



NK315 EKSPLOATACJA STATKÓW LATAJĄCYCH

Zużycie tribologiczne Wprowadzenie do problematyki zdatności do lotu

dr inż. Kamila Kustron

dr inż. Kamila Kustron



NK315 EKSPLOATACJA STATKÓW LATAJĄCYCH

1. Wykład wprowadzający w interdyscyplinarną tematykę eksploatacji statków latających; HARMONOGRAM ZAJĘĆ, WARUNKI ZALICZENIA; bibliografia
2. Statek latający jako przedmiot eksploatacji, system eksploatacji, uwarunkowania prawne i normatywne eksploatacji, organizacje lotnicze
3. Procesy degradacyjne i destrukcyjne. Zużycie zmęczeniowe i korozja
4. **Zużycie tribologiczne, uszkodzenia kompozytów. Wprowadzenie do problematyki zdatności do lotu**
5. Własności i właściwości eksploatacyjne: niezawodność, gotowość, odpowiedniość, bezpieczeństwo, trwałość, żywotność, podatność eksploatacyjna.
Obliczanie prostych charakterystyk eksploatacyjnych na podstawie danych z eksploatacji
6. Diagnostyka, badanie uszkodzeń, wypadków lotniczych i prototypów
7. Model utrzymania SP w ciągłej zdatności do lotu. CAME
8. Program obsługi technicznej, program niezawodności
9. Czynniki ludzkie w lotnictwie
10. Bezpieczeństwo lotów. SMS
11. Podsumowanie treści wykładów z ukierunkowaniem na kolokwium
12. Kolokwium
13. Omówienie wyników kolokwium
14. Kolokwium poprawkowe
15. Podsumowanie przedmiotu

dr inż. Kamila Kustroń



Wprowadzenie

- **Tribologia** jest dziedziną nauki zajmującą się tarciem i procesami towarzyszącymi
- **System tribologiczny** określa zbiór elementów kinematycznych i środków smarowy
- **Zużycie** oznacza trwałe, nieporządane zmiany stanu zachodzące w procesie tribologicznym w sposób ciągły, w wyniku czego okres spełnienia wymagań stopniowo wyczerpuje się



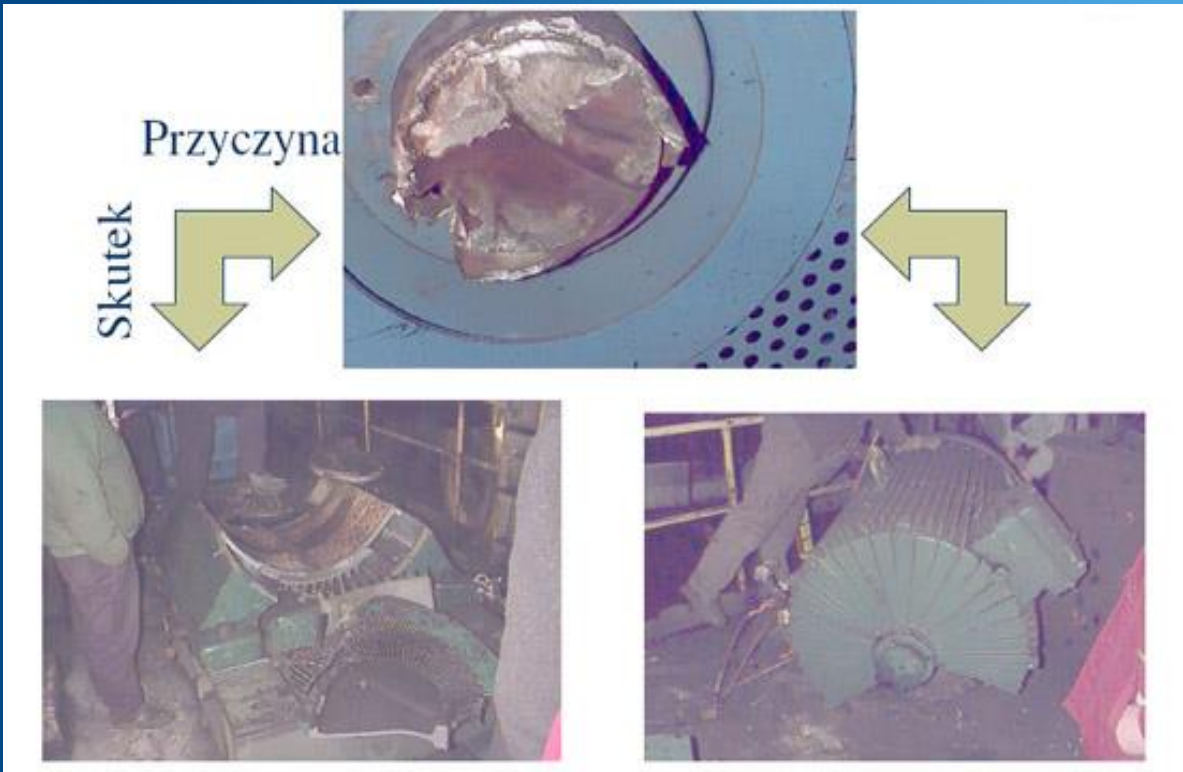
Czynniki zwiększające siłę tarcia I tym samym proces zużywania stykających się powierzchni

- Chropowatość powierzchni
- Twardość
- Wielkość luzu
- Typ ruchu
- Przenikalność cieplna
- Temperatura – lepkość cieczy smarującej
- Wilgotność
- Prędkość przepływu



Stan warstwy wierzchniej decyduje o intensywności zjawisk tribologicznych

- Procesy tarcia występują w warstwie wierzchniej
- Nagromadzenie makro- i mikrodefektów powoduje dekohezję materiału WW
- Około 85% awarii maszyn jest spowodowanych uszkodzeniami warstwy wierzchniej

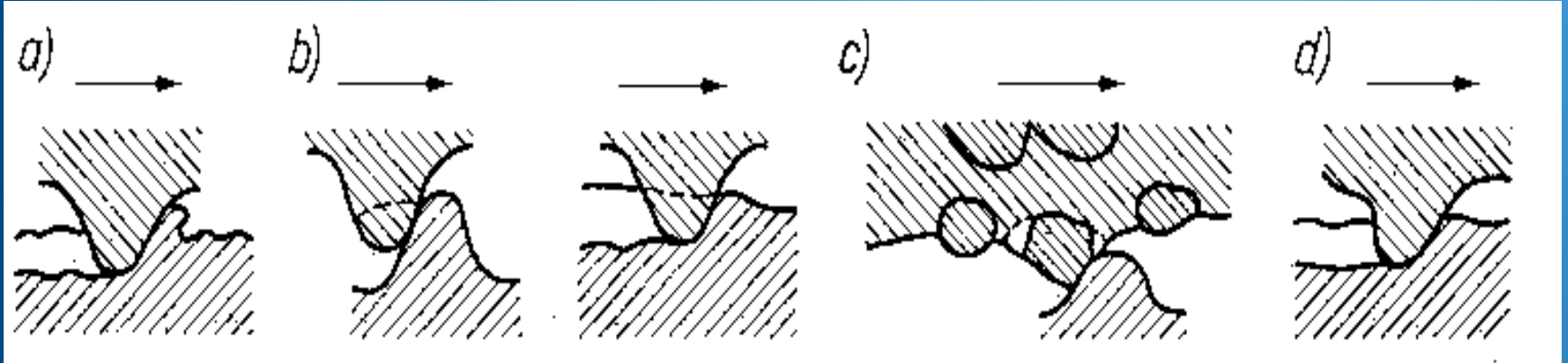




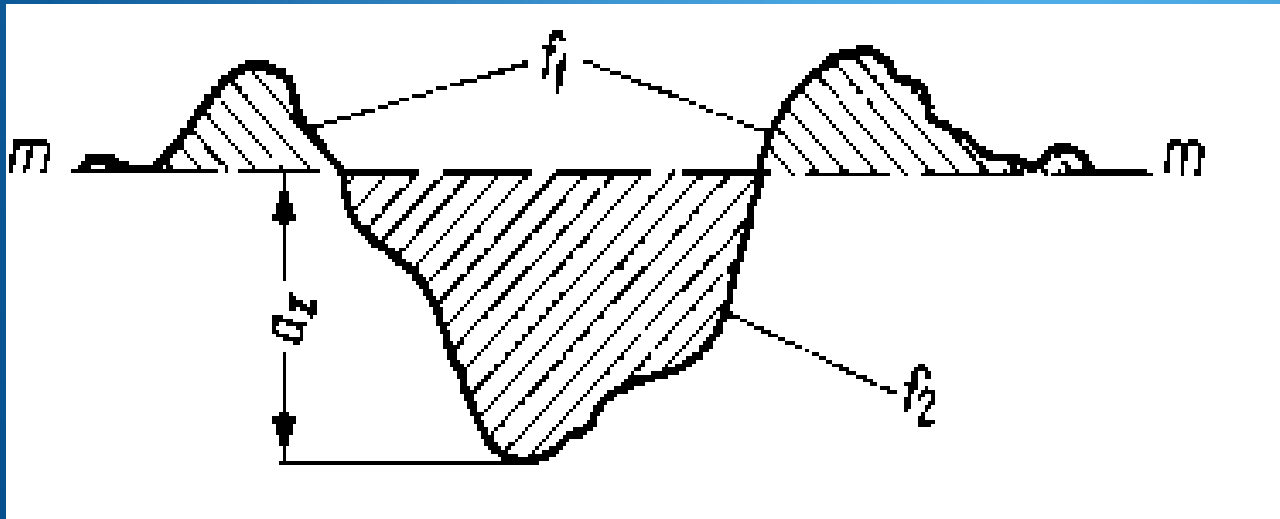
Rodzaje zużycia

1. Zużycie ścierne
2. Zużycie zmęczeniowe
3. Zużywanie przez fretting
4. Zużycie tworzyw sztucznych

Zużywanie ścierne



- Powstaje podczas niszczenia warstwy wierzchniej ciał współpracujących w procesie tarcia wyniku skrawającego, rysującego, bruzdującego i ścinającego oddziaływania wierzchołków nierówności powierzchni, ziaren ściernych lub produktów zużywania.
- Cząstki ścierniwa, wystające nierówności twardszego materiału



- $f_1 = f_2$ - bruzdowanie
- $\frac{f_1}{f_2} = 0$ - mikroskrawanie
- $0 < \frac{f_1}{f_2} < 1$ - rysowanie



Zużywanie zmęczeniowe

- Spowodowane jest zmęczeniem materiału w wyniku cyklicznego oddziaływania naprężeń kontaktowych w warstwach wierzchnich stykających się elementów
- Nakładanie się odkształceń w warstwie wierzchniej i naprężeń własnych zapoczątkowuje mikropęknięcia przechodzące później w makropęknięcia
- Przekroczenie granicznej liczby cykli – początek ubytku masy



Charakter zużywania zmęczeniowego

Powierzchniowy

- Obciążenia - kontaktowe
- Miejscowe ubytki materiału warstwy wierzchniej
- Powierzchniowe pęknięcia powstają na skutek tarcia

Objętościowy

- Pęknięcia zmęczeniowe – wynikiem wielokrotnych makroskopowych odkształceń plastycznych





Rodzaje zużywania zmęczeniowego

Pitting

Etapy procesu zmęczenia

1. Zmęczenie materiału i inicjacja pęknięć
2. Rozwój pęknięć w wyniku rozklinowującego działania oleju (wtłaczany olej powoduje zwiększenie wymiarów szczeliny)
3. Wyrwanie przez olej cząstek metalu, które utraciły spójność z materiałem macierzystym





Spalling (łuszczenie)

- Odpadanie cząstek materiału w wyniku rozprzestrzeniania się mikropęknięć od wewnątrz (co jest spowodowane narastaniem naprężeń)
- Występuje przy tarciu tocznym metali twardych
- Towarzyszą procesy utleniania materiału warstwy wierzchniej



