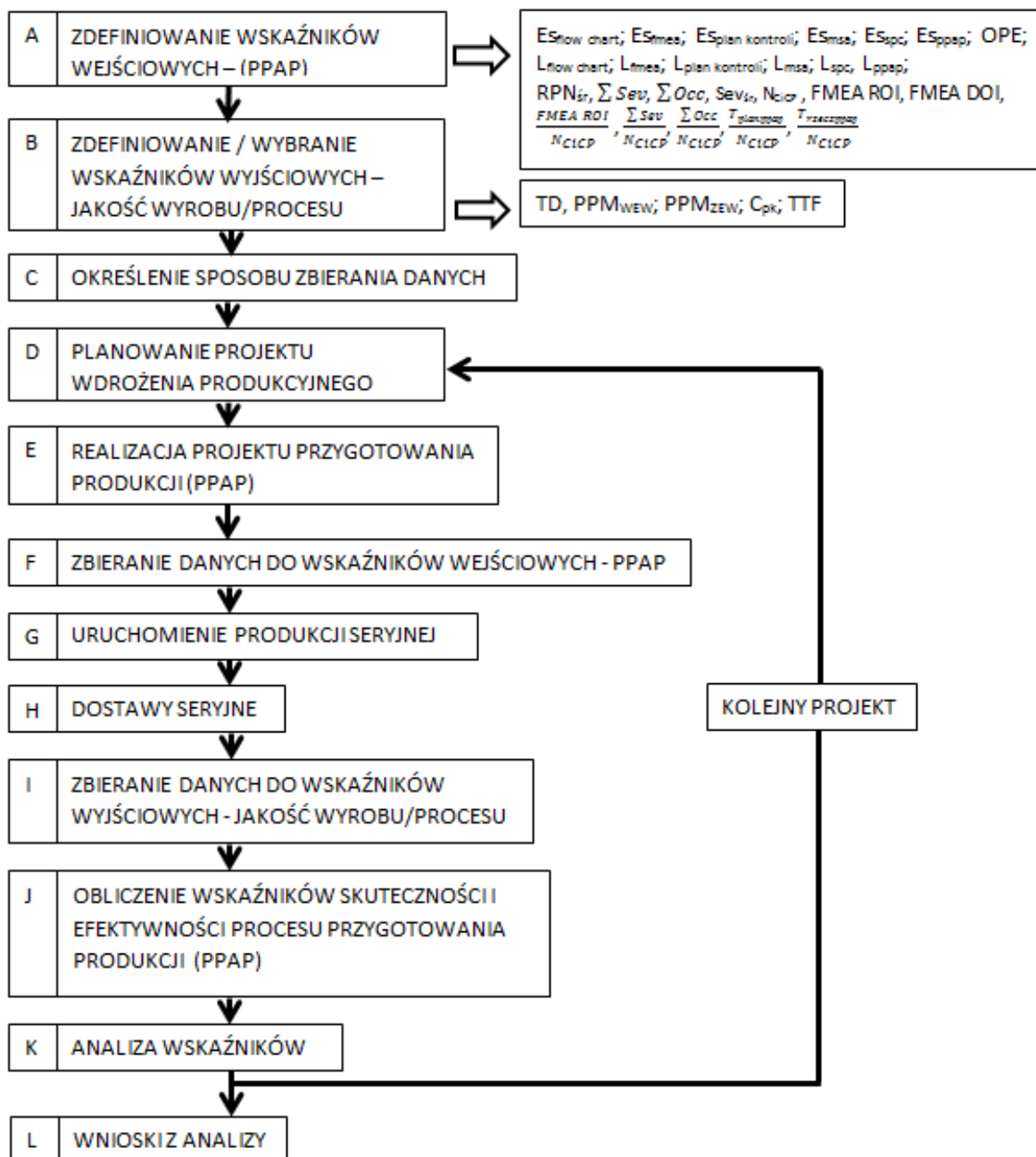
4.2. Hipoteza pracy

Na podstawie aktualnego stanu wiedzy teoretycznej, praktycznych obserwacji realizacji nowych uruchomień produkcji w zakładzie produkcyjnym oraz przeprowadzonych wstępnych obserwacji można postawić roboczą hipotezę, iż:

„pomiar skuteczności i efektywności realizacji procesu jakościowego przygotowania procesu produkcyjnego umożliwi jego ciągłe doskonalenie, a przez to zwiększy prawdopodobieństwo uzyskania i utrzymania wymaganej jakości na etapie produkcji seryjnej.”

4.3. Metoda badań

Na podstawie zdefiniowanego celu pracy oraz założonej hipotezy, ustalono metodę badań dla oceny wpływu etapu przygotowania produkcji na produkcję seryjną. Schemat blokowy procesu badawczego z wyszczególnionymi kolejnymi krokami postępowania przedstawiono na (Rys.4.2)



Rys.4.2 Schemat blokowy projektu badawczego (opr. własne)

A. Zdefiniowanie wskaźników wejściowych - (PPAP)

W pierwszym kroku zdefiniowano wskaźniki opisujące etap przygotowania produkcji. Posłużono się tu wskaźnikami, za pomocą których można obliczyć skuteczność i efektywność przeprowadzonych działań w ramach procesu PPAP. Za pomocą tychże wskaźników można obliczyć zarówno skuteczność całego procesu PPAP jak i skuteczność kolejnych działań w ramach tego procesu tj. Flow Chart, FMEA, Planu Kontroli, MSA, SPC. Koncepcja tych wskaźników przedstawiona została w rozdziale 3.4 niniejszej pracy.

W badaniach realizowanych projektów produkcyjnych uwzględnione zostaną wszystkie przedstawione koncepcje wskaźników skuteczności. Etap przygotowania produkcji opisze także wskaźnik efektywności z wykorzystaniem funkcji strat Taguchi`go również przedstawiony w rozdziale 3.4.

Dla analizowanych projektów obliczone zostaną zatem następujące wskaźniki skuteczności:

1. Wskaźniki skuteczności - koncepcja nr 1 (liniowa)

$$1.1. Es1_{flow} = \left(1 - \frac{t_{d_{flow}}}{t_{do_{flow}}}\right) \cdot 100\% \quad (4.1)$$

$$1.2. Es1_{fmea} = \left(1 - \frac{t_{d_{fmea}}}{t_{do_{fmea}}}\right) \cdot 100\% \quad (4.2)$$

$$1.3. Es1_{control} = \left(1 - \frac{t_{d_{control}}}{t_{do_{control}}}\right) \cdot 100\% \quad (4.3)$$

$$1.4. Es1_{msa} = \left(1 - \frac{t_{d_{msa}}}{t_{do_{msa}}}\right) \cdot 100\% \quad (4.4)$$

$$1.5. Es1_{spc} = \left(1 - \frac{t_{d_{spc}}}{t_{do_{spc}}}\right) \cdot 100\% \quad (4.5)$$

$$1.6. Es1_{ppap} = \left(1 - \frac{t_{d_{ppap}}}{t_{do_{ppap}}}\right) \cdot 100\% \quad (4.6)$$

$$1.7. OPE1 = Es_{flow} \times Es_{fmea} \times Es_{control} \times Es_{msa} \times Es_{spc} \quad (4.7)$$

2. Wskaźnik skuteczności - koncepcja nr 2 (liniowa) uwzględniająca czas rozpoczęcia produkcji seryjnej (SOP)

$$2.1. Es2_{flow} = \left(1 - \frac{t_{d_{flow}}}{t_{SOP_{flow}} - t_{plan_{flow}}}\right) \cdot 100\% \quad (4.8)$$

$$2.2. Es2_{fmea} = \left(1 - \frac{t_{d_{fmea}}}{t_{SOP_{fmea}} - t_{plan_{fmea}}}\right) \cdot 100\% \quad (4.9)$$

$$2.3. Es2_{control} = \left(1 - \frac{t_{d_{control}}}{t_{SOP_{control}} - t_{plan_{control}}}\right) \cdot 100\% \quad (4.10)$$

$$2.4. Es2_{msa} = \left(1 - \frac{t_{d_{msa}}}{t_{SOP_{msa}} - t_{plan_{msa}}}\right) \cdot 100\% \quad (4.11)$$

$$2.5. Es2_{spc} = \left(1 - \frac{t_{d_{spc}}}{t_{SOP_{spc}} - t_{plan_{spc}}}\right) \cdot 100\% \quad (4.12)$$

$$2.6. Es2_{ppap} = \left(1 - \frac{t_{dppap}}{t_{SOP_{ppap}} - t_{plan_{ppap}}}\right) \cdot 100\% \quad (4.13)$$

$$2.7. OPE2 = Es_{flow} \times Es_{fmea} \times Es_{control} \times Es_{msa} \times Es_{spc} \quad (4.14)$$

2a. Wskaźnik skuteczności będący wersją koncepcji numer 2 (liniowej), biorącej pod uwagę datę t_{PPAP}

$$2a.1. Es2a_{flow} = \left(1 - \frac{t_{d_{flow}}}{t_{PPAP_{flow}} - t_{plan_{flow}}}\right) \cdot 100\% \quad (4.15)$$

$$2a.2. Es2a_{fmea} = \left(1 - \frac{t_{d_{fmea}}}{t_{PPAP_{fmea}} - t_{plan_{fmea}}}\right) \cdot 100\% \quad (4.16)$$

$$2a.3. Es2a_{control} = \left(1 - \frac{t_{d_{control}}}{t_{SOP_{control}} - t_{plan_{control}}}\right) \cdot 100\% \quad (4.17)$$

$$2a.4. Es2a_{msa} = \left(1 - \frac{t_{d_{msa}}}{t_{PPAP_{msa}} - t_{plan_{msa}}}\right) \cdot 100\% \quad (4.18)$$

$$2a.5. Es2a_{spc} = \left(1 - \frac{t_{d_{spc}}}{t_{PPAP_{spc}} - t_{plan_{spc}}}\right) \cdot 100\% \quad (4.19)$$

$$2a.6. Es2a_{ppap} = \left(1 - \frac{t_{d_{ppap}}}{t_{PPAP_{ppap}} - t_{plan_{ppap}}}\right) \cdot 100\% \quad (4.20)$$

$$2a.7. OPE2a = Es_{flow} \times Es_{fmea} \times Es_{control} \times Es_{msa} \times Es_{spc} \quad (4.21)$$

3. Wskaźnik skuteczności - koncepcja nr 3 (nieliniowa)

$$3.1. Es3_{flow} = \frac{t_{plan_{flow}}}{t_{d_{flow}} + t_{plan_{flow}}} \quad (4.22)$$

$$3.2. Es3_{fmea} = \frac{t_{plan_{fmea}}}{t_{d_{fmea}} + t_{plan_{fmea}}} \quad (4.23)$$

$$3.3. Es3_{control} = \frac{t_{plan_{control}}}{t_{d_{control}} + t_{plan_{control}}} \quad (4.24)$$

$$3.4. Es3_{msa} = \frac{t_{plan_{msa}}}{t_{d_{msa}} + t_{plan_{msa}}} \quad (4.25)$$

$$3.5. Es3_{spc} = \frac{t_{plan_{spc}}}{t_{d_{spc}} + t_{plan_{spc}}} \quad (4.26)$$

$$3.6. Es3_{ppap} = \frac{t_{plan_{ppap}}}{t_{d_{ppap}} + t_{plan_{ppap}}} \quad (4.27)$$

$$3.7. OPE3 = Es_{flow} \times Es_{fmea} \times Es_{control} \times Es_{msa} \times Es_{spc} \quad (4.28)$$

4. Wskaźnik skuteczności koncepcja 4 - uwzględniająca opóźnienie w starcie opracowywania danego dowodu PPAP

$$4.1. Es4_{flow} = \frac{T_{rzecz_{flow}}}{T_{plan_{flow}}} \cdot 100\% \quad (4.29)$$

$$4.2. Es4_{fmea} = \frac{T_{rzecz_{fmea}}}{T_{plan_{fmea}}} \cdot 100\% \quad (4.30)$$

$$4.3. Es4_{control} = \frac{T_{rzecz_{control}}}{T_{plan_{control}}} \cdot 100\% \quad (4.31)$$

$$4.4. Es4_{msa} = \frac{T_{rzecz_{msa}}}{T_{plan_{msa}}} \cdot 100\% \quad (4.32)$$

$$4.5. Es4_{spc} = \frac{T_{rzecz_{spc}}}{T_{plan_{spc}}} \cdot 100\% \quad (4.33)$$

$$4.6. Es4_{ppap} = \frac{T_{rzecz_{ppap}}}{T_{plan_{ppap}}} \cdot 100\% \quad (4.34)$$

$$4.7. OPE4 = Es_{flow} \times Es_{fmea} \times Es_{control} \times Es_{msa} \times Es_{spc} \quad (4.35)$$

5. Wskaźnik efektywności z wykorzystaniem funkcji strat Taguchi`go

$$5.1. L_{flow} = \frac{L_0}{(t_{SOP} - t_{plan_{flow}})^2} \cdot t_{di}^2 \quad (4.36)$$

$$5.2. L_{fmea} = \frac{L_0}{(t_{SOP} - t_{plan_{fmea}})^2} \cdot t_{di}^2 \quad (4.37)$$

$$5.3. L_{control} = \frac{L_0}{(t_{SOP} - t_{plan_{control}})^2} \cdot t_{di}^2 \quad (4.38)$$

$$5.4. L_{msa} = \frac{L_0}{(t_{SOP} - t_{plan_{msa}})^2} \cdot t_{di}^2 \quad (4.39)$$

$$5.5. L_{spc} = \frac{L_0}{(t_{SOP} - t_{plan_{spc}})^2} \cdot t_{di}^2 \quad (4.50)$$

$$5.6. L_{ppap} = \sum L_i \quad (4.51)$$

Poza wyżej wymienionymi wskaźnikami, etap przygotowania produkcji zostanie opisany przez:

6. $\sum Sev$ – suma wskaźników znaczenia wad (ang. severity) w danym FMEA;

7. Sev_{sr} – średnia wartość z wskaźnika znaczenia wad (ang. severity) w danym FMEA;

8. $\sum Occ$ – suma wskaźników prawdopodobieństwa występowania przyczyn wad (ang. Occurance) w danym FMEA;
9. RPN_{sr} – średnia wartość liczby priorytetowej ryzyka (RPN ang. Risk Priority Number) w danym FMEA;
8. $FMEA ROI = \frac{\sum_{i=1}^n Sev_i \cdot Occ_i}{\sum_{i=1}^n Sev_i}$ [71] wskaźnik przeciążenia ryzykiem (ang. FMEA Risk Overload Index) wg danego FMEA;
9. $FMEA DOI = \frac{\sum_{i=1}^n Sev_i \cdot Det_i}{\sum_{i=1}^n Sev_i}$ [71] wskaźnik przeciążenia detekcją (ang. FMEA Detection Oveload Index) wg danego FMEA;
11. N_{CiCP} – liczba wszystkich charakterystyk uwzględnionych w planie kontroli;
12. $\frac{FMEA ROI}{N_{CiCP}}$ – jednostkowa wartość wskaźnika FMEA ROI w przeliczeniu na jedną pozycję (charakterystykę) w planie kontroli;
13. $\frac{\sum Sev}{N_{CiCP}}$ – średnia wartość wskaźnika znaczenia wad (ang. Severity) w danym FMEA w przeliczeniu na jedną pozycję (charakterystykę) w planie kontroli;
14. $\frac{\sum Occ}{N_{CiCP}}$ – średnia wartość prawdopodobieństwa występowania przyczyn wad (ang. Occurrence) w danym FMEA w przeliczeniu na jedną pozycję (charakterystykę) w planie kontroli;
15. $\frac{T_{plan ppap}}{N_{CiCP}}$ – planowany okres czasu opracowania danego elementu PPAP lub całego PPAP w przeliczeniu na jedną pozycję (charakterystykę) w planie kontroli;
16. $\frac{T_{rzecz ppap}}{N_{CiCP}}$ – rzeczywisty okres czasu opracowania danego elementu PPAP lub całego PPAP w przeliczeniu na jedną pozycję (charakterystykę) w planie kontroli.

B. Zdefiniowanie/ wybranie wskaźników wyjściowych – jakości wyrobu/ procesu

Kolejny krok projektu badawczego to określenie i wybranie wskaźników, które opiszają jakość rozpoczętej produkcji seryjnej. Jako wskaźniki opisujące ten etap wybrano:

1. TD – terminowość dostaw [%], procentowy udział dostaw wysłanych w terminie do klienta;

2. PPM_{wew} – poziom braków wewnętrznych osiągniętych podczas produkcji, określony jako stosunek ilości sztuk wadliwych do całkowitej ilości sztuk wyprodukowanych (na milion sztuk);

3. PPM_{zew} – poziom braków zewnętrznych określony, jako stosunek ilości sztuk wadliwych wysłanych do klienta do sumy wszystkich sztuk wysłanych do klienta (na milion sztuk);

4. C_{pk} – wskaźnik zdolności procesu dla wybranej charakterystyki, sposób obliczenia przedstawiony w rozdziale 2.5.5.;

5. TTF – (Time to Failure) – czas do powstania pierwszej istotnej wady. Za wady istotne przyjęto takie których znaczenia (ang. Severity) w FMEA były na poziomie 9 i 10;

C. Określenie sposobu zbierania danych

Następny etap projektu badawczego zakłada określenie sposobu zbierania danych. Podstawą obliczenia wskaźników wejściowych opisujących jakość procesu produkcji są dane zebrane od zespołów projektowych opracowujących dowody przedłożeń PPAP w ramach danego uruchomienia produkcyjnego. Dla każdego z analizowanych projektów zespoły składały się z lidera projektu, inżyniera jakości, inżyniera procesu, osoby z działu zakupów, sprzedaży, produkcji i R&D. Pierwszym etapem pracy zespołu było opracowanie planu jakościowego dla uruchamianego projektu z użyciem procedury APQP. W zakresie działań APQP zespół definiował założenia czasowe dla przebiegu projektu, w tym również dla opracowania dowodów przedłożeń PPAP.

Punktem bazowym każdego z rozpatrywanych uruchomień były założenia projektowe klienta, przekazane już na etapie kwotacji do działu sprzedaży. Dla każdego projektu klient wskazał kluczowe „kamienie milowe” projektu w postaci dat, będących równocześnie danymi wejściowymi do obliczeń wskaźników skuteczności tj.:

t_{PPAP} – ustalony, narzucony przez klienta termin na sporządzenie i przedłożenie dowodów PPAP;

t_{SOP} – ustalona, narzucona przez klienta data rozpoczęcia produkcji seryjnej w jego zakładzie;

Terminy te dla każdego z rozpatrywanych projektów przekazane zostały z działu sprzedaży.

Zespół, bazując na założeniach czasowych projektu (t_{PPAP} oraz t_{SOP}) narzuconych przez klienta, określił daty planowego rozpoczęcia i zakończenia kolejnych etapów

projektów, w tym etapów związanych z opracowaniem dowodów przedłożeń PPAP. Zdefiniowane zostały daty planowego rozpoczęcia działań dla wykonania:

- Flow Chart,
- FMEA,
- Planu Kontroli,
- MSA,
- SPC,

oraz całościowo dla przedłożenia PPAP. Dane te stanowiące dane wejściowe do obliczania wskaźników skuteczności zapisane zostały jako:

$t_{\text{start plan flow}}$ – zaplanowana data rozpoczęcia opracowywania Flow Chart;

$t_{\text{start plan fmea}}$ – zaplanowana data rozpoczęcia opracowywania FMEA;

$t_{\text{start plan control}}$ – zaplanowana data rozpoczęcia opracowywania Planu Kontroli;

$t_{\text{start plan msa}}$ – zaplanowana data rozpoczęcia opracowywania MSA;

$t_{\text{start plan spc}}$ – zaplanowana data rozpoczęcia opracowywania SPC;

$t_{\text{start plan ppap}}$ – zaplanowana data rozpoczęcia opracowywania PPAP;

Zespół zdefiniował również daty planowego ukończenia dla wszystkich dowodów przedłożeń PPAP w tym i przedłożenia PPAP. Dane te zapisane zostały w postaci:

$t_{\text{plan flow}}$ – zaplanowana data ukończenia opracowywania Flow Chart;

$t_{\text{plan fmea}}$ – zaplanowana data ukończenia opracowywania FMEA;

$t_{\text{plan control}}$ – zaplanowana data ukończenia opracowywania Planu Kontroli;

$t_{\text{plan msa}}$ – zaplanowana data ukończenia opracowywania MSA;

$t_{\text{plan spc}}$ – zaplanowana data ukończenia opracowywania SPC;

$t_{\text{plan ppap}}$ – zaplanowana data ukończenia opracowywania PPAP;

Na potrzeby pracy dla każdego z dowodów przedłożenia założone zostało opóźnienie krytyczne t_{d0i} . Jest to zakładany (umowny) graniczny/krytyczny termin wykonania danego dowodu przedłożenia lub całego PPAP. Wartości opóźnienia dla tych dowodów w każdym rozpatrywanym projekcie przyjmują tę samą wartość wg scenariusza:

$t_{d0 \text{ flow}} - 1$

$t_{d0 \text{ fmea}} - 1$

$t_{d0 \text{ control}} - 1$

$t_{d0 \text{ msa}} - 1$

$t_{d0\ spc} - 2$

$t_{d0\ ppap} - 1$

W czasie realizacji projektu zostały odnotowywane rzeczywiste daty rozpoczęcia działań związanych z kolejnymi dowodami przedłożenia PPAP.

Inżynier procesu z działu technologicznego, rejestrował daty faktycznych rozpoczęć działań dotyczących opracowań Flow Chart. Dane te zapisane zostały jako:

$t_{start\ rzecz\ flow}$ – rzeczywista data rozpoczęcia opracowywania Flow Chart;

Lider zespołu FMEA dostarczał informacje dotyczące rzeczywistych dat rozpoczęcia działania nad analizą FMEA procesu. Dane te zapisane zostały jako:

$t_{start\ rzecz\ fmea}$ – rzeczywista data rozpoczęcia opracowywania FMEA;

Inżynier jakości z działu jakości przekazywał informacje o dacie rzeczywistego startu działań nad planem kontroli. Dane te zapisane zostały jako:

$t_{start\ rzecz\ control}$ – rzeczywista data rozpoczęcia opracowywania Planu Kontroli;

Inżynier jakości z laboratorium pomiarowego, odnotowywał datę rzeczywistego rozpoczęcia działania nad MSA. Dane zapisane zostały jako:

$t_{start\ rzecz\ msa}$ – rzeczywista data rozpoczęcia opracowywania MSA;

Inżynier procesu odnotowywał, rzeczywisty czas rozpoczęcia opracowywania SPC. Dane te zapisane zostały jako:

$t_{start\ rzecz\ spc}$ – rzeczywista data rozpoczęcia opracowywania SPC;

Koordynator działań PPAP w dziale jakości, odnotowywał datę rozpoczęcia finalnego przygotowania dokumentów PPAP do przedłożenia do klienta. Dane zapisane zostały w postaci:

$t_{start\ rzecz\ ppap}$ – rzeczywista data rozpoczęcia opracowywania PPAP;

Po ukończeniu działań nad kolejnymi dowodami przedłożenia, rejestrowano daty ich finalnego ukończenia. Dane te zapisane zostały jako:

$t_{koniec\ rzecz\ flow}$ – rzeczywista data wykonania, finalnego ukończenia działań nad Flow Chart;

$t_{koniec\ rzecz\ fmea}$ – rzeczywista data wykonania, finalnego ukończenia działań nad FMEA;

$t_{koniec\ rzecz\ control}$ – rzeczywista data wykonania, finalnego ukończenia działań nad Planem Kontroli;

$t_{koniec\ rzecz\ msa}$ – rzeczywista data wykonania, finalnego ukończenia działań nad MSA;

$t_{\text{koniec rzecz spc}}$ – rzeczywista data wykonania, finalnego ukończenia działań nad SPC;

$t_{\text{koniec rzecz ppap}}$ – rzeczywista data wykonania, finalnego ukończenia działań nad PPAP;

Powyżej zebrane dane umożliwiły obliczenie:

t_{di} – rzeczywistego opóźnienia w realizacji danego etapu PPAP (w porównaniu z planowanym terminem). Wielkość ta stanowi różnicę między datą ukończenia rzeczywistego ($t_{\text{koniec rzecz } i}$) i ukończenia planowego ($t_{\text{plan } i}$) dla poszczególnych dowodów przedłożeń i PPAP całościowo. Stąd wyznaczone zostały:

$t_{\text{d flow}}$ – rzeczywiste opóźnienie w realizacji Flow Chart;

$t_{\text{d fmea}}$ – rzeczywiste opóźnienie w realizacji FMEA;

$t_{\text{d control}}$ – rzeczywiste opóźnienie w realizacji Planu Kontroli;

$t_{\text{d msa}}$ – rzeczywiste opóźnienie w realizacji MSA;

$t_{\text{d spc}}$ – rzeczywiste opóźnienie w realizacji SPC;

$t_{\text{d ppap}}$ – rzeczywiste opóźnienie w realizacji PPAP;

Wskazane powyżej daty planowane i rzeczywiste dla rozpoczęcia i zakończenia działań nad kolejnymi dowodami i przedłożeniem PPAP umożliwiły obliczenie wielkości $T_{\text{plan } i}$ oraz $T_{\text{rzecz } i}$.

$T_{\text{plan } i}$ – planowany okres czasu opracowania danego elementu PPAP lub całego PPAP. Wielkość jest definiowana w zespole projektowym na etapie opracowywania planu APQP. Stanowi ona planowaną/ zakładaną liczbę dni koniecznych dla skutecznego wykonania danego dowodu przedłożenia lub sporządzenia kompletnej dokumentacji PPAP. Wielkość $T_{\text{plan } i}$ stanowi zatem różnicę między planowanym czasem (datą) wykonania danego dowodu PPAP lub całego PPAP ($t_{\text{plan } i}$) a planowanym czasem startu rozpoczęcia działania nad danym dowodem PPAP ($t_{\text{start plan } i}$). W ten sposób wyznaczone zostały:

$T_{\text{plan flow}}$ – planowany okres czasu opracowywania Flow Chart;

$T_{\text{plan fmea}}$ – planowany okres czasu opracowywania FMEA;

$T_{\text{plan control}}$ – planowany okres czasu opracowywania Planu Kontroli;

$T_{\text{plan msa}}$ – planowany okres czasu opracowywania MSA;

$T_{\text{plan spc}}$ – planowany okres czasu opracowywania SPC;

$T_{\text{plan ppap}}$ – planowany okres czasu opracowywania PPAP;

$T_{rzecz\ i}$ – rzeczywisty okres czasu opracowania danego elementu PPAP lub całego PPAP. Wielkość $T_{rzecz\ i}$ stanowi zatem różnicę między rzeczywistym czasem (datą) wykonania danego dowodu PPAP lub całego PPAP ($t_{koniec\ rzecz\ i}$) a rzeczywistą datą startu rozpoczęcia działania nad danym dowodem PPAP ($t_{start\ rzecz\ i}$) lub całego PPAP. W ten sposób wyznaczone zostały:

$T_{rzecz\ flow}$ – rzeczywisty okres czasu opracowywania Flow Chart;

$T_{rzecz\ fmea}$ – rzeczywisty okres czasu opracowywania FMEA;

$T_{rzecz\ control}$ – rzeczywisty okres czasu opracowywania Planu Kontroli;

$T_{rzecz\ msa}$ – rzeczywisty okres czasu opracowywania MSA;

$T_{rzecz\ spc}$ – rzeczywisty okres czasu opracowywania SPC;

$T_{rzecz\ ppap}$ – rzeczywisty okres czasu opracowywania PPAP;

Osoba z działu sprzedaży dla każdego z realizowanych projektów wyznaczyła potencjalne straty dla kolejnych dowodów przedłożeń PPAP i całego PPAP. Na potrzeby pracy, dla wyliczenia wartości L_0 (możliwych strat wynikających z nieprzedłożenia PPAP do dnia wymaganego uruchomienia produkcji seryjnej), zastosowane zostało podejście agresywne. Przyjęto w nim, iż strata L_0 stanowi planowany (potencjalnie utracony) zysk z całego projektu (biorąc pod uwagę przewidywany cykl życia projektu). Dane zapisane zostały w postaci:

$L_{0\ flow}$ – strata dla opracowania Flow Chart;

$L_{0\ fmea}$ – strata dla opracowania FMEA;

$L_{0\ control}$ – strata dla opracowania Planu Kontroli;

$L_{0\ msa}$ – strata dla opracowania MSA;

$L_{0\ spc}$ – strata dla opracowania SPC;

$L_{0\ ppap}$ – strata dla opracowania PPAP;

Osoba nadzorująca prowadzenie analizy FMEA, z opracowanego arkusza FMEA, obliczyła i dostarczyła następujące dane:

1. $\sum Sev$;

2. $Sev_{\acute{s}r}$;

3. $\sum Occ$;

4. $RPN_{\acute{s}r}$;

$$5. \text{FMEA ROI} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Sev}_i \cdot \text{Occ}_i}{\sum_{i=1}^n \text{Sev}_i};$$

$$6. \text{FMEA DOI} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Sev}_i \cdot \text{Det}_i}{\sum_{i=1}^n \text{Sev}_i};$$

$$7. N_{\text{CiCP}};$$

$$8. \frac{\text{FMEA ROI}}{N_{\text{CiCP}}};$$

$$9. \frac{\sum \text{Sev}}{N_{\text{CiCP}}}$$

$$10. \frac{\sum \text{Occ}}{N_{\text{CiCP}}}$$

$$11. \frac{T_{\text{plan ppap}}}{N_{\text{CiCP}}}$$

$$12. \frac{T_{\text{rzecz ppap}}}{N_{\text{CiCP}}}$$

Po zaakceptowaniu przez klienta przedłożonego PPAP w danym projekcie, rozpoczynały się dostawy seryjne zgodnie z generowanymi w systemie zamówieniami klienta. Po upływie zdefiniowanego okresu czasu wyznaczone były wskaźniki opisujące jakość etapu produkcji seryjnej.

Dział logistyki dostarczał informacje dotyczące terminowości dostaw do klienta. Na ich podstawie określano wskaźniki:

TD – terminowość dostaw [%], procent dostaw wysłanych w terminie do klienta;

Inżynier jakości procesu dostarczał informacje dotyczące poziomu braków wewnętrznych. W celu uzyskania tych danych z rejestru braków wewnętrznych odczytana została ilość wyprodukowanych sztuk wadliwych. Dział produkcji dostarczał informacje dotyczące całkowitej ilości sztuk wyprodukowanych. Na tej podstawie obliczany został poziom braków wewnętrznych zdefiniowanych jako stosunek wyprodukowanych sztuk wadliwych do wszystkich sztuk wyprodukowanych (na milion sztuk). Dane zapisane zostały w postaci:

PPM_{wew} – poziom braków wewnętrznych osiągniętych podczas produkcji;

Dział jakości dostarczał informacje o poziomie braków zewnętrznych na podstawie rejestru reklamacji. Z działu logistyki uzyskano informacje odnośnie sumarycznej ilości sztuk dostarczonych do klienta. Poziom braków zewnętrznych określa stosunek sztuk wadliwych wysłanych do klienta do wszystkich sztuk wysłanych do klienta (na milion sztuk). Dane zapisane zostały w postaci:

PPM_{zew} – poziom braków zewnętrznych;

Dla każdej części produkcyjnej w ramach opracowania planu kontroli zdefiniowano charakterystyki kontrolne wraz z częstotliwością wymaganych kontroli. Zdefiniowano również charakterystykę specjalną, która będzie podlegać statystycznej kontroli procesu. W trakcie procesu produkcyjnego zapisy uzyskanych pomiarów zostały realizowane przez operatora w Karcie Uruchomienia Produkcji (KUP) na podstawie obliczonych wskaźników zdolności procesu produkcyjnego. Dane zapisane zostały w postaci:

C_{pk} – zdolność procesu dla ustalonych charakterystyk;

Na etapie FMEA dla każdego rodzaju wady zdefiniowane zostały potencjalne skutki wad. Każdym skutkiem przypisane zostało ich znaczenie (ang. Severity). W czasie procesu produkcyjnego rejestrowano czas od rozpoczęcia produkcji seryjnej do momentu powstania pierwszej istotnej wady. Za wadę istotną uznano wadę której wartość znaczenia (ang. Severity) w FMEA była na poziomie 9 i 10. Dane zapisane zostają w postaci:

TTF – (Time to Failure) – czas do powstania istotnej wady.

Dane uzyskane w trakcie realizacji kolejnych projektów gromadzono w opracowanych arkuszach danych – tabela numer 1 i 2 znajdujących się w załączniku niniejszej pracy.

D. Planowanie projektu wdrożenia produkcyjnego

Kolejny krok projektu badawczego to etap planowania projektu wdrożenia produkcyjnego dla określonego detalu. Na etapie tym, opracowano zaawansowany plan jakości wyrobu według wytycznych APQP, za opracowanie którego odpowiedzialny był

zespół interdyscyplinarny. W skład zespołu wchodził inżynier procesu, inżynier jakości, osoba z działu zakupów, sprzedaży, produkcji i R&D. W ramach działań APQP zaplanowano terminy realizacji kolejnych kroków projektowych, w tym i kluczowych elementów PPAP oraz termin całkowitego przedłożenia PPAP. Planowany termin realizacji został zdefiniowany poprzez planowane daty rozpoczęcia oraz zakończenia kolejno realizowanych działań. Określono zatem daty rozpoczęcia i zakończenia opracowania Flow Chart, FMEA, Planu Kontroli, MSA, SPC oraz przedłożenia PPAP:

$t_{\text{start plan flow}}$

$t_{\text{start plan fmea}}$

$t_{\text{start plan control}}$

$t_{\text{start plan msa}}$

$t_{\text{start plan spc}}$

$t_{\text{start plan ppap}}$

$t_{\text{plan flow}}$

$t_{\text{plan fmea}}$

$t_{\text{plan control}}$

$t_{\text{plan msa}}$

$t_{\text{plan spc}}$

$t_{\text{plan ppap}}$

Powyższe dane zapisane zostały w tabeli numer 1 stanowiącej załącznik pracy.

E. Realizacja projektu przygotowania produkcji (PPAP)

Na podstawie zaplanowanych w harmonogramie APQP kolejnych kroków według założonego terminarza wdrożenia projektu produkcyjnego, następowała realizacja każdego projektu. W ramach określonych uprzednio założeń czasowych dla wykonania kolejnych etapów APQP, działania zostały zrealizowane. Każdy z realizowanych projektów wymagał przedłożenia PPAP na poziomie 3. W związku z tym konieczne zostało wykonanie 18 dowodów przedłożeń. Interdyscyplinarny zespół przydzielony do realizacji wdrożenia opracowywał kolejne dowody przedłożeń w tym tzw. core tools PPAP. Opracowane zatem zostały Flow Chart, FMEA, Plan Kontroli, MSA, SPC oraz (po przygotowaniu wzorców

produkcyjnych i wypełnieniu PSW) został przedłożony do klienta pełny pakiet dowodów PPAP. Etap ten dostarczył następujących danych:

$t_{\text{start}} \text{ rzecz flow}$

$t_{\text{start}} \text{ rzecz fmea}$

$t_{\text{start}} \text{ rzecz control}$

$t_{\text{start}} \text{ rzecz msa}$

$t_{\text{start}} \text{ rzecz spc}$

$t_{\text{start}} \text{ rzecz ppap}$

$t_{\text{koniec}} \text{ rzecz flow}$

$t_{\text{koniec}} \text{ rzecz fmea}$

$t_{\text{koniec}} \text{ rzecz control}$

$t_{\text{koniec}} \text{ rzecz msa}$

$t_{\text{koniec}} \text{ rzecz spc}$

$t_{\text{koniec}} \text{ rzecz ppap}$

Dane zapisane zostały w tabeli numer 1 stanowiącej załącznik pracy.

F. Zbieranie danych do wskaźników wejściowych – (PPAP)

W czasie realizacji projektu przygotowania produkcji zebrane zostały dane dla wskaźników skuteczności i efektywności PPAP, których koncepcje przedstawione zostały w rozdziale 3.4. Sposób zbierania danych do wyliczeń wskaźników opisany został w pkt C schematu badawczego.

Dane zebrane zostały z 9 wdrożeń produkcyjnych zrealizowanych w firmie z branży motoryzacyjnej. Firma ta posiada ugruntowaną od wielu lat pozycję na rynku. Specjalizuje się w m.in. w produkcji tłoczonych metalowych elementów oraz montażu mechanizmów wycieraczek. Wysoka jakość produkowanych elementów i świadczonych usług montażu związana jest z polityką firmy, która wdrożyła, utrzymuje i rozwija od wielu lat systemy zarządzania jakością. Firma posiada certyfikat zgodności systemu zarządzania jakością z wymaganiami ISO 9001 oraz certyfikat zgodności systemu zarządzania jakością z wymaganiami ISO/TS 16949 jak również certyfikat systemu zarządzania środowiskiem wg ISO 14001. Widząc dalsze perspektywy rozwoju, firma podjęła również działania

w celu wdrożenia zintegrowanego systemu zarządzania WCM (Word Class Manufacturing).

Projekt pierwszy dotyczył uruchomienia tłoczonej metalowej części, będącej elementem mechanizmu napinacza pasa bezpieczeństwa samochodu osobowego. Mechanizm ten jest elementem systemu bezpieczeństwa biernego w samochodzie. W razie wypadku jego funkcja polega na napięciu pasa bezpieczeństwa tak, aby jak najszybciej, ściśle związać ciało człowieka z konstrukcją pojazdu. Element metalowy, którego uruchomienie produkcji śledzono, jest metalową częścią korpusu zwijacza pasów, która ma za zadanie osłaniać pas. Element ten styka się bezpośrednio z pasem, dlatego wymagania jakościowe nie dopuszczają ostrych krawędzi czy zadziorów, gdyż powodowałyby one uszkodzenie pasa, a tym samo ryzyko jego przerwania.

Drugi projekt to tłoczona metalowa część, element mechanizmu automatycznego podnoszenia szyb w samochodzie osobowym. Detal ten wchodzi w skład kompletnego mechanizmu składającego się z zestawu dźwigni i linek. Zadaniem tego elementu jest osłona linki w bębenu zwijacza. Poza aspektem wymiarowym wskazanym w dokumentacji technicznej, istotną charakterystyką tego detalu jest koncentryczność trzech otworów (dwóch otworów montażowych i jednego, przez którego przechodzi sworzeń zwijacza).

Projekty numer 3,4,5 oraz 6 to metalowe tłoczone części, będące elementami mocowania mechanizmu klamry pasa bezpieczeństwa. Dokumentacja techniczna tych elementów poza charakterystykami wymiarowymi wskazuje również wymagania dotyczące wytrzymałości na rozciąganie.

Projekt numer 7 i 8 stanowią elementy stanowiące mechanizm napędu wycieraczek. Detale te wchodzi w skład układu kinematycznego, który po wykorzystaniu napędu elektrycznego, wymusza ruch piór wycieraczki po szybie. Elementy są montowane z podkomponentów, na dedykowanych stanowiskach montażowych. Istotnymi parametrami tych detali poza spełnieniem aspektu wymiarowego wskazanego w dokumentacji technicznej jest spełnienie charakterystyki bicia osiowego i promieniowego sworzni.

Projekt numer 9 to tłoczony element, będący metalowym wspornikiem podtrzymującym wiązki elektryczne. Jest on mocowany na silnikach samochodów ciężarowych. Ważną charakterystyką tych detali poza aspektem wymiarowym jest położenie otworów i wytrzymałość zgrzewanych nakrętek, za pomocą których wspornik jest montowany do silnika.

Uzyskane dane z realizacji przygotowania produkcji ww. projektów, zostały zebrane w tabeli numer 1 znajdującej się w załączniku pracy.

G/H. Uruchomienie produkcji seryjnej/ Dostawy seryjne

Po skompletowaniu wymaganych do przedłożenia dokumentów do PPAP zostały one przesłane do klienta w celu finalnego zatwierdzenia. Klient analizując dokumenty (oraz zgodność próbki wzorcowej z dokumentacją techniczną) podejmował decyzje co do przedłożonego PPAP, udzielając zatwierdzenia. Tym samym potwierdzone zostało, iż detal spełnia wszystkie wymagania, a dostawy seryjne mogą być uruchomione.