Podstawowe czynniki wpływające na zużycie przez łuszczenie

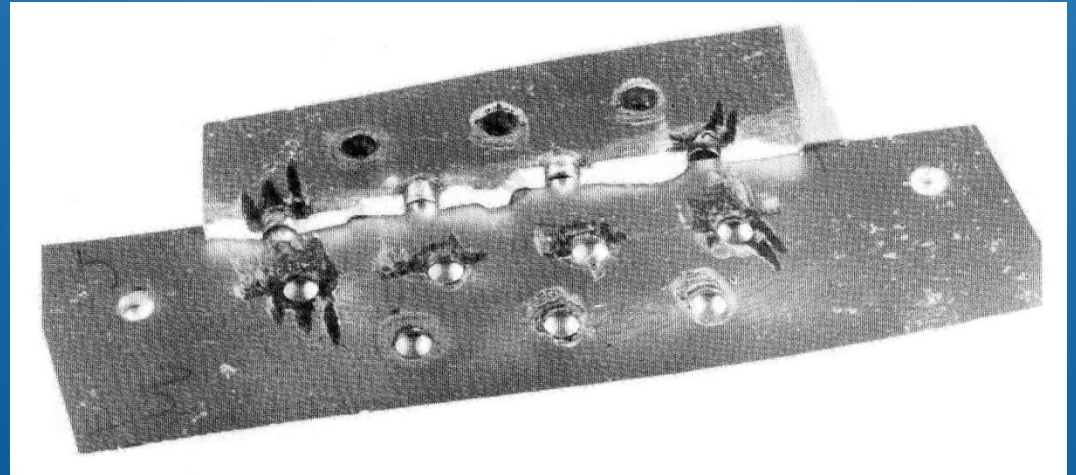
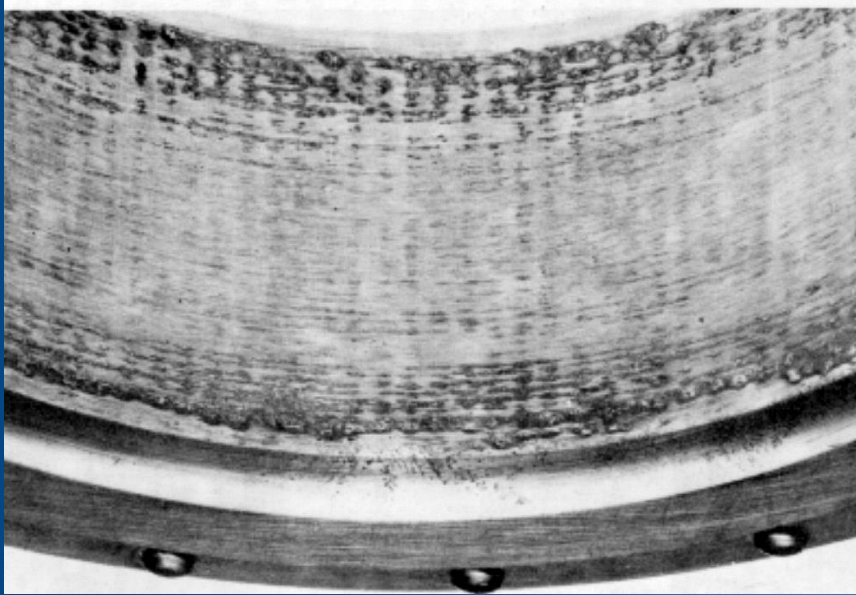
- Głębokość plastycznie odkształconej warstwy wierzchniej
- Intensywność plastycznych odkształceń warstwy wierzchniej
- Ubytki materiału są znacznie większe w porównaniu z zużyciem przez *pitting*



Fretting

- Bardzo małe (rzędu ułamka mm) wzajemne przemieszczenia stykających się ciał
- Charakter zmęczeniowo-ścierny:
- drgania powodują zjawiska zmęczeniowe, a minimalne przemieszczenia – zjawiska ścierania
- Produkty zużycia zbierają się wokół węzła tarcia-działają jak ścierniwo

Fretting





Ochrona przed frettingiem

- Zlikwidowanie lub zmniejszanie mikroprzesunięć
- Niskościerne powłoki powierzchni
- Twarde stale
- Stal-polimer (poliamidy, polichlorek winylu)



Zużycie tworzyw sztucznych

Własności tarciove

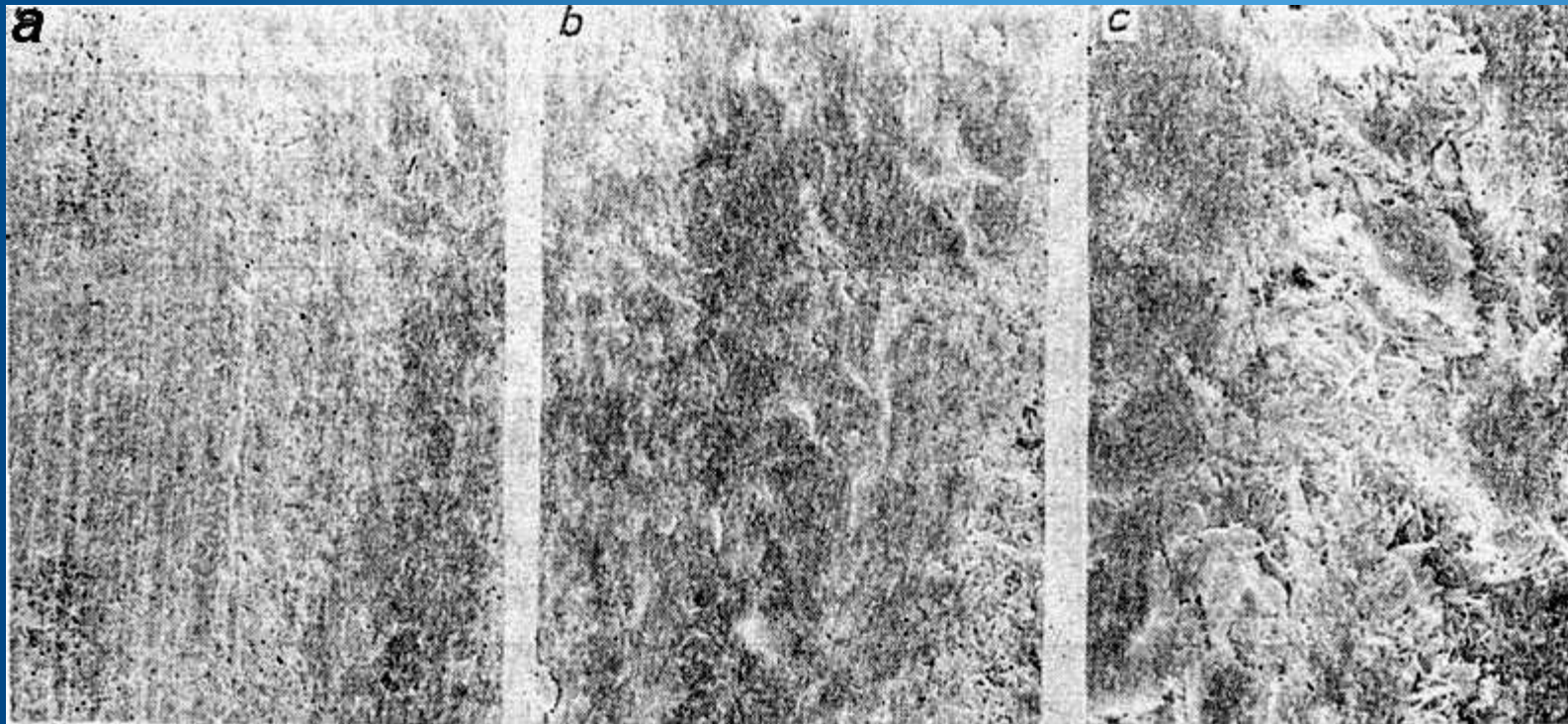
- Tworzywa niskocierne – ślizgowe (łożyskowe)
- Wysysokocierne (hamulcowe i sprzęgłowe)

Własności fizykochemiczne

- Termoplastyczne (niskotarciowe)
- Chemo- i termoutwardzalne (cierne)



Zużycie tworzywa fenolowego wzmocnionego włóknem szklanym

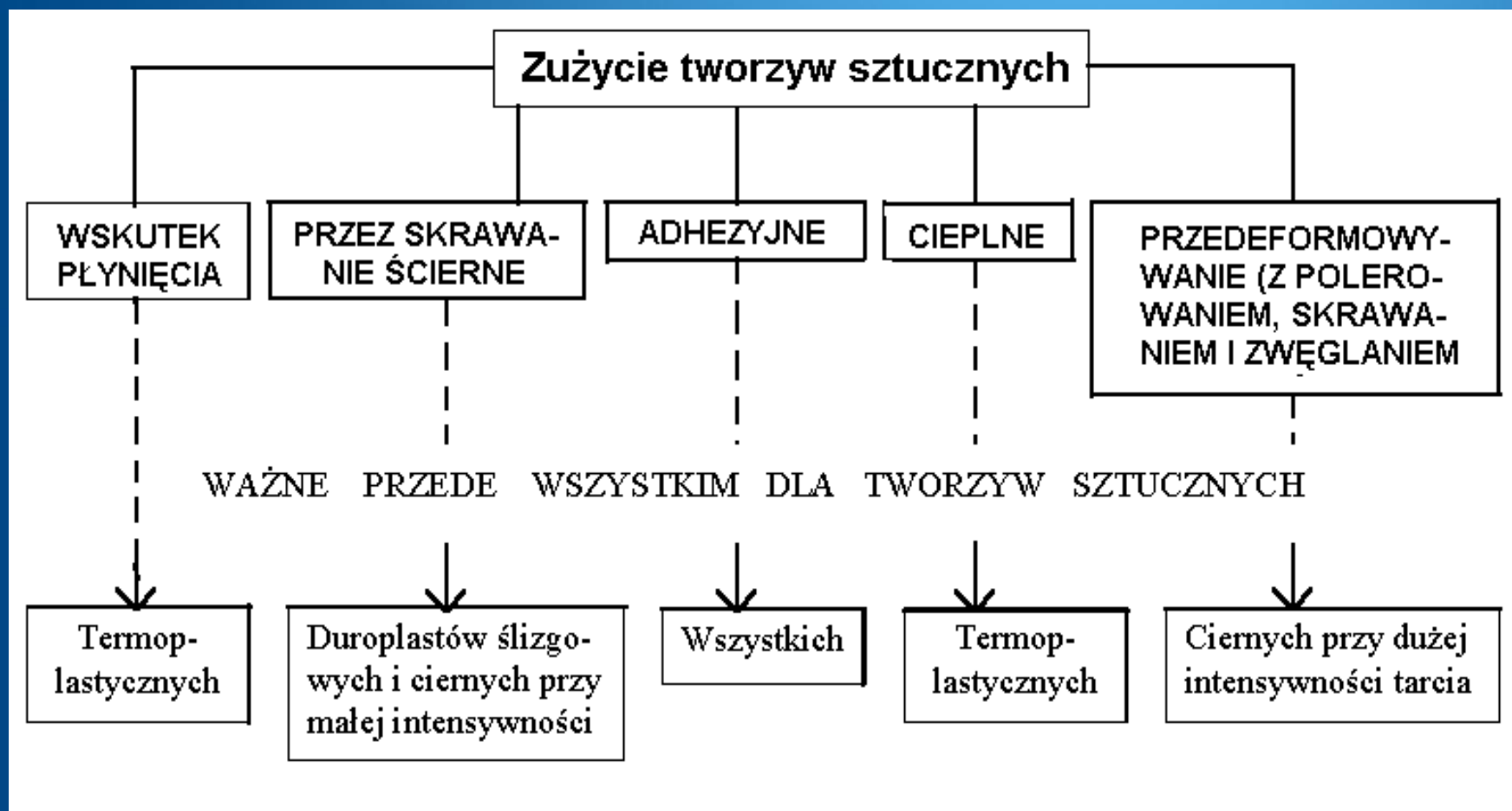




Wpływ właściwości tworzyw sztucznych na zużywanie się

- Lepkosprężystość – sprawia że $odkształcenia = f(\text{obciążenia}, \text{czas})$
- Duża wrażliwość na działanie ciepła, zła przewodność cieplna
- Nadtapianie wierzchołków nierówności tworzywa podczas tarcia
- Niestabilność wymiarowa – związana z dużą rozszerzalnością cieplną, też pęcznienie wskutek absorpcji wody, plastyczne płynięcie

Wynikiem jest zmniejszanie luzów





dr inż. Kamila Kustron



NK315 EKSPLOATACJA STATKÓW LATAJĄCYCH

1. Wykład wprowadzający w interdyscyplinarną tematykę eksploatacji statków latających; HARMONOGRAM ZAJĘĆ, WARUNKI ZALICZENIA; bibliografia
2. Statek latający jako przedmiot eksploatacji, uwarunkowania prawne i normatywne eksploatacji, organizacje lotnicze
3. Systemy eksploatacji statków powietrznych: system i proces eksploatacji, modele systemów eksploatacji, efektywność eksploatacji
4. Procesy degradacyjne i destrukcyjne. Zużycie zmęczeniowe i korozja
5. Zużycie tribologiczne, uszkodzenia kompozytów. **Wprowadzenie do problematyki zdolności do lotu**
6. Własności i właściwości eksploatacyjne: niezawodność, gotowość, odpowiedniość, bezpieczeństwo, trwałość, żywotność, podatność eksploatacyjna. Obliczanie prostych charakterystyk eksploatacyjnych na podstawie danych z eksploatacji
7. Diagnostyka, badanie uszkodzeń, wypadków lotniczych i prototypów
8. Model utrzymania SP w ciągłej zdolności do lotu. CAME
9. Czynniki ludzkie w lotnictwie
10. Bezpieczeństwo lotów. SMS
11. Podsumowanie treści wykładów z ukierunkowaniem na kolokwium
12. Kolokwium
13. Omówienie wyników kolokwium
14. Kolokwium poprawkowe
15. Podsumowanie przedmiotu

dr inż. Kamila Kustroń



CONTINUING AIRWORTHINESS

Definitions

Continuing Airworthiness – all of the processes ensuring that, at any time in its life, an aeroplane complies with the technical conditions fixed to the issue of the Certificate of Airworthiness and is in a condition for safe operation (ICAO Document No 9713 – 1998)