Uruchomienie produkcji seryjnej w zakładzie poprzedzone zostało wykonaniem szeregu kolejnych działań przygotowawczych, w tym m.in.:

- przygotowanie instrukcji odbioru jakościowego materiałów i komponentów składowych zgodnie z wskazaniami zapisanymi w planie kontroli;
- wprowadzenie w bazie danych systemu komputerowego danych o materiale i komponentach składowych;
- umieszczenie w systemie komputerowym aktualnej dokumentacji technicznej wyrobu gotowego, wraz z ewentualnymi rysunkami składowymi i komponentami;
- umieszczenie w systemie komputerowym aktualnych norm i warunków technicznych wskazanych w dokumentacji technicznej wyrobu gotowego;
- złożenie zamówień na materiały i komponenty do dostawców (którzy zostali przedstawieni w PPAP i zatwierdzeni) na podstawie zamówień i przewidywań ilościowych klienta;
- wydzielenie miejsc składowania dla narzędzi i umieszczenie stosownych zapisów w systemie komputerowym;
- opracowanie planu konserwacji i przeglądu dla narzędzi, opracowanie listy niezbędnych części zamiennych dla narzędzi, umieszczenie stosownych zapisów w systemie komputerowym;
- opracowanie dokumentacji technologiczno-produkcyjnej i umieszczenie jej na stanowisku pracy. Wymienić tu należy:
 - ✓ Karty Operacyjne;
 - ✓ Instrukcje stanowiskowe;
 - ✓ Instrukcje wykonywania pomiaru;

- ✓ Instrukcje mocowania i obsługi narzędzi;
- ✓ Karty Uruchomienia Produkcji (KUP);
- umieszczenie na stanowisku pracy/stanowisku pomiarowym przyrządów kontrolno-pomiarowych wskazanych w planie kontroli produkowanego detalu;
- przeprowadzenie szkoleń dla pracowników produkcyjnych w aspekcie:
 - ✓ działań w ramach wykonywanych operacji;
 - ✓ jakości wyrobu;
 - ✓ wypełniania Karty Uruchomienia Produkcji;
- przeprowadzenie szkoleń dla pracowników kontroli jakości produkcji w aspekcie wskazań co do jakości wyrobu;
- opracowanie i uzgodnienie z klientem Karty Pakowania detalu zawierającej m.in. (określny rodzaj pojemnika, sposób pakowania, ilość sztuk w pojemniku, rodzaj etykiety wysyłkowej);

Po wykonaniu powyższych działań, rozpoczęto produkcję seryjną wyrobu. Rozpoczęcie produkcji przebiegło w oparciu o stosowaną w firmie procedurę: „Zatwierdzenie wyrobu do produkcji” i ujętą w jej ramach Kartę Uruchomienia Produkcji (KUP).

Pracownik przydzielony przez Mistrza zmianowego na stanowisko pracy (po uprzednim zainstalowaniu narzędzia na urządzeniu/ maszynie przez Ustawiacza) pobrał Kartę KUP i dokonał szeregu sprawdzeń i zapisów na tejże Karcie w tym:

- Weryfikację materiału (spisany zostaje numer batchu z przywieszki materiałowej);
- Sprawdzenie parametrów pracy urządzenia (zapisane zostały parametry nastawów urządzenia/ maszyny przez Ustawiacza i potwierdzona ich zgodność);
- Pomiar parametrów funkcjonalnych dla pierwszych sztuk;

Zatwierdzenie odbywa się poprzez kontrolę pierwszej dobrej sztuki. Ocena pierwszych wykonanych detali wykonał operator, który po stwierdzeniu ich zgodności przedstawił próbkę pierwszych dobrze wykonanych sztuk do akceptacji Kontrolera Jakości, który potwierdził ich zgodność w Karcie KUP. Następnie umieszczona została przywieszka na pierwszej dobrej sztuce i dopiero od tego momentu jest możliwa kontynuacja produkcji. Detal na podstawie którego zwolniono produkcję jest każdorazowo zachowywany jako „wzorzec pierwszej dobrej sztuki” do czasu zakończenia serii produkcyjnej a następnie zostaje spakowany do ostatniego pojemnika.

W trakcie produkcji operator dokonał pomiarów i zapisów w Karcie KUP:

- parametrów funkcjonalnych dokonywanych w częstotliwości zgodnej z poczynionymi uprzednio ustaleniami na etapie Planu Kontroli;
- Sprawdzenia końcowego (potwierdzenie spakowania ostatniej sztuki, będącej pierwszą dobrą wyprodukowaną sztuką oraz ilości wyprodukowanych sztuk dobrych i sztuk złych)

Zgodnie z zamówieniami klienta zostały wyprodukowane wskazane ilości sztuk wyrobów. Wyprodukowane detale po spakowaniu zgodnie z Kartą Pakowania na wydziale pakowni, trafiły na magazynu wysyłkowego. Dostawa została zaawizowana do klienta, po czym nastąpił jej odbiór.

I. Zbieranie danych do wskaźników wyjściowych – jakość wyrobu/ procesu

Etap produkcji seryjnej był oceniany za pomocą wybranych uprzednio wskaźników (TD, PPM_{wew} , PPM_{zew} , Cpk, TTF), których sposób zbierania opisany został na etapie C projektu badawczego.

Zebrane wyniki umieszczone zostały w tabeli numer 2 znajdującej się w załączniku pracy.

J. Obliczenie wskaźników skuteczności i efektywności procesu przygotowania produkcji (PPAP)

Po zebraniu danych ze zrealizowanych projektów na etapie przygotowania produkcji nastąpiło obliczenie uprzednio opracowanych wskaźników skuteczności i efektywności procesu PPAP. Koncepcje wskaźników zostały przedstawione w rozdziale 3.4, a ich wyszczególnienie umieszczone zostało w punkcie A schematu badawczego.

W tabeli numer 3 stanowiącej załącznik pracy, zestawione zostały uzyskane wyniki z obliczeń wskaźników.

K. Analiza wskaźników

W kolejnym etapie badań przeprowadzona została statystyczna analiza wyników. Na potrzeby pracy do oceny wpływu jakości realizacji procesu PPAP na jakość produkcji seryjnej posłużono się analizą korelacji. W badaniach wykorzystano korelacje wielorakie oraz korelacje r-Pearsona a także korelacje rangowe rho-Spearmana. Celem wykonanej

analizy było stwierdzenie, czy między badanymi zmiennymi zachodzą jakieś zależności, a jeżeli tak to jaka jest ich siła i kierunek.

W pierwszym kroku analizy korelacyjnej dla zbadania występowania zależności zastosowano korelacje wielorakie. Korelacje wielorakie [48] mierzą siłę oddziaływania zespołu zmiennych X_1, X_2, \dots, X_n na zmienną Y .

Współczynnik korelacji wielorakiej R [15] może być traktowany jako korelacja pomiędzy wartościami obserwowanymi „ y ” a wartościami przewidywanymi „ \hat{y} ” na podstawie równania regresji. Współczynnik ten można obliczyć za pomocą wzoru:

$$R = \frac{\sum(y - \bar{y})(\hat{y} - \bar{\hat{y}})}{\sqrt{\sum(y - \bar{y})^2(\hat{y} - \bar{\hat{y}})^2}} \quad (4.52)$$

gdzie:

y - wartość obserwowana;

\bar{y} - wartość średnia;

\hat{y} - wartość przewidywana;

Wielkość ta przyjmuje wartości z przedziału $(0,1)$, przy czym [66] gdy współczynnik korelacji jest równy 0 to brak jest korelacji między X_i i zmienną Y , oraz jest równy 1 gdy z prawdopodobieństwem 1 zmienne te są związane dokładną relacją liniową.

Celem zastosowania korelacji wielorakiej w niniejszej pracy było stwierdzenie istnienia zależności między opracowanymi wskaźnikami jakości realizacji PPAP a poszczególnymi wskaźnikami jakości produkcji po jej uruchomieniu. Efektem przeprowadzonej analizy jest macierz korelacji wielorakiej zamieszczonej w tabeli 4.1. niniejszej pracy.

Analiza korelacji wielorakiej nie wskaże jednakże, które działania PPAP wpływają na efekty, czyli jakość procesu produkcyjnego. W związku z tym, w kolejnym etapie analizy statystycznej, w celu zbadania tych zależności posłużono się korelacjami liniowymi Pearsona i korelacjami rangowymi Spearmana. Analizy te pozwolą oszacować, które elementy PPAP najsilniej wpływają na jakość procesu produkcyjnego opisanego przez wybrane wskaźniki.

Najczęściej wykorzystywaną miarą określającą występowanie liniowej zależności dwóch zmiennych jest współczynnik korelacji r -Pearsona. Za pomocą tego współczynnika jesteśmy w stanie określić korelacje pomiędzy zmiennymi mierzonymi na skali ilościowej.

Współczynnik korelacji liniowej Pearsona obliczany jest za pomocą wzoru [38]:

$$r_p = \frac{cov(X,Y)}{S_X S_Y} \quad (4.5)$$

gdzie:

$\text{cov}(X, Y)$ jest kowariancją między cechami X i Y , obliczana za pomocą wzoru:

$$\text{cov}(X, Y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i y_i - \bar{x} \bar{y} \quad (4.54)$$

natomiast S_x i S_y są odchyleniami standardowymi dla cech X i Y obliczane według wzorów:

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\bar{x})^2} \quad (4.55)$$

$$S_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\bar{y})^2} \quad (4.56)$$

Korelację r -Pearsona interpretuje się za pomocą dwóch wymiarów: kierunku i siły związku. Kierunek korelacji informuje o tym, w jaki sposób wartości jednej zmiennej są uporządkowane względem drugiej zmiennej. Można mieć do czynienia z korelacją dodatnią gdzie wraz ze wzrostem wartości jednej zmiennej wzrastają wartości drugiej zmiennej, z korelacją ujemną gdzie wraz ze wzrostem wartości jednej zmiennej maleją wartości drugiej zmiennej lub z korelacją równą 0 będącą brakiem związku liniowego między analizowanymi zmiennymi. Z kolei siła związku określa stopień istniejącej współzależności. Współczynnik korelacji r przyjmuje zawsze wartości z przedziału od -1 do 1. Interpretacja wskaźnika jest następująca:

$r=0$ - brak korelacji, czyli brak liniowego związku między dwiema zmiennymi;

$r=1$ - zachodzi ścisły dodatni związek liniowy między dwiema zmiennymi, gdy jedna z tych zmiennych przyjmuje większe wartości, druga także przyjmuje większe wartości (i na odwrót)

$r=-1$ - zachodzi ścisły ujemny liniowy związek między dwiema zmiennymi, gdy jedna z tych zmiennych przyjmuje większe wartości, to i druga przyjmuje mniejsze wartości (i na odwrót).

W literaturze nie ma pełnej zgodności wśród autorów co do interpretacji poziomów wskaźnika korelacji. Wg [31,37] interpretacja poziomów wskaźnika korelacji jest następująca:

$|r| < 0,5$ - korelacja jest uznawana za bardzo słabą lub w ogóle nie istniejącą,

$0,5 < |r| < 0,8$ - korelacja jest uznawana za umiarkowanie silną,

$|r| > 0,8$ - oznacza silną korelację.

Z kolei [48] przedstawia następującą interpretację:

Jeśli $0 < |r| < 0,3$ to cechy są skorelowane słabo,

Jeśli $0,3 \leq |r| < 0,5$ to cechy są skorelowane średnio,

Jeśli $0,5 \leq |r| < 0,7$ to cechy są skorelowane mocno,

Jeśli $0,7 \leq |r|$ cechy są skorelowane bardzo mocno.

Natomiast [68] uważa, iż w praktyce przyjmuje się za znaczące związki, którym odpowiada współczynnik korelacji o wartości bezwzględnej nie mniejszej niż 0,8.

Na potrzeby pracy obliczono korelacje Pearsona pomiędzy wszystkimi wskaźnikami skuteczności i efektywności opisującymi proces przygotowania produkcji PPAP, a wszystkimi wskaźnikami wytypowanymi do opisanego etapu produkcji seryjnej. Wyznaczone w ten sposób korelacje Pearsona występujące między badanymi wskaźnikami poddane zostały testowaniu statystycznemu w oparciu o test istotności. Wynikiem testu istotności może być:

- a) przyjęcie lub odrzucenie hipotezy zerowej przy założonym poziomie istotności lub
- b) wyznaczenie poziomu istotności (p) przy którym można przyjąć hipotezę zerową (brak podstaw odrzucenia hipotezy zerowej)

Literatura statystyczna [81] przyjmuje, że zalecana wartość poziomu istotności występuje dla $p \leq 0,05$. Poniżej tej wartości rezultat oceniany jest jako statystycznie istotny. Wyniki istotne na poziomie $p \leq 0,01$ uważa się powszechnie za statystycznie bardzo istotne, zaś wyniki istotne na poziomie $p \leq 0,005$ lub $p \leq 0,001$ nazywane bywają wysoce istotnymi.

Test istotności przeprowadzono wg metody b, co oznacza, że test istotności nie daje podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej dla $p \leq 0,05$.

W dalszym etapie analizy statystycznej wykorzystano analizę korelacji rangowej Spearmana. Sens zastosowania tej analizy wynika z faktu, iż:

- współczynnik korelacji rang Spearmana może być wykorzystywany do badania zależności między zmiennymi ilościowymi w przypadkach niewielkiej liczby obserwacji [68],
- analiza ta stosowana jest w badaniach, w których klasyczny współczynnik korelacji Pearsona daje nieistotne wyniki ze względu na obserwacje odstające,
- korelacja Spearmana daje możliwość wykrycia obecności zależności monotonicznej nieliniowej, czego nie wykrywa korelacja Pearsona wykrywając jedynie zależności liniowe.

Spearman [82] zdefiniował swój współczynnik jako zwykły współczynnik korelacji Pearsona, liczony dla rang zmiennych (stąd nazwa współczynnik korelacji rang).

Współczynnik korelacji Spearmana obliczany jest według wzoru [38]:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2-1)} \quad (4.57)$$

gdzie:

d_i - oznaczają różnice między rangami odpowiadających sobie wartości cech x_i i cechy y_i ($i=1,2,\dots,n$)

Obliczenia rozpoczyna się od uporządkowania wyjściowych informacji według rosnących (lub malejących) wariantów (tu: wartości) jednej z cech. Uporządkowanym wartościom zmiennych nadajemy następnie numery kolejnych liczb naturalnych. Czynność tą nazywamy rangowaniem[81].

Korelacja rangowa przyjmuje zawsze wartości z przedziału $[-1,1]$. Ich interpretacja jest podobna do klasycznego współczynnika korelacji Pearsona[38], z jednym zastrzeżeniem: w odróżnieniu od współczynnika Pearsona, który mierzy liniową zależność między zmiennymi, a wszelkie inne związki traktuje jak zaburzone zależności liniowe, korelacja rangowa pokazuje dowolną monotoniczną zależność (także nieliniową)[51].

Na potrzeby pracy obliczono korelacje Spearmana pomiędzy wszystkimi wskaźnikami skuteczności i efektywności opisującymi proces przygotowania produkcji na etapie PPAP, a wszystkimi wskaźnikami wytypowanymi do opisu etapu produkcji seryjnej.

Wyznaczone korelacje Spearmana poddano testowaniu statystycznemu w oparciu o test istotności. Testowanie przebiegało następująco: oznaczając współczynnik korelacji rang przez r_s , odpowiednie hipotezy zapisano jako:

$$H_0: r_s = 0$$

wobec

$$H_1: r_s \neq 0$$

Dla liczebności próby ($n=9$ projektów) krytyczna wartość współczynnika korelacji rang $r_{s \text{ kryt}}$, odczytaną została z tablic[64].

Dla poziomu istotności $\alpha=0,05$ wartość $r_{s \text{ kryt}}=0,683$;

Dla poziomu istotności $\alpha=0,01$ wartość $r_{s \text{ kryt}}=0,833$.

Następnie odczytana wartość $r_{s \text{ kryt}}$ porównana została z r_s i jeśli spełniony został warunek:

$$|r_s| \geq r_{s \text{ kryt}}$$

oznaczało to odrzucenie hipotezy zerowej $H_0: r_s = 0$ na rzecz hipotezy alternatywnej $H_1: r_s \neq 0$.

Po obliczeniu zarówno wartości współczynnika korelacji Pearsona jak i Spearmana, utworzone zostały diagramy korelacji dla badanych wskaźników (ocena graficzna korelacji liniowej) oraz rang tych wskaźników (ocena graficzna korelacji monotonicznej w przypadku korelacji nieliniowej). Wykresy posłużyły do dodatkowej oceny istnienia zależności korelacyjnych (Załącznik nr 4).

Uzyskane wyniki wskaźników korelacji i poziomów istotności przedstawiono w tabeli numer 4 stanowiącej załącznik niniejszej pracy w formie macierzy korelacji (wg terminologii statystycznej[48]) lub diagramu macierzowego (wg terminologii jakościowej[31]).

L. Wnioski z analizy

Końcowy etap realizowanego projektu badawczego to wyciągnięcie wniosków z przeprowadzonych badań i wykonanej analizy statystycznej.

Wnioski odnoszą się w głównej mierze do postawionej hipotezy pracy i koncentrują się na wskazaniach w zakresie zastosowanej analizy statystycznej w oparciu o wyznaczone korelacje wielorakie, Pearsona i Spearmana. Opis wyciągniętych wniosków z przeprowadzonej analizy znajduje się w rozdziale 4.4.

4.4. Wnioski z analizy

Przeprowadzone rozważania teoretyczne oraz wykonane badania pozwalają na sformułowanie wniosków dotyczących zarówno opracowanej metodyki ciągłego doskonalenia procesu PPAP, jak i oceny wpływu etapu przygotowania produkcji na etap produkcji seryjnej. Praca wyodrębnia 3 grupy wniosków:

- 4.4.1 wnioski statystyczne, uzyskane w wyniku przeprowadzonej analizy statystycznej korelacji między wskaźnikami opisującymi etap przygotowania produkcji a wskaźnikami uzyskanymi podczas produkcji seryjnej
- 4.4.2. wnioski poznawcze, odnoszące się do oceny wpływu narzędzi jakości wykorzystanych w procesie PPAP na późniejszą jakość produkcji seryjnej
- 4.4.3. wnioski utylitarne, dotyczące możliwości planowania, nadzorowania i doskonalenia procesu przygotowania produkcji PPAP

4.4.1. Wnioski statystyczne

Analiza korelacji wielorakich wykazała istotne zależności między wskaźnikami jakości przygotowania produkcji a wskaźnikami jakości realizacji produkcji. Poniższa tabela przedstawia zestawienie korelacji wielorakich.

	TD	PPM wew	PPM zew	Cpk	TTF
Es1	81,50%	89,50%	94,50%	98,80%	85,30%
Es2	92,50%	91,50%	98,60%	98,60%	92,80%
Es2a	99,90%	99,60%	98,80%	99,20%	99,90%
Es3	97,20%	93,20%	99,40%	90,60%	88,60%
Es4	99,80%	93,20%	94,40%	91,80%	89,10%
L	87,2%	55,8%	71,2%	77,9%	86,9%

Tab.4.1 Macierz korelacji wielorakich

Z tabeli 4.1 można zauważyć, iż wszystkie z powyższych korelacji uznać można za silnie skorelowane. Stan taki wstępnie potwierdza założoną hipotezę pracy i uzasadnia podjęcie tematu pracy.

Biorąc za podstawę zasady interpretacji wskaźników korelacji zarówno Pearsona jak i Spearmana przedstawione w rozdziale 4.3, przeprowadzono przegląd wartości uzyskanych współczynników korelacji i wyników testów istotności.

Kierując się opisanymi zasadami interpretacji wskaźników korelacji, przyjęto:

- a) za korelacje silne, korelacje spełniające założenia:

Współczynnik korelacji Pearsona $|r_p| \geq 0,8$, przy ustalonym poziomie istotności $p=0,05$.

Współczynnik korelacji Spearmana $|r_s| \geq 0,8$, dla poziomu istotności $p=0,05$ lub $p=0,01$.

- b) za korelacje umiarkowanie silne, korelacje spełniające założenia:

Współczynnik korelacji Pearsona $0,8 \geq |r_p| \geq 0,5$, przy ustalonym poziomie istotności $p=0,05$.

Współczynnik korelacji Spearmana $0,8 \geq |r_p| \geq 0,5$, dla poziomu istotności $p=0,05$ lub $p=0,01$.

Pozostałe uzyskane korelacje uznane zostały za słabe i zostały pominięte we wnioskach. Wnioski z analizy zawiera tabela numer 5 umieszczona w załączniku niniejszej pracy.

Ponadto przeanalizowano także, które wskaźniki wejściowe uzyskały największą liczbę korelacji istotnych z wskaźnikami wyjściowymi. Wynik tej analizy zawarty został w tabeli 4.2.

wskaźniki wejściowe	wskaźniki wyjściowe			ilość skorelowań
Es2fmea	TTF			1
Es3spc	TD			1
RPNśred	TD	TTF		2
FMEA DOI	TD	PPMzew	TTF	3
OPE4	PPMwew			1
Lfmea	PPMwew			1
Lmsa	PPMwew			1
Es1flow	PPMzew	PPMwew		2
Es2flow	PPMzew	PPMwew		2
Es2aflow	PPMzew	TTF	PPMwew	3
<i>Trzeci ppap</i> <i>N_{CiCP}</i>	PPMzew			1
Es1control	Cpk			1
Es2control	TTF			1
Es2msa	TTF			1
OPE2	TTF			1
Es2afmea	TTF			1
Es4flow	PPMwew			1

Tab.4.2 Zestawienie ilości skorelowań wskaźników wejściowych z wyjściowymi

Z tabeli 4.2 można zauważyć, iż wskaźniki wejściowe które w największej liczbie badanych korelacji wykazały korelacje istotne z wskaźnikami wyjściowymi to: FMEA DOI, Es2aflow oraz RPNśred, Es1flow i Es2flow.

Analizie poddano równocześnie które wskaźniki wyjściowe uzyskały największą liczbę korelacji istotnych z wskaźnikami wejściowymi. Poniższa tabela 4.3 zawiera wynik analizy.

lp	TD	PPMwew	PPMzew	Cpk	TTF
1	Es3spc	OPE4	Es1flow	Es1control	Es2fmea
2	RPNśred	Lfmea	Es2flow		Es2control
3	FMEA DOI	Lmsa	Es2aflow		Es2msa
4		Es4flow	FMEA DOI		OPE2
5		Es1flow	<i>Trzeci ppap</i> <i>N_{CiCP}</i>		Es2aflow
6		Es2flow			Es2afmea
7		Es2aflow			RPNśred
8					FMEA DOI

Tab.4.3 Zestawienie ilości skorelowań dla poszczególnych wskaźników wyjściowych

Z tabeli 4.3 można zauważyć, iż wskaźnikiem wyjściowym, który uzyskał największą liczbę korelacji istotnych z wskaźnikami wejściowymi to wskaźnik TTF.

Przenalizowano także, które wskaźniki wejściowe, których elementów PPAP uzyskały największą liczbę korelacji istotnych z wskaźnikami wyjściowymi. Poniższa tabela 4.4 zawiera wynik analizy.

Lp	Flow Chart	FMEA	Control	MSA	SPC
1	PPMzew-Es1flow	TTF-Es2fmea	Cpk-Es1control	PPMwew-Lmsa	TD-Es3spc
2	PPMzew-Es2flow	TD-FMEA DOI	TTF-Es2control	TTF-Es2msa	
3	PPMzew-Es2aflow	PPMwew-Lfmea			
4	TTF-Es2aflow	PPMzew-FMEA DOI			
5	PPMwew-Es4flow	TTF-FMEA DOI			
6	PPMwew-Es1flow				
7	PPMwew-Es2flow				
8	PPMwew-Es2aflow				

Tab.4.4 Zestawienie ilości skorelowań dla poszczególnych elementów PPAP (opisanych przez wskaźniki skuteczności)

Z tabeli 4.4 można zauważyć, iż elementami PPAP które osiągnęły największą liczbę korelacji istotnych są Flow Chart oraz FMEA.

4.4.2. Wnioski poznawcze

Na podstawie powyżej przeprowadzonej analizy statystycznej oraz wyciągniętych wniosków statystycznych sformułowano następujące wnioski poznawcze:

- a) Przeprowadzona analiza korelacji wielorakich wykazała, iż istnieją zależności między wskaźnikami jakości realizacji PPAP a poszczególnymi wskaźnikami jakości produkcji po jej uruchomieniu. Każdy z analizowanych wskaźników mówiących o jakości produkcji można uznać za skorelowany ze zbiorem analizowanych wskaźników dotyczących jakościowego przygotowania produkcji.
- b) Przeprowadzona analiza korelacji Pearsona i Spearmana wykazała, iż skuteczność wykonania FMEA (mierzona wskaźnikiem Es2fmea) ma istotny wpływ na jakość procesu produkcyjnego mierzonego wskaźnikiem TTF. Skutecznie (w sensie terminowości i jakości) wykonana analiza FMEA daje czas na wprowadzenie działań zapobiegawczych zaplanowanych w trakcie analizy FMEA oraz wdrożenie tychże działań. Zgodnie z metodyką FMEA, analiza ta ma charakter prewencyjny, nastawiony na eliminację przyczyn niezgodności, ze szczególnym uwzględnieniem niezgodności o największej szkodliwości dla klienta (wskaźnik Severity), powodowanych przez najbardziej prawdopodobne przyczyny (wskaźnik Occurrence). A zatem wdrożone działania zapobiegawcze przełożyły się na lepszą jakość „startową” procesu produkcji mierzoną wskaźnikiem TTF.
- c) Z analizy korelacji Pearsona i Spearmana wynika, iż kontrola jakości (kryteria, miejsca i metody) zaprojektowana już na etapie FMEA, której „intensywność”

mierzona jest wskaźnikiem FMEA DOI, wydaje się mieć istotny wpływ na terminowość dostaw mierzoną wskaźnikiem TD. Właściwie zaprojektowana kontrola potencjalnych zagrożeń, które zdefiniowane zostają podczas analizy FMEA, przekłada się na zwiększenie prawdopodobieństwa produkcji części zgodnych, czyli produkcję zgodnie z zaplanowanym harmonogramem klienta, a tym samym realizację jego zleceń w wymaganym terminie, co znalazło odzwierciedlenie w postaci korelacji wskaźnika FMEA DOI ze wskaźnikiem terminowości dostaw TD. Intensywna, skuteczna kontrola (duża wartość wskaźnika FMEA DOI) zwiększa prawdopodobieństwo wczesnego wykrycia wady (lub nawet przyczyny wady), co zwiększa prawdopodobieństwo szybkich działań korygujących i korekcyjnych, co z kolei zmniejsza prawdopodobieństwo ryzyka czasochłonnego sortowania wyrobów lub zatrzymania wysyłki z powodu późnego wykrycia problemu. W ten sposób efektem intensywnej i skutecznej kontroli jest zatem nie tylko, co oczywiste, mniejsza wadliwość zewnętrzna (a także wewnętrzna, jeśli kontrola wykrywa nie tylko wady, ale także ich przyczyny), ale także mniejsze ryzyko nieterminowych dostaw.

- d) Z analizy korelacji Pearsona i Spearmana wynika, iż skuteczność realizacji całego procesu PPAP (mierzona wskaźnikiem OPE2) wydaje się mieć istotny wpływ na jakość „startową” procesu produkcji mierzoną wskaźnikiem TTF. Wskaźnik OPE2 będący wskaźnikiem skuteczności ogólnej procesu PPAP, wyznacza się jako iloczyn wskaźników skuteczności poszczególnych działań PPAP. Zatem wpływ na wartość tego wskaźnika mają wszystkie kolejno realizowane działania procesu jakościowego przygotowania produkcji (PPAP) w tym Flow Chart, FMEA, Plan Kontroli, MSA, SPC. Zaprojektowanie procesu następuje w ramach działania Flow Chart, analiza FMEA wraz z opracowanymi i wdrożonymi działaniami zapobiegawczymi zapewnia redukcję ryzyka do poziomu akceptowalnego, Plan Kontroli definiuje wszystkie wymagane kontrole, wynikające z FMEA, wraz z charakterystykami specjalnymi podlegającymi monitorowaniu metodami SPC, natomiast badanie systemów pomiarowych MSA ocenia i zapewnia zdolność dobranych w Planie Kontroli systemów pomiarowych do realizacji przewidzianych dla nich zadań pomiarowych, z kolei badanie stabilności i zdolności procesu produkcyjnego w oparciu o SPC powinno uzyskać i wykazać gotowość do rozpoczęcia produkcji seryjnej. Tak zakrojone działania procesu (PPAP)

- przygotowania jakościowego produkcji powinny pozytywnie wpłynąć na jakość „startową” produkcji mierzoną wskaźnikiem TTF.
- e) Z analizy statystycznej, wskazującej które wskaźniki wejściowe uzyskały największą liczbę korelacji istotnych z wskaźnikami wyjściowymi, wydaje się, iż pomiar skuteczności realizacji procesu PPAP najbardziej pewny jest w oparciu wskaźniki Es2aflow, Es1flow, Es2flow, FMEA DOI oraz RPNŚred. Wymienione wskaźniki jakościowego przygotowania produkcji odnoszą się do działań Flow Chart oraz FMEA, za pomocą których zdefiniowane zostaje jak proces będzie przebiegł (operacje technologiczne i logistyczne, przepływ materiałów/części/półwyrobów,/wyrobu, parametry procesu) wraz z pełną analizą potencjalnych zagrożeń w poszczególnych krokach procesu oraz sposobem ich uniknięcia, stąd są to jedne z najważniejszych etapów procesu PPAP, których skuteczność wykonania wpływa istotnie na jakość wykonania procesu PPAP.
- f) Z analizy statystycznej, wskazującej które wskaźniki wyjściowe uzyskały największą liczbę korelacji istotnych z wskaźnikami wejściowymi wynika, iż wskaźnik TTF najpewniej odzwierciedla wpływ skuteczności wykonanych działań PPAP na jakość procesu produkcyjnego. Wskaźnik „jakości startowej” TTF opisuje czas do powstania i wykrycia pierwszej krytycznej wady. Realizacja kolejnych działań w ramach PPAP w tym Flow Chart, FMEA, Plan Kontroli, MSA, SPC ma za zadanie takie przygotowanie produkcji do etapu produkcji seryjnej, aby maksymalnie wydłużyć czas do powstania pierwszych złych sztuk. Zatem skuteczne przygotowanie procesu PPAP, bezpośrednio wpływa na jakość procesu produkcji, co odzwierciedlone zostaje poprzez wskaźnik TTF.
- g) Z analizy statystycznej, wskazującej które wskaźniki wejściowe, których elementów PPAP uzyskały największą liczbę korelacji istotnych z wskaźnikami wyjściowymi wynika, iż najwyraźniej zauważalny wpływ na jakość procesu produkcyjnego ma skuteczność wykonania działań Flow Chart oraz FMEA w procesie PPAP. Skutecznie wykonany schemat przebiegu procesu wraz z analizą FMEA pozwala na przygotowanie uporządkowanej struktury procesów wraz z wzajemnymi relacjami i powiązaniem uwzględniającymi kolejność realizacji poszczególnych czynności, dla których oszacowane zostają potencjalne ryzyka, które mogą ograniczać właściwe funkcjonowanie wyrobu jak również mogą zmniejszać wydajność i skuteczność procesów realizacji produktów. Dlatego

można uznać za uzasadnione, iż wykonanie działań Flow Chart oraz FMEA wydaje się, mieć najbardziej istotny wpływ na jakość procesu produkcyjnego.

4.4.3. Wnioski utylitarne

Na podstawie powyżej przeprowadzonej analizy statystycznej, wyciągniętych wniosków statystycznych oraz poznawczych sformułowano następujące wnioski utylitarne:

- a) Zależność między wskaźnikami (wejściowymi) jakości realizacji PPAP, a poszczególnymi wskaźnikami (wyjściowymi) jakości produkcji po jej uruchomieniu, wskazuje na zasadność użycia niektórych wskaźników do oceny jakości wykonania procesu PPAP. Wybrane najsilniej skorelowane wskaźniki mogą być wykorzystane do planowania, nadzorowania i doskonalenia procesu jakościowego przygotowania produkcji.
- b) Z wniosku poznawczego b, c, d, e oraz f wynika, iż wymienione w nich wskaźniki skuteczności realizacji PPAP (Es2fmea, FMEA DOI, OPE2, Es2aflow, Es1flow, RPNśred) mogą stanowić podstawę do planowania, nadzorowania i doskonalenia procesu PPAP dla realizacji nowych projektów.
- c) Istniejącą zależność między wskaźnikami realizacji PPAP a poszczególnymi wskaźnikami jakości produkcji można wykorzystać do prognozowania jakości procesu produkcyjnego na podstawie jakości realizacji poszczególnych etapów PPAP za pomocą np. regresji liniowej wielokrotnej czy przy użyciu metod sztucznej inteligencji w tym sieci neuronowych, więc docelowo istnieje możliwość optymalizacji PPAP pod kątem oczekiwanej jakości procesu produkcyjnego.
- d) Dla analizowanego przedsiębiorstwa i profilu produkcji etapami procesu PPAP, dla których należy poświęcić największą uwagę w trakcie jego realizacji to Flow Chart oraz FMEA. Stąd dla tych etapów powinna być skierowana szczególna aktywność polegająca m.in. na: dodatkowych szkoleniach pracowników, opracowaniu skutecznych instrukcji, zastosowaniu wspomaganie komputerowego, silniejszego zaangażowania i wsparcia kierownictwa w realizację tych etapów. Etapy te

powinny być w sposób szczególnie planowane i nadzorowane a z kolejnych ich realizacji powinny wpływać wnioski dla ciągłego doskonalenia.

- e) Metodyka badania zastosowana w niniejszej pracy może być użyta w przedsiębiorstwie produkcyjnym do wyznaczenia elementów PPAP wpływających najsilniej na efekty PPAP czyli na jakość produkcji seryjnej. Wybór ten może być podstawą optymalizacji realizacji procesu PPAP pod kątem jakości w procesie produkcyjnym.

4.5. Wskazania dotyczące dalszych badań

Zainteresowanie autora tematyką przygotowania produkcji zostało zapoczątkowane wieloletnimi obserwacjami nowych uruchomień produkcji w zakładzie produkcyjnym. Autor analizując wytyczne branży motoryzacyjnej w aspekcie przygotowania produkcji, zawarte w wytycznych PPAP dostrzega niekonsekwencje w zastosowaniu podejścia procesowego, polegające na braku oceny przeprowadzonych działań jak i braku ciągłego doskonalenia tego procesu. Zainspirowało to autora do opracowania metodyki ciągłego doskonalenia procesu PPAP w oparciu o koncepcję PDCA, jak również do zaproponowania wskaźników oceny poszczególnych działań w ramach PPAP.

Dalsze aktywności autora w ww. temacie zainspirowały go również do poszerzenia poczynionych opracowań o zbadanie ich stosowalności w realiach produkcji przemysłowej. Pierwsze badania wykazały, iż istnieją pewne korelacje między opracowanymi wskaźnikami skuteczności i efektywności procesu PPAP, a wskaźnikami opisującymi jakość etapu produkcji seryjnej, co zostało przedstawione we wnioskach niniejszej pracy.

Wykraczając poza poczynione w niniejszej pracy spostrzeżenia, opracowania i badania dotyczące doskonalenia procesu PPAP, jako obszary dalszych badań należałoby uznać:

- Wydaje się uzasadnione aby dla kolejnych projektów zbierać dane z ich realizacji na etapie PPAP w celu ponownego wykonania analizy korelacji dla określenia wskaźników do nadzorowania w kolejnych okresach. Wprowadzenie zmian do zasad realizacji procesu PPAP (w ramach jego doskonalenia) może bowiem

zmienić zbiór najsilniej skorelowanych wskaźników służących do nadzorowania i planowania procesu PPAP.

- Przeprowadzenie badań według zaproponowanej w niniejszej pracy koncepcji na większej liczbie projektów w zakładach produkcyjnych dla stwierdzenia jaki pakiet wskaźników opisujący jakość PPAP mógłby być charakterystyczny dla różnych typów wyrobów, dla różnych wielkości produkcji (jednostkowa, małoseryjna, średnioseryjna, wielkoseryjna, masowa), dla różnych form produkcji (procesy ręczne, maszynowe, zautomatyzowane) lub różnych technologii. Celem byłoby opracowanie wytycznych dobrej praktyki w zakresie planowania, nadzorowania i doskonalenia PPAP dla wybranych typów wyrobów, wielkości i form produkcji lub technologii.
- Wyodrębnienie klas wyrobów mających podobne charakterystyczne wskaźniki jakości przygotowania produkcji w celu j.w.
- Kontynuacja badań j.w. z uwzględnieniem wskaźników efektywności zaproponowanych w [73], odnoszących się do efektywności w sensie zgodności z zaplanowanym budżetem wykonania danego dowodu przedłożenia lub całego PPAP. W tym ujęciu zasadnym byłoby uzupełnienie wskaźników wyjściowych o wskaźniki odnoszące się do aspektu finansowego danego projektu w tym m.in. o wskaźniki:
 - ROI,
 - koszt wyprodukowanych detali wadliwych/zysk z projektu,
 - koszt wyprodukowanych detali wadliwych/obrót z projektu,
 - koszt otrzymanych reklamacji/zysk z projektu,
 - koszt otrzymanych reklamacji/obrót z projektu,
- Dane uzyskiwane z realizacji kolejnych projektów mogłyby być wykorzystane do opracowania systemu prognozowania jakości produkcji seryjnej w oparciu o zastosowanie sieci neuronowych.
- Opracowanie metody określania optymalnych czasów (kosztu) realizacji poszczególnych kroków PPAP w celu doskonalenia planowania PPAP pod kątem optymalizacji jakości produkcji.

Z praktycznego punktu widzenia celem nadrzędnym zastosowania podejścia ciągłego doskonalenia w wykonywaniu PPAP jest optymalizacja tegoż procesu w sensie uzyskania stanu gotowości do produkcji seryjnej skutecznie (czyli w terminie poprzez uzyskanie



Efektywność stosowania wybranych procedur w zarządzaniu przygotowaniem produkcji

zatwierdzenia za pierwszym razem, bez kosztownych korekt) oraz efektywnie, czyli bez marnotrawstwa czasu i zasobów ludzkich, co bezpośrednio przekłada się na korzyści finansowe.