Airworthiness – Fitness for flight operations, in all possible environments and foreseeable circumstances for which aircraft or device has been designed (Janes Aerospace Dictionary)

dr inż. Kamila Kustroń



Utrzymywanie zdolności

Definicja

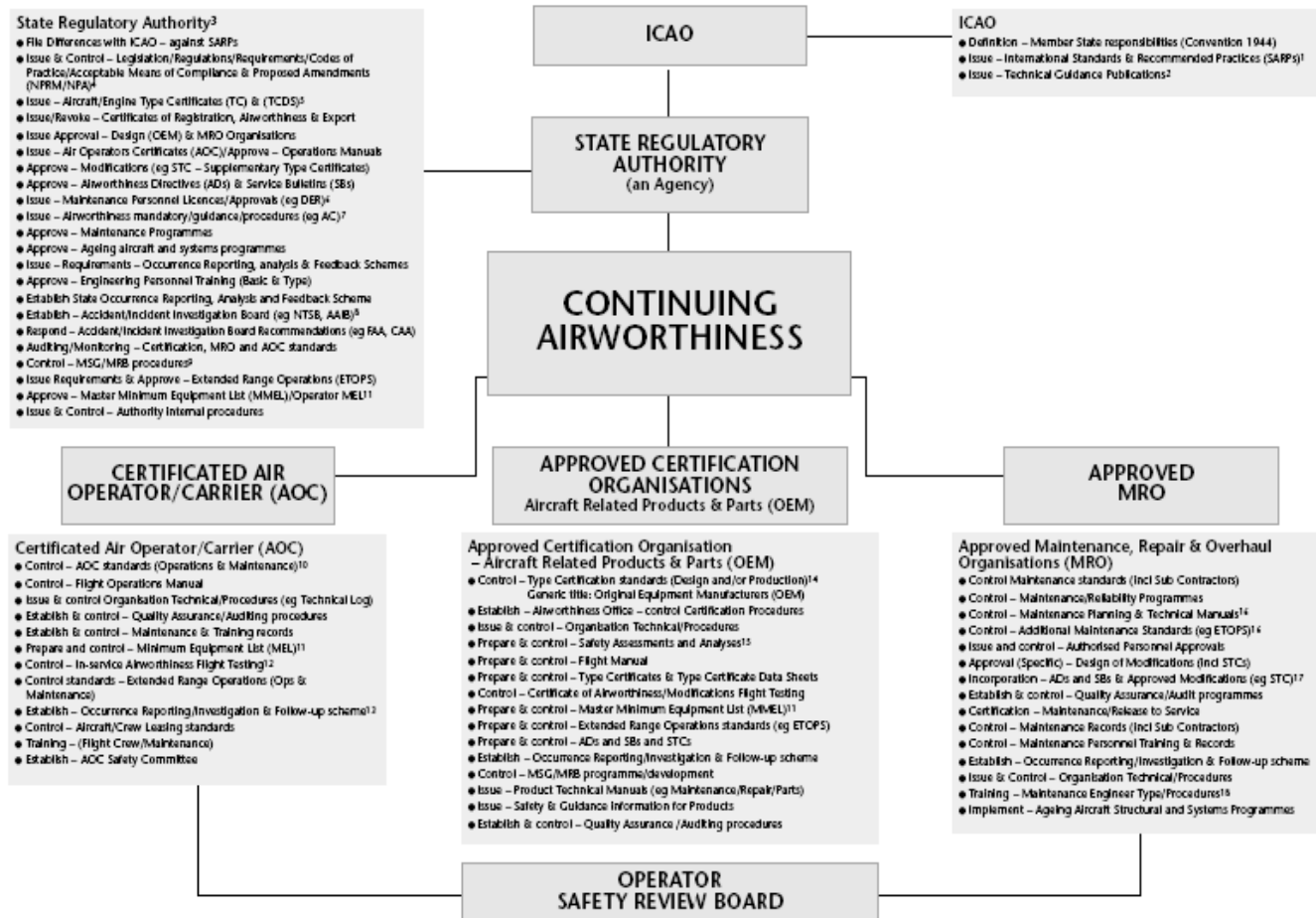
- **Zdatność techniczna SP**

Stan, w którym statek powietrzny jest zdatny do wykonania zadania lotniczego zgodnie z przeznaczeniem, przy określonym sterowaniu, zasilaniu, możliwych zakłóceniach w wybranej chwili i z wymaganą efektywnością

- **Zdatność SP do lotu**

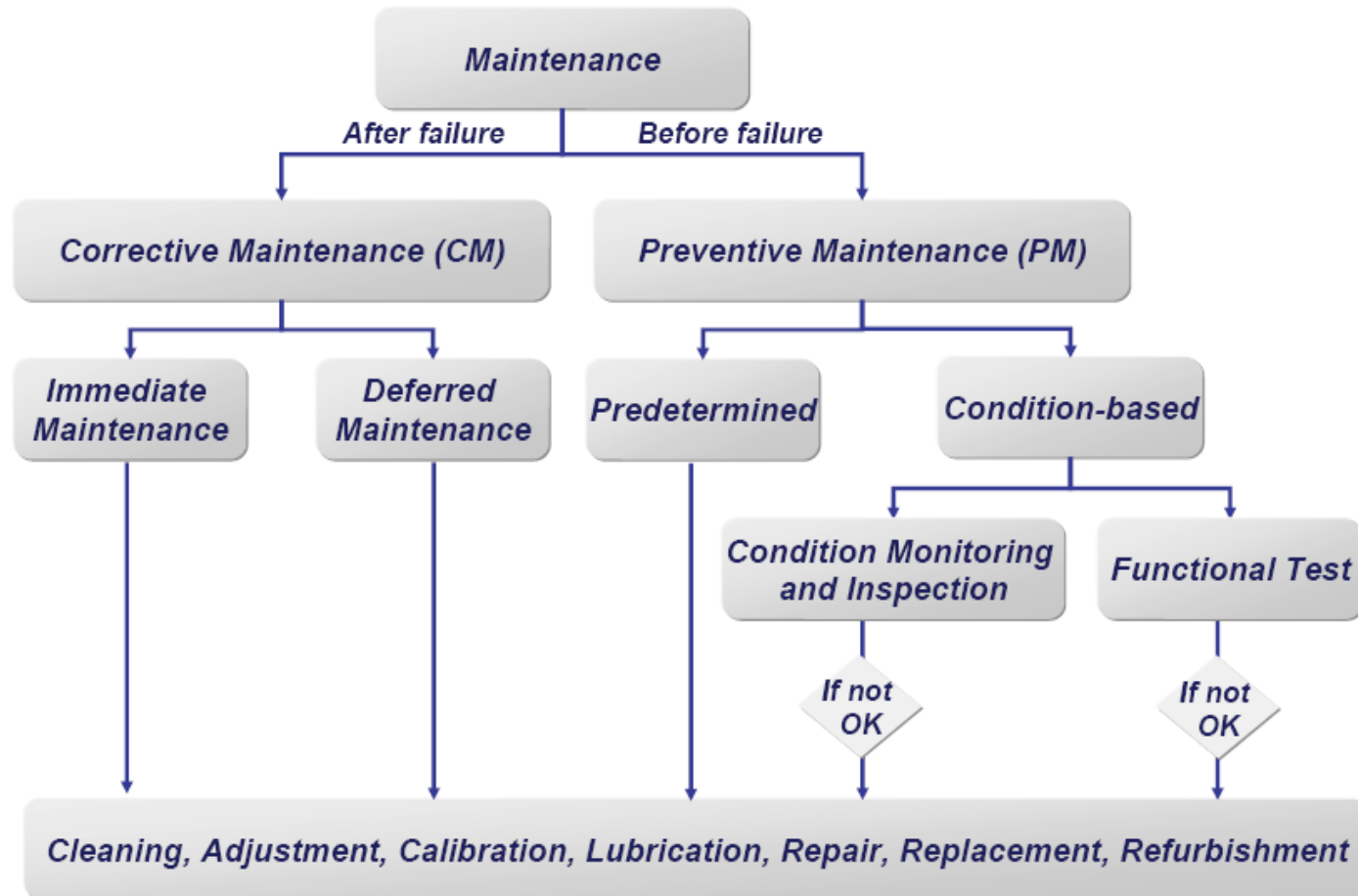
Stan, w którym statek powietrzny jest zdolny do realizowania wymaganego zadania zgodnie z przeznaczeniem, przy określonym oddziaływaniu otoczenia po odpowiednim zaopatrzeniu, spełniając warunki odpowiedniości

CONTINUING AIRWORTHINESS – Functions & Responsibilities

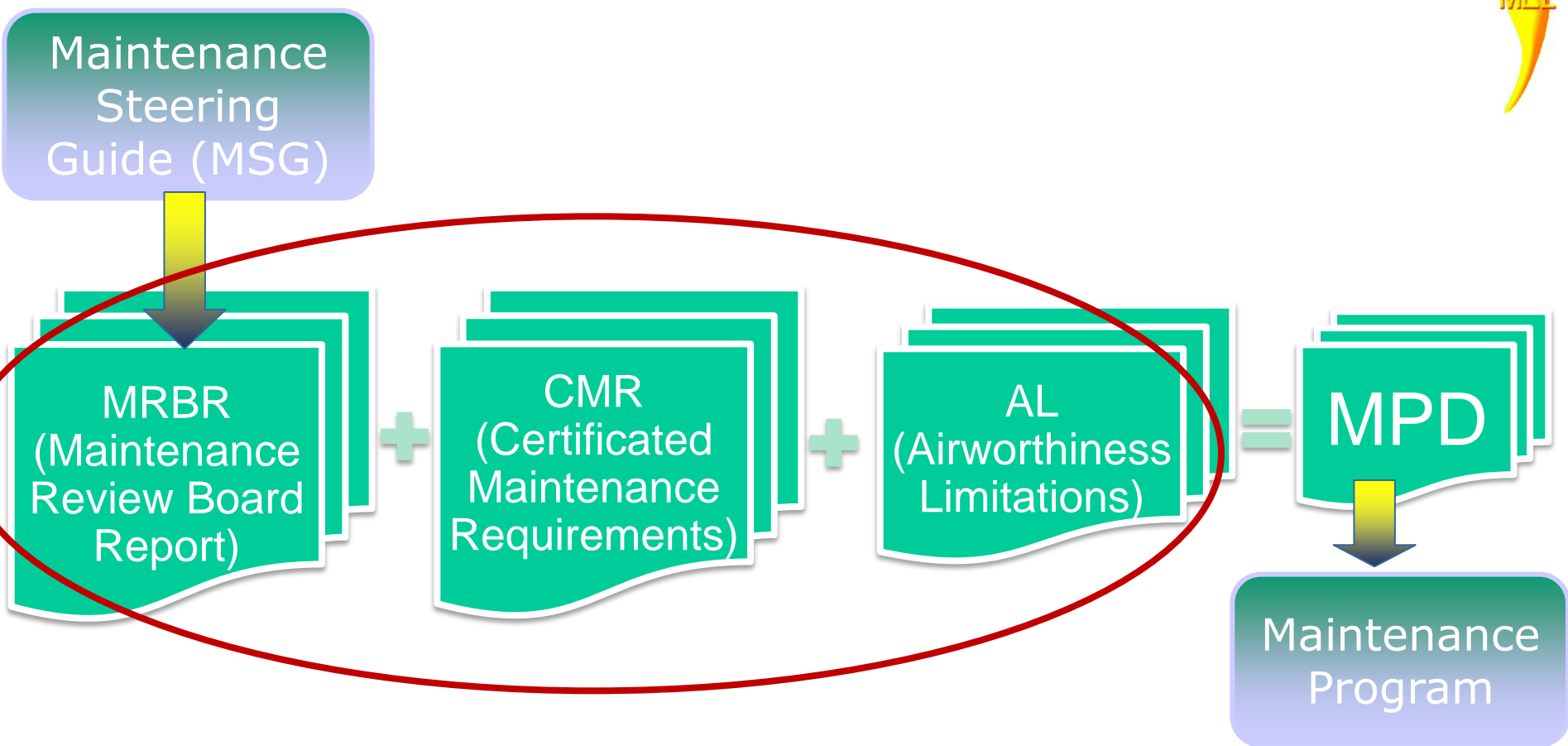


dr inż. Kamila Kustron

TYPES OF MAINTENANCE TASKS



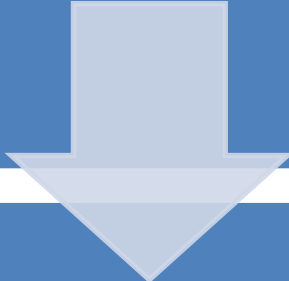
dr inż. Kamila Kustroń



dr inż. Kamila Kustroń

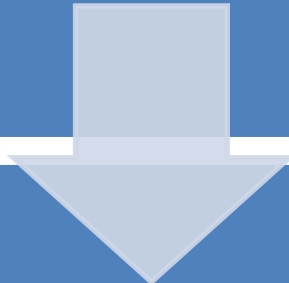
1st Phase - Preparation Phase

Establishment of the organization (ISC, WG, MRB)
Development of procedures and interval frame (PPH)
Meetings of the ISC and MRB - Planning



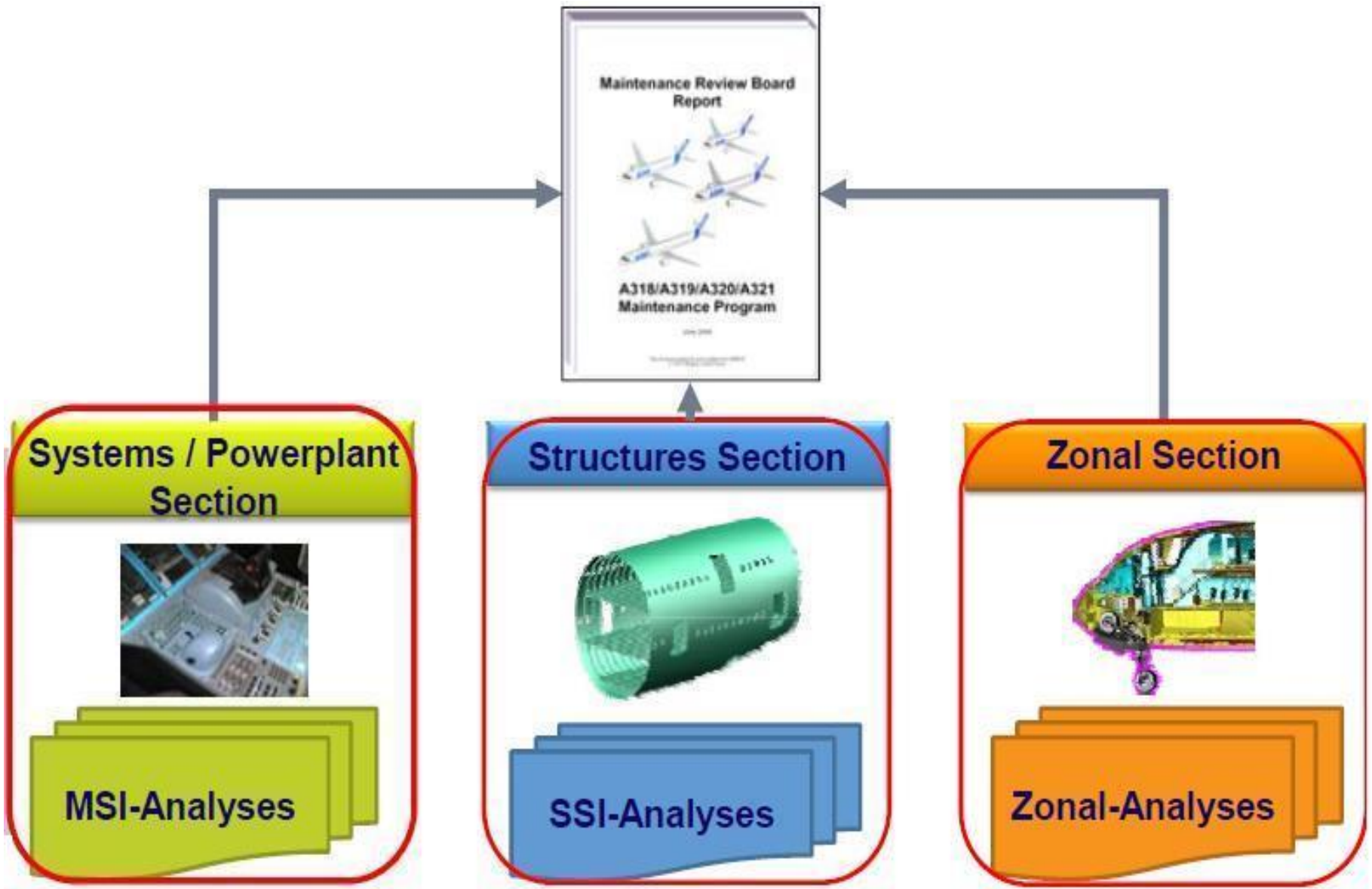
2nd Phase - Working Phase

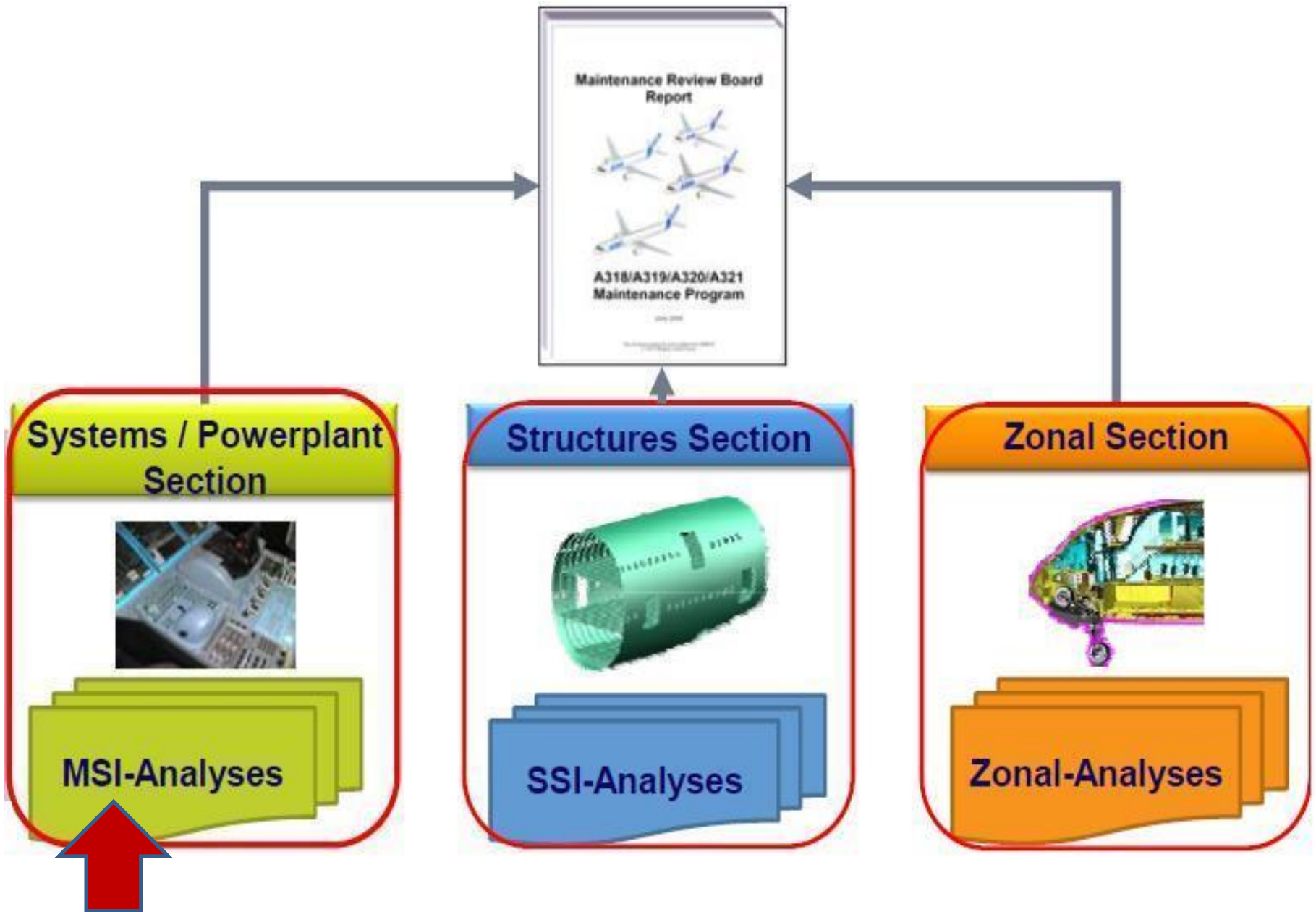
ISC/MWG/MRB members training
Manufacturer MSIs and SSIs selection
ISC agreement with the selection of the MSIs and SSIs
Manufacturer preparation of the MSG - 3 analysis for MSIs, SSIs
and Zonal
Review of the MSG - 3 analysis during MWG meetings
Harmonization of MSI & SSI tasks with Zonal
MWG results are presented to the ISC
Preparation of the MRBR Proposal by the ISC
Submission of the MRBR Proposal to the MRB



3rd Phase - Approval Phase

- Final review on the MRBR Proposal by the MRB
- Approval of the MRBR
- Publication of the MRBR





MSI

(Maintenance Significant Item) Analyses

An MSI analysis must be performed if at least one of the following 4 questions are answered “Yes”:

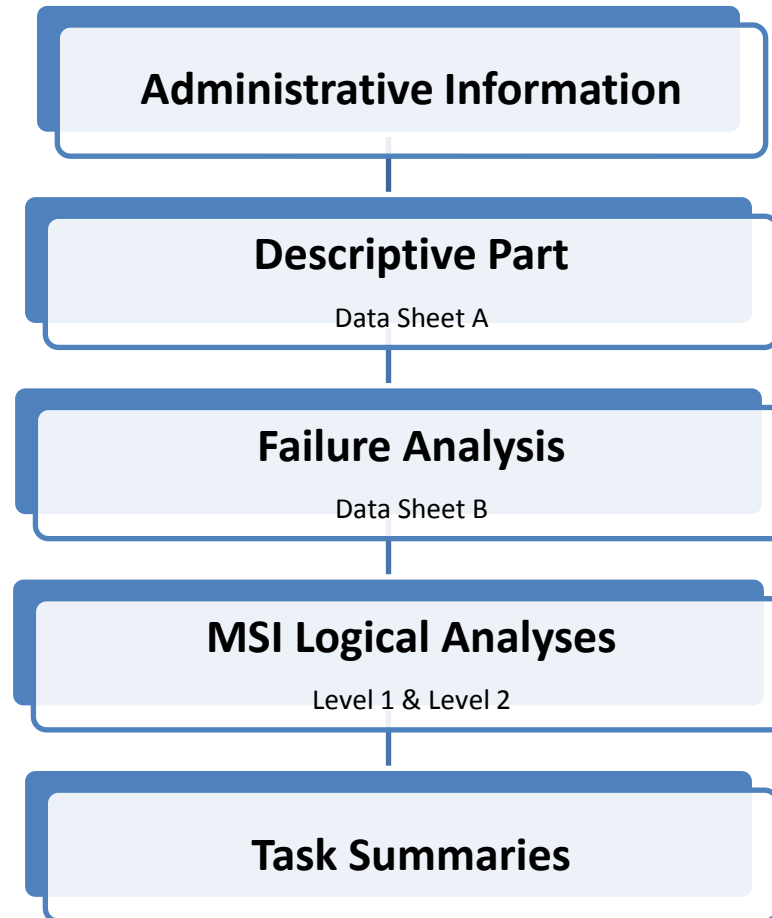
Could a failure affect the safety (flight or ground)?

Could a failure be undetectable during operations?

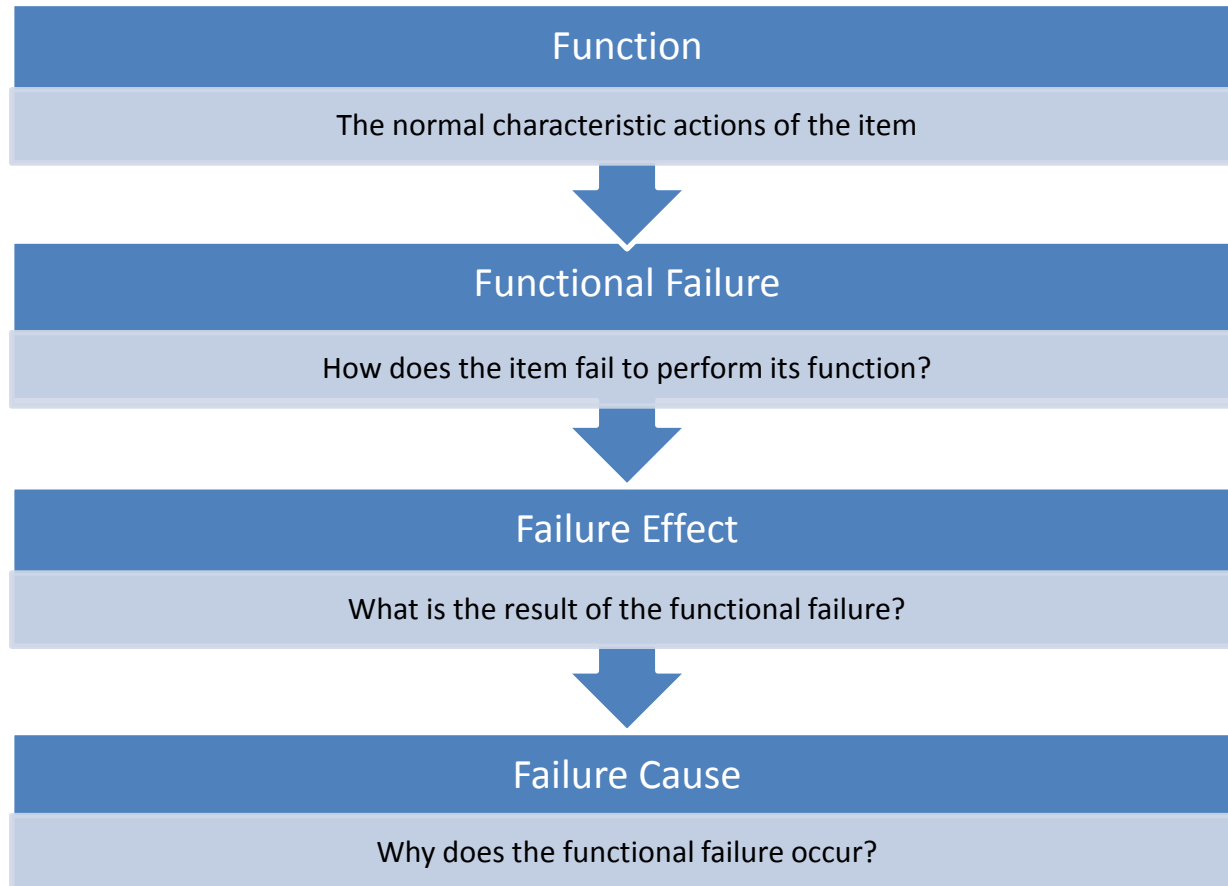
Could a failure have a significant operational impact?