Bibliografia

- [1] Arnold H., Borchert H., Lange A., Schmidt J.: Der Produktionsprozess im Industriebetrieb. Verlag die Wirtschaft. Berlin 1975
- [2] Bandyopadhyay J.K.: A model of framework for developing industry specific quality standards for effective quality assurance in global supply chains in the new millennium. International Journal of Management. Vol.22 No.2 June 2005
- [3] Bertsche B.: Reliability in Automotive and Mechanical Engineering. Springer. Stuttgart. 2008
- [4] Brzeziński M.: Podstawy metodyczne projektowania rozruchu nowej produkcji. PWN. Warszawa 1996
- [5] Burr J.T.: Elementary Statistical Quality Control. Second Edition. Marcel Dekker. New York. 2005
- [6] Chajtman S.: Zasady organizacji przedsiębiorstwa przemysłowego. WNT. Warszawa 1974
- [7] Ciechan-Kujawa M.: Rachunek kosztów jakości. Oficyna Ekonomiczna Kraków 2005
- [8] Clifton A.E.: Hazard Analysis Techniques for System Safety. John Wiley&Sons. Inc. New Jersey. 2005
- [9] Crosby P.B: Quality is free. The New American Library Inc., New York. 1982
- [10] Dahlgard, J.J., Kristensen K., Kanji G.K.: Podstawy zarządzania jakością. PWN. Warszawa 2001
- [11] Deming W.E. Out of crisis. Cambridge Mass: Massachusetts Institute of Technology. Center for Advanced Engineering Study. 1989
- [12] Diederich M.: Ungleiche Partnerschaft. Qualität und Zuverlässigkeit 06/2003
- [13] Dietrich E., Schulze A.: Statistische Verfahren zur Qualifikation von Messmitteln, Maschinen und Prozessen. Carl Hanser Verlag München. Wien 1998
- [14] Doran G.T.: There`s S.M.A.R.T. way to write management`s goals and objectives. Management Review. Volume 70. Issue 11. 1981
- [15] Dowdy S., Wearden S., Chilko D.: Statistics for research. Third Edition. Wiley Interscience. New Jersey. 2004
- [16] Durlik I.: Inżynieria zarządzania. Strategia i projektowanie systemów produkcyjnych Część 1. Agencja Wydawnicza Placet. Warszawa 1998

- [17] Dwiliński L.: Zarządzanie produkcją. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2002
- [18] Dworczak M.: Organizacja technicznego przygotowania produkcji. PWE. Warszawa 1973
- [19] Feigenbaum A.V.: Total Quality Control. McGraw-Hill Inc. New York. 1991
- [20] Ford H.: Today and Tomorrow. Productivity Press. 2003
- [21] Foster T.S.: Managing quality: an integrative approach. Prentice Hall. New Jersey 2001
- [22] Gawlik J., Rewilak J., Tokaj T.: Application of PPAP tools in production preparation management. Innovations in management and production engineering. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją. Opole 2012
- [23] Gawlik J., Rewilak J., Tokaj T.: Nowe wskaźniki efektywności procesu wdrażania produkcji nowatorskich wyrobów, realizowanego na podstawie wytycznych branży motoryzacyjnej. Zarządzanie Przedsiębiorstwem. Nr 1 (2013). Opole. 2013
- [24] Gay C.L.: Outsourcing strategiczny: koncepcja, modele i wdrażanie. Oficyna Ekonomiczna. Kraków: 2002
- [25] Giereszewska G, Olszewska B., Skonieczny J.: PWE. Warszawa. 2013
- [26] Gray J., Handley S.: Managing quality in outsourced production: construct development and measurement validation. The Quality Management Journal vol.18 no.2 2011
- [27] Grelak K.: Organizacja i zarządzanie. Wydawnictwa Uczelniane. Lublin 1985
- [28] Garvin D.A.: Managing quality. The strategic and competitive edge. The Free press. New York. 1988
- [29] Gruska G., Cherry D.: APQP: not just for document creation. Quality 44 February 2005
- [30] Halak G., Prochot Z.: Techniczne przygotowanie produkcji. SIMP. Warszawa. 1962
- [31] Hamrol A.: Zarządzanie jakością z przykładami. PWN. Warszawa 2007
- [32] Hamrol A., Mantura W.: Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka. PWN. Warszawa 2002
- [33] Haratym F.: System technicznego przygotowania produkcji. WNT. Warszawa 1979



- [34] Heinloth S.: Good-bye QS-9000? Quality Magazine. March 2000
- [35] Ishikawa K.: Introduction to Quality Control. Chapman&Hall. London. 1990
- [36] Iwasiewicz A.: Zarządzenie jakością.: PWN. Warszawa 1999
- [37] Joglekar A.M.: Statistical Methods for Six Sigma in R&D and Manufacturing. Wiley-Interscience. New Jersey. 2003
- [38] Józwiak J., Podgórski J.: Statystyka od podstaw. PWE. Warszawa. 2012
- [39] Juran J.M., Gryna F.M.: Quality Planning and Analysis. Mc Graw-Hill, Inc., 1970
- [40] Juran J.M.: Quality Control Handbook. Mc Graw-Hill, New York. 1951
- [41] Karaszewski R.: Zarządzanie jakością koncepcje, metody i narzędzia stosowane przez liderów światowego biznesu. Wydawnictwo Dom Organizatora. Toruń 2005
- [42] Karaszewski R.: Nowoczesne koncepcje zarządzania jakością. Dom Organizatora. Toruń 2009
- [43] Kawecka-Endler A.: Organizacja technicznego przygotowania produkcji-prac rozwojowych. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej. Poznań 2004
- [44] Kister A.: Zarządzanie kosztami jakości. Oficyna Ekonomiczna. Kraków. 2005
- [45] Kleniewski A.: Zarządzanie procesami zlecanymi na zewnątrz. Problemy Jakości 10/2009
- [46] Konarzewska-Gubała E.: Zarządzanie przez jakość. Koncepcje, metody, studia przypadków. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu. Wrocław 2006
- [47] Kowalczyk J.: Zasady procesowego zarządzania organizacją. Problemy Jakości 12/2009
- [48] Kowalski L.: Statystyka. WAT. Warszawa. 2005
- [49] Kuzioła A.: Zarządzanie jakością w przemyśle maszynowym. Wydawnictwo Politechnika Radomska. Radom 2005
- [50] Larry A.: Software helps you mind your APQPs. Quality Oct 2000
- [51] Lieberman S.: Limitations in the application of non-parametric coefficients of correlation. American Sociological Review. Vol.29. No.5. 1964
- [52] Liwowski B., Kozłowski R.: Podstawowe zagadnienia zarządzania produkcją, Oficyna a Wolters Kuwer business, Warszawa 2011
- [53] Lupo Ch.: ISO/TS 16949 the clear choice for automotive suppliers. Quality Progress. Oct 2002

- [54] Ładoński W., Szołtysek K.: Zarządzanie jakością. Część 1. Systemy jakości w organizacji. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu. Wrocław 2005
- [55] Łańcucki J., Kowalska D., Łuczak J.: Zarządzanie jakością w przedsiębiorstwie. Biblioteka Menedżera i służby pracowniczej. Bydgoszcz 1995
- [56] Łuczak J.: System zarządzania jakością dostawców w branży motoryzacyjnej – ocena istotności wymagań. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej. Poznań 2008
- [57] Łuczak J.: Zarządzanie dostawami. Certyfikacja dostawców. System Jakości ISO 9000, QS-9000. Oficyna Wydawnicza Sami Sobie. Poznań 1998
- [58] Łunarski J.: Zarządzanie jakością. Standardy i zasady. WNT. Warszawa 2012
- [59] Miller P.: Systemowe zarządzanie jakością. Koncepcja systemu, ocena systemu, wspomaganie decyzji. Difin. Warszawa 2011
- [60] Mitchell E.: Web-based APQP keeps everyone connected. Quality 40 July 2001
- [61] Montgomery D.C.: Introduction to Statistical Quality Control. Fourth Edition. John Wiley&Sons, Inc. Arizona State University. 2001
- [62] Munro R.A.: Future of APQP and PPAP in doubt. Quality 41 Jan 2002
- [63] Oakland J.S.: Total Quality Management. Hineman Newnes. Oxford-London. 1993
- [64] Olds E.G.: Distribution of Sums of Squares of Rank-Differences for Small Numbers of Individuals. Annual Mathematical Statistics. Vol.9. 1938
- [65] Pavletic D., Sokovic M.: Quality Improvement Model at the manufacturing process preparation level. International Journal of Quality research. Vol.3, No.4, 2009
- [66] Pawłowski Z.: Statystyka matematyczna. PWN. Warszawa. 1976
- [67] Pearch C., Mc Roberts W.A.: How can auto supplier comply with standards? Quality. Sep 2000
- [68] Płaska S.: Wprowadzenie do statystycznego sterowania procesami technologicznymi. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej. Lublin 2000
- [69] Reid D.R.: Six lessons learned from QS-9000. Quality Progress. May 2007
- [70] Reid, D.R.: TS 16949 – where did it come from? Quality Progress. March 2005
- [71] Rewilak J.: Characteristic of quality improvement the proposal of measurement the process improvement managed by FMEA. Advances in Manufacturing

- Science and Technology. Polish Academy of Sciences Committee of Mechanical Engineering. Vol. 35, No. 4, 2011
- [72] Rewilak J., Tokaj T.: Measurement of effectiveness of a new products implementation process according to APQP/PPAP requirements – proposition of indices. 15 th QMOD conference on Quality and Service Sciences ICQSS 2012, September 5-7
- [73] Rewilak J., Tokaj T.: Measurement of effectiveness of new products implementation process according to APQP/ PPAP requirements – proposition of indices. Management and Production Engineering Review. Volume 3, Number 4, December 2012. Warszawa. 2012
- [74] Rewilak J., Tokaj T.: Procedura procesu zatwierdzania części do produkcji (PPAP) jako standard zapewnienia jakości dostawców (SQA) w przedsiębiorstwach produkcyjnych. Zarządzanie Przedsiębiorstwem. Nr 2/2012, Opole 2012
- [75] Rogala P.: Zarządzanie wg nowej normy ISO 9004. Problemy Jakości 03/2011
- [76] Rogowski A.: Podstawy organizacji i zarządzania produkcją w przedsiębiorstwie. Wydawnictwo CeDeWu Sp.z.o.o. Warszawa 2012
- [77] Sałaciński T.: SPC statystyczne sterowanie procesami produkcji. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2009
- [78] Sanongpong K.: Automotive Process-based New Product Development: A review of Key Performance Metrics. Proceedings of the World Congress on Engineering 2009 Vol I, WCE 2009, July 1-3, , London, U.K, 2009
- [79] Sęp J., Perłowski R., Pacana A.: Techniki wspomagania zarządzania jakością. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej. Rzeszów 2010
- [80] Shewhart W.: Economic control of quality of manufactured product. D. Van Nostrand Company. New York. 1931
- [81] Sobczak M.: Statystyka. PWN. Warszawa 2013
- [82] Spearman Ch.: The proof and measurement of association between two things. American Journal of Psychology. 1904
- [83] Stamatis D.H.: Failure Mode Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution. Secon Edition. ASQ Quality Press. Milwaukee, Wisconsin. 2003
- [84] Stundza T.: Revision in standards for auto-grade materials. Purchasing. Mar 2005
- [85] Szatkowski K.: Przygotowanie produkcji. PWN. Warszawa 2008
- [86] Szczepańska K.: Koszty jakości dla inżynierów. Placet. Warszawa. 2009

- [87] Szczepańska K.: TQM. Kompleksowe zarządzanie jakością. Przeszłość i terażniejszość. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2010
- [88] Szkudlarek S.: Techniczne przygotowanie produkcji w przedsiębiorstwie przemysłowym. Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Mechaników Polskich. Ośrodek Doskonalenia Kadr w Poznaniu. Poznań 1989
- [89] Szymula M.: Standardy jakości o szczególnym znaczeniu dla przemysłu motoryzacyjnego. Problemy Jakości 08/2005
- [90] Taguchi G.: Introduction to Quality Engineering. American Supplier Institute. Dearborn, Michigan. 1986
- [91] Thisse L.C.: Advanced Quality Planning: A guide for any organization. Quality Progress, February 1998
- [92] Thompson J.R., Kornacki J., Neckuła J.: Techniki zarządzania jakością od Shewharta do metody "Six Sigma". EXIT. Warszawa 2005
- [93] Twaróg J.: Dbalność o utrzymanie jakości łańcuchów dostaw. Problemy Jakości 12/2010
- [94] Wawak S.: Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka. Wydawnictwo Helion. Gliwice 2006
- [95] Węgrzyn B.: Uwarunkowania podejścia procesowego w przedsiębiorstwie. Problemy Jakości 02/2012
- [96] Wheeler D.J.: Advanced topics in statistical process control. The power of Shewhart's charts. SPC Press. Knoxville, Tennessee. 1995
- [97] Wierzbička M., Mazurkiewicz J.: Przepływ strumienia informacji a doskonalenie jakości procesu. Problemy Jakości. 12/2005
- [98] Wolniak R., Skotnicka B.: Metody i narzędzia zarządzania jakością. Teoria i praktyka. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2011
- [99] Zuckerman A.: Big tree are serious about QS-9000 certification. Quality Progress. Jan 1998
- [100] Zymonik Z.P.: Koszty jakości w zarządzaniu przedsiębiorstwem. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Wrocław. 2002
- [101] Zymonik Z., Hamrol A., Grudowski P.: Zarządzanie jakością i bezpieczeństwem. PWE. Warszawa 2013
- [102] Żabicki D.: Outsourcing w zarządzaniu jakością w przedsiębiorstwie. Zarządzanie Jakością 2/2008

- [103] Żuber R.: Planowanie i kierowanie przygotowaniem produkcji. PWN. Warszawa. 1992
- [104] Advanced Product Quality Planning and Control Plan (APQP). Reference Manual. 2nd Edition. AIAG 2008
- [105] Chrysler Group LLC Customer – Specific Requirements for use with PPAP 4th Edition, December 2012
- [106] Chrysler – Chrysler Group LLC Customer – Specific Requirements for use with ISO/TS 16949 and ISO 14001:2004, March 2012
- [107] Eaton Corporation Global Supplier Excellence Manual. July 2011
- [108] Ford – Ford Motor Company Customer Specific Requirements. August 2009
- [109] Ford Motor Company Customer-Specific Requirements for use with PPAP 4.0, 31 March 2006
- [110] Global Supplier Quality Manual, TRW Automotive, ver.G, April 2010.
- [111] GM – General Motors Global Purchasing and Supply Chain. Global Supplier Quality. 2010
- [112] ISO 9001:2008 Quality management systems - requirements
- [113] ISO/TS 16949 Quality management systems – Particular requirements for the application of ISO 9001:2008 for automotive production and relevant service part organizations, IATF 2008
- [114] ISO 9000:2005 Quality management systems – Fundamentals and vocabulary
- [115] ISO 9004:2009 Managing for the sustained success of an organization – A quality management approach
- [116] Measurement System Analysis MSA. Reference Manual 4th Edition. AIAG 2010
- [117] Nexteer Supplier Requirements for use with the current version of ISO/TS 16949 and ISO 9001
- [118] PN-ISO 8258 + AC1
- [119] Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Reference Manual 4th Edition. AIAG 2008
- [120] Production Part Approval Process (PPAP). Reference Manual. 4th Edition. AIAG 2006
- [121] Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie. QM-Systemaudit VDA 6.1. überarbeitete Auflage, aktualisierter Nachdruck 2010
- [122] Quality System Requirement. QS 9000
- [123] Statistical Process Control SPC. Reference Manual 2nd Edition. AIAG 2005



- [124] Supplier Quality Manual & Requirements. Revision 01-31-06-04. Magna Closures
- [125] The International Material Data System – www.mdssystem.com
- [126] The Quality Assurance Process for Suppliers to Husqvarna Group. Rev. no 8, 2011
- [127] Valeo Supplier Quality Manual. SQA 2104 rev.09.1

Spis rysunków

- Rys.2.1 Uproszczony model systemu zasoby – produkcja [6]
- Rys.2.2 Miejsce przygotowania produkcji w ogólnym procesie produkcyjnym [85]
- Rys.2.3 Jednolity system przygotowania produkcji [1]
- Rys.2.4 Pracochłonność przygotowania i wykonania produkcji w funkcji postępu technicznego i organizacyjnego [33]
- Rys.2.5 Etapy rozwoju podejścia do zarządzania jakością [31]
- Rys.2.6 Model systemu zarządzania jakością, którego podstawą jest proces [112]
- Rys.2.7 Rozszerzony model systemu zarządzania jakością, którego podstawą jest proces[115]
- Rys.2.8 Standardy jakości niemieckiego przemysłu motoryzacyjnego [121]
- Rys.2.9 Cykl planowania jakości produktu [104]
- Rys.2.10 Wykres czasowy planowania jakości produktu[104]
- Rys.2.11 Zaawansowane planowanie jakości wyrobu (APQP) (etapy oraz dane wejściowe i wyjściowe)[56]
- Rys.2.12 Opcje decyzji PPAP (opr. na podst.[120])
- Rys.2.13 Algorytm postępowania w przygotowywaniu dokumentacji PPAP poziom 3[74]
- Rys.2.14 Model ogólny PPAP w oparciu o użyte narzędzia jakościowe (opr.własne na podst. [22])
- Rys.2.15 Przykład symboli używanych do opisu procesu [55]
- Rys.2.16 Symbole używane do opisu procesu[83]
- Rys.2.17 Przykład symboli używanych do opisu procesu przez jednego z dostawców TIER1
- Rys.2.18 Model tworzenia Flow Chart [22]
- Rys.2.19 Proces tworzenia FMEA[22]
- Rys.2.20 Proces tworzenia Planu Kontroli[22]
- Rys.2.21 Proces oceny zdolności systemów pomiarowych[22]
- Rys.2.22 Schemat blokowy oceny systemu pomiarowego metodą R&R[77]
- Rys.2.23 Proces określania stabilności i zdolności procesu[22]
- Rys.2.24 Schemat karty kontrolnej[118]
- Rys.3.1 System przygotowania produkcji uwzględniający aspekt jakości (opr. własne na podst.[1])



Rys.3.2 Ciągłe doskonalenie dla procesu PPAP (opr.własne)

Rys.3.3 Graficzna ilustracja koncepcji wskaźników skuteczności (opr. własne)

Rys.4.1 Określenie zakresu pracy na wykresie czasowym planowania jakości produktu -
APQP

Rys.4.2 Schemat blokowy projektu badawczego (opr. własne)



Spis tabel

- Tab.2.1 Zestawienie porównawcze zakresu pojęcia technicznego przygotowania produkcji
[opr. na podst. 18,27,33,88]
- Tab.2.2 Wymagania PPAP dla dostawców[120]
- Tab.2.3 Charakterystyki statystyczne oceny systemów pomiarowych(opr. na podst.[116])
- Tab.2.4 Różnice pomiędzy przyczynami[5]
- Tab.2.5 Wymagania PPAP dla wstępnej zdolności procesu[120]
- Tab.4.1 Macierz korelacji wielorakich
- Tab.4.2 Zestawienie ilości skorelowań wskaźników wejściowych z wyjściowymi
- Tab.4.3 Zestawienie ilości skorelowań dla poszczególnych wskaźników wyjściowych
- Tab.4.4 Zestawienie ilości skorelowań dla poszczególnych elementów PPAP (opisanych przez wskaźniki skuteczności)

Streszczenie

Aktualna tendencja rynku wymusza na przedsiębiorstwach głęboko idącą elastyczność m.in. w zdolności do rozwoju nowych produktów, krótkim czasie ich wdrożeń przy jednoczesnym zachowaniu najwyższej ich jakości, która to w głównej mierze jest kształtowana na etapie przygotowania produkcji. Autor po przeanalizowaniu literatury i dostępnych prac w zakresie zarówno produkcji jak i jakości wyciąga wnioski, iż istnieje zauważalny brak interdyscyplinarnego podejścia produkcyjno-jakościowego w zakresie przygotowania produkcji. Braki te na własne potrzeby uzupełnia przemysł poprzez wprowadzenie systemów zarządzania jakością ISO 9001 i będącego jego rozszerzeniem dla branży motoryzacyjnej systemu ISO/TS 16949. Natomiast szersze wytyczne dla wdrażania nowych produktów opracowane zostały przez organizacje producentów samochodowych w tym Chrysler LLC, Ford Motor Comp. oraz General Motors Corp. które zawarte zostały w podręcznikach referencyjnych APQP (ang. Advanced Product Quality Planning – Zaawansowane Planowanie Jakości Wyrobów) oraz PPAP (ang. Production Part Approval Process – Proces Zatwierdzania Części do Produkcji).

Autor bazując na wytycznych zatwierdzania części do produkcji zawartych w procesie PPAP, dostrzega konieczność i szanse uzupełnienia wytycznych o kluczowe elementy podejścia procesowego, dzięki którym będzie możliwe skuteczniejsze zarządzanie procesem PPAP i jego ciągłe doskonalenie.

W pracy zaproponowano metodykę nadzorowania, doskonalenia i zarządzania procesem PPAP w oparciu o zastosowanie koncepcji PDCA. Opracowana metodyka pozwala na zdefiniowanie kroków niezbędnych do zarządzania procesem PPAP w taki sposób aby prowadzone działania były zaplanowane, wykonane, sprawdzone w oparciu o ustalone uprzednio cele a „dobre praktyki” z realizacji wdrożenia ustandaryzowane na kolejne realizowane projekty.

Na potrzeby badań oraz oceny prowadzonych działań procesu PPAP, autor prezentuje zestaw wskaźników, dla oceny zarówno skuteczności realizacji zaplanowanych zadań i przyjętych celów, jak i oceny efektywności zdefiniowanej jako zdolności do osiągnięcia zakładanych wyników w odniesieniu do zużytych zasobów.

Opracowana koncepcja została poddana próbie stosowalności w przedsiębiorstwie produkcyjnym. W czasie realizacji nowych wdrożeń produkcyjnych przy użyciu m.in.

opracowanych wskaźników skuteczności i efektywności zbadano wpływ skuteczności i efektywności realizacji procesu PPAP na późniejszą jakość wyrobu już na etapie produkcji seryjnej. Głównym celem badań, była próba oceny wpływu jaki mają etapy poprzedzające rozruch produkcji seryjnej, tj. etap projektowania i rozwoju procesu oraz walidacji produktu i procesu na wskaźniki osiągnięte podczas produkcji seryjnej, oraz określenie ich korelacji. Na potrzeby pracy do badań wykorzystano analizę korelacji w tym korelacje wielorakie, korelacje Pearsona oraz korelacje rangowe Spearmana. W celu wyłonienia najistotniejszych korelacji wykorzystano macierz korelacji. Efektem badań było stwierdzenie istnienia korelacji pomiędzy opracowanymi wskaźnikami skuteczności i efektywności dla PPAP a wskaźnikami jakości uzyskiwanymi w czasie produkcji seryjnej.

Uzyskane wyniki potwierdziły potrzebę przeprowadzenia w/w badań oraz stały się podstawą do sformułowania wniosków dotyczących możliwości stosowania zaproponowanej metodyki w przedsiębiorstwach produkcyjnych oraz jej dalszego rozwoju w kierunku określenia zbioru specyficznych wskaźników i ich wartości granicznych dla wybranych rodzajów technologii, produkcji, typów wyrobów oraz w celu opracowania dobrych praktyk planowania i nadzorowania procesu PPAP.

Abstract

The current market tendency forces the companies to be deeply flexible, especially when it comes to the ability of developing new products and short time implementation, while maintaining the highest quality, which is shaped mainly at the stage of the production preparation. After analyzing the literature and the available work referring to both production and the quality, the author concludes that there is a noticeable lack of interdisciplinary production-quality approach in the field of production preparation. These lacks are complemented by the industry for its own needs. It is done by implementing quality management systems ISO 9001 and the ISO/TS 16949 system, which is an amplification for the automotive industry. The broader guidelines for implementing new products have been drawn up by car manufacturers' organizations like Chrysler LLC, Ford Motor Comp. and General Motors Corp. which were included in the reference books Advanced Product Quality Planning and Production Part Approval Process.

The author, based on the guidelines for production part approval process included in PPAP process, notices the necessity and the possibility of completing the guidelines with the key elements of the process approach. In this way it will be possible to manage the PPAP process effectively and to provide a continuous improvement.

The methodology of supervision, improving and management of the PPAP process basing on the use of PDCA concept have been suggested in the thesis. The methodology enables to define the necessary steps to manage the PPAP process in order to ensure that the actions are planned, carried out and checked on the basis of predetermined goals and 'good practice' resulting from the implementation made as a pattern for the projects to be conducted in the future.

For the research needs and the evaluation of the conducted actions of the PPAP process, the author presents the set of the guidelines aimed at both planned actions and accepted goals completion and the efficiency evaluation defined as an ability to achieve the anticipated results in relation to the consumed resources.

The concept has been tested in the production company. During the implementation of the new production solutions by the use of the first and the foremost effectiveness and efficiency guidelines, the influence of the effectiveness and efficiency of the PPAP process on the quality of the product at the stage of the mass production has been investigated.



The research was mainly aimed at evaluating the influence of the stages preceding the beginning of the mass production, that is the stage of designing the process development and the validation of the product and the process on the rates achieved during the mass production as well as determining their correlation.

The analysis of the correlation, including the multiple correlation, Pearson correlation and the ranked Spearman correlation, have been used in the research for the needs of this thesis. In order to show the most important correlations, matrix correlation has been used. The result of the research was the confirmation of the correlation existing among the effectiveness and efficiency rates for PPAP and the quality rates achieved during the mass production.

The achieved results confirmed the need of conducting the research mentioned above and became the basis for making conclusions concerning the possibility of using the proposed methodology in the production companies, as well as its further development towards determining the set of certain rates and their limit values for the particular kinds of technology, production, types of the products and in order to describe good practice of planning and supervising the PPAP process.



Załączniki

1. Tab.1. Zebrane dane do wskaźników opisujących działania PPAP
2. Tab.2. Wskaźniki produkcyjne
3. Tab.3. Wyznaczone wskaźniki skuteczności i efektywności przeprowadzenia działań PPAP
4. Zestawienie wykresów korelacji
5. Tab.4. Macierz korelacji
6. Tab.5. Wnioski z analizy statystycznej

Tab 1. Zebrane dane do wskaźników opisujących działania PPAP

	PROJEKT 1	PROJEKT 2	PROJEKT 3	PROJEKT 4	PROJEKT 5	PROJEKT 6	PROJEKT 7	PROJEKT 8	PROJEKT 9
t sop	2013-04-03	2013-01-07	2013-07-22	2013-07-22	2013-02-04	2013-02-04	2012-11-26	2012-11-26	2013-06-03
t ppap	2012-08-08	2012-07-30	2013-05-19	2013-06-14	2012-12-17	2012-12-06	2012-09-20	2012-09-11	2013-05-28
t start plan flow	2012-07-06	2012-06-01	2013-01-18	2013-01-31	2012-11-20	2012-11-02	2012-08-06	2012-08-01	2013-05-06
t start plan fmea	2012-07-11	2012-06-15	2013-02-08	2013-02-08	2012-11-27	2012-11-13	2012-08-09	2012-08-03	2013-05-08
t start plan control	2012-07-16	2012-06-22	2013-02-13	2013-02-15	2012-12-03	2012-11-19	2012-08-14	2012-08-08	2013-05-10
t start plan msa	2012-07-20	2012-06-29	2013-02-27	2013-02-19	2012-12-04	2012-11-23	2012-08-20	2012-08-13	2013-05-15
t start plan spc	2012-07-27	2012-07-13	2013-03-04	2013-03-20	2012-12-10	2012-11-29	2012-08-27	2012-08-17	2013-05-17
t start plan ppap	2012-08-03	2012-07-25	2013-05-14	2013-06-10	2012-12-12	2012-12-03	2012-09-12	2012-09-06	2013-05-23
t start rzecz flow	2012-07-09	2012-06-04	2013-01-21	2013-02-01	2012-11-23	2012-11-06	2012-08-07	2012-08-01	2013-05-07
t start rzecz fmea	2012-07-13	2012-06-20	2013-02-11	2013-02-11	2012-11-28	2012-11-14	2012-08-10	2012-08-03	2013-05-09
t start rzecz control	2012-07-19	2012-06-25	2013-02-15	2013-02-15	2012-12-03	2012-11-21	2012-08-14	2012-08-09	2013-05-13
t start rzecz msa	2012-07-23	2012-07-02	2013-03-01	2013-02-20	2012-12-06	2012-11-26	2012-08-20	2012-08-13	2013-05-16
t start rzecz spc	2012-07-31	2012-07-10	2013-03-06	2013-03-25	2012-12-11	2012-11-30	2012-08-28	2012-08-17	2013-05-17
t start rzecz ppap	2012-08-06	2012-07-20	2013-05-15	2013-06-12	2012-12-14	2012-12-04	2012-09-14	2012-09-06	2013-05-23
t plan flow	2012-07-10	2012-06-05	2013-01-21	2013-02-04	2012-11-26	2012-11-06	2012-08-09	2012-08-02	2013-05-07
t plan fmea	2012-07-17	2012-06-22	2013-02-15	2013-02-15	2012-11-29	2012-11-16	2012-08-14	2012-08-06	2013-05-10
t plan control	2012-07-23	2012-06-29	2013-02-18	2013-02-18	2012-12-04	2012-11-23	2012-08-20	2012-08-10	2013-05-15
t plan msa	2012-07-25	2012-07-06	2013-03-04	2013-02-22	2012-12-07	2012-11-28	2012-08-27	2012-08-14	2013-05-17
t plan spc	2012-08-02	2012-07-20	2013-03-11	2013-04-02	2012-12-14	2012-11-30	2012-09-03	2012-08-20	2013-05-20
t plan ppap	2012-08-07	2012-07-27	2013-05-17	2013-06-13	2012-12-14	2012-12-05	2012-09-17	2012-09-10	2013-05-24
t koniec rzecz flow	2012-07-10	2012-06-06	2013-01-22	2013-02-05	2012-11-26	2012-11-07	2012-08-14	2012-08-02	2013-05-08
t koniec rzecz fmea	2012-07-18	2012-06-25	2013-02-18	2013-02-15	2012-11-29	2012-11-19	2012-08-17	2012-08-07	2013-05-13
t koniec rzecz control	2012-07-24	2012-07-02	2013-02-19	2013-02-20	2012-12-06	2012-11-27	2012-08-23	2012-08-13	2013-05-16

	2012-07-27	2012-07-09	2013-03-05	2013-02-22	2012-12-07	2012-11-29	2012-08-28	2012-08-14	2013-05-20
t koniec rzecz msa									
t koniec rzecz spc	2012-08-06	2012-07-22	2013-03-13	2013-04-08	2012-12-14	2012-12-04	2012-09-06	2012-08-27	2013-05-24
t koniec rzecz ppap	2012-08-08	2012-07-27	2013-05-17	2013-06-13	2012-12-17	2012-12-06	2012-09-18	2012-09-10	2013-05-28
<i>tdo flow</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>tdo fmea</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>tdo control</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>tdo msa</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>tdo spc</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<i>tdo ppap</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Tplan flow</i>	2	2	1	2	4	2	3	1	1
<i>Tplan fmea</i>	4	5	5	5	2	3	3	1	2
<i>Tplan control</i>	5	5	3	3	1	4	4	2	3
<i>Tplan msa</i>	3	5	3	3	3	3	5	1	2
<i>Tplan spc</i>	4	5	5	9	4	1	5	1	1
<i>Tplan ppap</i>	2	2	3	3	2	2	3	2	1
Lo	125 040	16 740	10 985	41 911	552	696	696	696	13 165
<i>td flow</i>	0	1	1	1	0	1	5	0	1
<i>td fmea</i>	1	3	3	0	0	3	3	1	3
<i>td control</i>	1	3	1	2	2	4	3	3	1
<i>td msa</i>	2	3	1	0	0	1	1	0	3
<i>td spc</i>	4	2	2	6	0	4	3	7	4
<i>td ppap</i>	1	0	0	0	3	1	1	0	4
<i>Trzeci flow</i>	1	2	1	2	1	1	5	1	1
<i>Trzeci fmea</i>	3	3	5	4	1	3	5	2	2
<i>Trzeci control</i>	3	5	2	3	3	4	7	2	3

<i>Trzeci msa</i>	4	2	2	2	5	2	2	1	3	3	4	6	1	2
<i>Trzeci spc</i>	4	5	10	10	3	3	7	6	7	5	4	7	6	5
<i>Trzeci ppap</i>	2	2	2	2	1	1	2	2	2	3	2	2	2	3
<i>RPN śr</i>	73,20	61,70	60,80	60,00	60,00	71,70	62,70	59,30	62,70	83,10	71,70	62,70	59,30	83,10
$FMEA ROI = \frac{\sum_{i=1}^n Sev_i \cdot Occ_i}{\sum_{i=1}^n Sev_i}$	2,03	1,91	1,92	1,93	1,93	2,02	2,15	2,08	2,15	1,92	2,02	2,15	2,08	1,92
$FMEA DOI = \frac{\sum_{i=1}^n Sev_i \cdot Det_i}{\sum_{i=1}^n Sev_i}$	5,33	5,17	5,05	4,99	4,99	5,53	4,02	5,16	4,02	6,44	5,53	4,02	5,16	6,44
<i>Sev śr</i>	6,79	6,29	6,29	6,28	6,28	6,41	7,21	6,25	7,21	6,71	6,41	7,21	6,25	6,71
$\sum Sev$	224	195	239	251	251	186	404	50	404	349	186	404	50	349
$\sum Occ$	67	60	74	78	78	59	122	16	122	101	59	122	16	101
N_{CiCP}	19	18	20	22	22	27	32	15	32	26	27	32	15	26
$FMEA ROI$ N_{CiCP}	0,1068	0,1061	0,0960	0,0877	0,0877	0,0748	0,0672	0,1387	0,0672	0,0738	0,0748	0,0672	0,1387	0,0738
$\frac{\sum Sev}{N_{CiCP}}$	11,79	10,83	11,95	11,41	11,41	6,89	12,63	3,33	12,63	13,42	6,89	12,63	3,33	13,42
$\frac{\sum Occ}{N_{CiCP}}$	3,53	3,33	3,70	3,55	3,55	2,19	3,81	1,07	3,81	3,88	2,19	3,81	1,07	3,88
$T_{plan ppap}$ N_{CiCP}	0,11	0,17	0,15	0,09	0,09	0,07	0,09	0,13	0,09	0,04	0,07	0,09	0,13	0,04
$T_{Trzeci ppap}$ N_{CiCP}	0,11	0,11	0,05	0,05	0,05	0,07	0,06	0,13	0,06	0,12	0,07	0,06	0,13	0,12

Tab 2. Wskaźniki produkcyjne

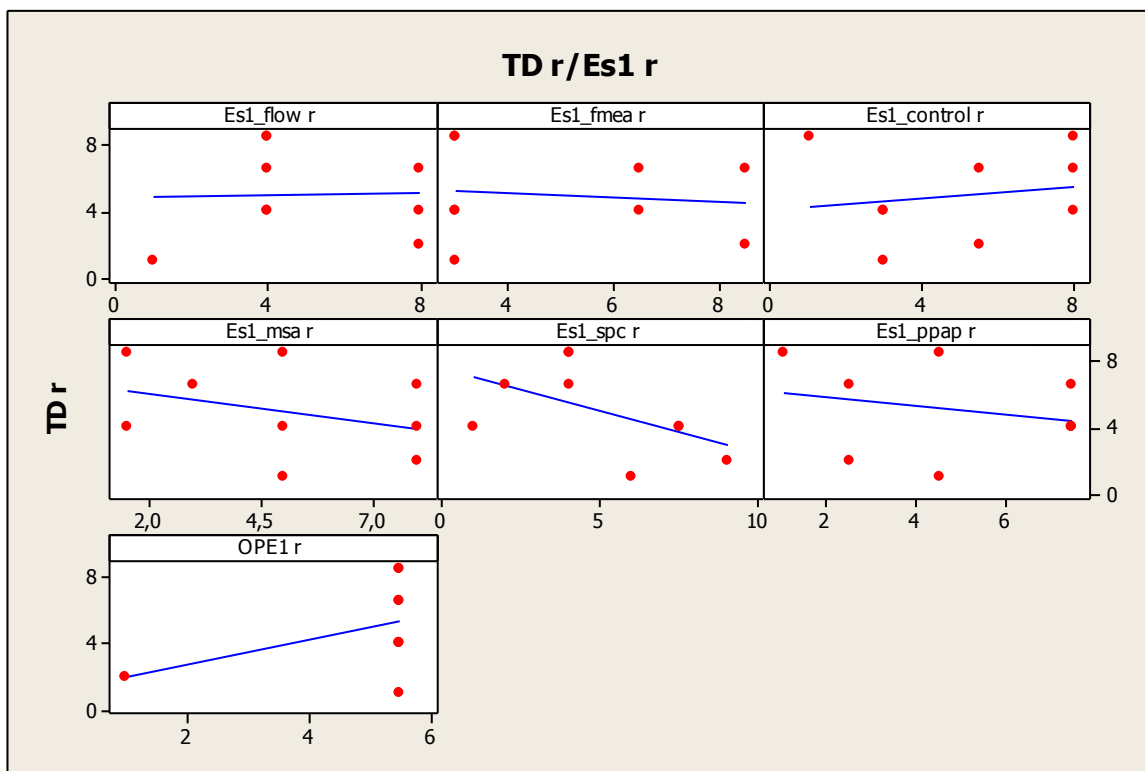
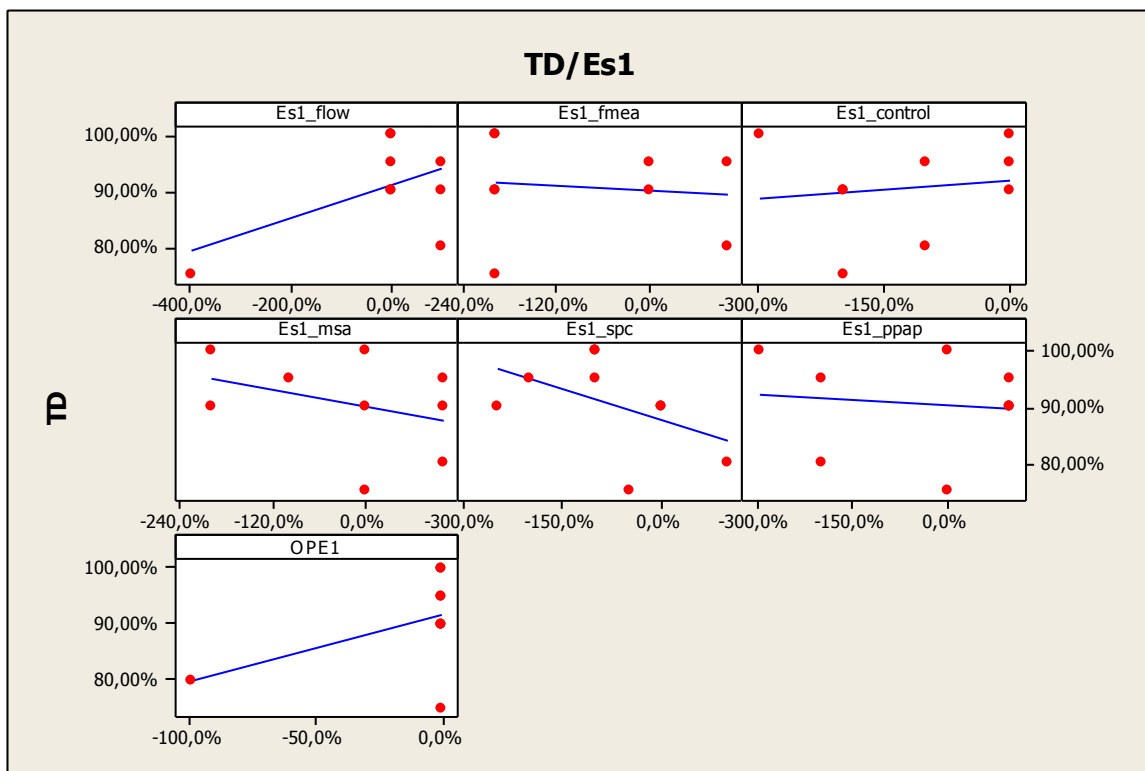
	PROJEKT 1	PROJEKT 2	PROJEKT 3	PROJEKT 4	PROJEKT 5	PROJEKT 6	PROJEKT 7	PROJEKT 8	PROJEKT 9
TD	95%	90%	90%	95%	80%	100%	75%	90%	100%
PPM wew	850 ppm	1700 ppm	3100 ppm	2800 ppm	2900 ppm	1900 ppm	6800 ppm	4900 ppm	2100 ppm
PPM zew	0 ppm	150 ppm	100 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	200 ppm	0 ppm	0 ppm
Cpk	1,81	1,68	1,89	1,72	1,69	1,7	1,68	1,69	1,71
TTF	7	2	2	7	3	2	1	2	9

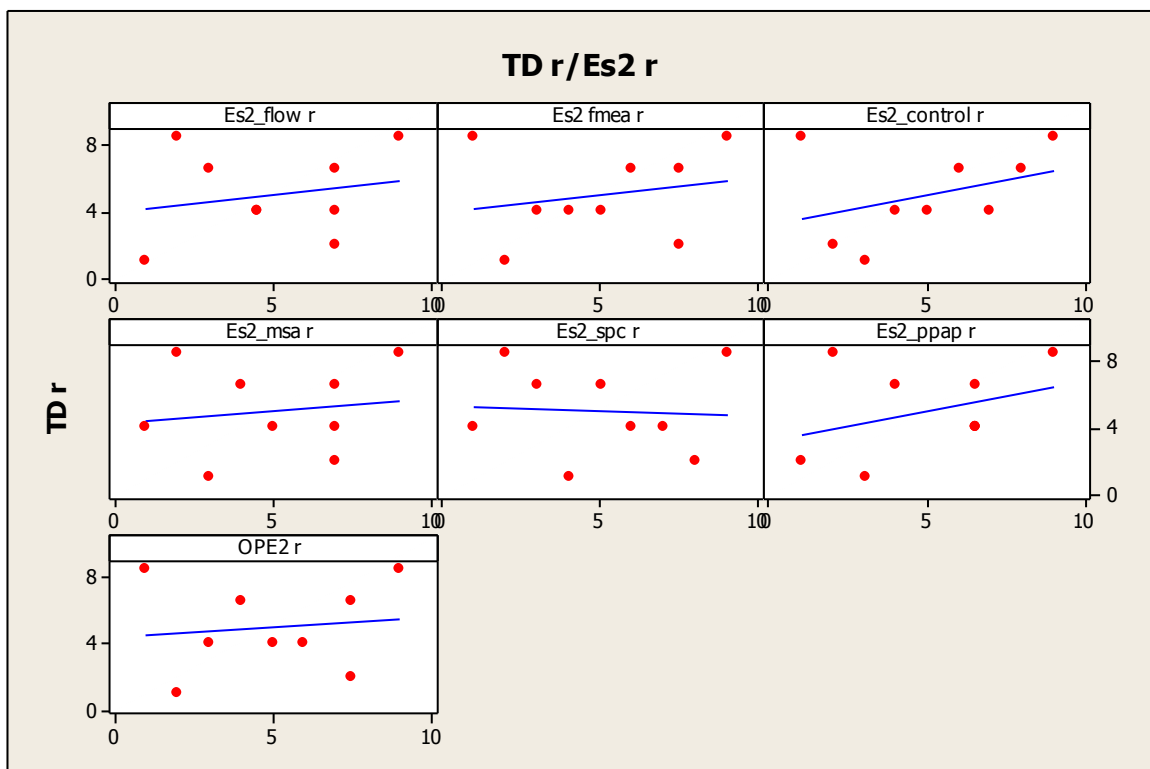
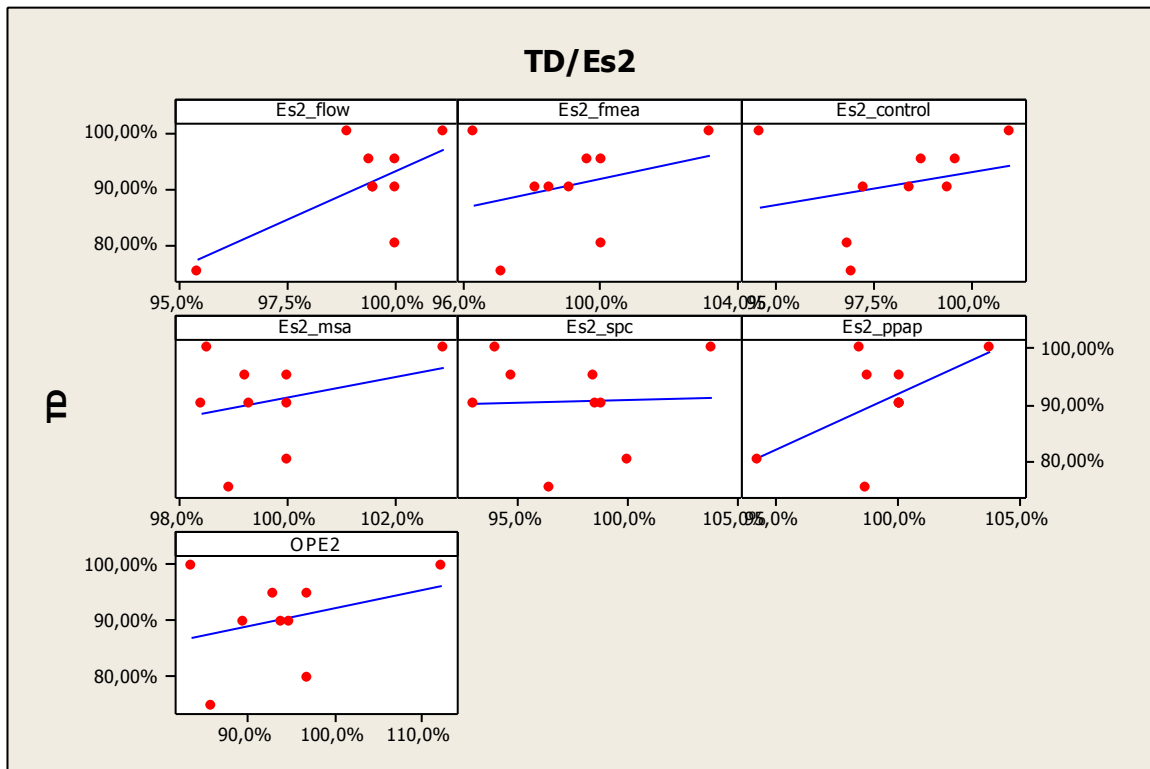
Tab 3. Wyznaczone wskaźniki skuteczności i efektywności przeprowadzenia działań PPAP