Could a failure have a significant economical impact?

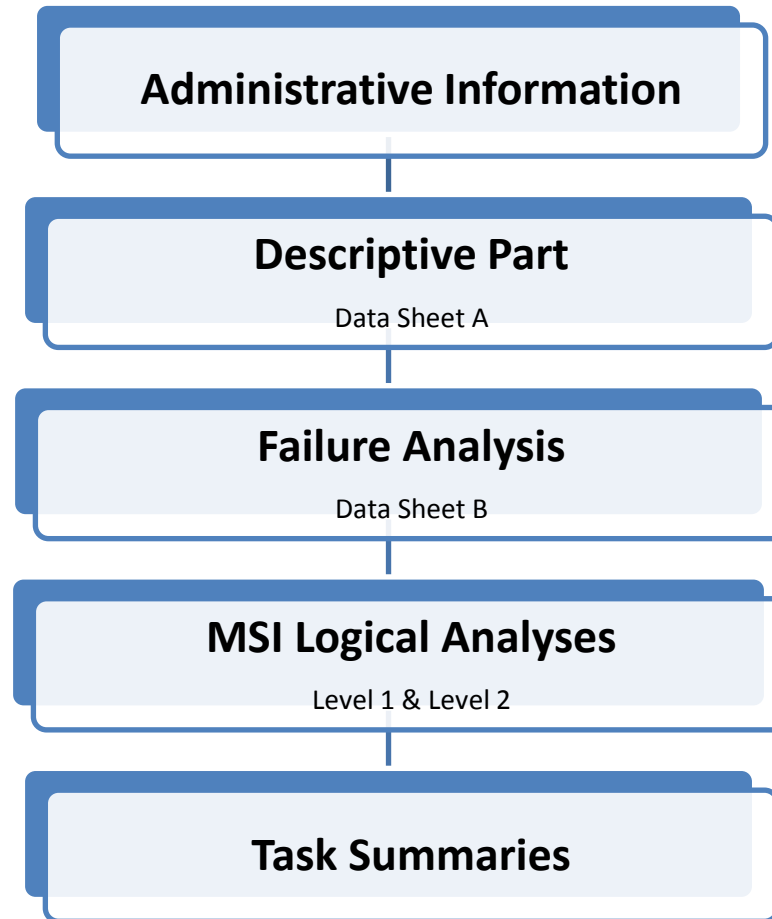
The process of the MSI analysis is divided into 5 phases:



4 steps of developing Data Sheet B



The process of the MSI analysis is divided into 5 phases:



MSI Logical Analyses:

Level 1:

1) Is the occurrence of a functional failure evident to the operating crew during the performance of normal duties ?

Yes

No

2) Does the functional failure or secondary damage resulting from the functional failure have a direct adverse effect on operating safety ?

Yes

No

4) Does the functional failure have a direct adverse effect on operating capability ?

Yes

No

SAFETY

OPERATIONAL

ECONOMIC

5

6

7

EVIDENT

3) Does the combination of a hidden functional failure and one additional failure of a system related or back-up function have an adverse effect on operating safety ?

Yes

No

SAFETY

NON-SAFETY

8

9

HIDDEN

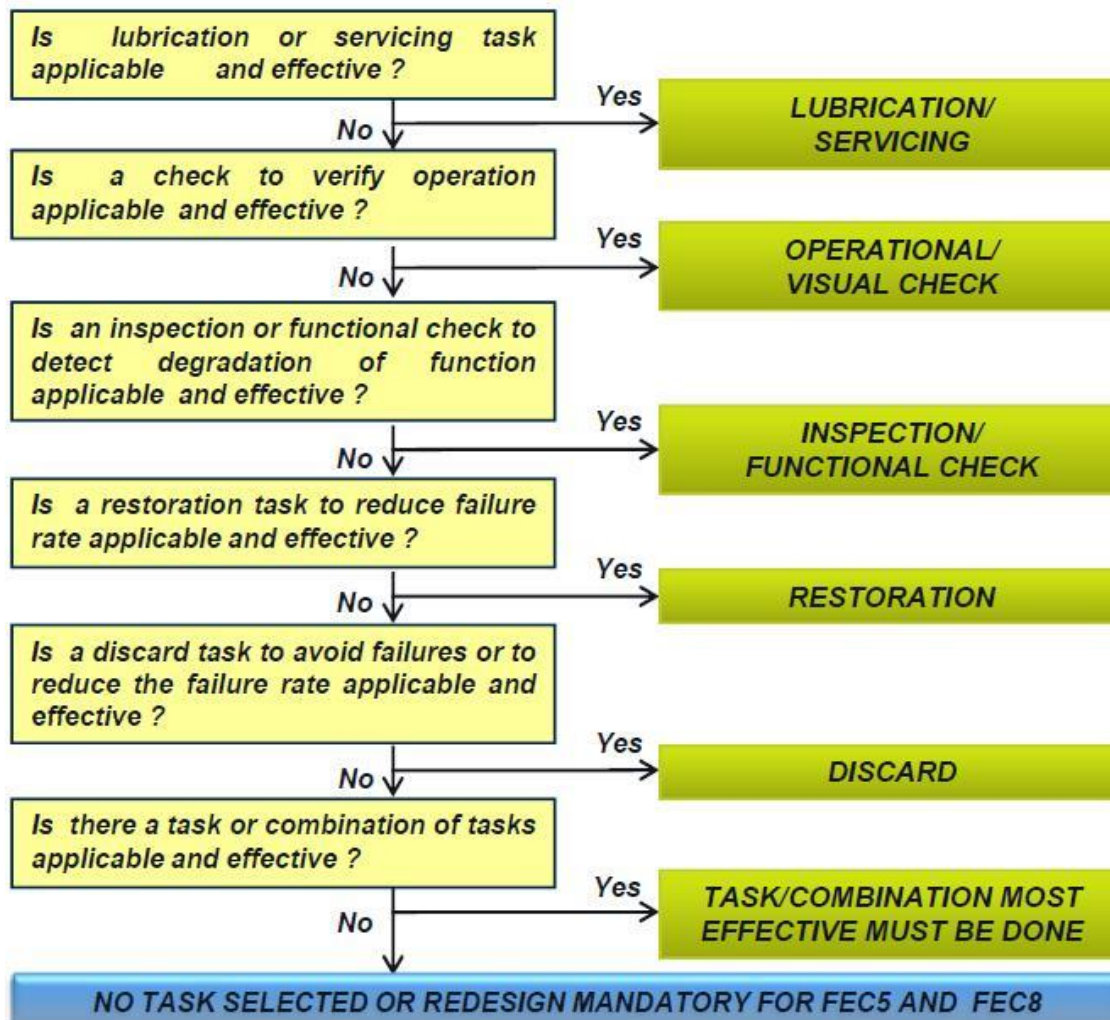
FEC

MSI Logical Analyses:

Level 2:

Due to the MSG – 3, the following 5 maintenance tasks can be selected:

- Lubrication (LUB)/Servicing (SVC)
- Operational (OPC)/Visual Check (VCK)
- Inspection/Functional Check (FNC)
- Restoration (RST)
- Discard (DIS)



TASK	APPLICABILITY	SAFETY EFFECTIVENESS	OPERATIONAL EFFECTIVENESS	ECONOMIC EFFECTIVENESS
LUBRICATION OR SERVICING	The replenishment of the consumable must reduce the rate of functional deterioration.	The task must reduce the risk of failure.	The task must reduce the risk of failure to an acceptable level.	The task must be cost effective.
OPERATIONAL OR VISUAL CHECK	Identification of failure must be possible.	The task must ensure adequate availability of the hidden function to reduce the risk of a multiple failure.	Not applicable.	The task must ensure adequate availability of the hidden function in order to avoid economic effects of multiple failures and must be cost effective.
INSPECTION OR FUNCTIONAL CHECK	Reduced resistance to failure must be detectable, and there exists a reasonably consistent interval between a deterioration condition and functional failure.	The task must reduce the risk of failure to assure safe operation.	The task must reduce the risk of failure to an acceptable level.	The task must be cost effective; i.e., the cost of the task must be less than the cost of the failure prevented.
RESTORATION	The item must show functional degradation characteristics at an identifiable age, and a large proportion of units must survive to that age. It must be possible to restore the item to a specific standard of failure resistance.	The task must reduce the risk of failure to assure safe operation.	The task must reduce the risk of failure to an acceptable level.	The task must be cost effective; i.e., the cost of the task must be less than the cost of the failure prevented.
DISCARD	The item must show functional degradation characteristics at an identifiable age and a large proportion of units must survive to that age.	The safe life limit must reduce the risk of failure to assure safe operation.	The task must reduce the risk of failure to an acceptable level.	An economic life limit must be cost effective; i.e., the cost of the task must be less than the cost of the failure prevented.

Task Summaries

The Task Summaries are divided into 3 sheets:

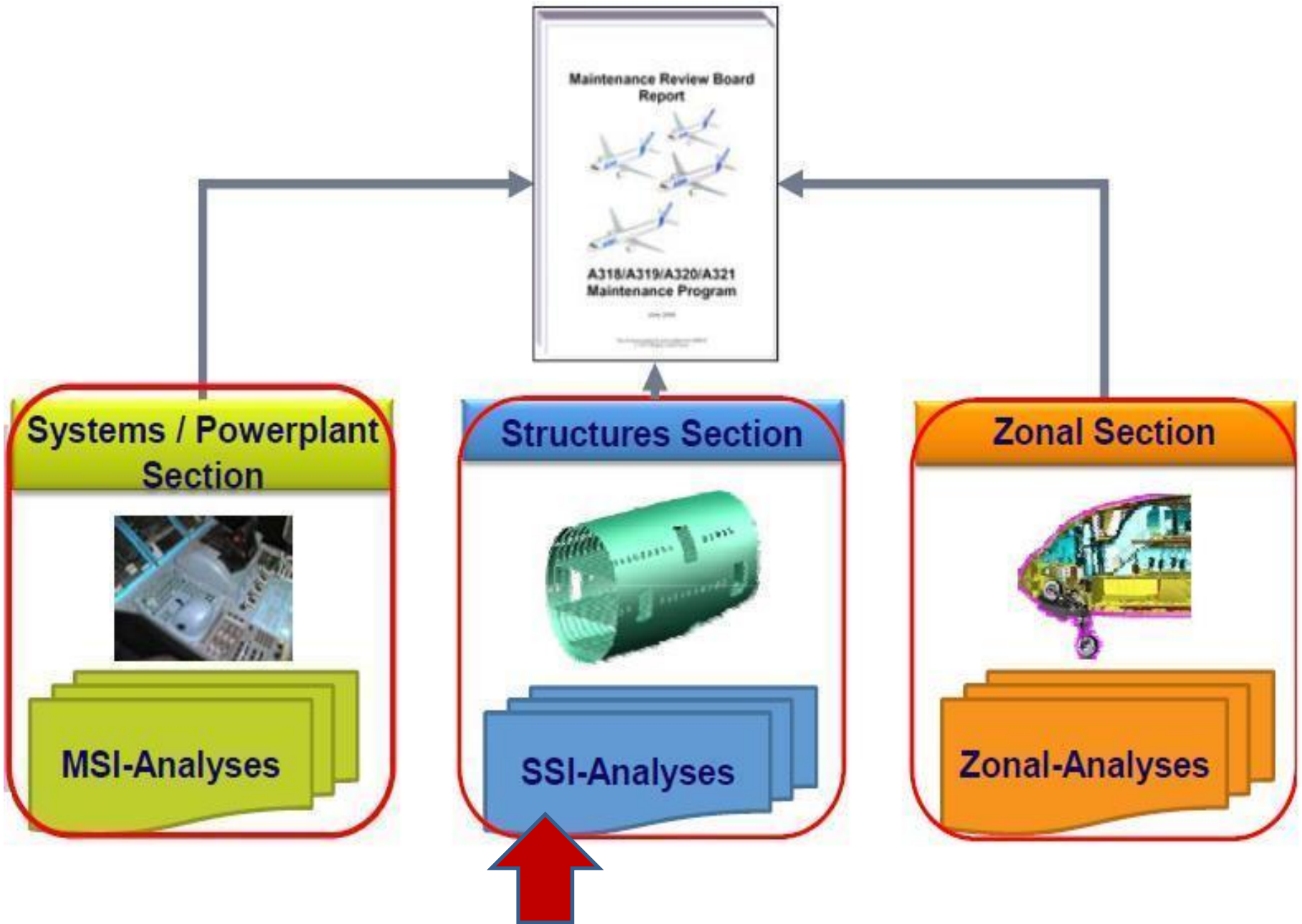
Task Summary Sheet (TSS): The goal of this sheet is to summarize all tasks selected during the Level 2 analysis, including the intervals, Failure Effect Categories and Failure Causes. It is not the purpose of the TSS to combine tasks from the Level 2 analysis.

Maintenance Review Board Report Interface Sheet (MRBR IS): The Maintenance Review Board Report Interface Sheet is the source document for the Maintenance Review Board Report (MRBR). All TSS tasks can be directly transferred to the MRBR IS, where it is allowed to combine TSS tasks in order to combine tasks, which should be performed together due to technical reasons. Each task combination must be approved by the Industry Steering Committee (ISC), before it can be integrated into the MRBR proposal. There are certain criteria, which have to be maintained in order to combine TSS tasks: The task types have to be similar (OPC, FNC, GVI, etc.)

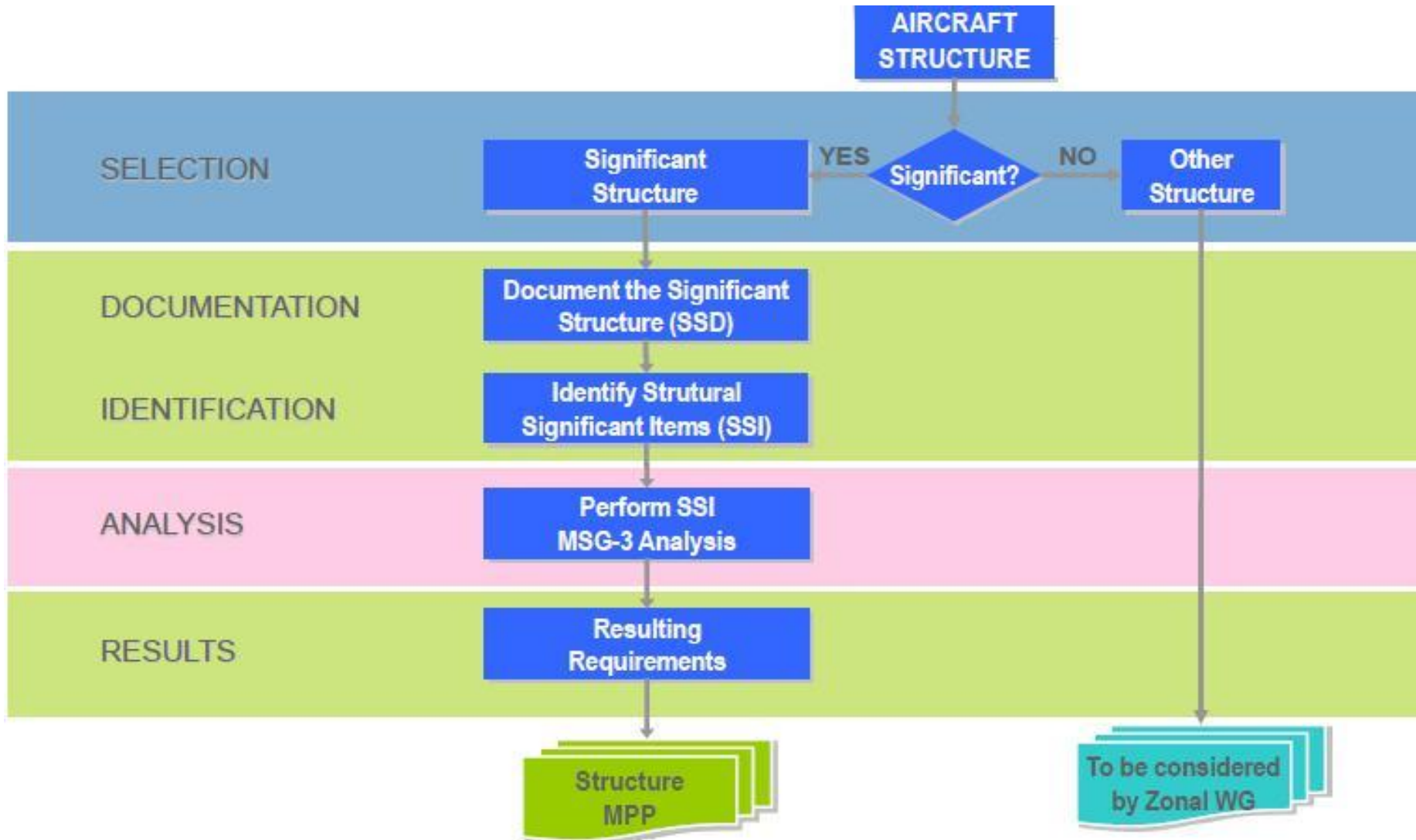
Compatibility of intervals

Failure Effect Categories (In order to combine two tasks with different FECs, the intervals have to be the same)

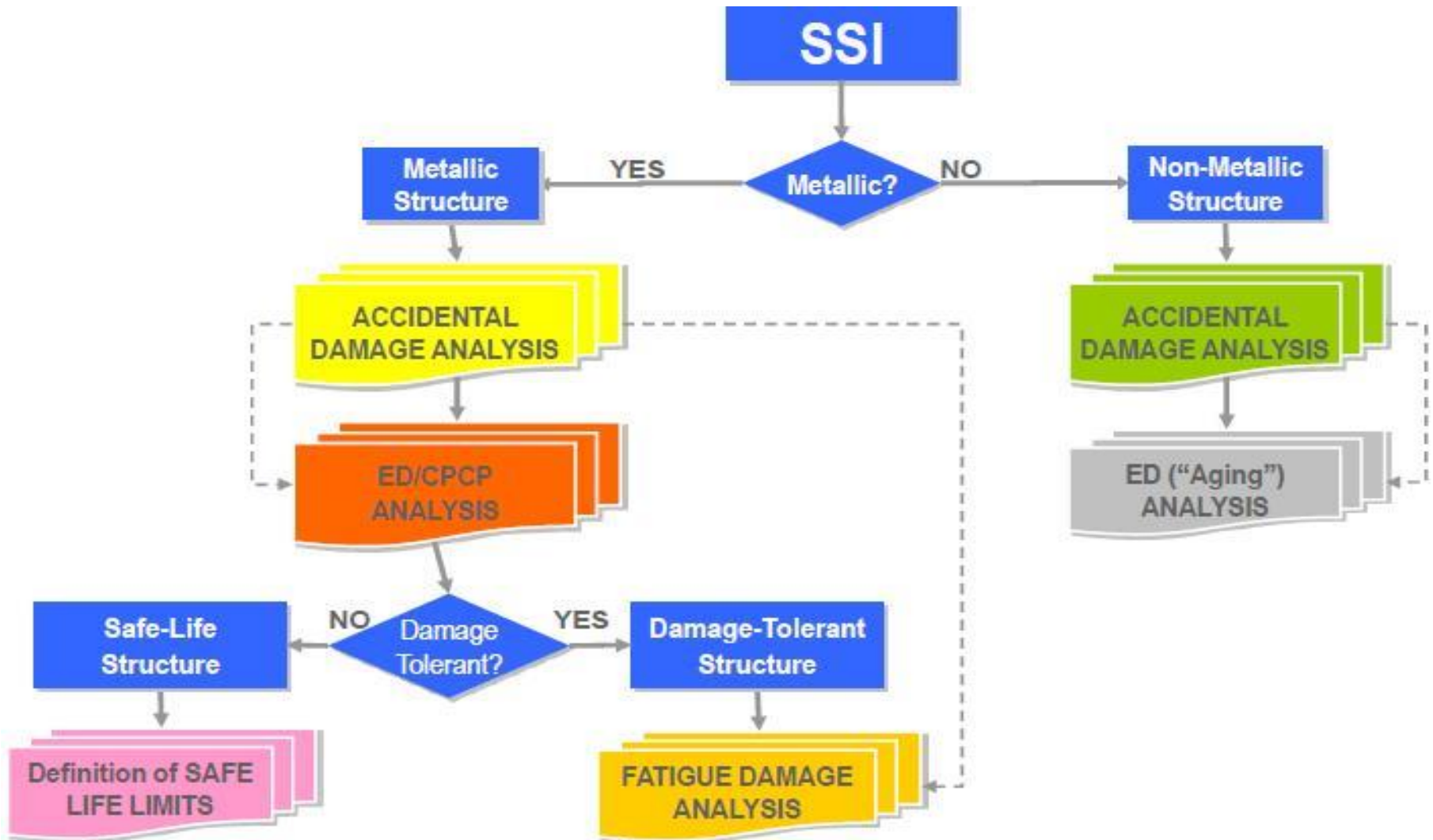
Task Data Sheet (TDS): The function of the Task Data Sheet is to provide procedural information for the accomplishment of a task and additional task planning data. For each MRBR IS, one TDS must be established



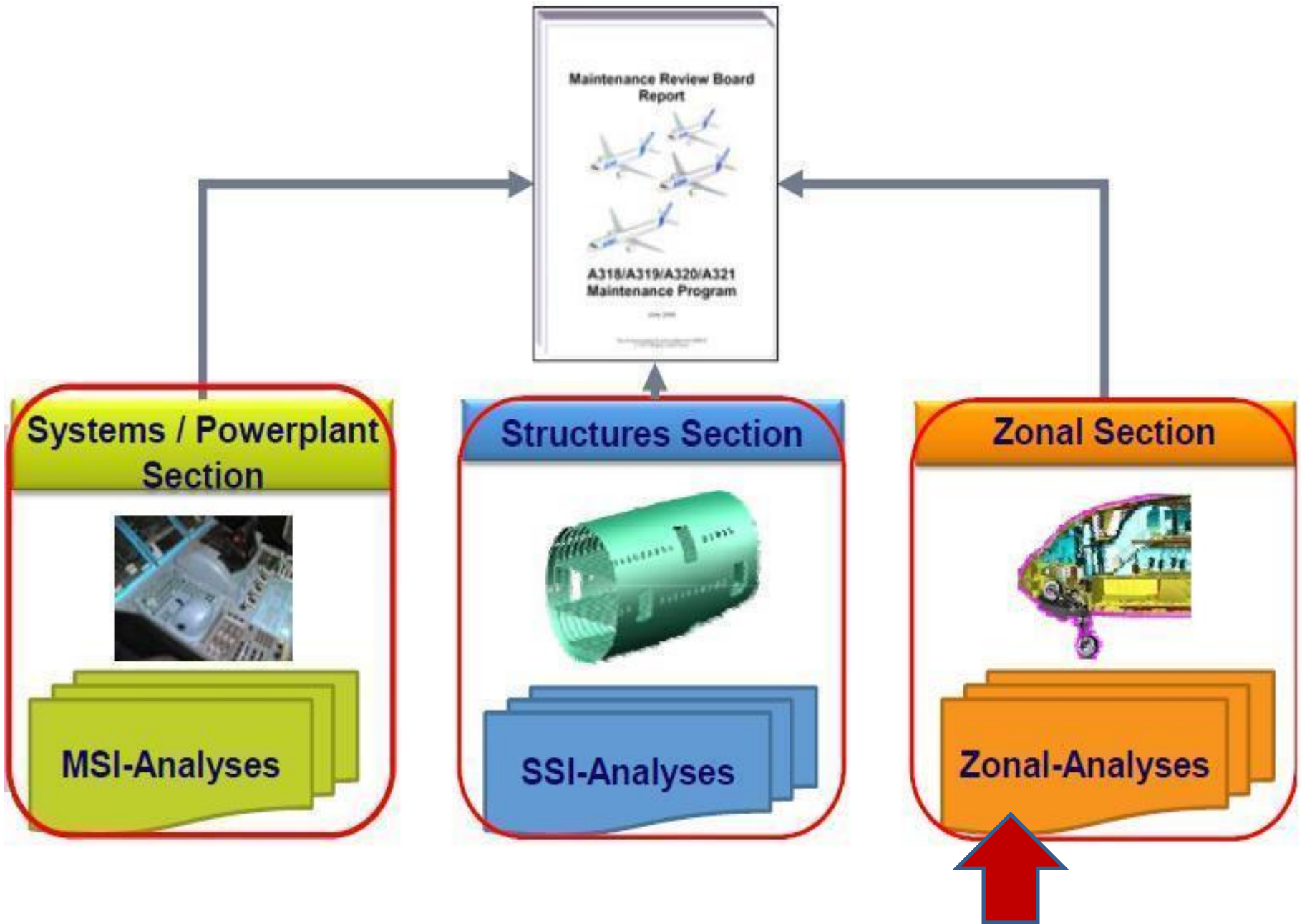
SSI (Structure Significant Item) Analyses