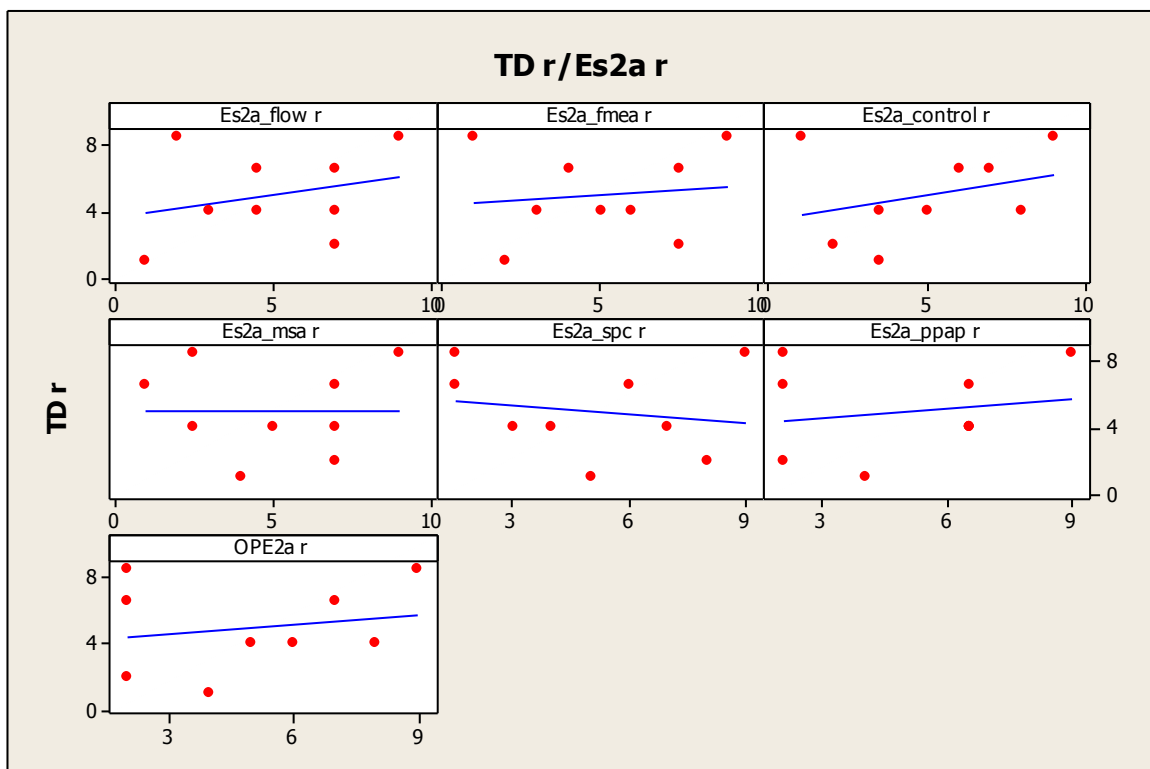
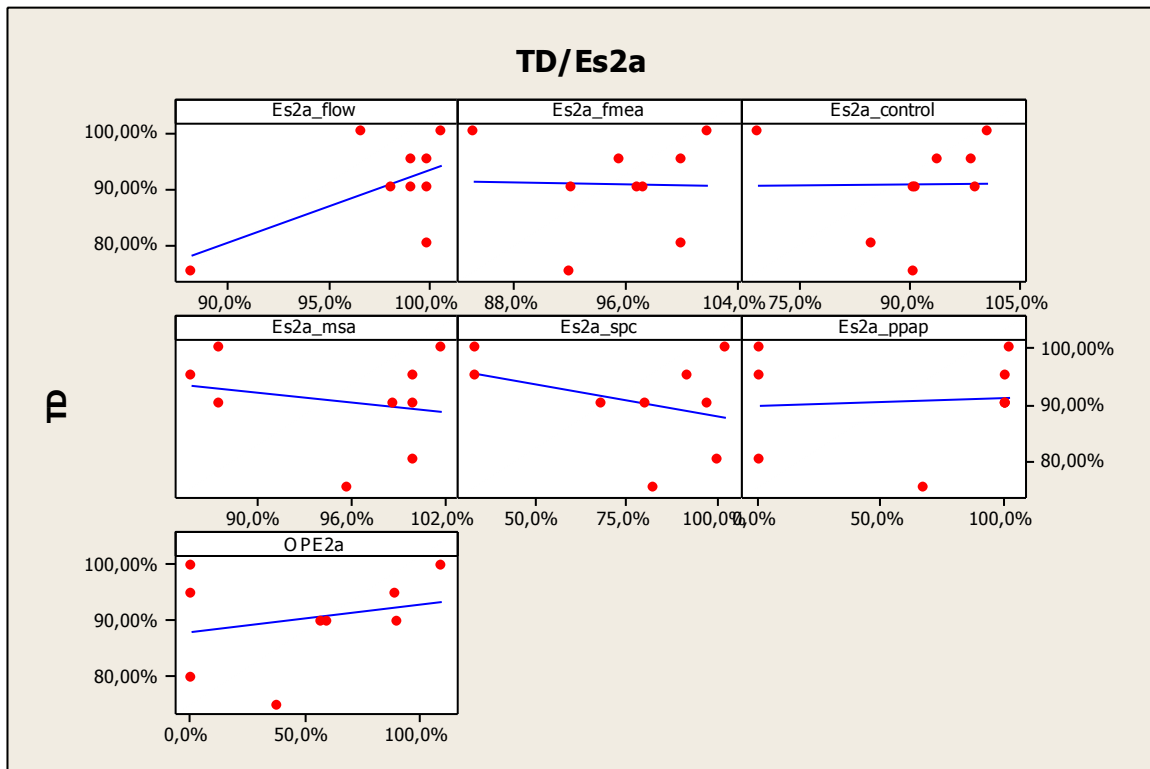
	PROJEKT 1	PROJEKT 2	PROJEKT 3	PROJEKT 4	PROJEKT 5	PROJEKT 6	PROJEKT 7	PROJEKT 8	PROJEKT 9
Es1 flow	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	-400,0%	100,0%	0,0%
E1s fmea	0,0%	-200,0%	-200,0%	100,0%	100,0%	-200,0%	-200,0%	0,0%	-200,0%
Es1 control	0,0%	-200,0%	0,0%	-100,0%	-100,0%	-300,0%	-200,0%	-200,0%	0,0%
Es1 msa	-100,0%	-200,0%	0,0%	100,0%	100,0%	0,0%	0,0%	100,0%	-200,0%
Es1 spc	-100,0%	0,0%	0,0%	-200,0%	100,0%	-100,0%	-50,0%	-250,0%	-100,0%
Es1 ppap	0,0%	100,0%	100,0%	100,0%	-200,0%	0,0%	0,0%	100,0%	-300,0%
OPE1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	-100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Es2 flow	100,0%	99,5%	99,5%	99,4%	100,0%	98,9%	95,4%	100,0%	101,1%
Es2 fmea	99,6%	98,5%	98,1%	100,0%	100,0%	96,3%	97,1%	99,1%	103,2%
Es2 control	99,6%	98,4%	99,4%	98,7%	96,8%	94,5%	96,9%	97,2%	101,0%
Es2 msa	99,2%	98,4%	99,3%	100,0%	100,0%	98,5%	98,9%	100,0%	102,9%
Es2 spc	98,4%	98,8%	98,5%	94,6%	100,0%	93,9%	96,4%	92,9%	103,8%
Es2 ppap	99,6%	100,0%	100,0%	100,0%	94,2%	98,4%	98,6%	100,0%	103,7%
OPE2	96,8%	93,8%	94,8%	92,8%	96,8%	83,3%	85,7%	89,5%	112,5%
Es2a flow	100,0%	98,2%	99,2%	99,2%	100,0%	96,7%	88,1%	100,0%	100,7%
Es2a fmea	95,5%	92,1%	96,8%	100,0%	100,0%	85,0%	91,9%	97,2%	101,9%
Es2a control	93,8%	90,3%	98,9%	98,3%	84,6%	69,2%	90,3%	90,6%	100,6%
Es2a msa	85,7%	87,5%	98,7%	100,0%	100,0%	87,5%	95,8%	100,0%	101,9%
Es2a spc	33,3%	80,0%	97,1%	91,8%	100,0%	33,3%	82,4%	68,2%	102,4%
Es2a ppap	0,0%	100,0%	100,0%	100,0%	0,0%	0,0%	66,7%	100,0%	102,4%
OPE2a	0,0%	57,2%	90,9%	89,5%	0,0%	0,0%	38,5%	60,1%	110,3%
Es3 flow	100,0%	66,7%	50,0%	66,7%	100,0%	66,7%	37,5%	100,0%	50,0%
Es3 fmea	80,0%	62,5%	62,5%	100,0%	100,0%	50,0%	50,0%	50,0%	40,0%
Es3 control	83,3%	62,5%	75,0%	60,0%	33,3%	50,0%	57,1%	40,0%	75,0%

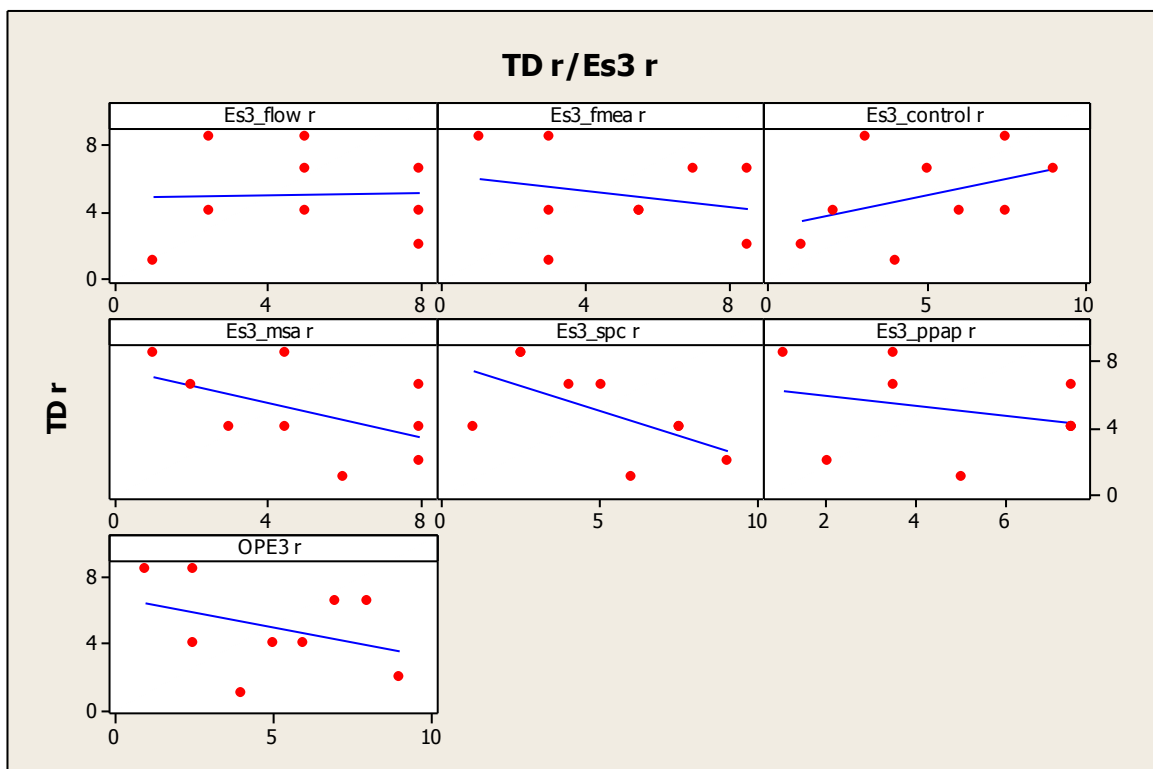
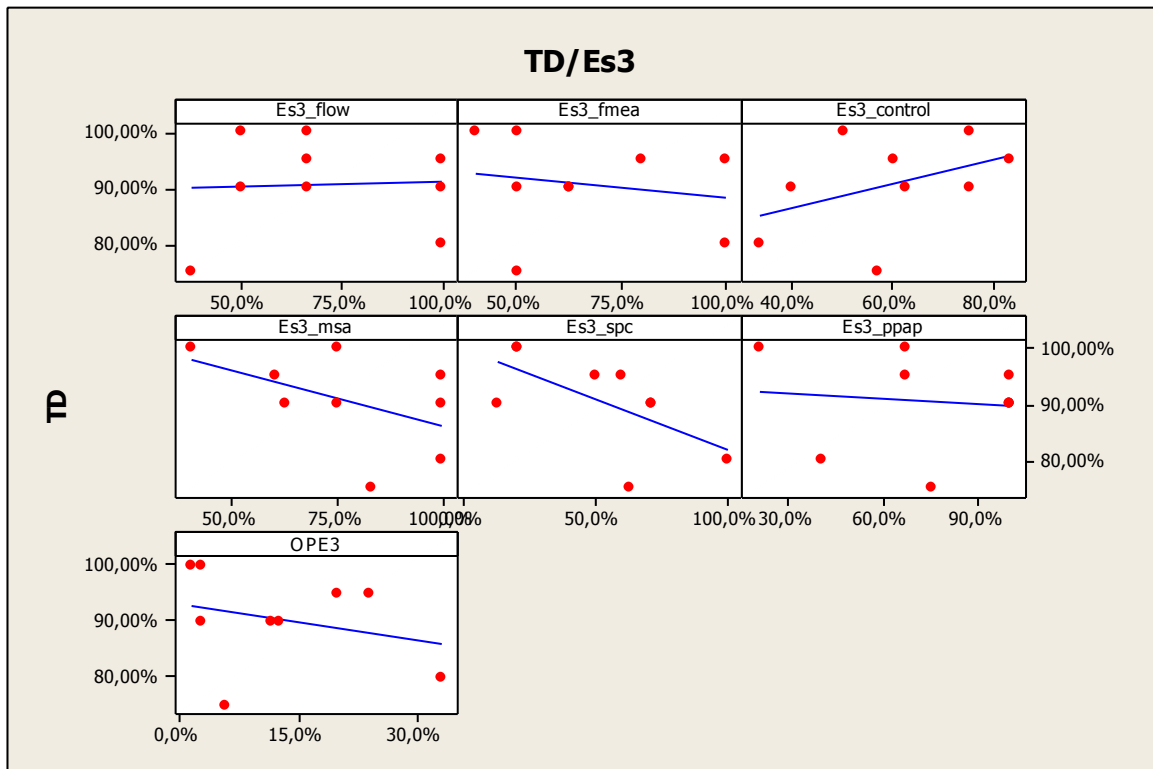
Es3 msa	60,0%	62,5%	75,0%	100,0%	100,0%	75,0%	83,3%	100,0%	40,0%
Es3 spc	50,0%	71,4%	71,4%	60,0%	100,0%	20,0%	62,5%	12,5%	20,0%
Es3 ppap	66,7%	100,0%	100,0%	100,0%	40,0%	66,7%	75,0%	100,0%	20,0%
OPE3	20,0%	11,6%	12,6%	24,0%	33,3%	2,5%	5,6%	2,5%	1,2%
Es4 flow	25,0%	50,0%	33,3%	100,0%	50,0%	25,0%	233,3%	100,0%	100,0%
Es4 fmea	83,3%	71,4%	100,0%	57,1%	50,0%	166,7%	140,0%	133,3%	200,0%
Es4 control	71,4%	100,0%	80,0%	166,7%	300,0%	150,0%	150,0%	200,0%	60,0%
Es4 msa	80,0%	100,0%	80,0%	66,7%	33,3%	60,0%	114,3%	100,0%	200,0%
Es4 spc	100,0%	171,4%	100,0%	107,7%	75,0%	400,0%	128,6%	333,3%	233,3%
Es4 ppap	50,0%	350,0%	66,7%	33,3%	150,0%	100,0%	80,0%	100,0%	500,0%
OPE4	11,9%	61,2%	21,3%	68,4%	18,8%	150,0%	720,0%	888,9%	560,0%
L flow	0	0	0	1	0	0	1	0	0
L fmea	2	4	4	0	0	1	1	0	1
L control	2	4	0	7	1	2	1	1	0
L msa	8	4	1	0	0	0	0	0	1
L spc	34	2	2	122	0	3	1	4	1
L ppap	45	15	8	131	1	6	4	4	2

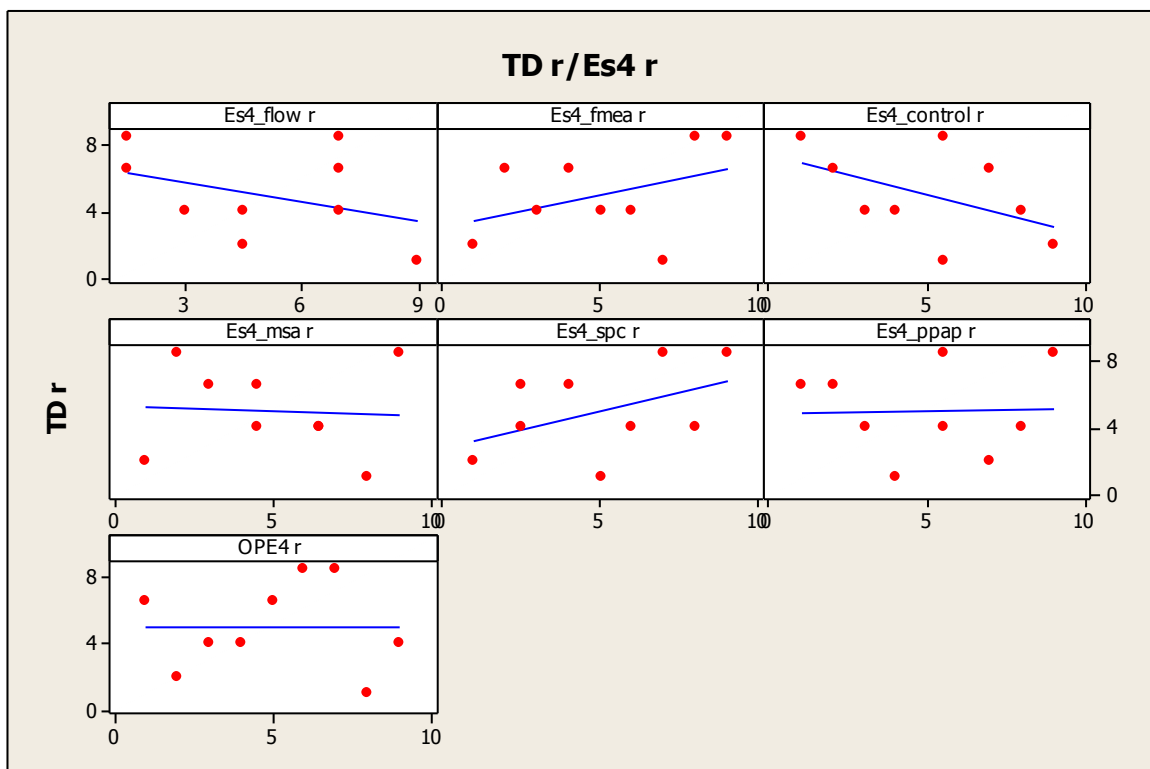
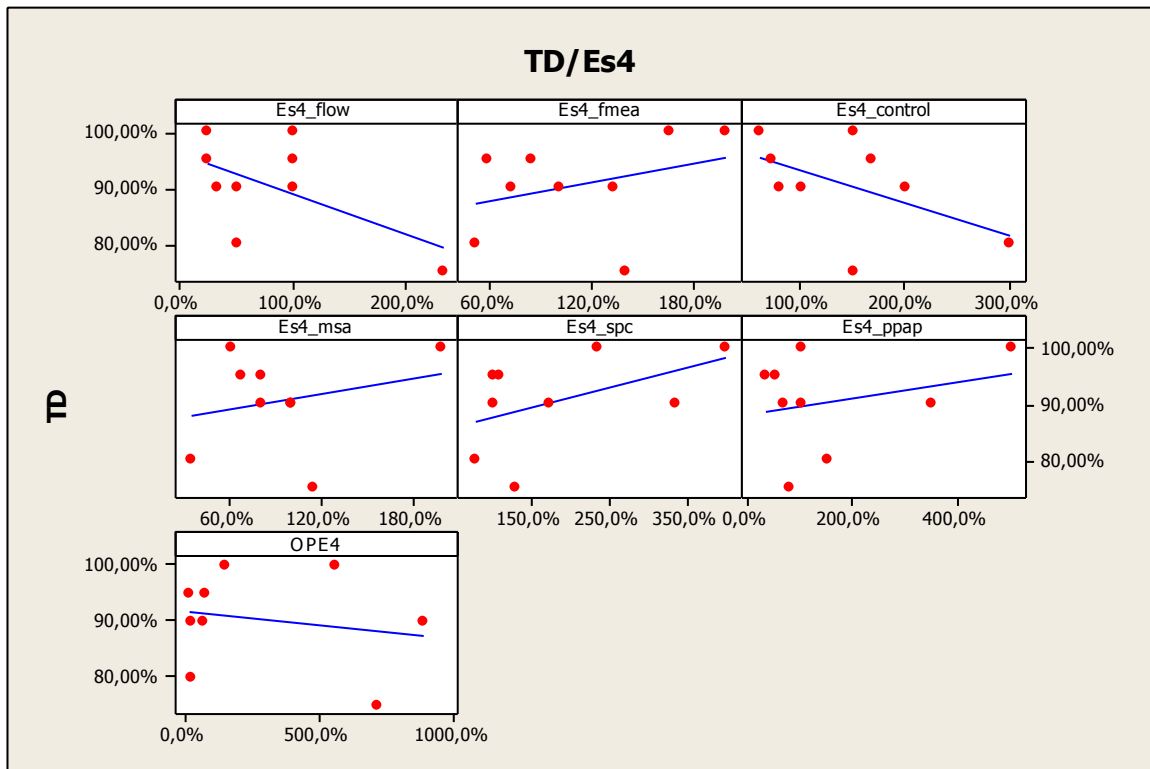
Załącznik 4 Zestawienie wykresów korelacji

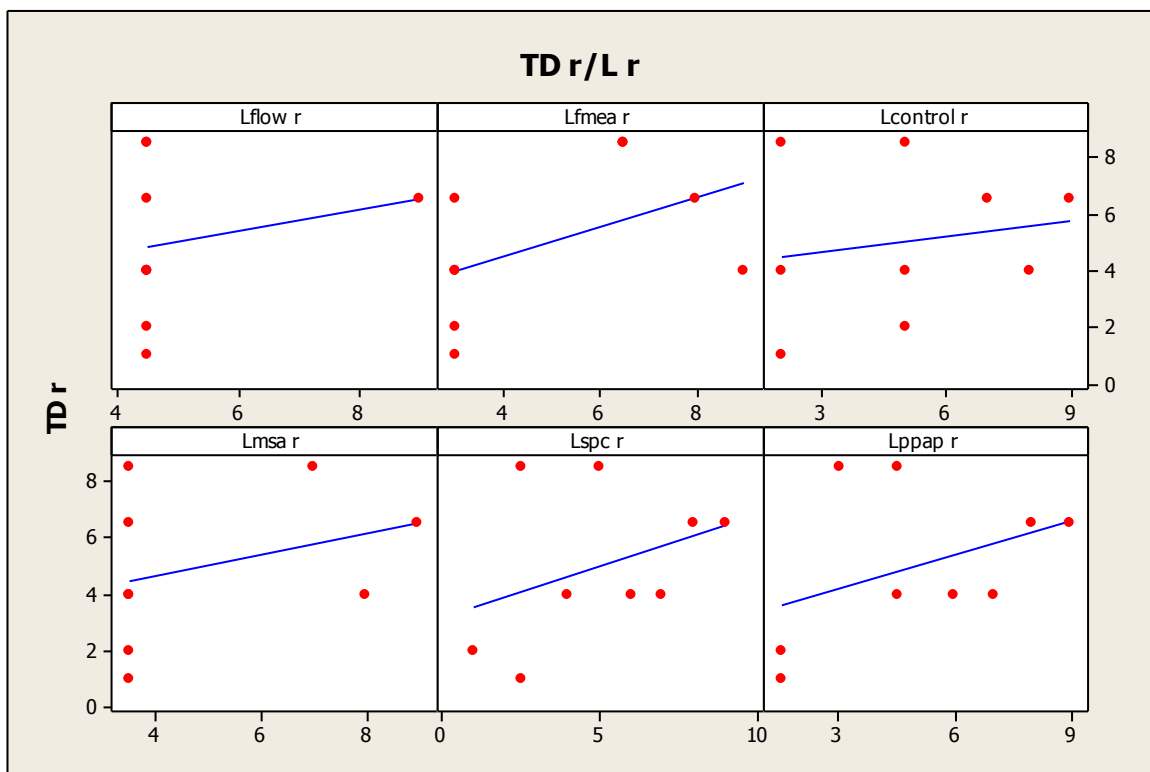
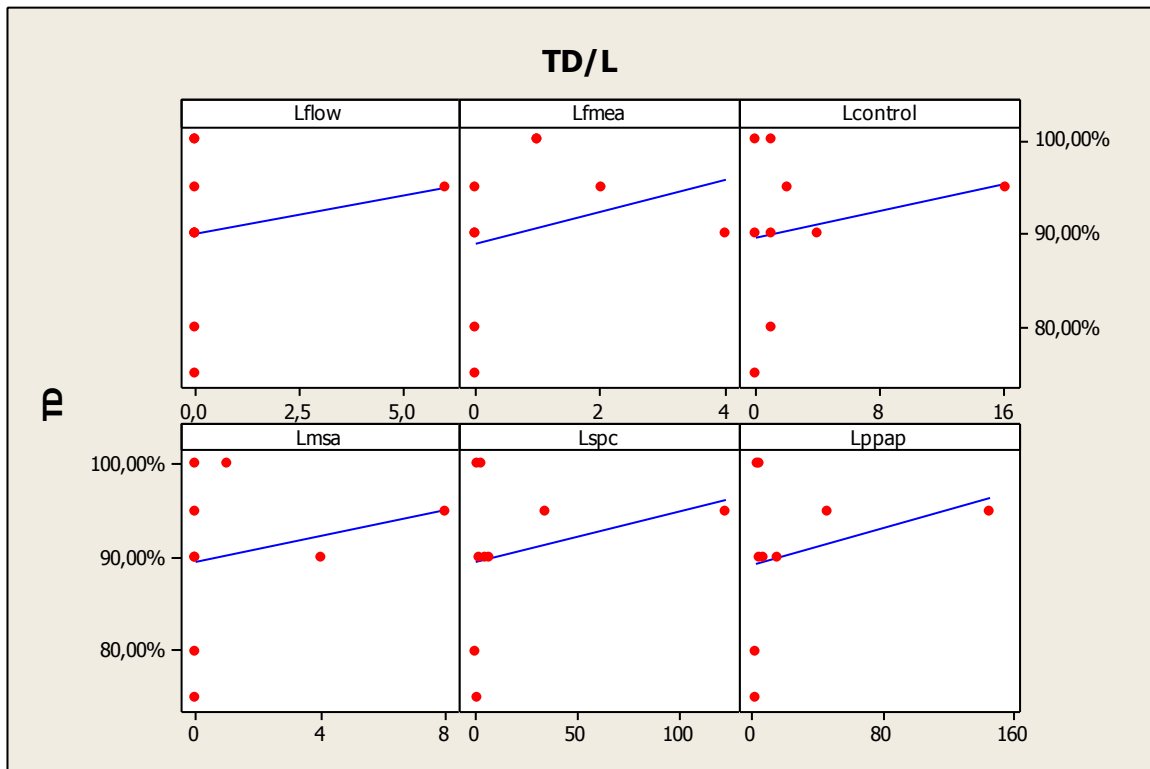


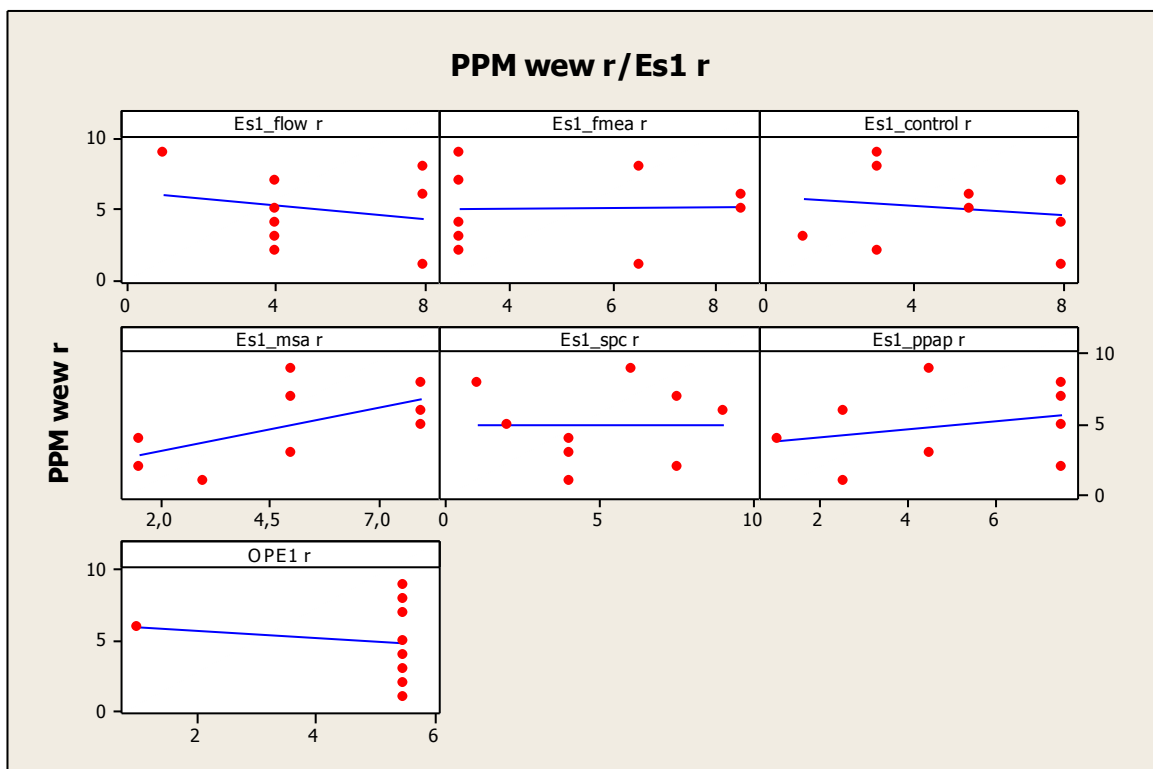
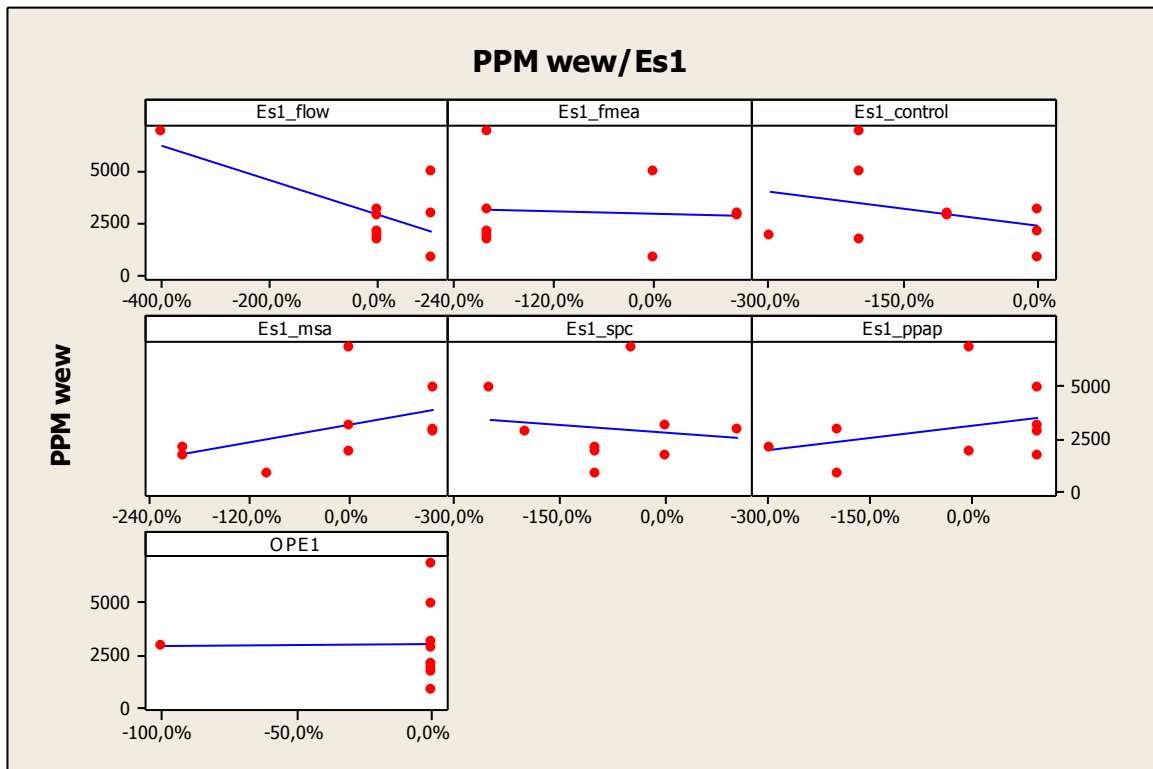


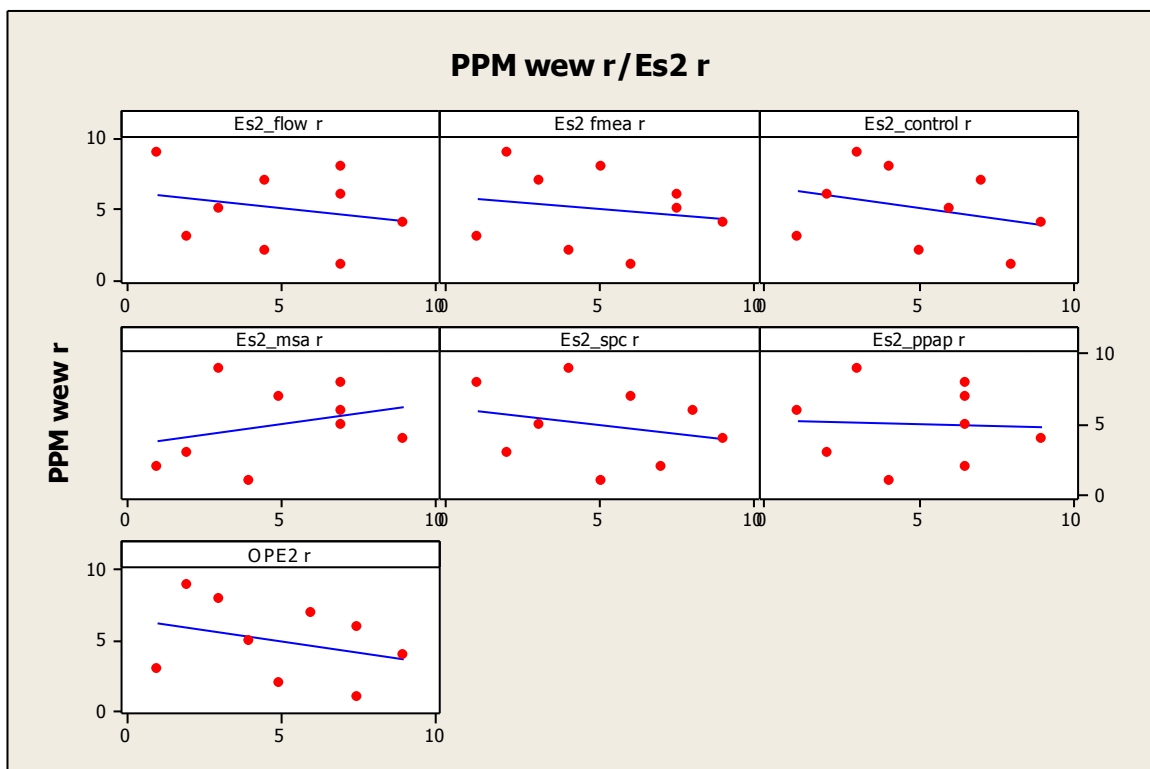
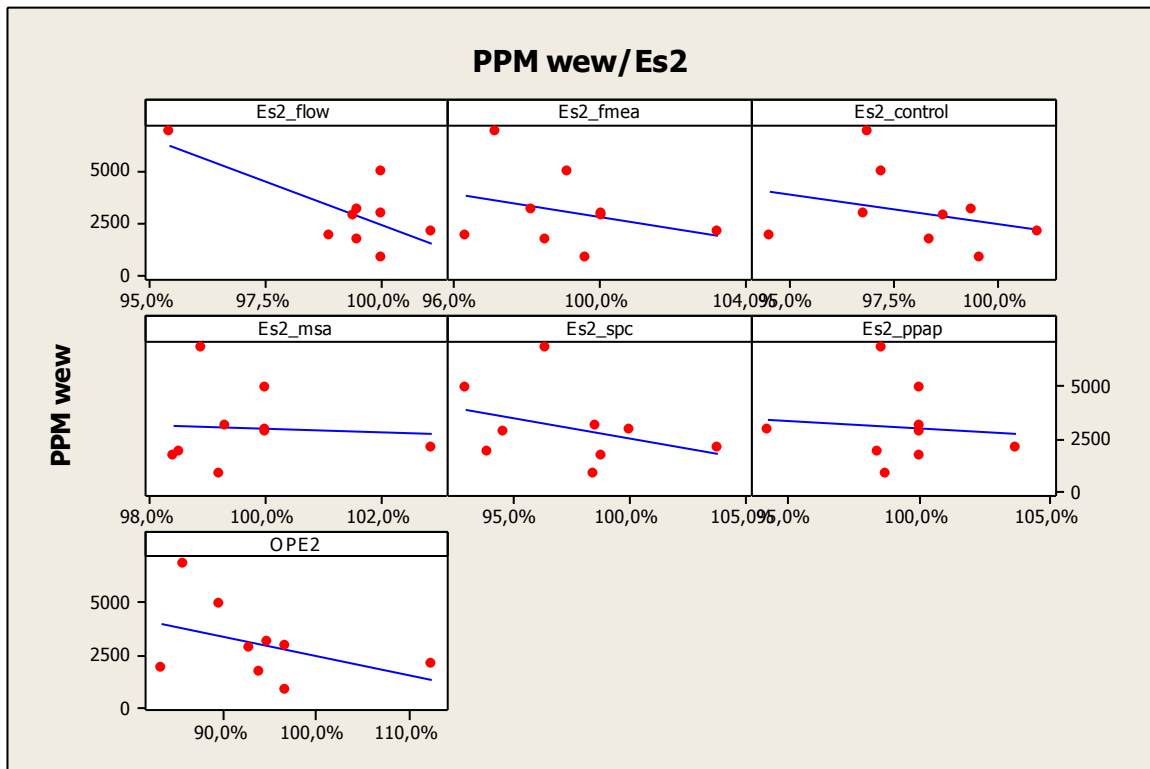