SSI (Structure Significant Item) Analyses

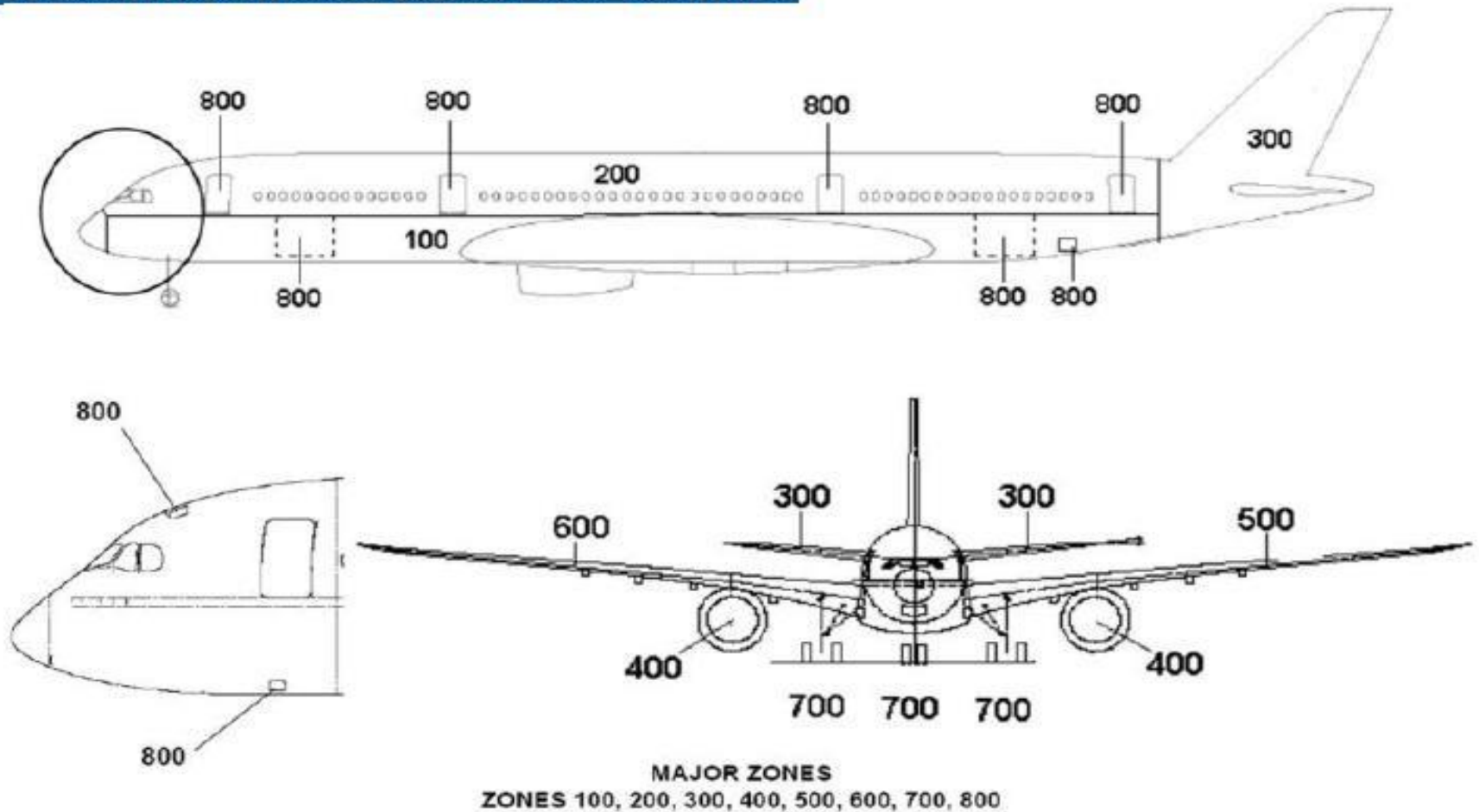


Accidental Damage (AD) metallic & non – metallic structures)
Environmental Deterioration (ED)(metallic structures)
Fatigue Damage (FD) (metallic structures)
Ageing Deterioration (ED-compo) (non – metallic structures)
Wear Damage (WD) (metallic & non – metallic structures)



Zonal and L/HIRF Analyses

A/C zoning principles (A350-900 example)

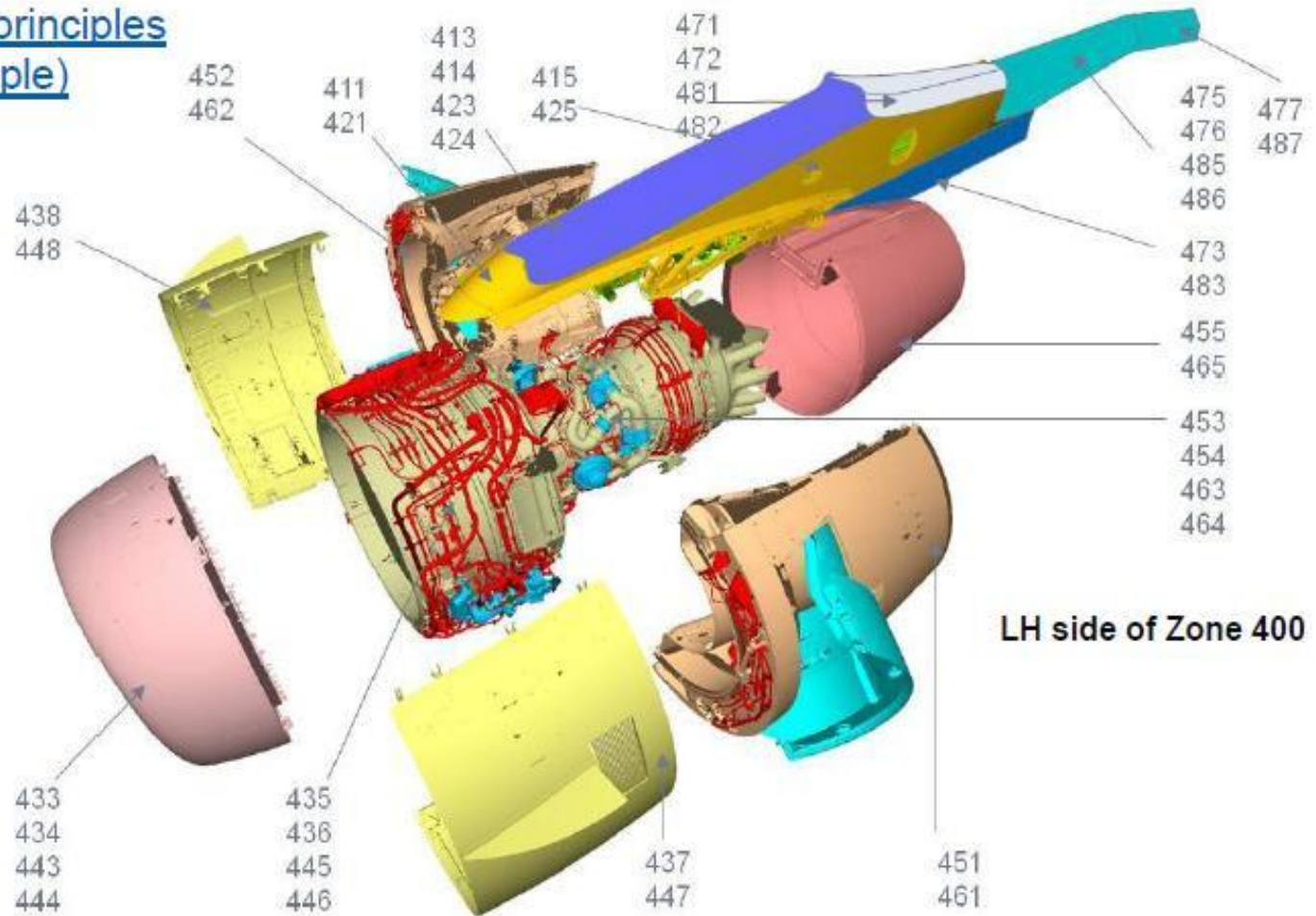


Major zones of the A350 – 900 (authorized by Airbus S.A.S.)

an example of the zoning principles the power plant of the A318

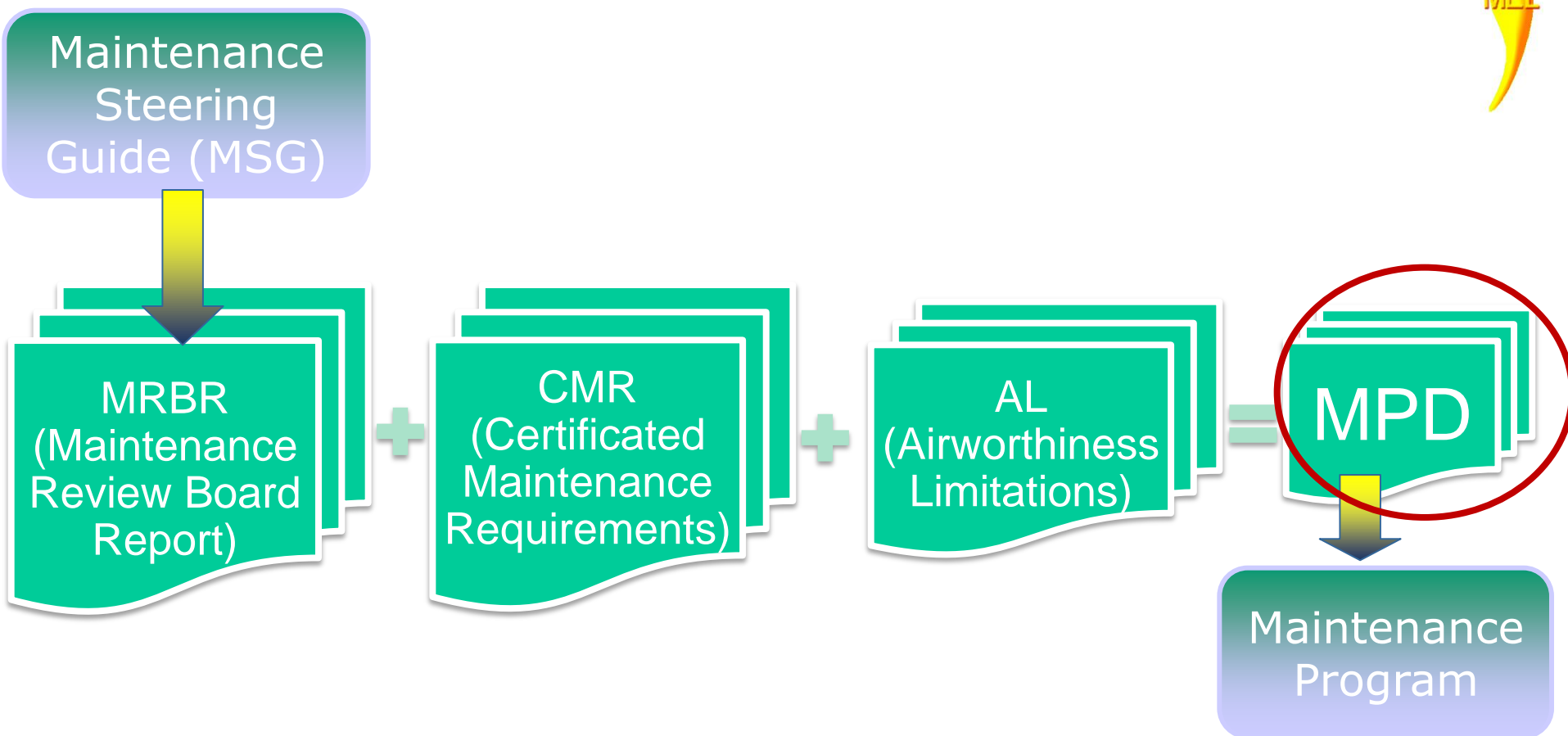
of

A/C zoning principles (A318 example)



There are three types of zonal analyses

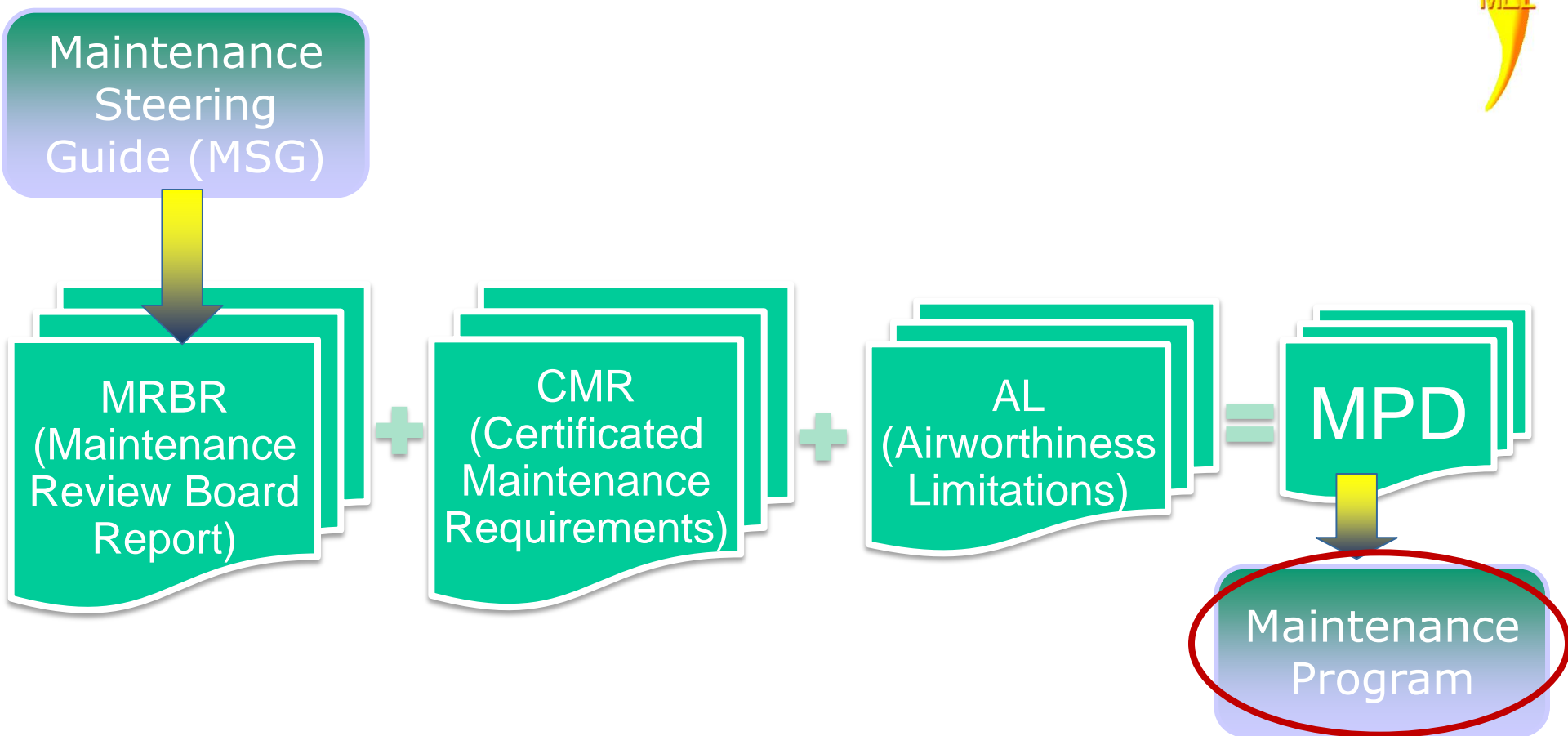
1. Standard Zonal Analysis
2. Enhanced Zonal Analysis
3. L/HIRF Zonal Analysis
(Lightning/High Intensity Radiated Field)