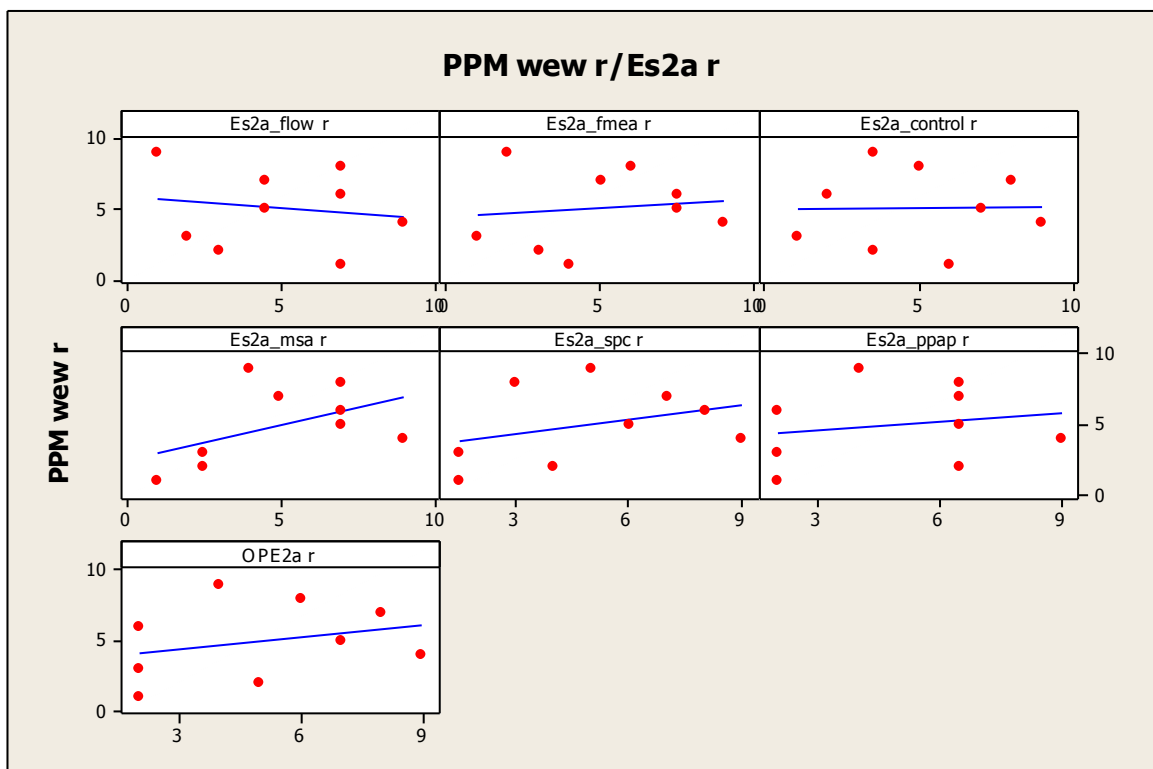
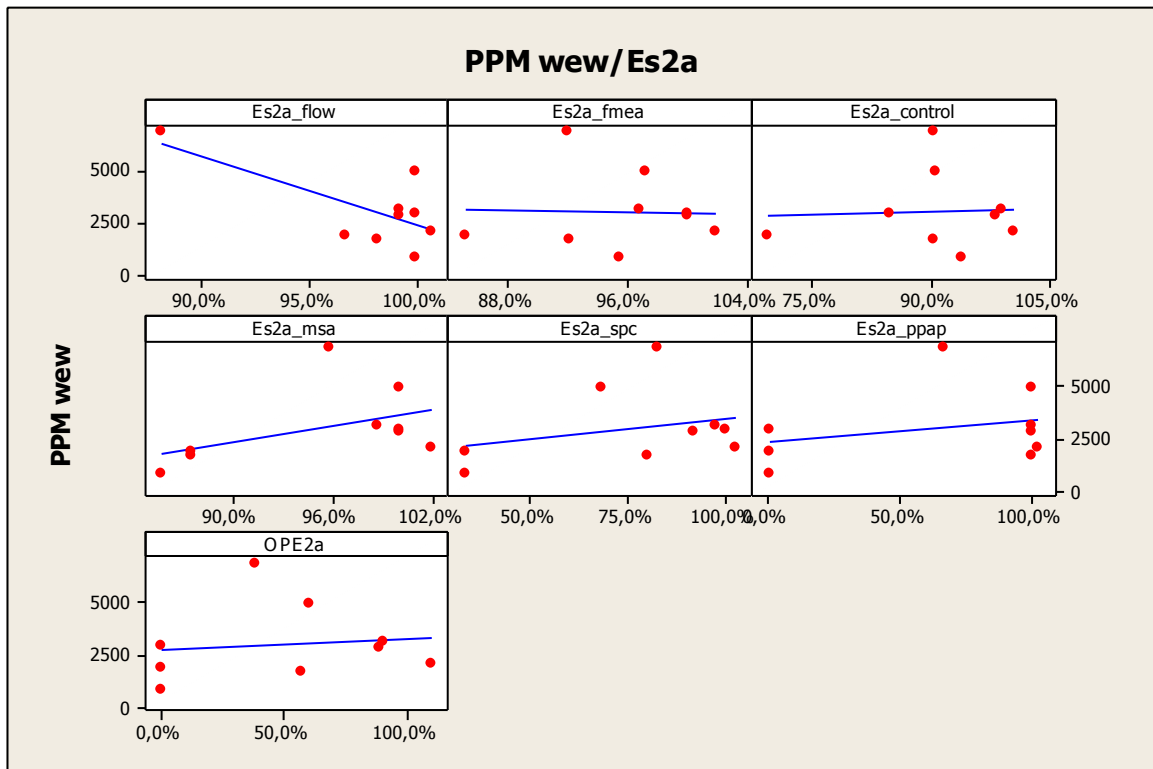


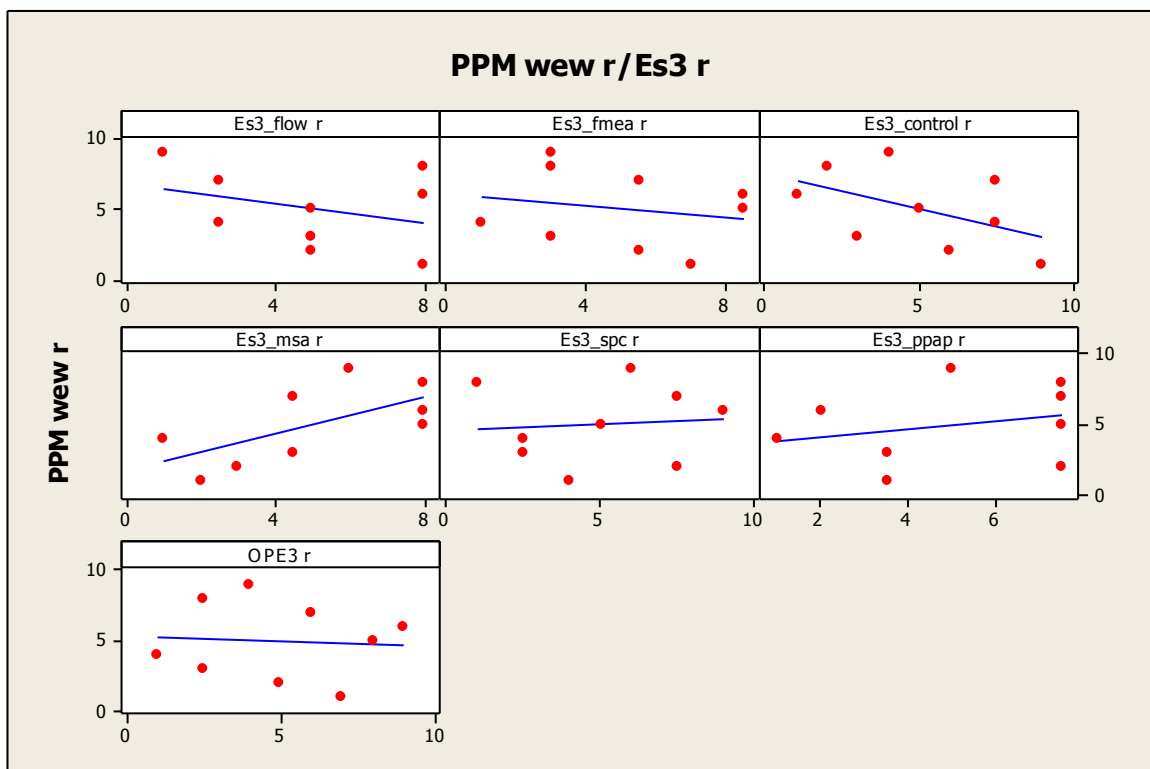
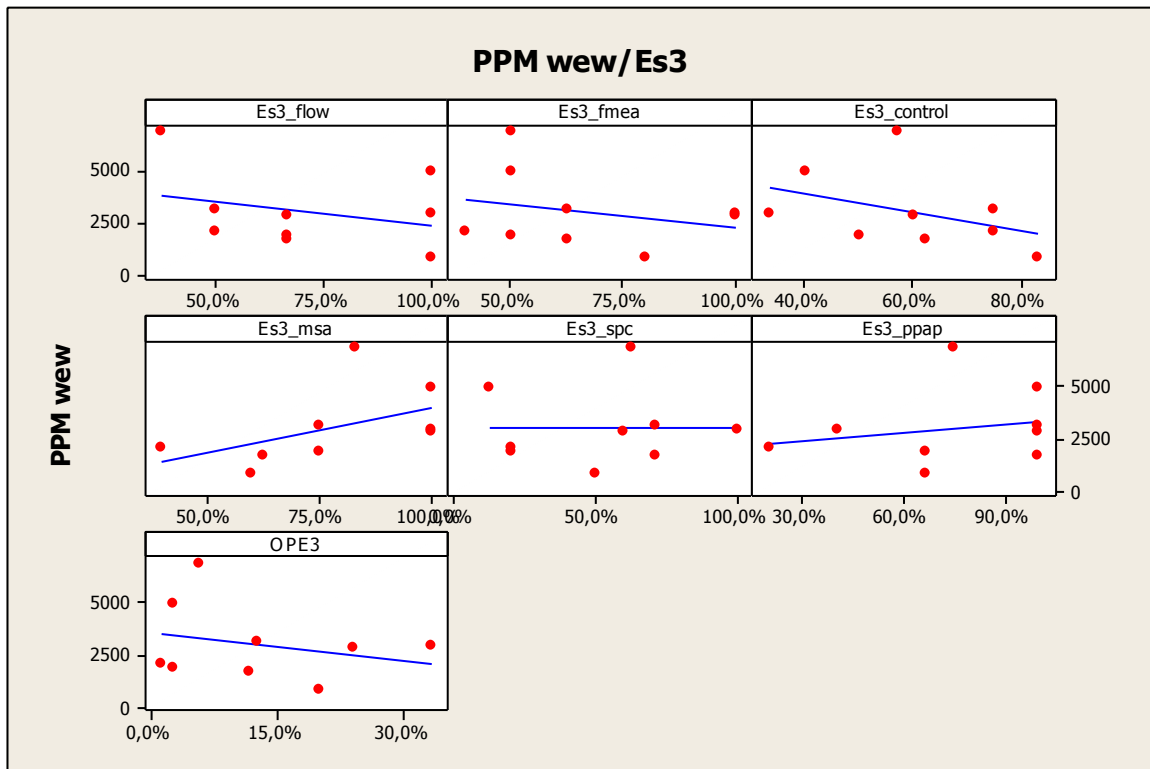


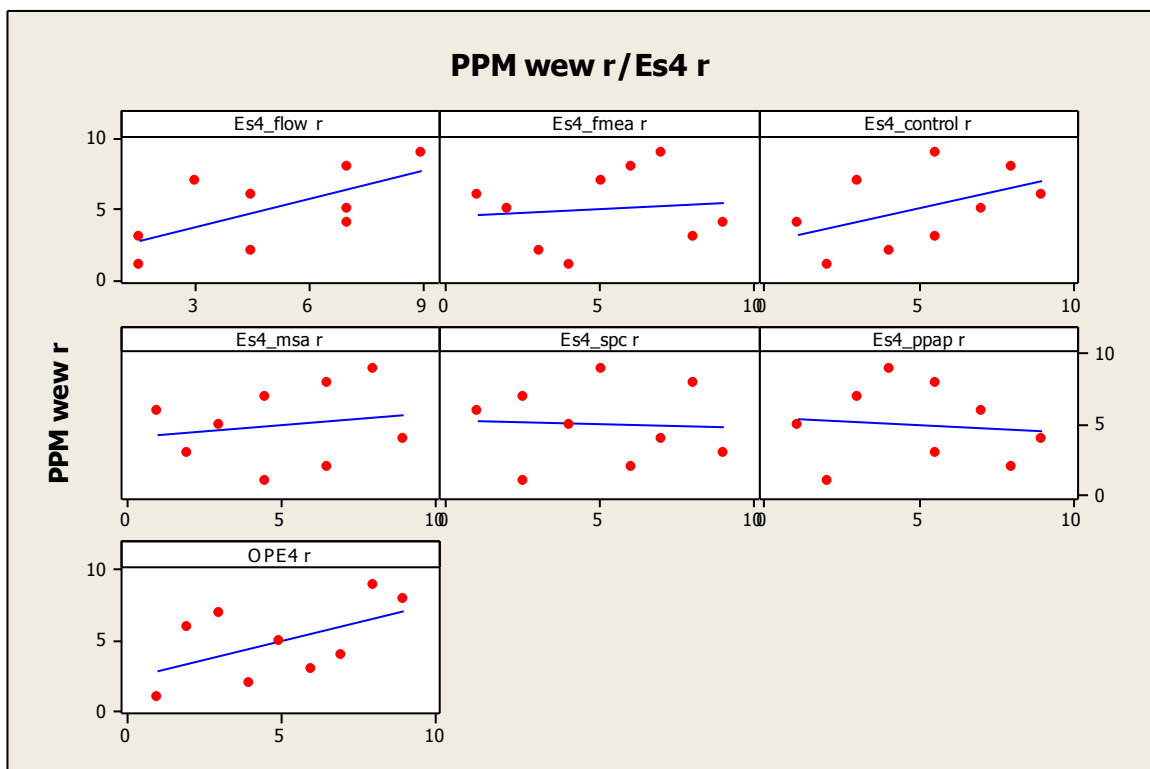
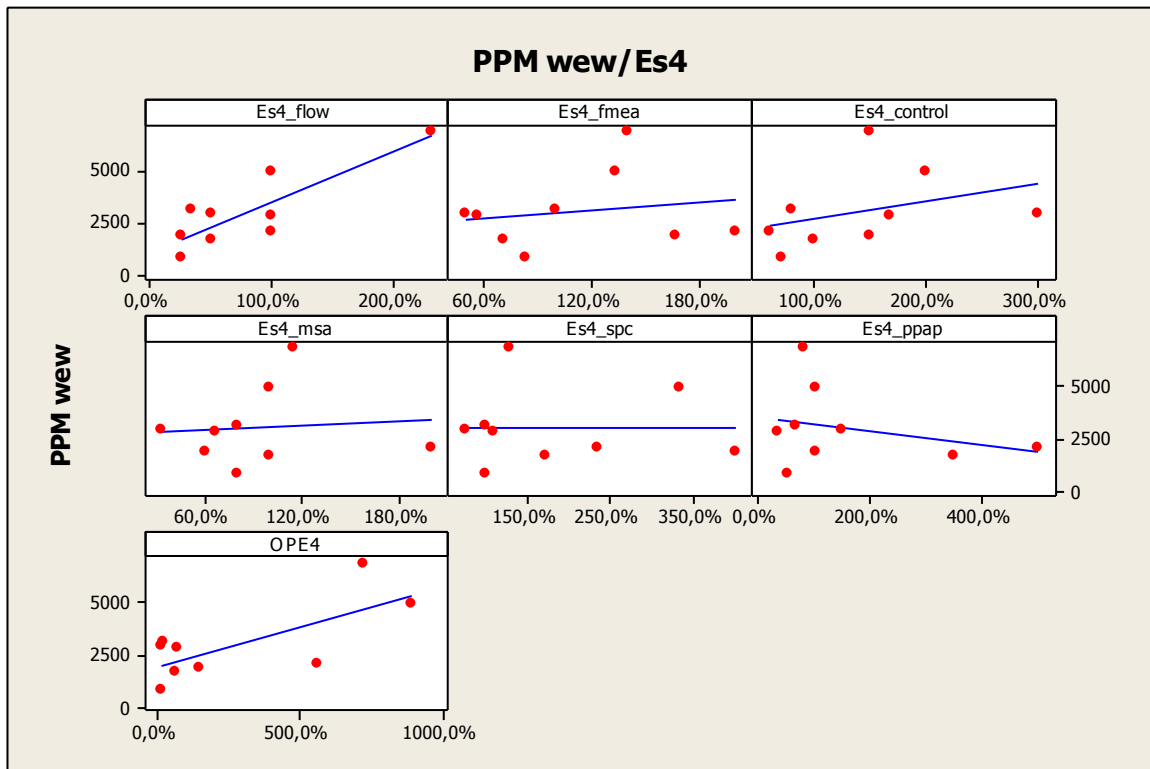


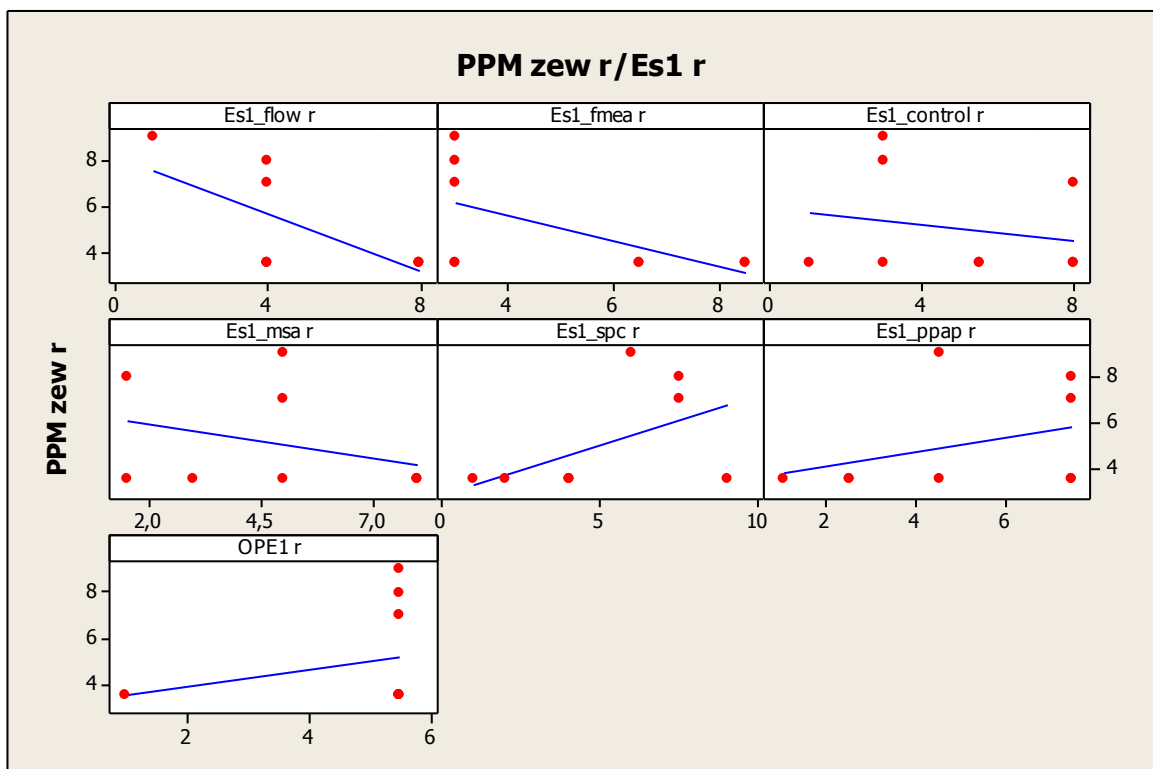
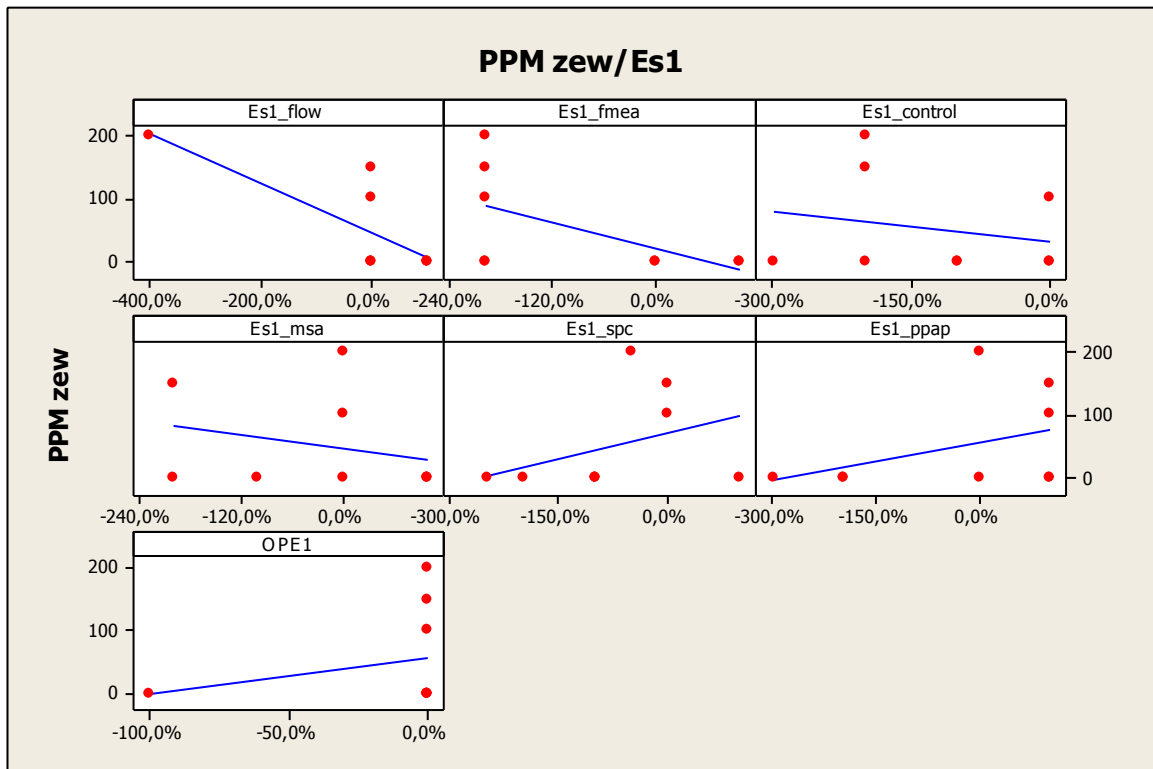


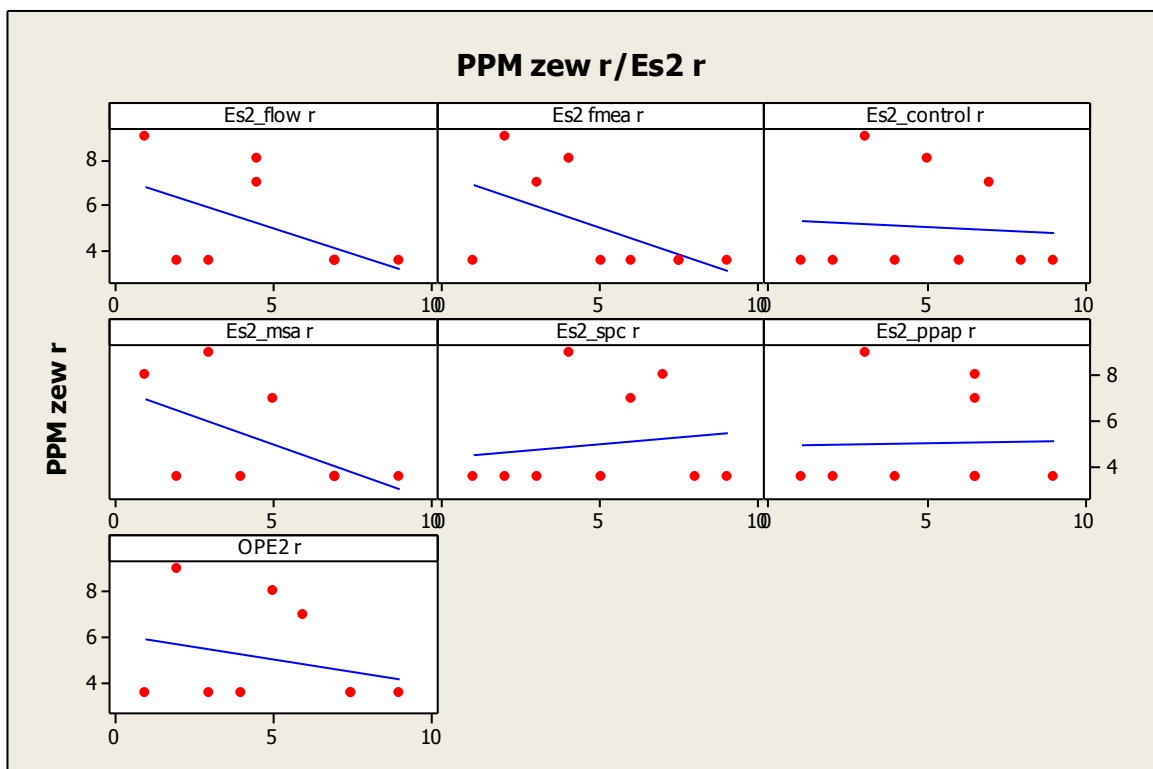
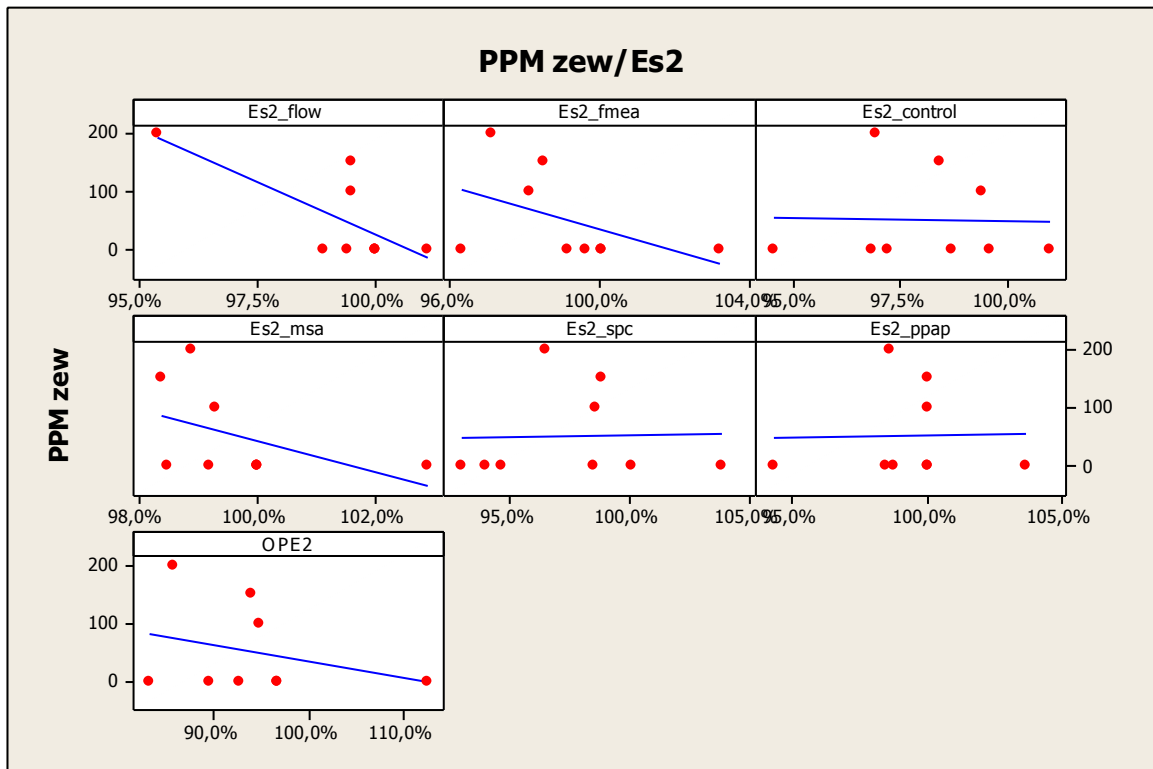


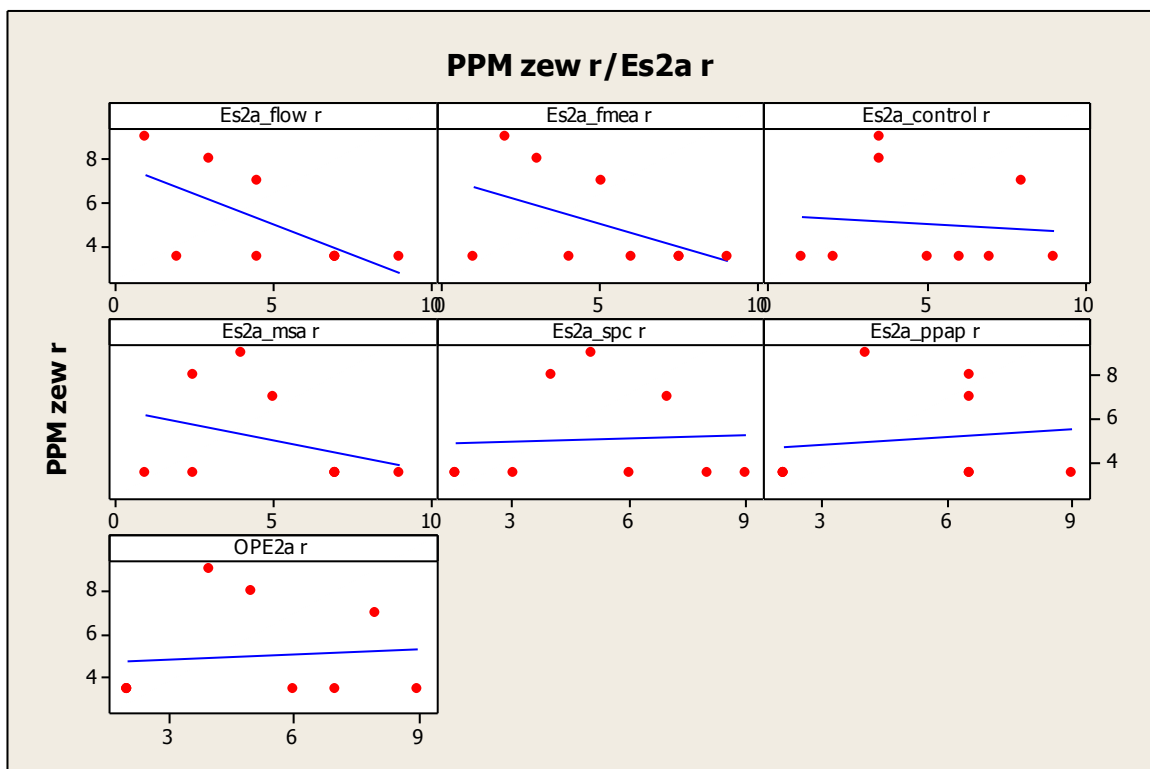
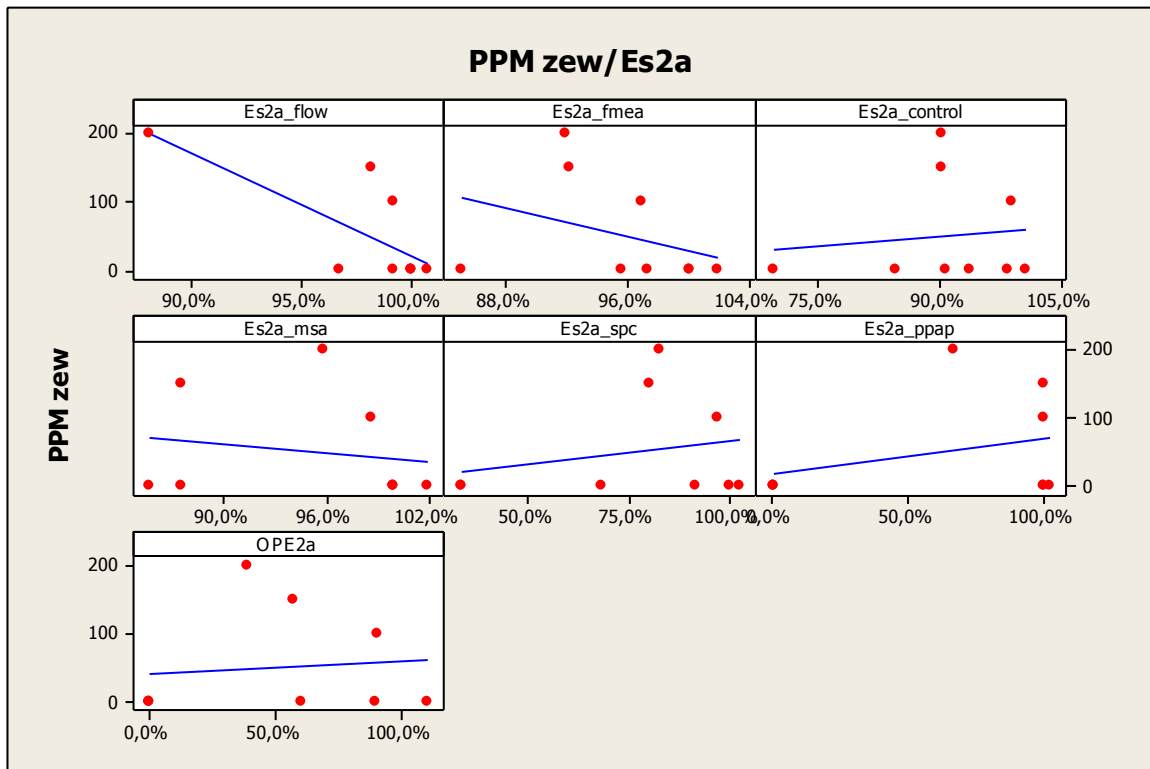


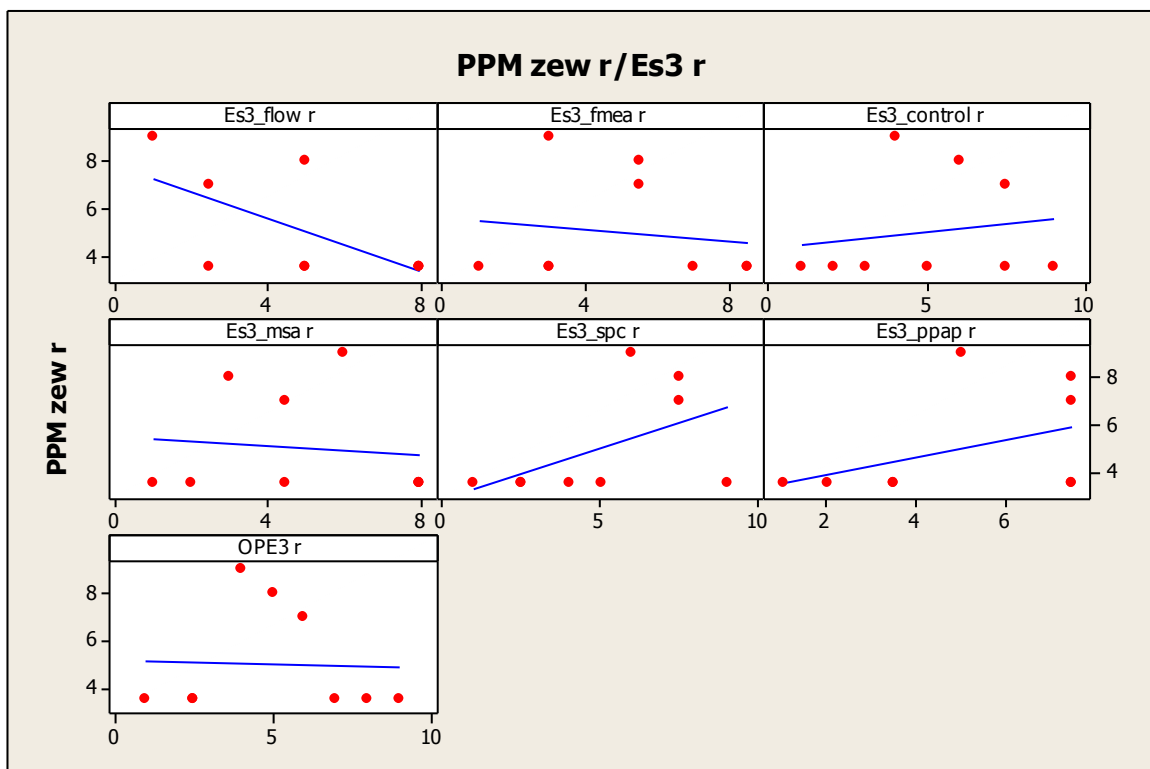
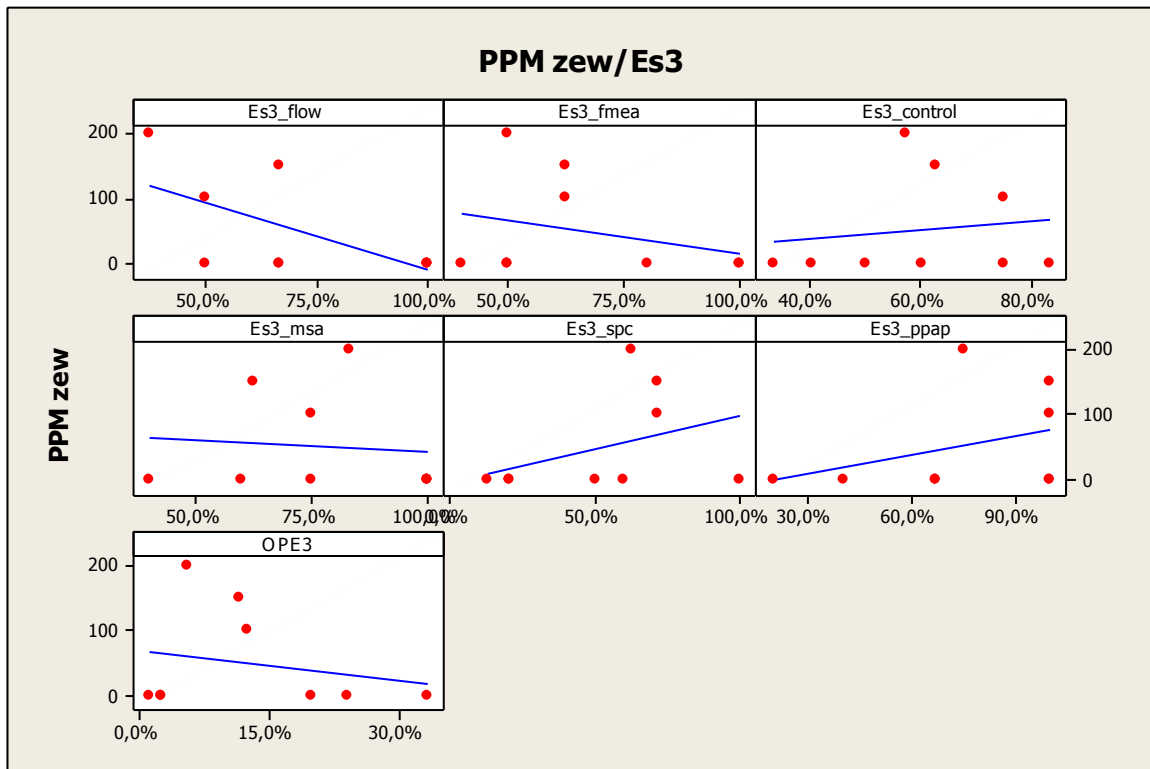


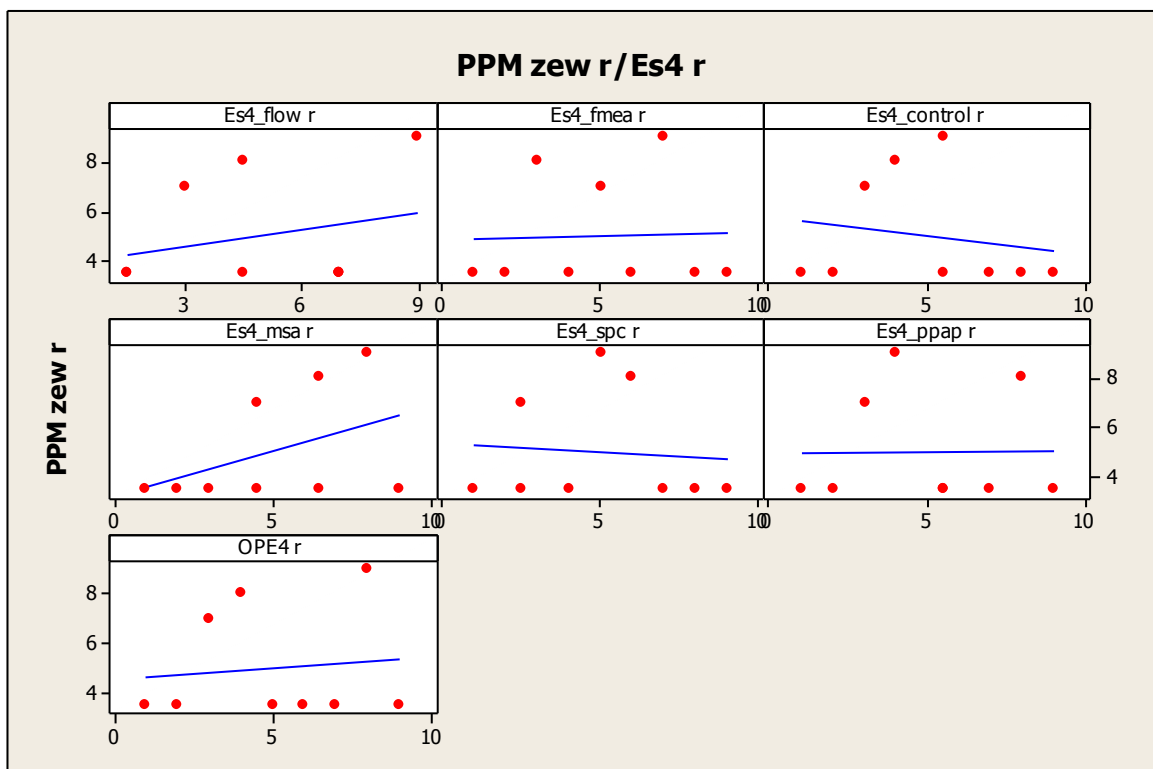
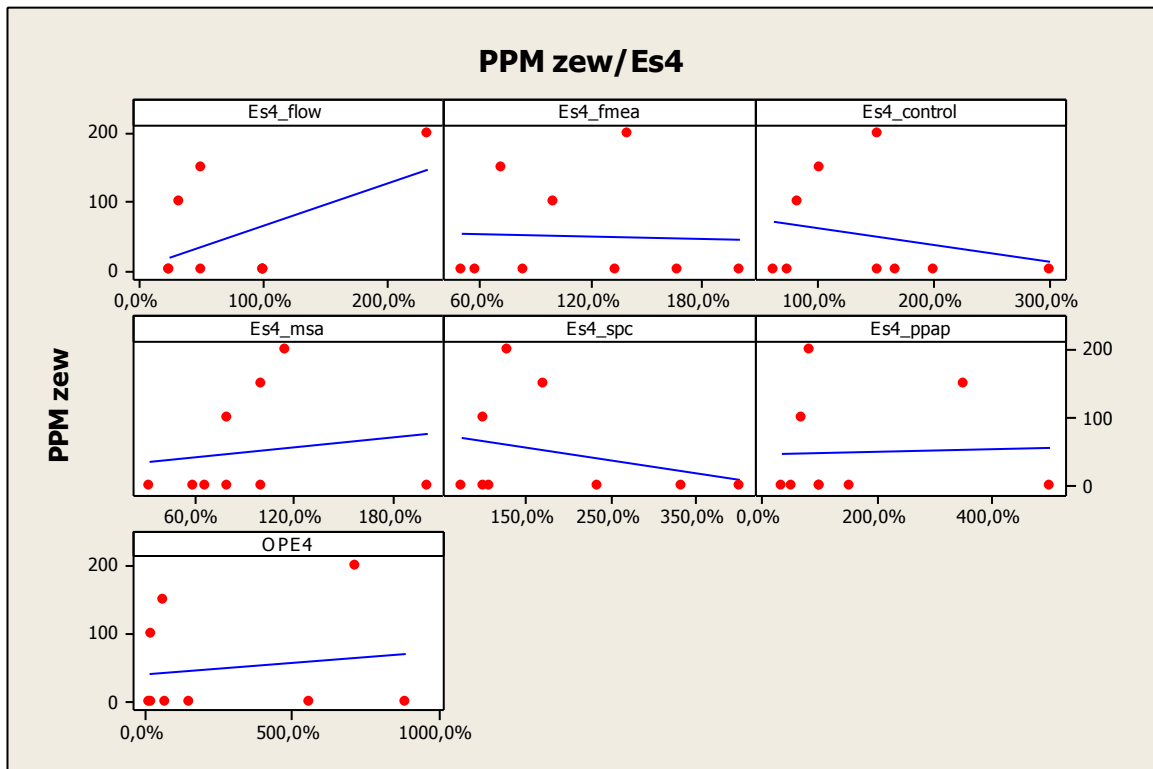


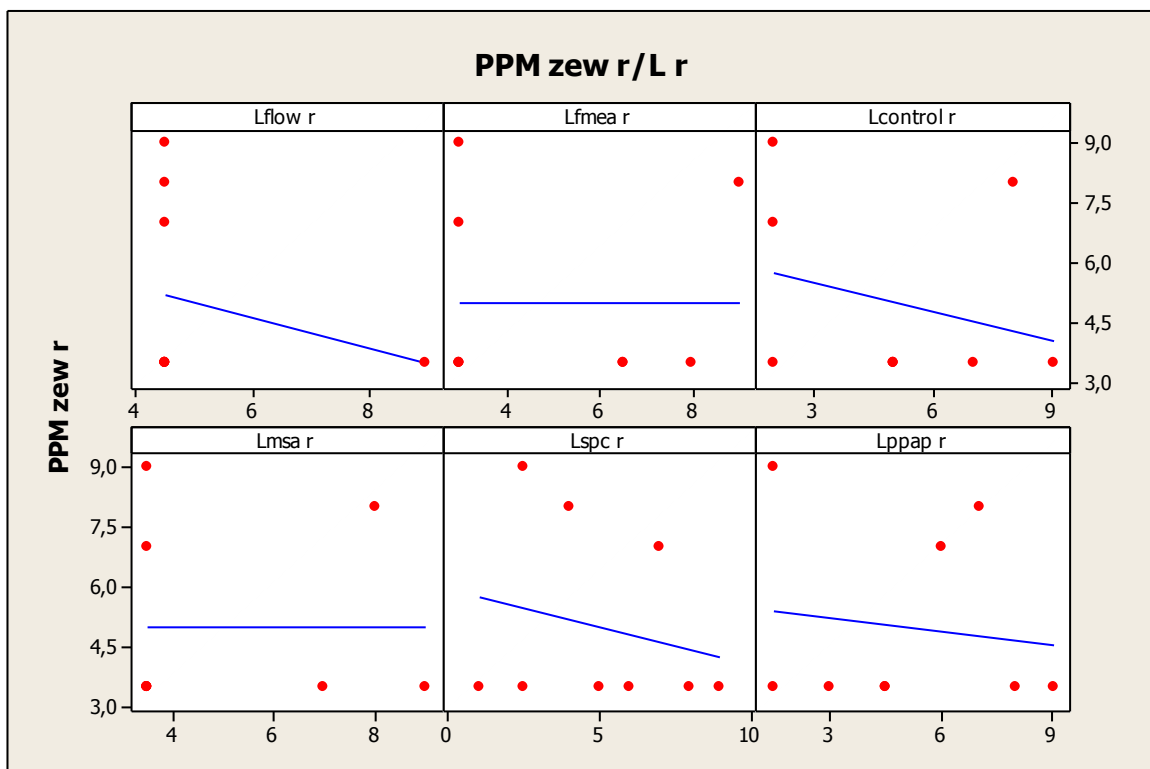
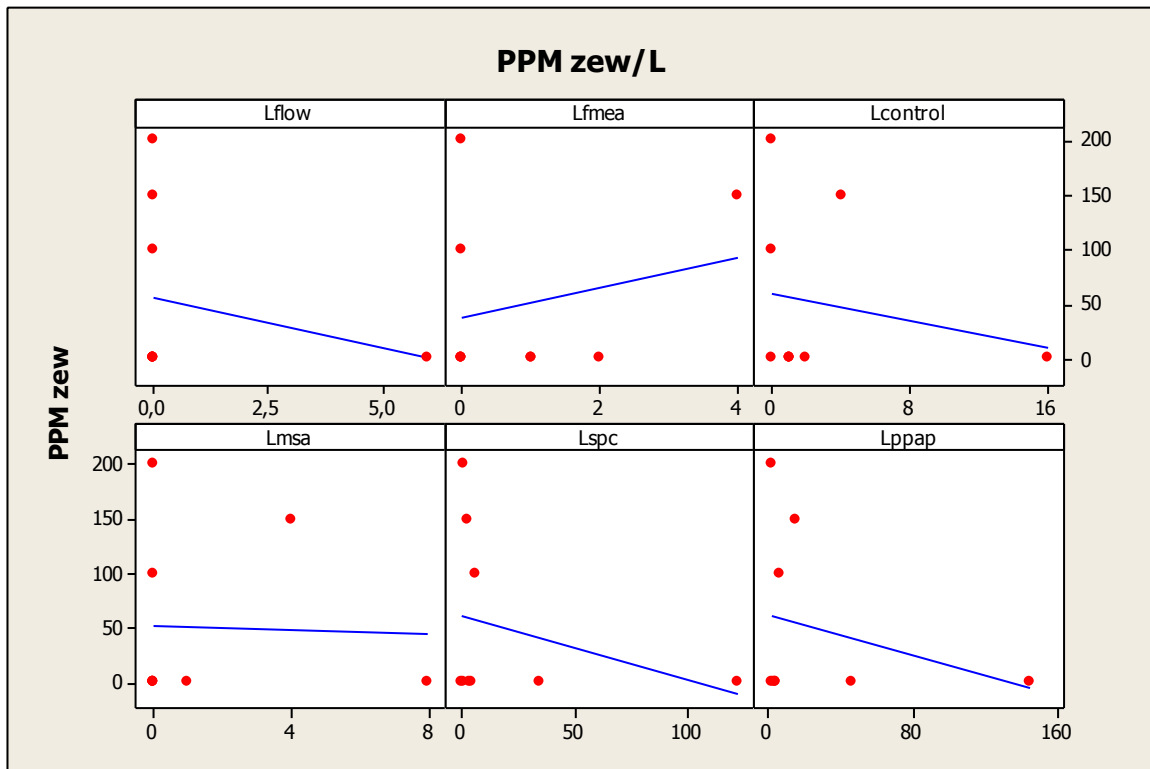


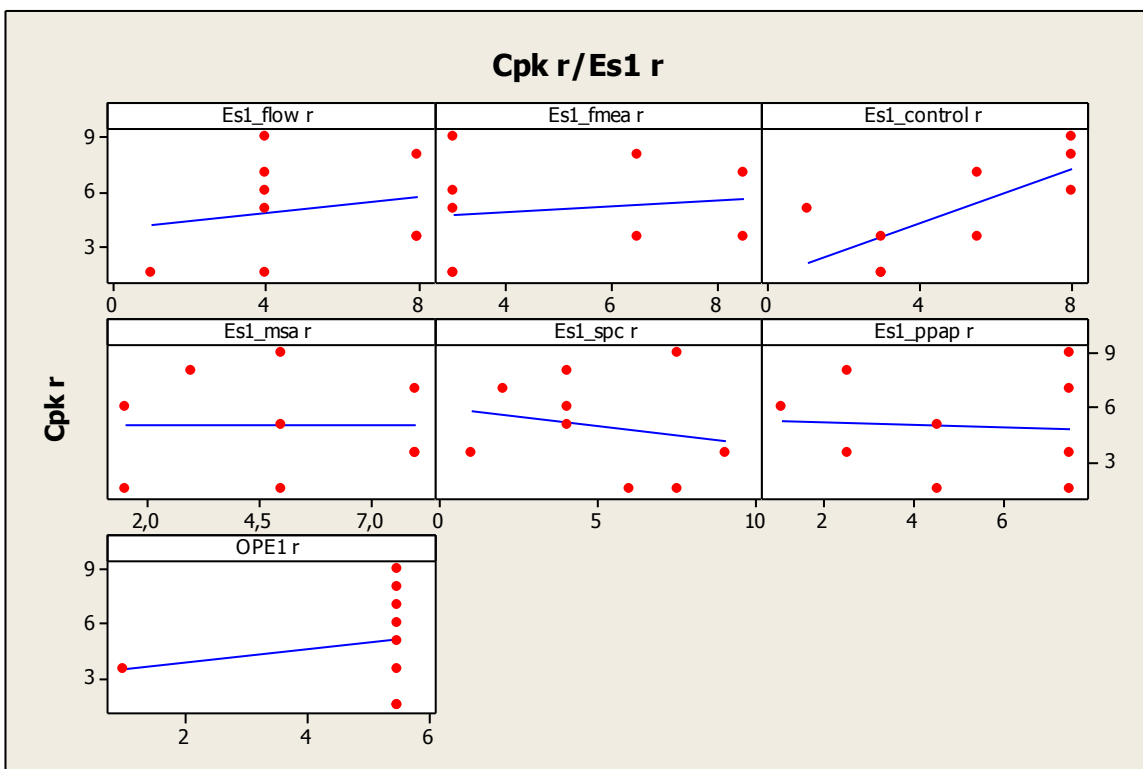
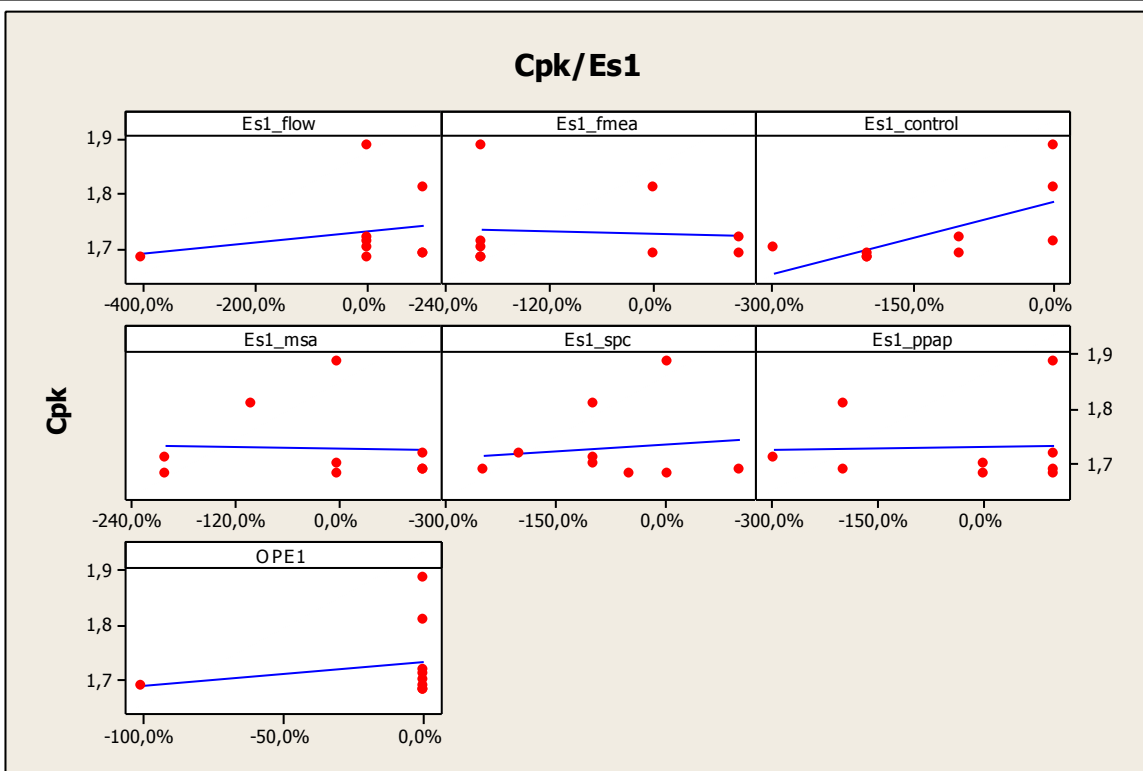


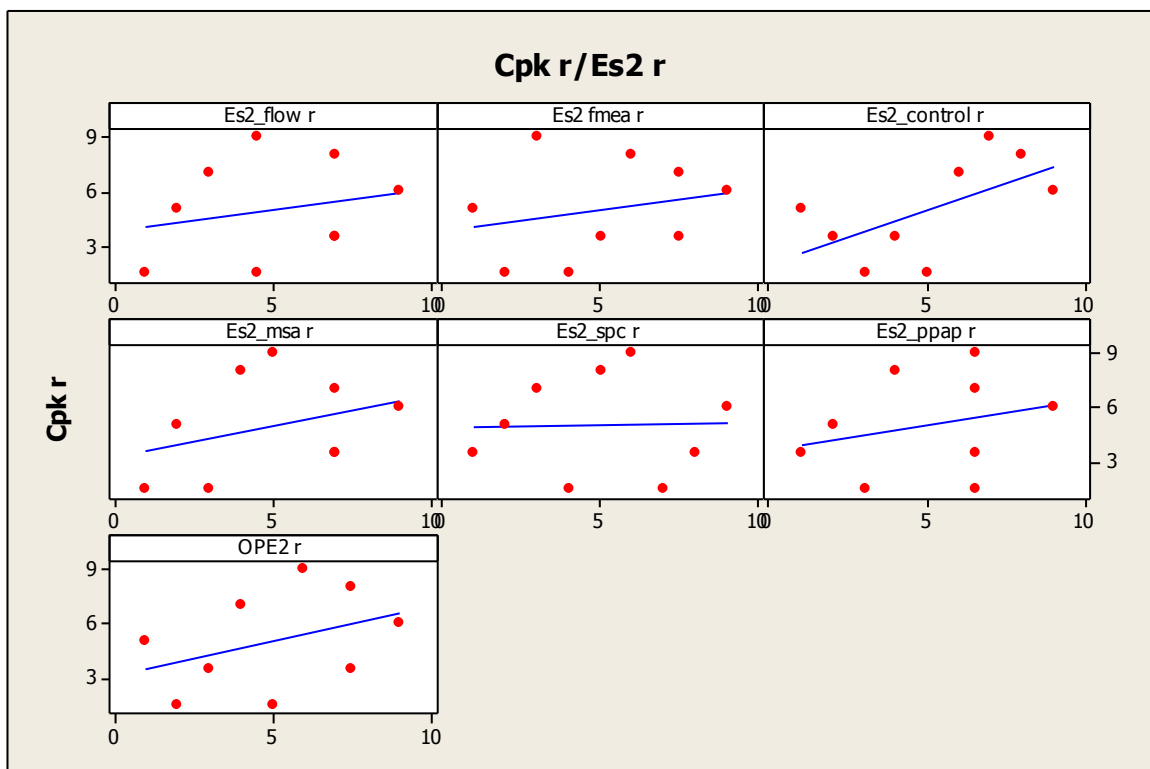
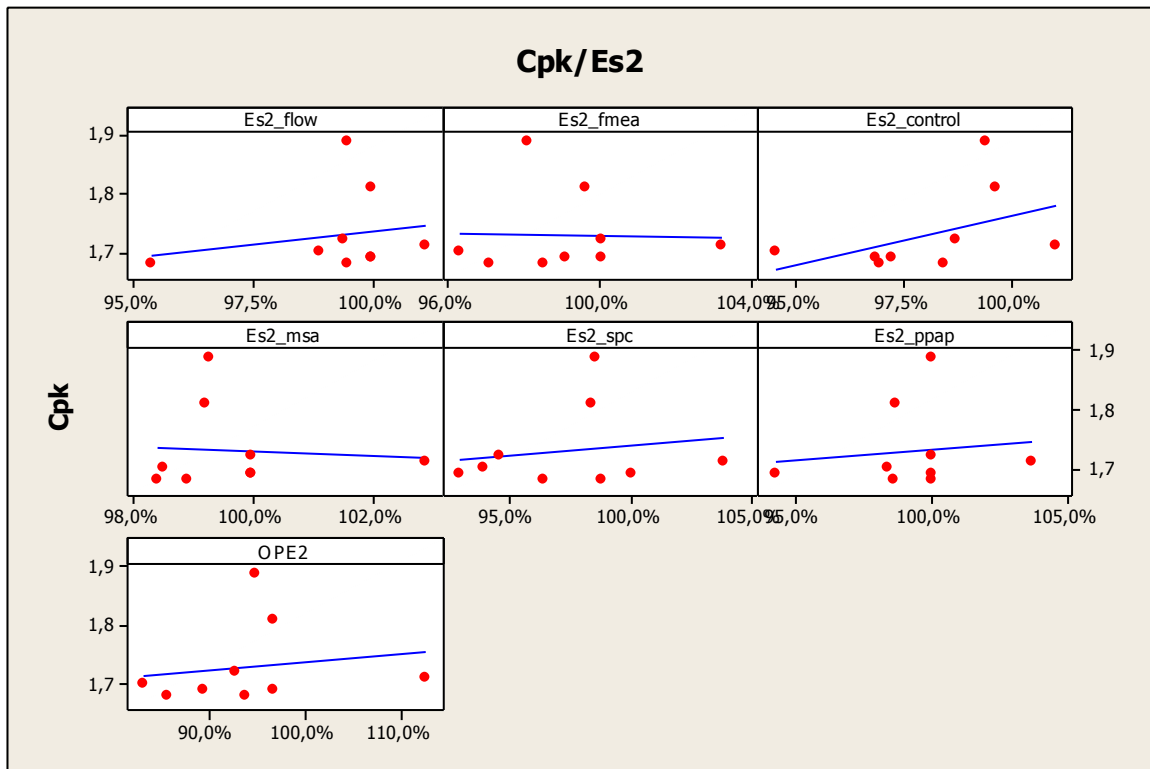


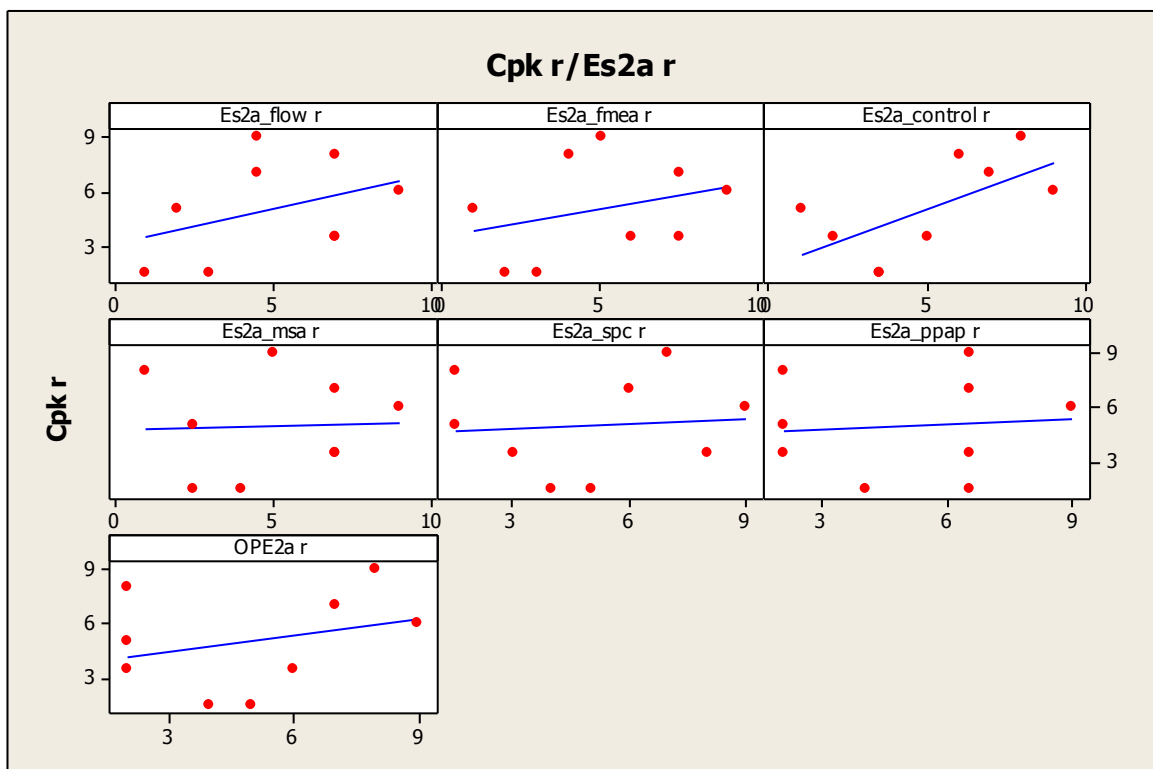
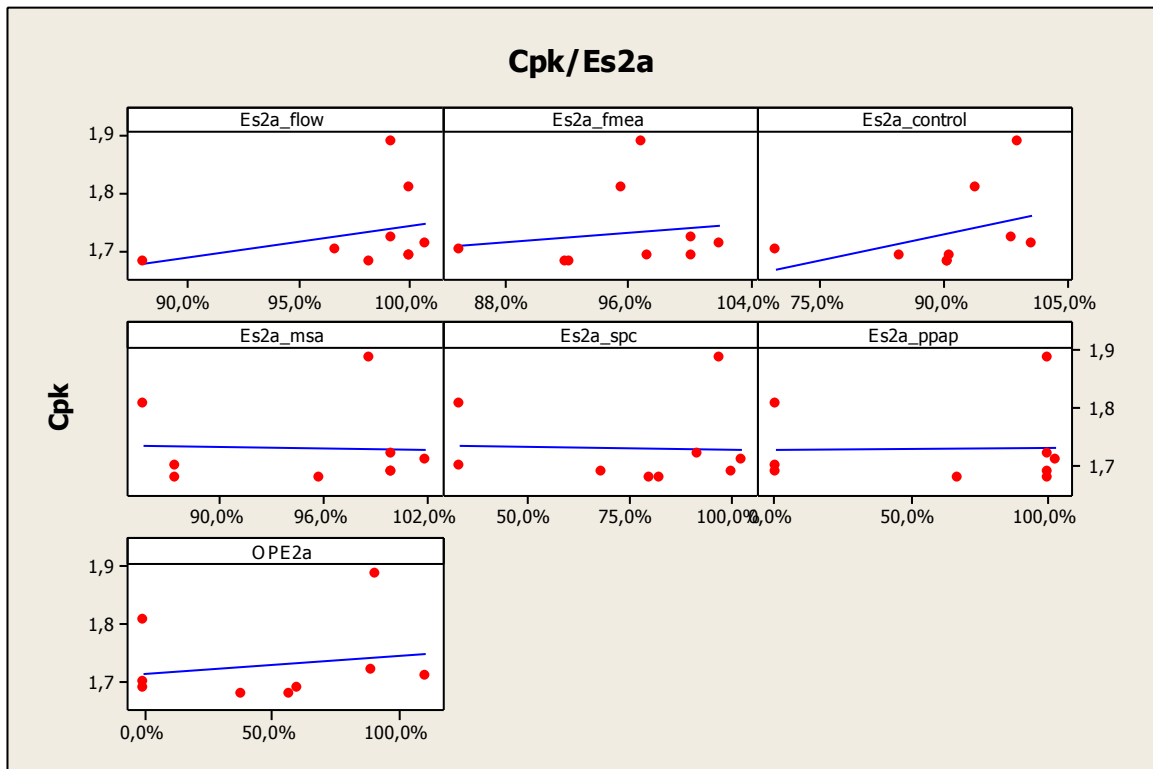


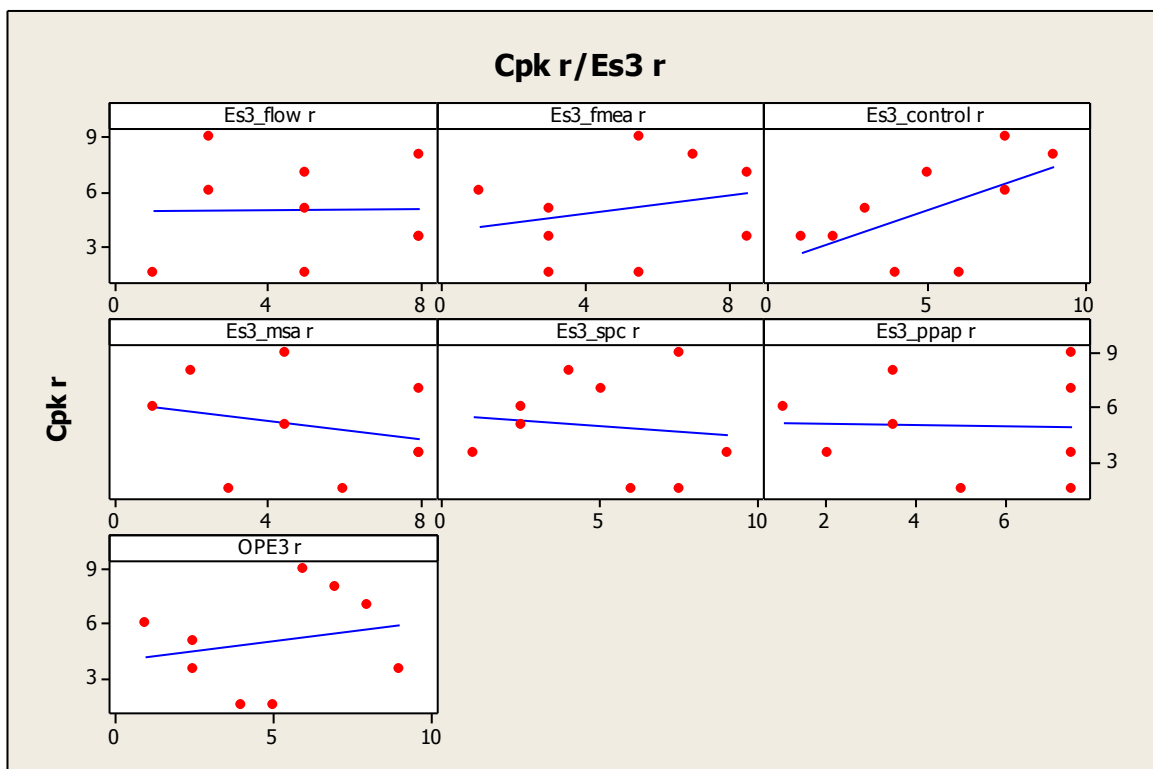
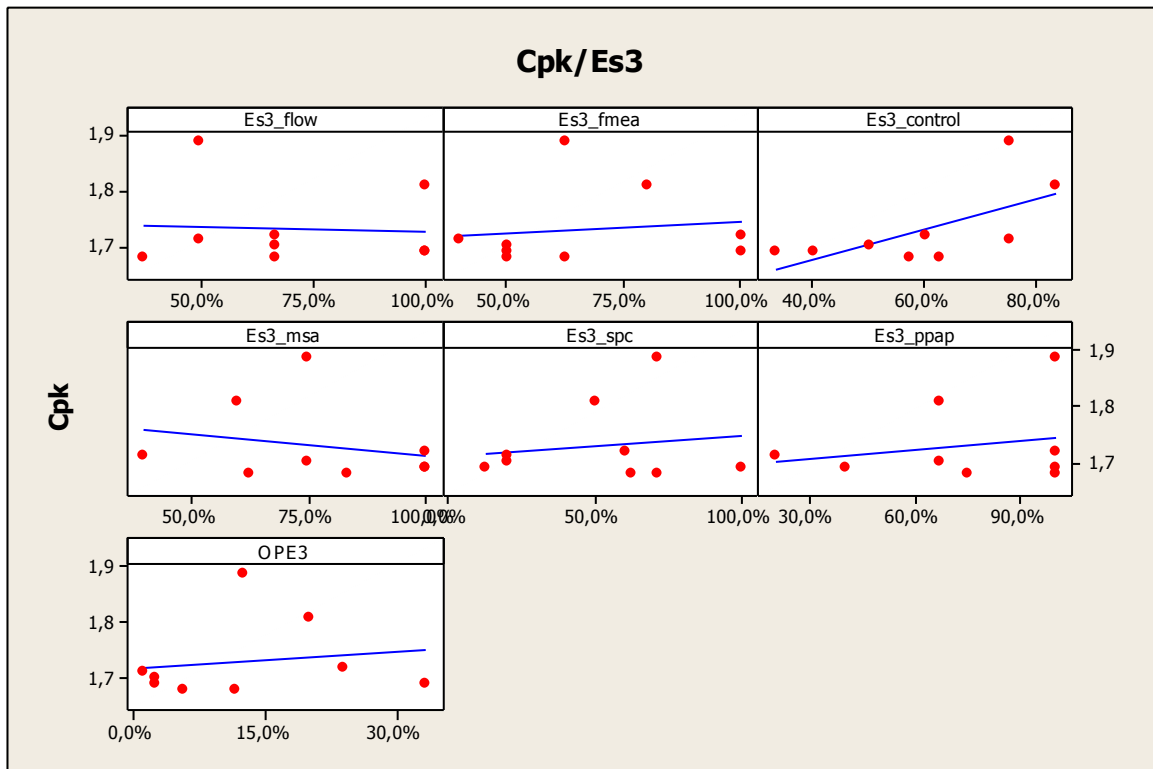


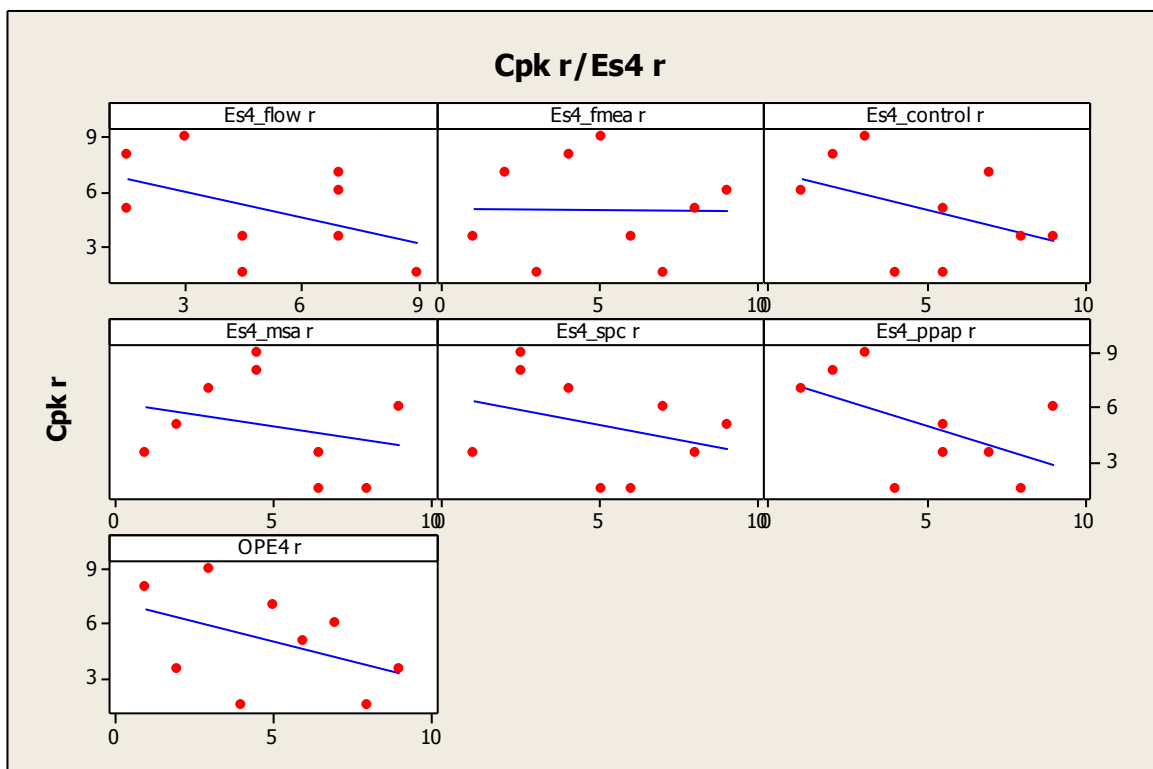
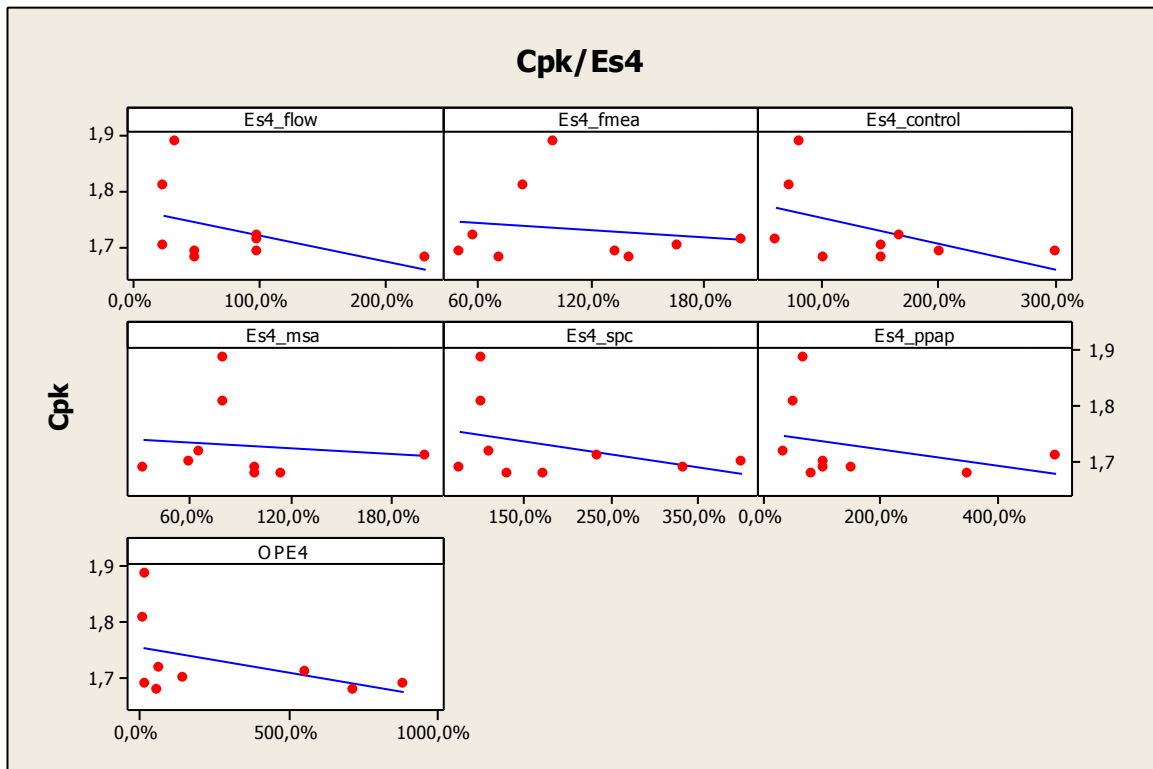


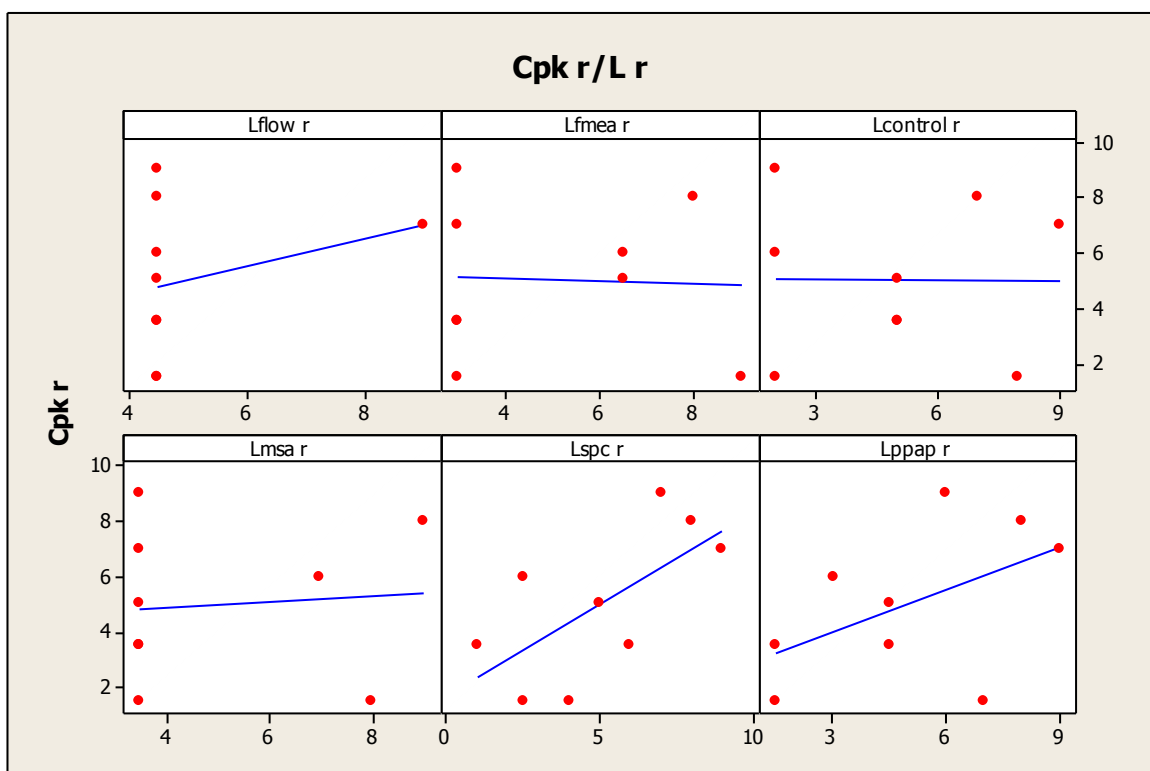
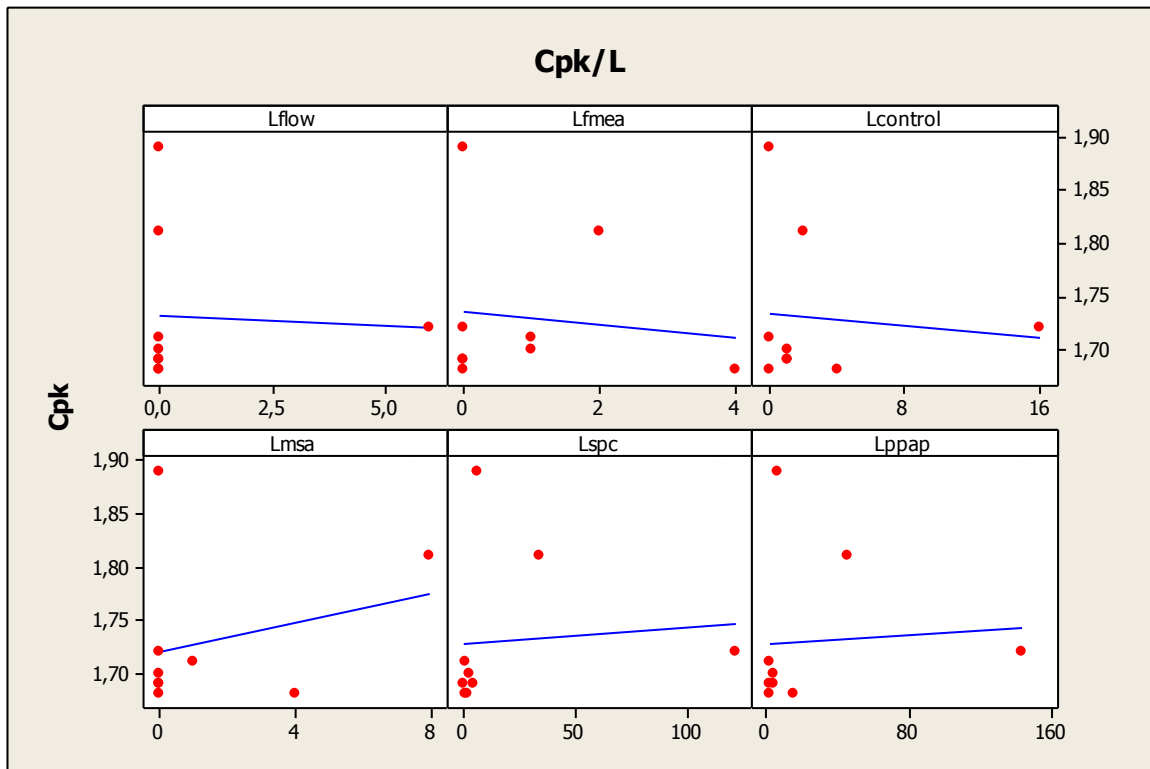


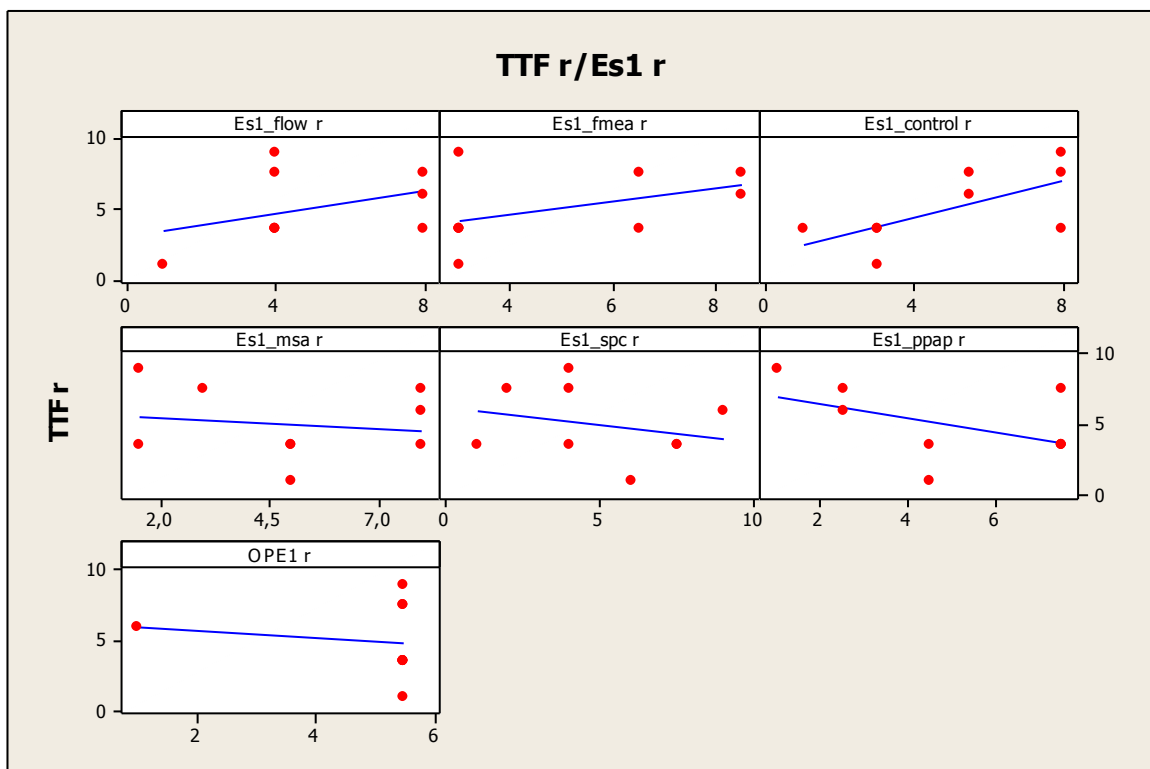
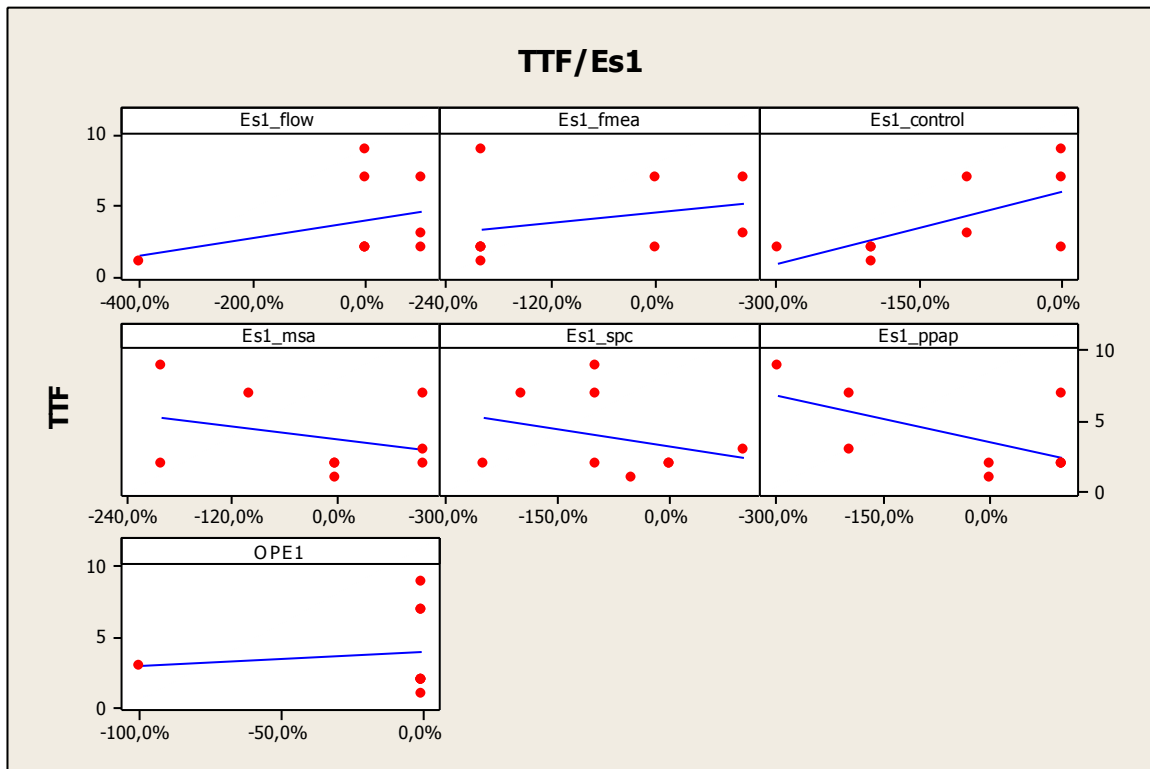


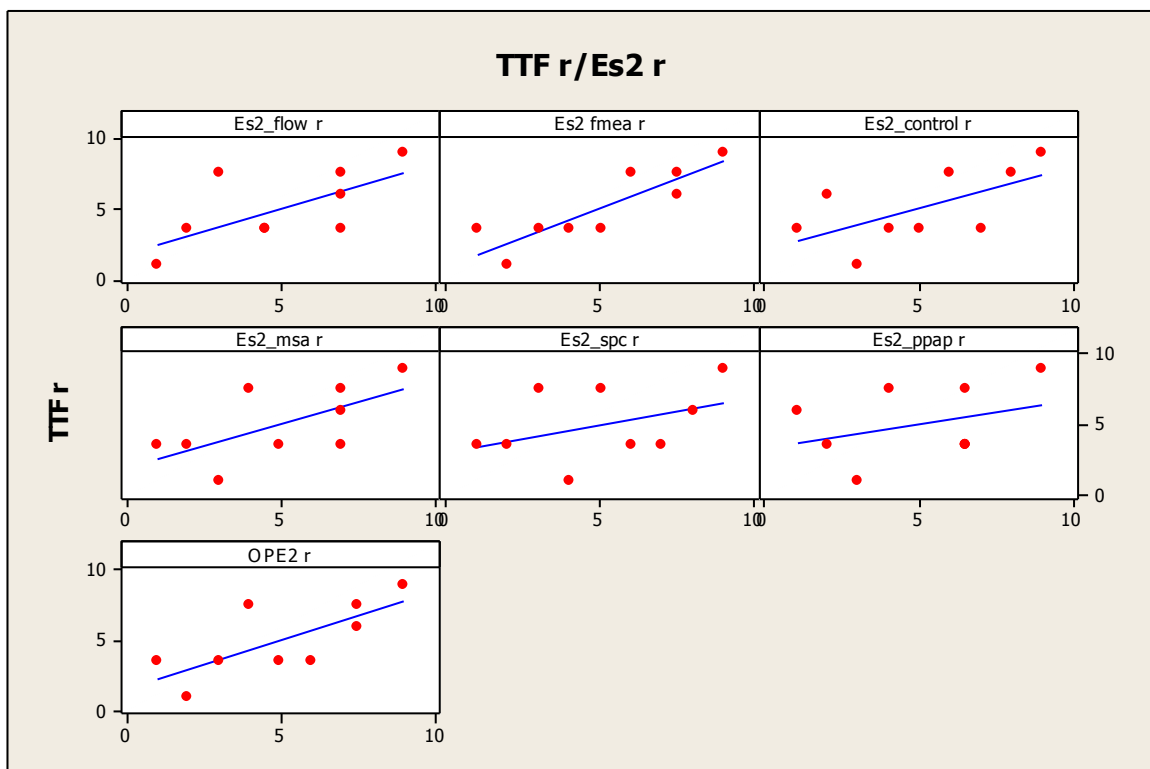
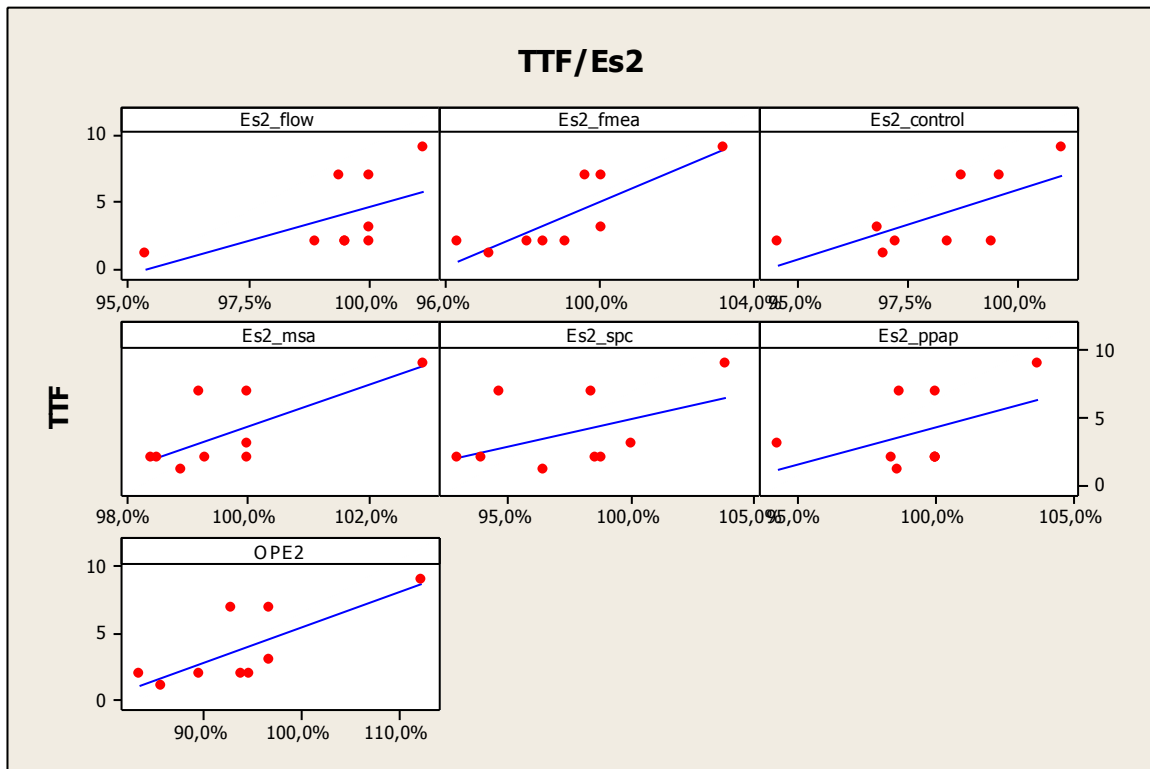


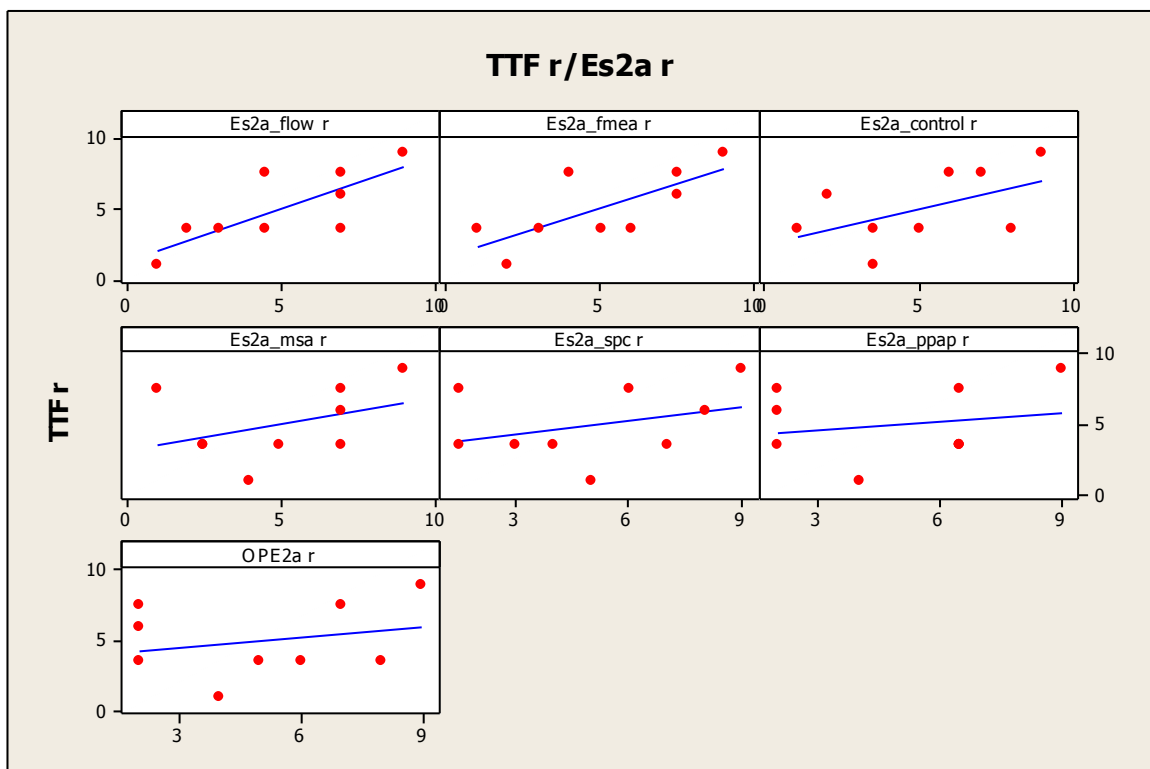
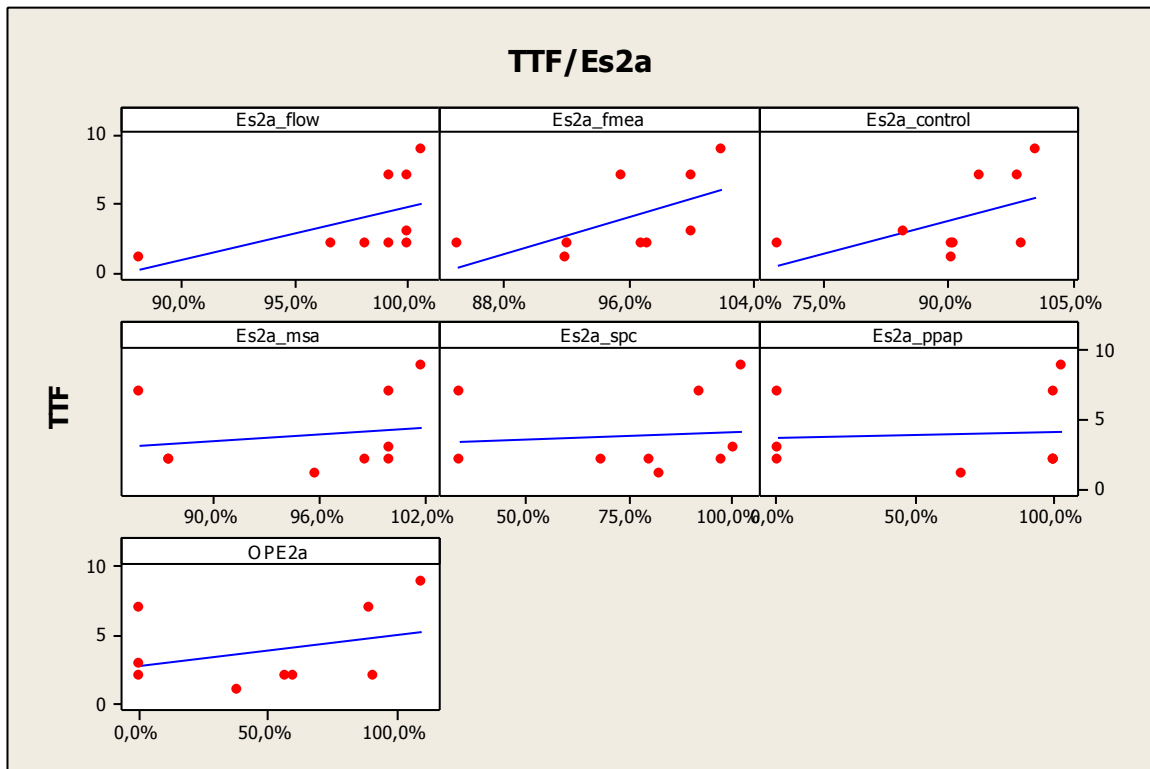


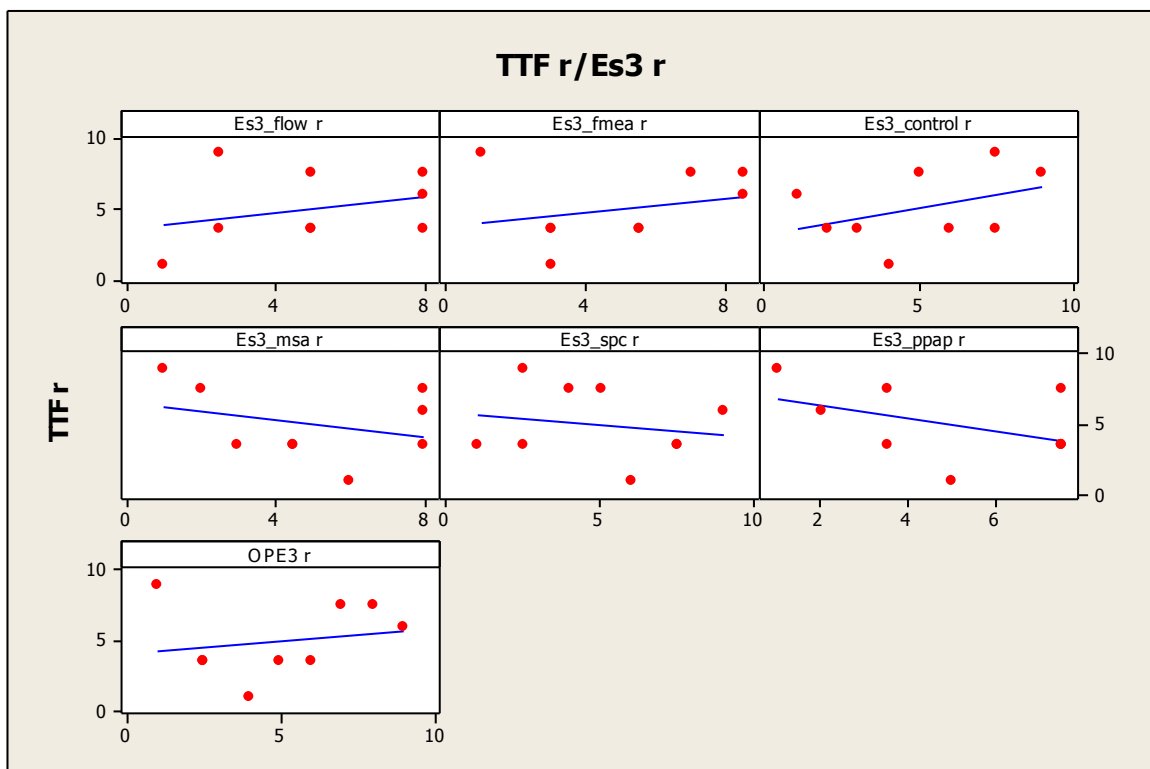
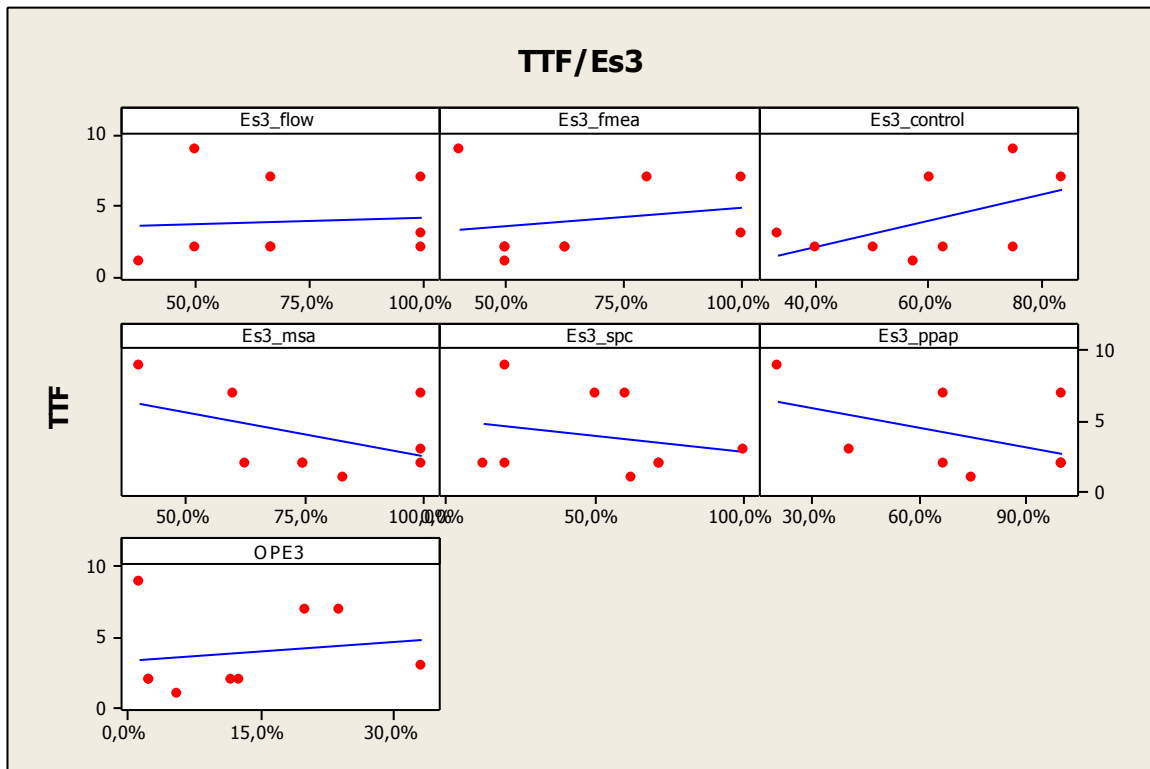


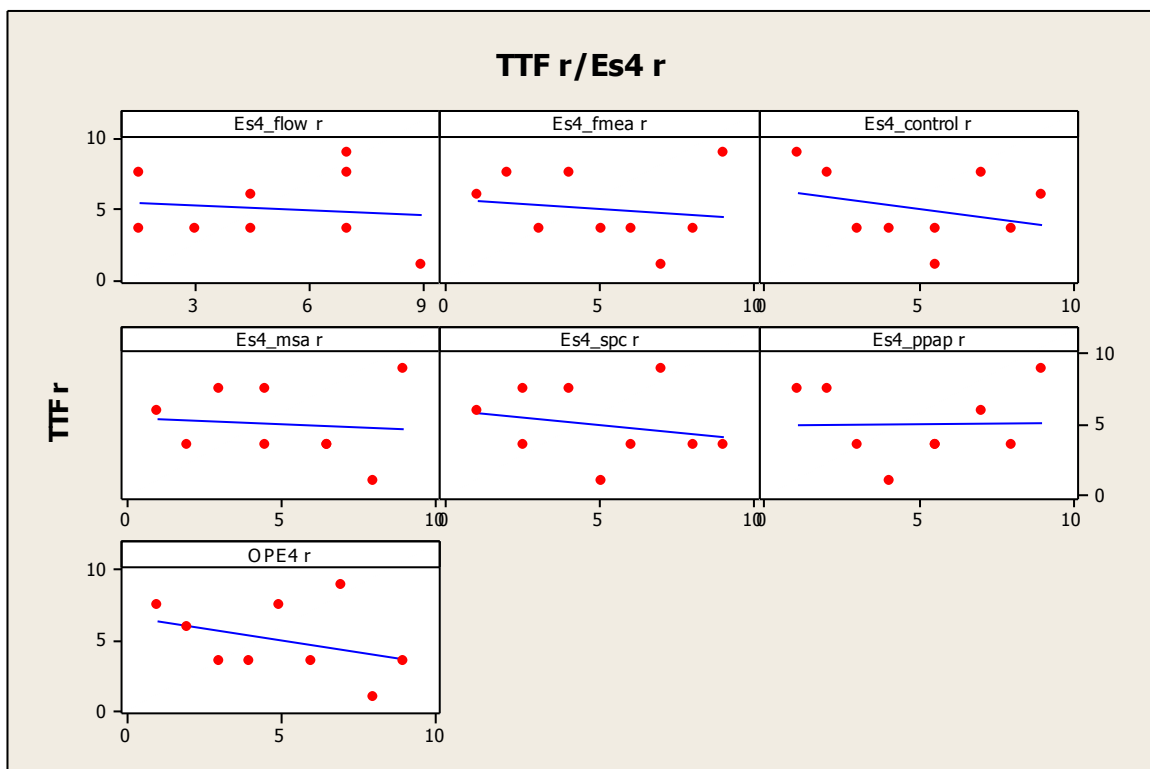
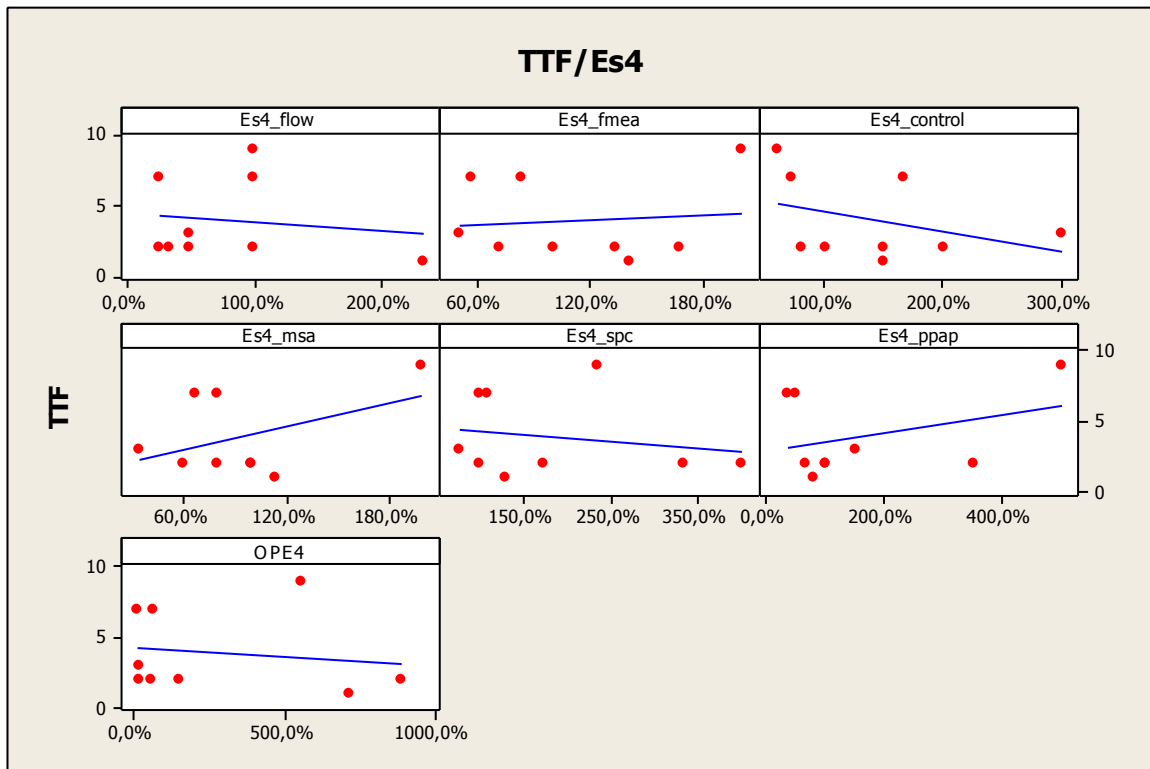


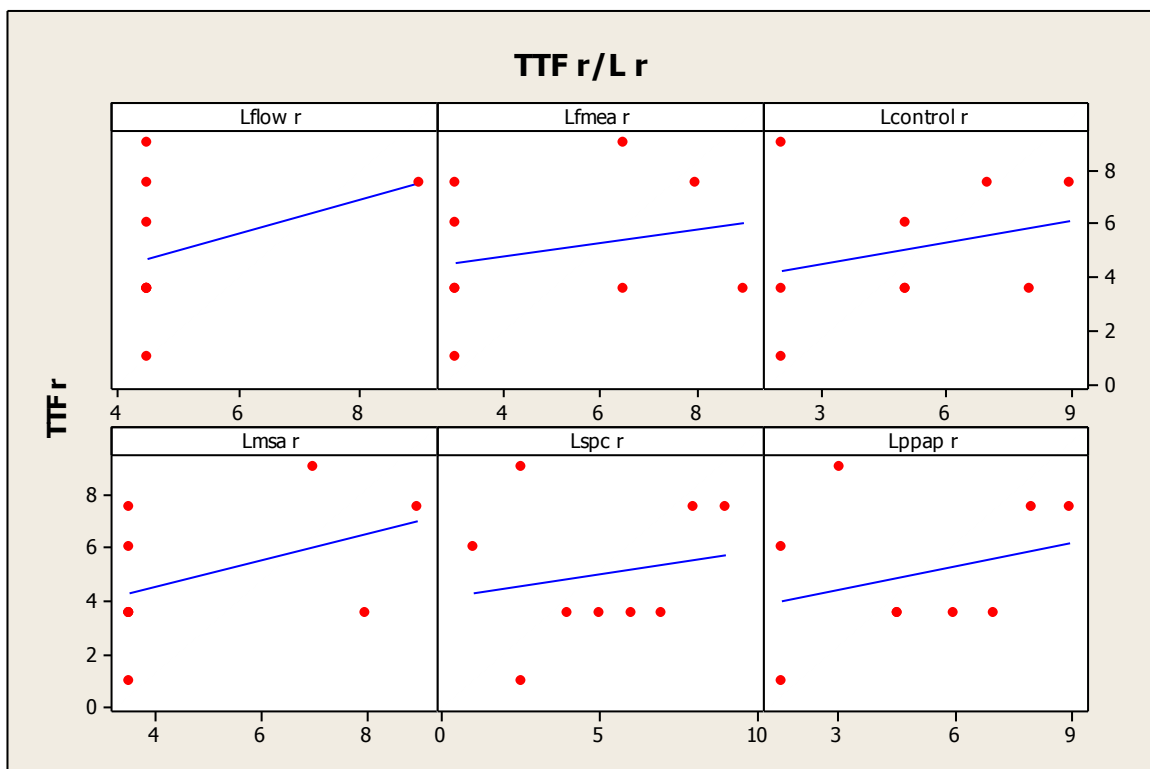
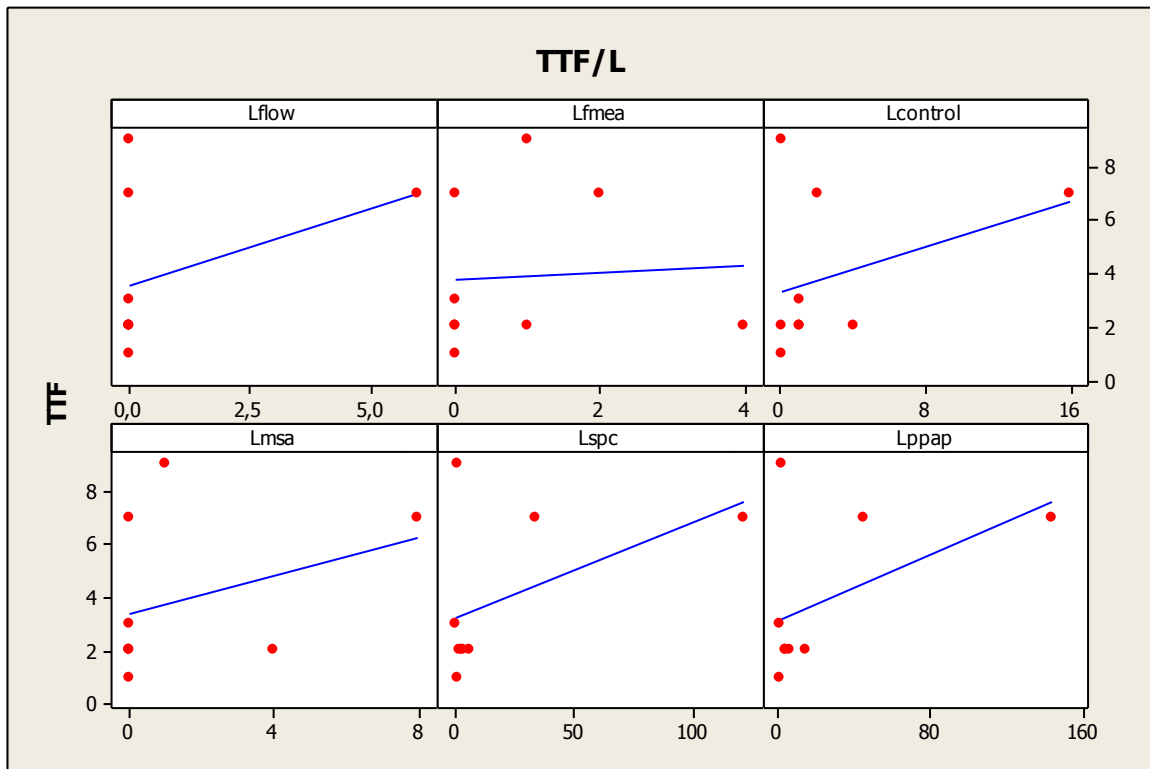


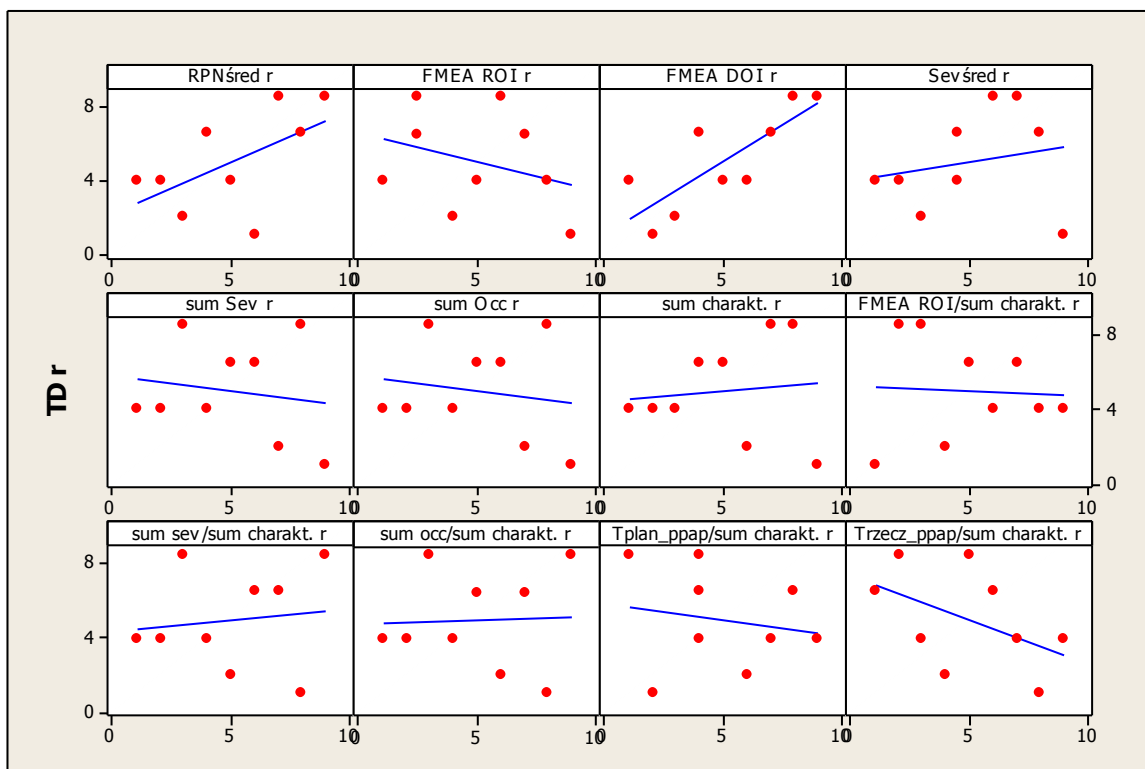
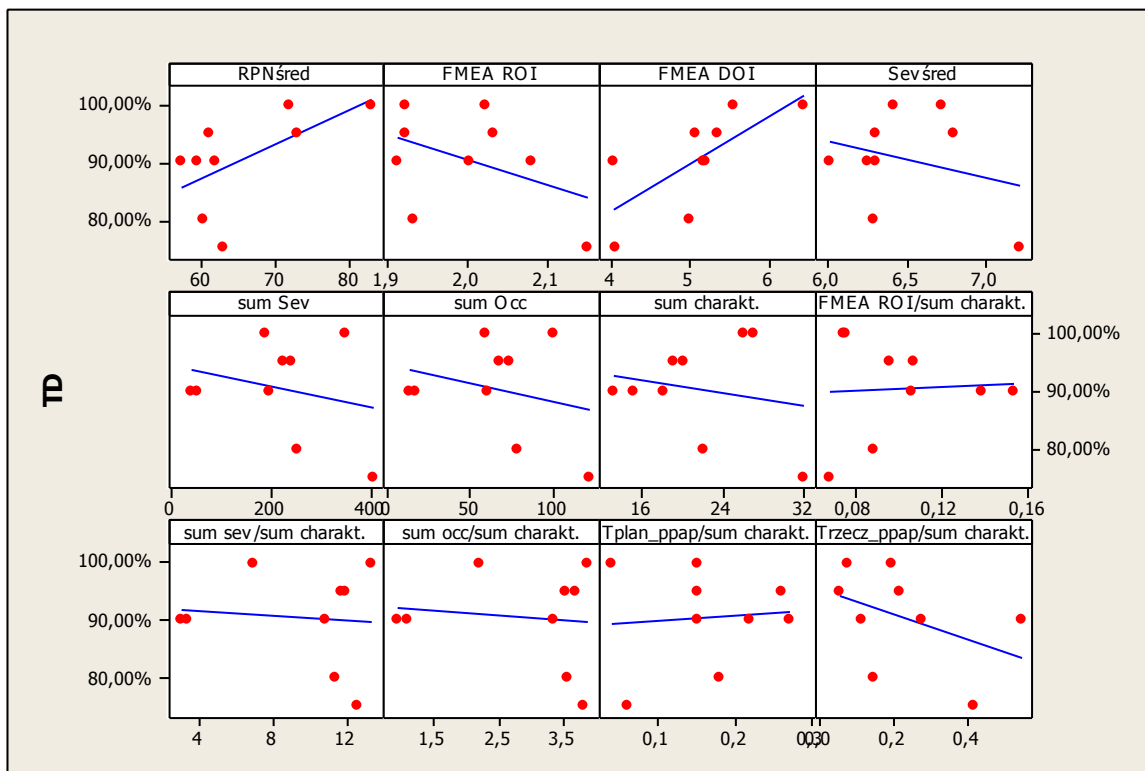


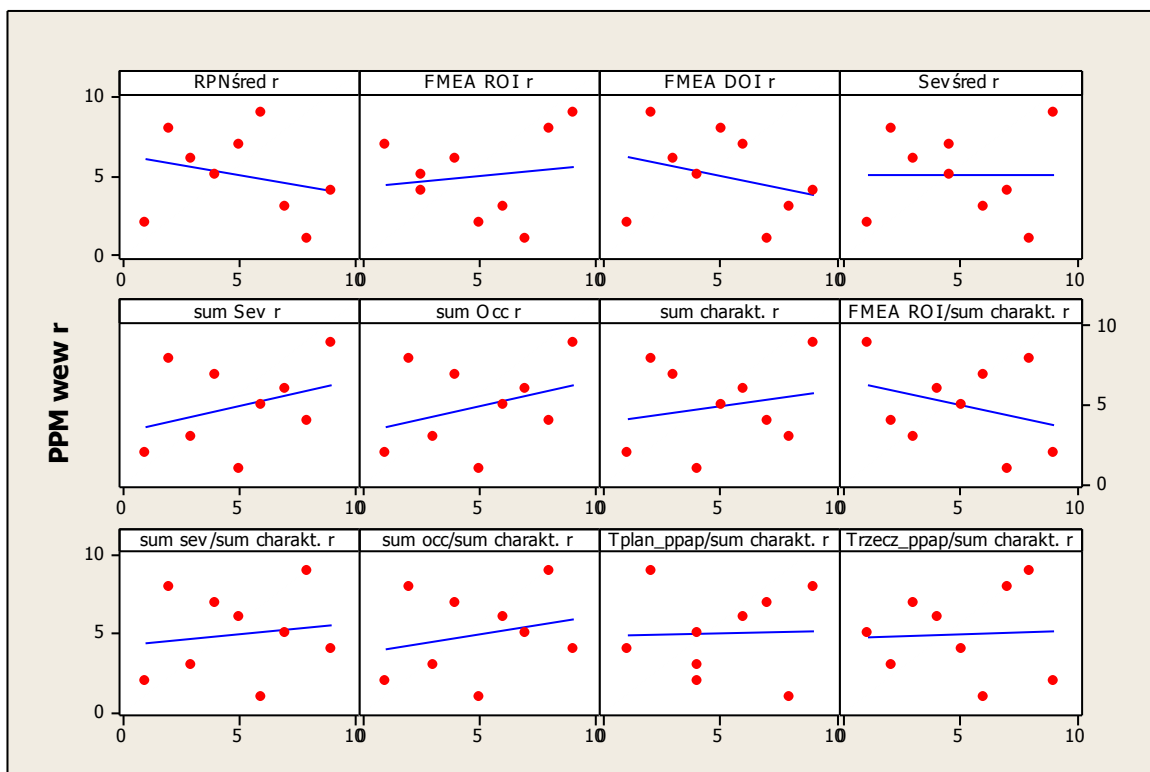
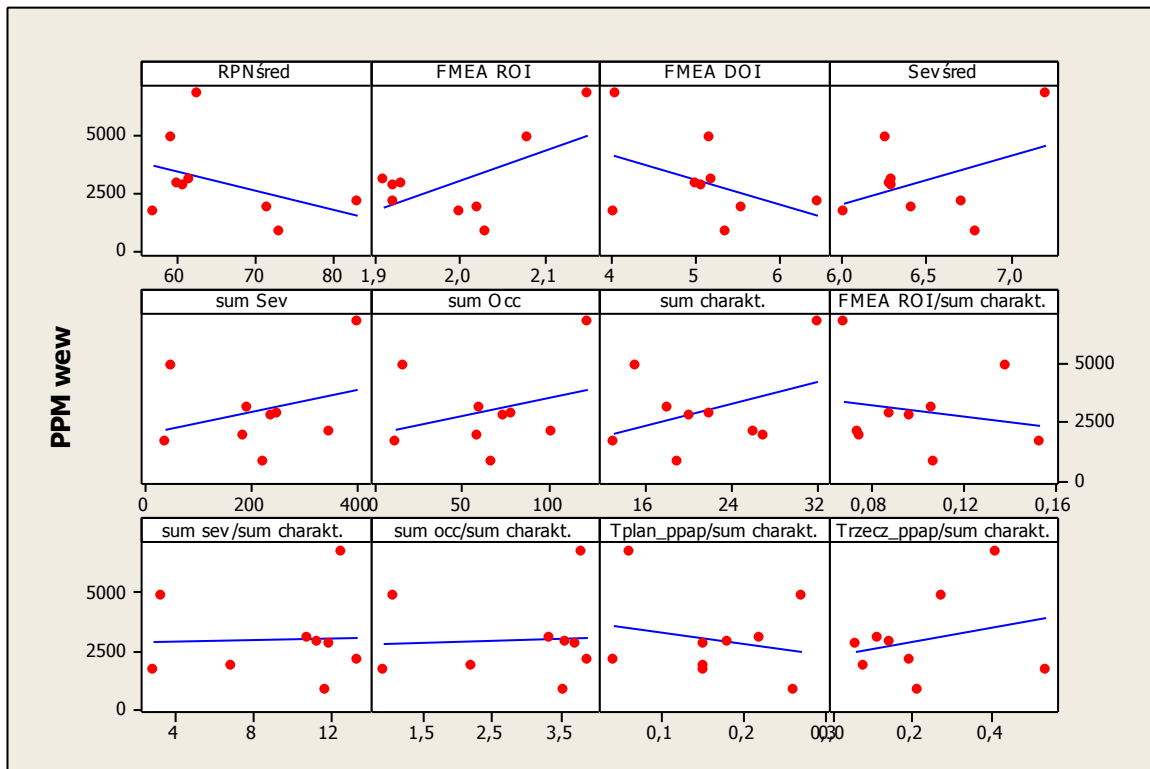


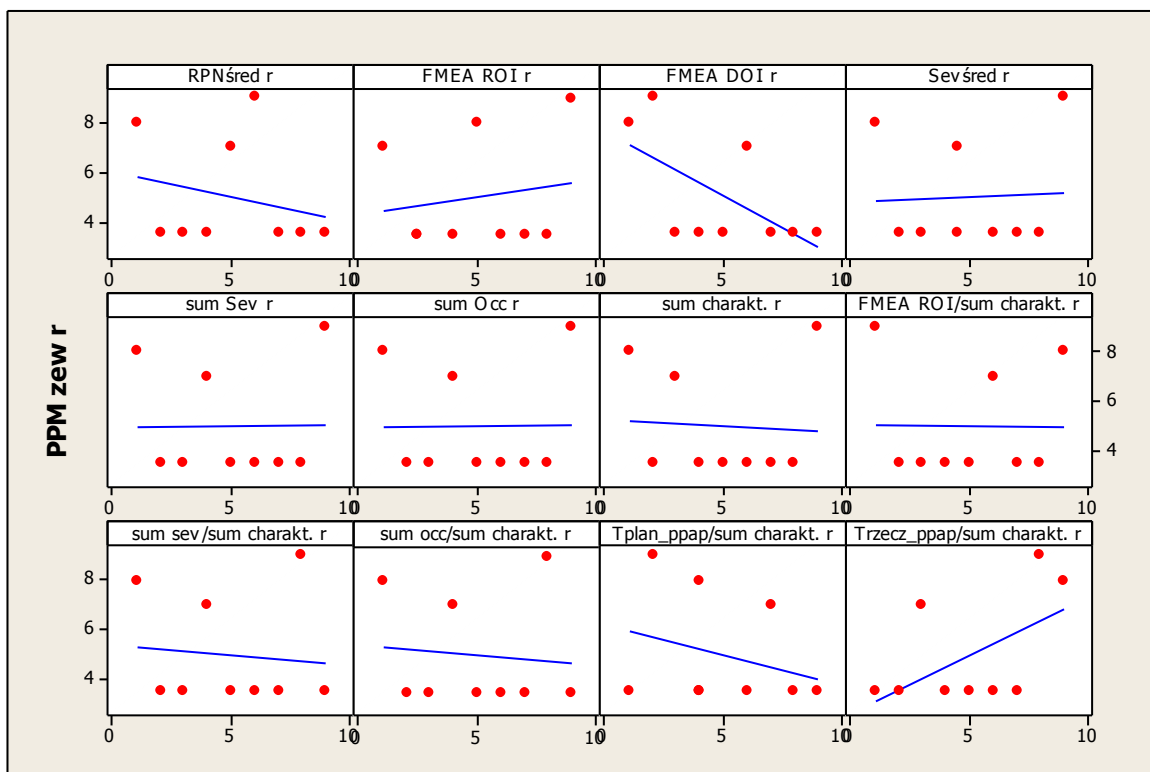
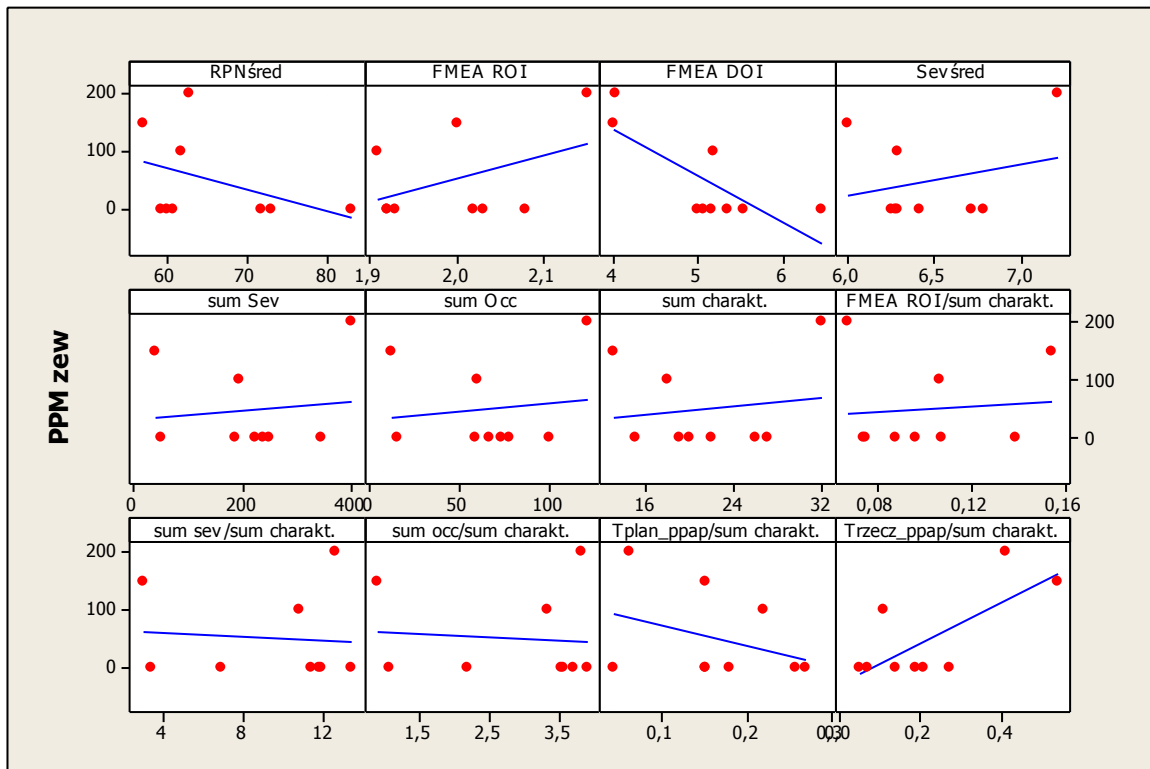


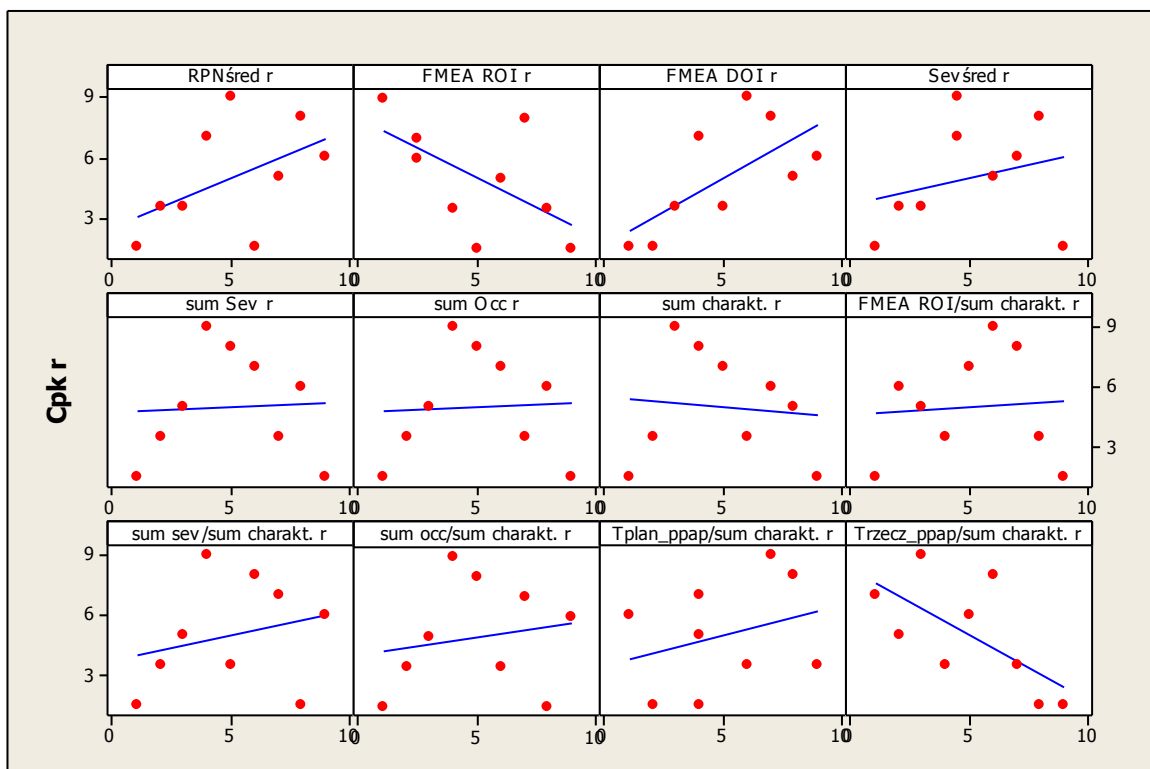
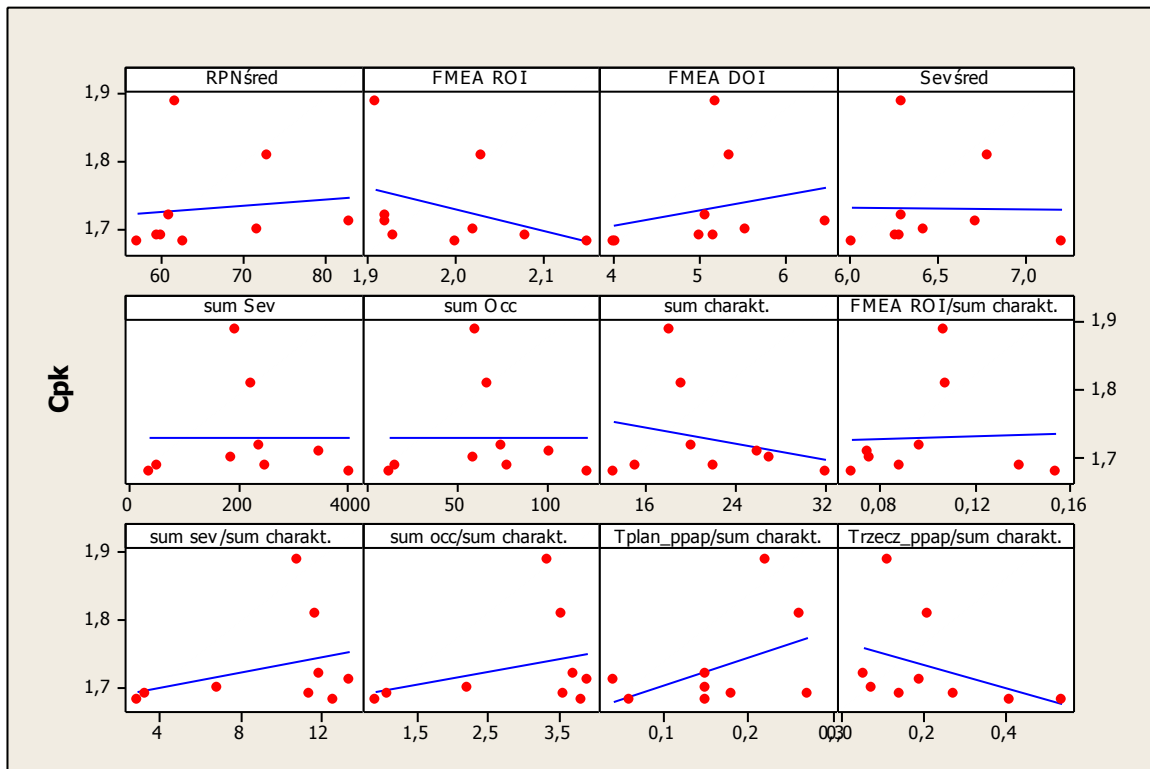


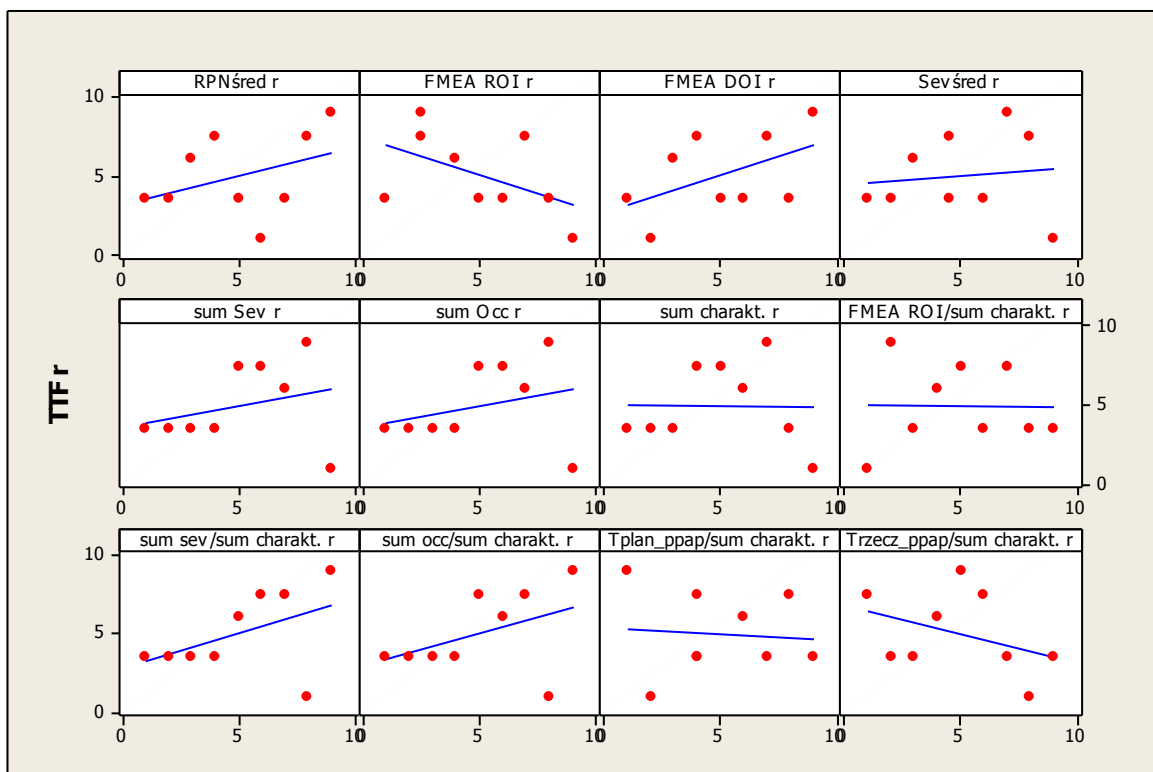
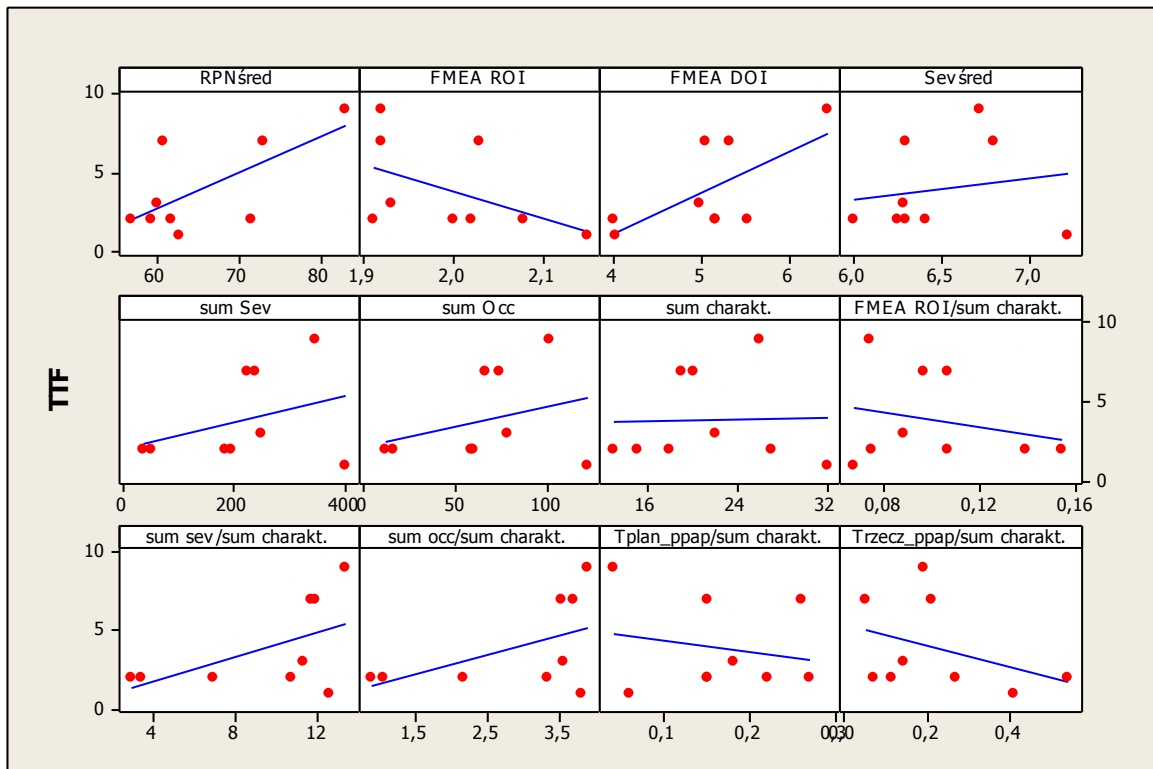












Tab 4. Macierz korelacji

	TD			PPM wew			PPM zew			Cpk			TTF		
	Korelacja Pearsona r	współ. p	Korelacja rang Spearmana	Korelacja Pearsona r	współ. p	Korelacja rang Spearmana	Korelacja Pearsona r	współ. p	Korelacja rang Spearmana	Korelacja Pearsona r	współ. p	Korelacja rang Spearmana	Korelacja Pearsona r	współ. p	Korelacja rang Spearmana
Es1 flow	0,534	0,138	0,038	-0,696	0,037	-0,244	-0,772	0,015	-0,664	0,226	0,559	0,197	0,33	0,386	0,391
Es1 fmea	-0,114	0,77	-0,123	-0,073	0,851	0,037	-0,58	0,102	-0,592	-0,089	0,82	0,149	0,284	0,458	0,44
Es1 control	0,15	0,7	0,164	-0,323	0,396	-0,147	-0,217	0,575	-0,196	0,666	0,05	0,721	0,654	0,056	0,668
Es1 msa	-0,355	0,348	-0,342	0,467	0,205	0,589	-0,263	0,494	-0,324	-0,043	0,912	-0,004	-0,327	0,391	-0,141
Es1 spc	-0,467	0,205	-0,524	-0,14	0,72	0,009	0,372	0,325	0,516	0,122	0,754	-0,21	-0,291	0,447	-0,25
Es1 ppap	-0,125	0,749	-0,248	0,336	0,377	0,272	0,4	0,286	0,36	0,044	0,911	-0,062	-0,602	0,087	-0,498
OPE1	0,468	0,208	0,421	0,022	0,956	-0,137	0,237	0,539	0,244	0,208	0,591	0,207	0,114	0,771	-0,144
Es2 flow	0,646	0,06	0,218	-0,715	0,03	-0,23	-0,732	0,025	-0,526	0,21	0,588	0,236	0,564	0,114	0,661
Es2 fmea	0,304	0,427	0,219	-0,306	0,424	-0,176	-0,467	0,205	-0,557	-0,029	0,942	0,241	0,824	0,006	0,876
Es2 control	0,266	0,488	0,376	-0,3	0,434	-0,3	-0,037	0,925	-0,079	0,454	0,219	0,605	0,696	0,037	0,621
Es2 msa	0,306	0,423	0,157	-0,071	0,856	0,305	-0,455	0,218	-0,584	-0,069	0,86	0,342	0,713	0,031	0,64
Es2 spc	0,037	0,924	-0,06	-0,359	0,343	-0,25	0,039	0,92	0,139	0,161	0,679	0,034	0,475	0,196	0,42
Es2 ppap	0,58	0,102	0,353	-0,097	0,805	-0,052	0,026	0,948	0,021	0,12	0,757	0,272	0,466	0,206	0,347
OPE2	0,321	0,399	0,133	-0,416	0,265	-0,326	-0,301	0,431	-0,259	0,166	0,67	0,392	0,753	0,019	0,733
Es2a flow	0,6	0,088	0,284	-0,699	0,036	-0,153	-0,743	0,022	-0,662	0,289	0,451	0,378	0,509	0,162	0,768
Es2a fmea	-0,028	0,943	0,133	-0,019	0,961	0,126	-0,345	0,364	-0,507	0,149	0,702	0,308	0,598	0,089	0,733
Es2a control	0,007	0,986	0,309	0,049	0,901	0,025	0,11	0,778	-0,089	0,402	0,283	0,641	0,519	0,152	0,531
Es2a msa	-0,207	0,593	0,013	0,459	0,214	0,485	-0,171	0,66	-0,339	-0,048	0,902	0,039	0,178	0,647	0,384
Es2a spc	-0,351	0,354	-0,172	0,298	0,437	0,351	0,222	0,565	0,05	-0,04	0,919	0,093	0,095	0,809	0,342
Es2a ppap	0,063	0,872	0,177	0,294	0,442	0,177	0,321	0,399	0,137	0,022	0,955	0,08	0,066	0,867	0,205
OPE2a	0,25	0,516	0,191	0,121	0,756	0,271	0,112	0,773	0,101	0,172	0,658	0,299	0,336	0,376	0,231

Es3 flow	0,052	0,895	0,04	-0,314	0,41	-0,321	-0,619	0,075	-0,633	-0,064	0,871	0,026	0,074	0,85	0,286
Es3 fmea	-0,186	0,632	-0,25	-0,266	0,489	-0,188	-0,293	0,445	-0,142	0,115	0,769	0,241	0,203	0,601	0,247
Es3 control	0,425	0,254	0,399	-0,416	0,266	-0,494	0,141	0,717	0,154	0,64	0,063	0,591	0,524	0,148	0,391
Es3 msa	-0,485	0,186	-0,511	0,498	0,173	0,647	-0,095	0,808	-0,106	-0,21	0,587	-0,249	-0,443	0,232	-0,304
Es3 spc	-0,63	0,069	-0,621	0,008	0,983	0,084	0,376	0,318	0,509	0,156	0,689	-0,131	-0,227	0,556	-0,181
Es3 ppap	-0,099	0,801	-0,292	0,217	0,575	0,262	0,355	0,349	0,416	0,212	0,584	-0,026	-0,471	0,201	-0,468
OPE3	-0,295	0,441	-0,373	-0,267	0,487	-0,075	-0,219	0,572	-0,04	0,153	0,694	0,224	0,161	0,68	0,184
Es4 flow	-0,566	0,112	-0,377	0,85	0,004	0,65	0,52	0,151	0,259	-0,436	0,24	-0,466	-0,137	0,725	-0,112
Es4 fmea	0,346	0,362	0,402	0,183	0,637	0,117	-0,042	0,914	0,04	-0,161	0,579	-0,008	0,098	0,801	-0,157
Es4 control	-0,518	0,153	-0,477	0,348	0,359	0,485	-0,226	0,558	-0,174	-0,486	0,185	-0,435	-0,366	0,333	-0,303
Es4 msa	0,259	0,502	-0,047	0,092	0,814	0,185	0,139	0,721	0,429	-0,122	0,754	-0,263	0,452	0,246	-0,097
Es4 spc	0,484	0,187	0,451	0,004	0,993	-0,05	-0,288	0,452	-0,085	-0,377	0,317	-0,329	-0,184	0,636	-0,228
Es4 ppap	0,272	0,48	0,03	-0,282	0,463	-0,109	0,036	0,926	0,02	-0,329	0,388	-0,536	0,344	0,364	0,026
OPE4	-0,208	0,591	0,009	0,719	0,029	0,533	0,138	0,723	0,099	-0,437	0,239	-0,445	-0,136	0,728	-0,35
lflow	0,197	0,611	0,211	-0,042	0,914	0	-0,237	0,539	-0,244	-0,052	0,894	0,276	0,398	0,289	0,359
lfmea	0,277	0,471	0,489	-0,582	0,1	-0,89	0,232	0,548	0	-0,114	0,77	-0,046	0,059	0,88	0,236
lcontrol	0,22	0,57	0,186	-0,163	0,675	-0,552	-0,201	0,604	-0,277	-0,105	0,788	-0,017	0,364	0,335	0,272
lmsa	0,227	0,557	0,325	-0,576	0,104	-0,772	-0,028	0,942	0	0,261	0,497	0,085	0,343	0,366	0,436
lspc	0,262	0,496	0,373	-0,16	0,68	-0,226	-0,299	0,435	-0,224	0,088	0,821	0,662	0,489	0,181	0,184
lppap	0,27	0,482	0,41	-0,206	0,595	-0,538	-0,271	0,48	-0,135	0,072	0,853	0,513	0,49	0,18	0,3
RPN śr	0,601	0,087	0,564	-0,393	0,296	-0,25	-0,406	0,278	-0,248	0,108	0,782	0,487	0,669	0,049	0,393
FMEA ROI	-0,421	0,259	-0,309	0,594	0,092	0,142	0,435	0,242	0,159	-0,376	0,319	-0,582	-0,487	0,184	-0,496
FMEA DOI	0,716	0,03	0,804	-0,435	0,242	-0,3	-0,773	0,015	-0,614	0,236	0,541	0,664	0,667	0,05	0,498
Sev śr	-0,269	0,493	0,202	0,412	0,27	0	0,256	0,506	0,045	-0,007	0,986	0,262	0,168	0,666	0,105
Σ Sev	-0,244	0,527	-0,154	0,296	0,44	0,333	0,121	0,756	0,01	0	0,999	0,042	0,336	0,376	0,271
Σ Occ	-0,263	0,493	-0,154	0,308	0,421	0,333	0,123	0,753	0,01	-0,001	0,997	0,042	0,307	0,422	0,271
N _{CCP}	-0,198	0,609	0,103	0,382	0,311	0,2	0,143	0,714	-0,059	-0,245	0,525	-0,101	0,03	0,938	-0,009

$\frac{FMEA\ ROI}{N_{CiCP}}$	0,056	0,886	-0,06	-0,19	0,625	-0,317	0,1	0,798	-0,01	0,043	0,913	0,067	-0,227	0,557	-0,017
$\frac{\sum Sev}{N_{CiCP}}$	-0,107	0,785	0,128	0,044	0,91	0,15	-0,083	0,832	-0,099	0,307	0,421	0,252	0,534	0,139	0,463
$\frac{\sum Occ}{N_{CiCP}}$	-0,128	0,743	0,051	0,053	0,892	0,233	-0,088	0,822	-0,099	0,313	0,412	0,176	0,503	0,167	0,437
$\frac{T_{plan\ ppap}}{N_{CiCP}}$	0,079	0,839	-0,183	-0,215	0,579	0,034	-0,348	0,359	-0,282	0,451	0,223	0,299	-0,185	0,634	-0,071
$\frac{Trzecz\ ppap}{N_{CiCP}}$	-0,432	0,246	-0,479	0,273	0,478	0,05	0,724	0,027	0,545	-0,382	0,31	-0,655	-0,366	0,332	-0,385

Tab 5. Wnioski z analizy statystycznej

Założenia r_p	Założenia r_s	Korelacje	r_p	r_s	p dla r_p	poziom		Wnioski
						istotności dla r_s $\alpha=0,01$	istotności dla r_s $\alpha=0,05$	
$<0,8-1>$	$<0,8-1>$	TTF-Es2fmea	0,824	0,876	0,006	H_1	H_1	Silna dodatnia korelacja zarówno Pearsona jak i Spearmana pomiędzy wskaźnikiem definiującym czas do powstania wady (TTF) a wskaźnikiem skuteczności wykonania FMEA wg koncepcji numer 2 (Es2fmea). Zależności korelacyjne potwierdzona dodatkowo przeprowadzonym testem istotności, który w obu przypadkach daje podstawę do odrzucenia hipotezy zerowej (dla $\alpha=0,01$)
		TD-Es3spc	-0,63	-0,621	0,069	H_0	H_0	Umiarkowanie silna, ujemna korelacja zarówno Pearsona jak i Spearmana pomiędzy wskaźnikiem terminowości dostaw (TD) a wskaźnikiem skuteczności wykonania SPC wg koncepcji numer 3 (Es3spc). Jednakże test istotności korelacji Pearsona jak i Spearmana (dla $\alpha=0,05$) wskazuje, iż nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej
		TD-RPNśred	0,601	0,564	0,087	H_0	H_0	Umiarkowanie silna dodatnia korelacja zarówno Pearsona jak i Spearmana pomiędzy wskaźnikiem terminowości dostaw (TD) a średnią wartością RPN. Jednakże test istotności korelacji Pearsona i Spearmana (dla $\alpha=0,05$) nie daje podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.
$<0,5-0,8>$	$<0,5-0,8>$	TD-FMEA DOI	0,716	0,804	0,03	H_1	H_1	Umiarkowanie silna dodatnia korelacja zarówno Pearsona jak i Spearmana pomiędzy wskaźnikiem terminowości dostaw (TD) a wskaźnikiem FMEA DOI. Przeprowadzony test istotności w obu przypadkach korelacji (dla $\alpha=0,05$) daje podstawę do odrzucenia hipotezy zerowej. Natomiast test istotności korelacji Spearmana (dla $\alpha=0,01$) daje podstawę do odrzucenia hipotezy zerowej
		PPMwew -OPE4	0,719	0,533	0,029	H_0	H_0	Umiarkowanie silna dodatnia korelacja zarówno Pearsona jak i Spearmana pomiędzy wskaźnikiem PPMwew a wskaźnikiem OPE4. Przeprowadzony test istotności



										przeprowadzony dla obu korelacji (dla $\alpha=0,05$) nie daje jednak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej
PPMzew-Es2flow	-0,732	-0,526	0,025	H ₀	H ₀	0,025	H ₀	H ₀	H ₀	Umiarkowanie silna ujemna korelacja zarówno Pearsona jak i Spearmana pomiędzy wskaźnikiem PPMzew a wskaźnikiem skuteczności wykonania Flow Chart według koncepcji numer 2 (Es2flow). Test istotności wykonany dla korelacji Pearsona (dla $\alpha=0,05$) daje podstawę do odrzucenia hipotezy zerowej. Natomiast test istotności wykonany dla korelacji Spearmana (dla $\alpha=0,05$) nie daje podstaw odrzucenia hipotezy zerowej
PPMzew-Es2aflow	-0,743	-0,662	0,022	H ₀	H ₀	0,022	H ₀	H ₀	H ₀	Umiarkowanie silna ujemna korelacja zarówno Pearsona jak i Spearmana pomiędzy wskaźnikiem PPMzew a wskaźnikiem skuteczności wykonania Flow Chart według koncepcji numer 2a (Es2aflow). Test istotności wykonany dla korelacji Pearsona (dla $\alpha=0,05$) daje podstawę do odrzucenia hipotezy zerowej. Natomiast test istotności wykonany dla korelacji Spearmana (dla $\alpha=0,05$) nie daje podstaw odrzucenia hipotezy zerowej
PPMzew-Es3flow	-0,619	-0,633	0,075	H ₀	H ₀	0,075	H ₀	H ₀	H ₀	Umiarkowanie silna ujemna korelacja zarówno Pearsona jak i Spearmana pomiędzy wskaźnikiem PPMzew a wskaźnikiem skuteczności wykonania Flow Chart według koncepcji numer 3 (Es3flow). Test istotności wykonany dla zarówno korelacji Pearsona jak i Spearmana (dla $\alpha=0,05$) nie daje podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej
PPMzew-FMEA DOI	-0,773	-0,614	0,015	H ₀	H ₀	0,015	H ₀	H ₀	H ₀	Umiarkowanie silna ujemna korelacja zarówno Pearsona jak i Spearmana pomiędzy wskaźnikiem PPMzew a wskaźnikiem FMEA DOI. Test istotności wykonany dla korelacji Pearsona (dla $\alpha=0,05$) daje podstawę do odrzucenia hipotezy zerowej. Natomiast test istotności wykonany dla korelacji Spearmana (dla $\alpha=0,05$) nie daje podstaw odrzucenia hipotezy zerowej
PPMzew - $\frac{I_{rzecz\ ppa\p}}{NCiCP}$	0,724	0,545	0,027	H ₀	H ₀	0,027	H ₀	H ₀	H ₀	Umiarkowanie silna dodatnia korelacja zarówno Pearsona jak i Spearmana pomiędzy wskaźnikiem PPMzew a

								wskaźnikiem $\frac{\text{Irzecz ppap}}{N_{\text{CiCP}}}$. Test istotności wykonany dla korelacji Pearsona (dla $\alpha=0,05$) daje podstawę do odrzucenia hipotezy zerowej. Natomiast test istotności wykonany dla korelacji Spearmana (dla $\alpha=0,05$) nie daje podstaw odrzucenia hipotezy zerowej
								Umiarkowanie silna dodania korelacja zarówno Pearsona jak i Spearmana pomiędzy wskaźnikiem Cpk a wskaźnikiem skuteczności wykonania Planu Kontroli według koncepcji numer 1 (Es1control). Test istotności wykonany dla zarówno korelacji Pearsona jak i Spearmana (dla $\alpha=0,05$) daje podstawę do odrzucenia hipotezy zerowej. Natomiast test istotności wykonany dla korelacji Spearmana (dla $\alpha=0,01$) nie daje podstaw odrzucenia hipotezy zerowej
								Umiarkowanie silna dodania korelacja zarówno Pearsona jak i Spearmana pomiędzy wskaźnikiem Cpk a wskaźnikiem skuteczności wykonania Planu Kontroli według koncepcji numer 3 (Es3control). Test istotności wykonany dla zarówno korelacji Pearsona jak i Spearmana (dla $\alpha=0,05$) nie daje podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej
								Umiarkowanie silna dodania korelacja zarówno Pearsona jak i Spearmana pomiędzy wskaźnikiem definiującym czas do powstania wady (TTF) a wskaźnikiem skuteczności wykonania Planu Kontroli według koncepcji numer 1 (Es1control). Test istotności wykonany dla zarówno korelacji Pearsona jak i Spearmana (dla $\alpha=0,05$) nie daje podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej
								Umiarkowanie silna dodania korelacja zarówno Pearsona jak i Spearmana pomiędzy wskaźnikiem definiującym czas do powstania wady (TTF) a wskaźnikiem skuteczności wykonania Flow Chart według koncepcji numer 2
Cpk-Es1control	0,666	0,721	0,05	H ₀	H ₁			
Cpk-Es3control	0,64	0,591	0,063	H ₀	H ₀			
TTF-Es1control	0,654	0,668	0,056	H ₀	H ₀			
TTF-Es2flow	0,564	0,661	0,114	H ₀	H ₀			