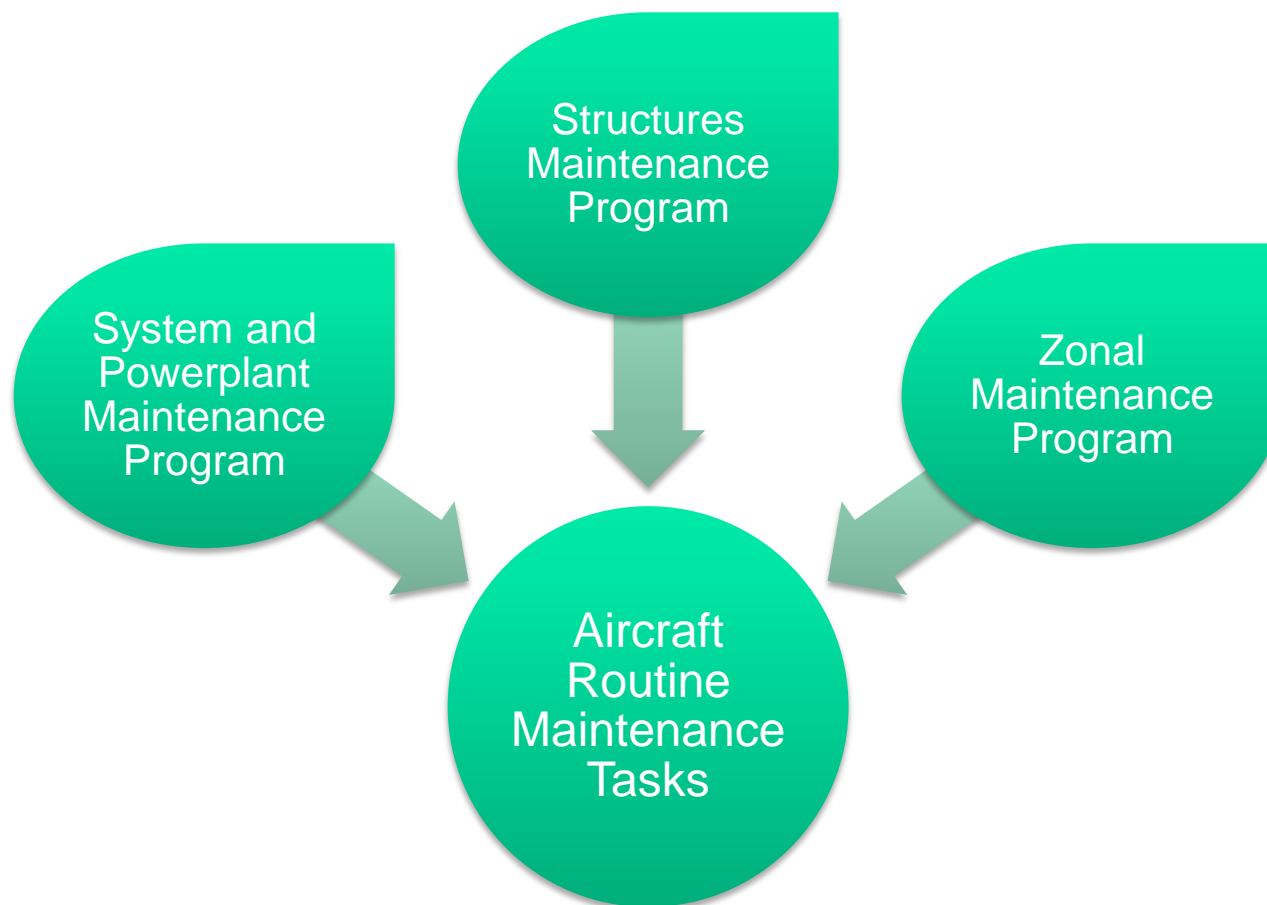
dr inż. Kamila Kustroń

A typical MPD content of Sections

Section Number	Topics
1	Introduction
2	Airplane Diagrams
3	Zone/Station Diagrams
4	Access Doors and Panels
5	Lubrication
6	Systems
7	Zonal
8	Structures
9	AWL & CMR
10	Corrosion Prevention and Control Program
-	Appendices

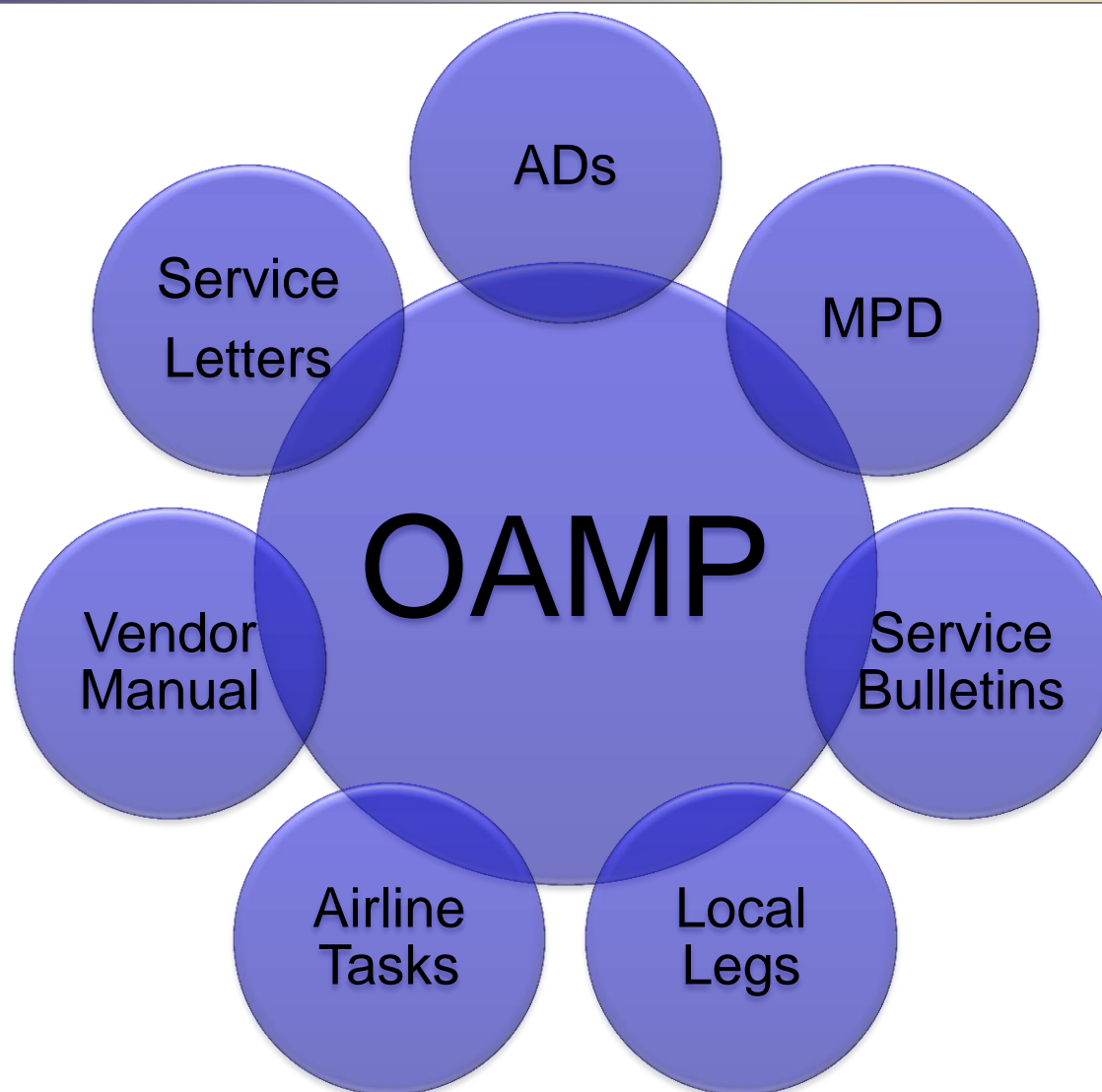


dr inż. Kamila Kustroń



dr inż. Kamila Kustroń

- ❑ Maintenance Planning Document (MPD) does not contains everything necessary for a specific aircraft and air-transporter company
- ❑ Each Air-transport company has their own responsibility which is final decision when and what to do expect out of rules provided by Airworthiness Limitations and Certification Maintenance Requirements
- ❑ Additionally there are requirements formed as Service Bulletins, Service Letters and Airworthiness Directives. These are specific responsibilities of the airliner company incorporate
- ❑ The recommendation of maintenance tasks in engine part, APU and vendor manuals should also take in to account



dr inż. Kamila Kustron

Operators Approved Maintenance Program

- ❑ The definition of the OAMP is: the OAMP provides instructions for routine scheduled maintenance programs for the airworthiness of the air operators. It should be transformed to methods which will be used by technical staff of the air transport company for intended to fulfill the requirement. The manual which contains these procedures is named as AMM (Aircraft Maintenance Manual).
- ❑ AMM manual is organized by ATA (Air Transport Association) chapter system is; ATA chapter system which consists of MPD, AMM and IPC etc. is organized for constituting a joint standard system for commercial air transport companies

- Most of the air transporter companies' maintenance departments using OAMP and procedures extracted from AMM
- Task cards are used as a basic means for performing maintenance record keeping according to regulations
- These cards are providing short procedural guideline and used as a simple way to following the maintenance manual, regulating the maintenance operations and detailed inspections
- Task cards are the easiest way for the technical staff of air Transporter Company to follow appropriate procedures

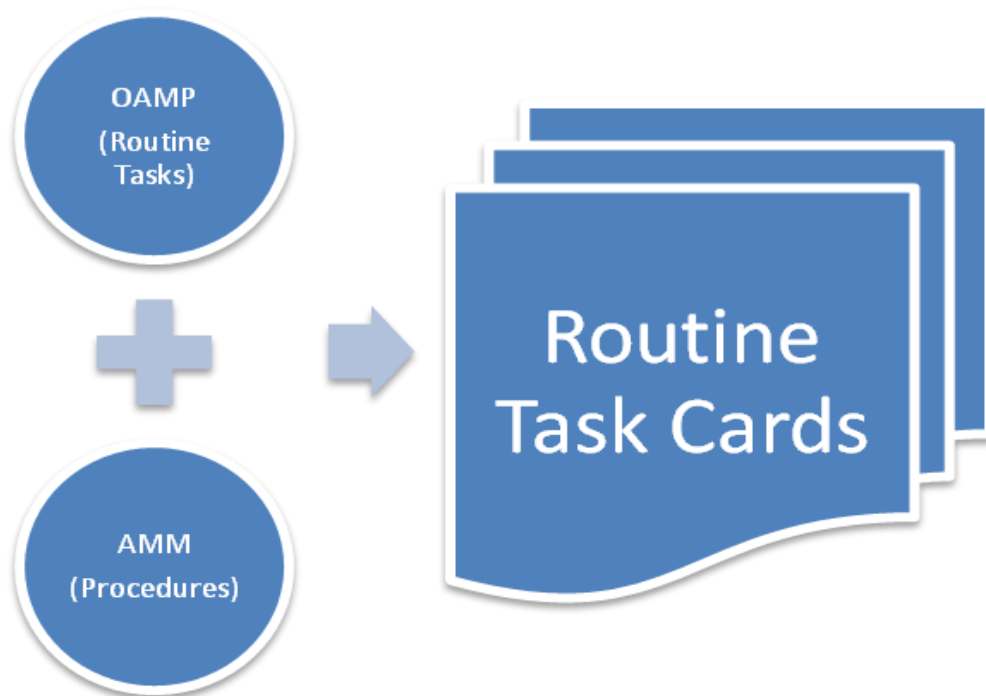
- ❑ During the normal operations, an aircraft may need; unscheduled, non-routine maintenances or replacement of defective component
- ❑ These issues cause to unscheduled maintenance can be mainly as following; take-off or landing with unplanned weight, report from pilot, tail strikes, ground effects (runway damages), and thunderbolt or over heated engine effects
- ❑ Maintenance Program Supporting Documents are intended to support for resolving discovered problems

Maintenance Program Supporting Documents

Non-Routine/Unscheduled Maintenance



Routine/Scheduled Maintenance

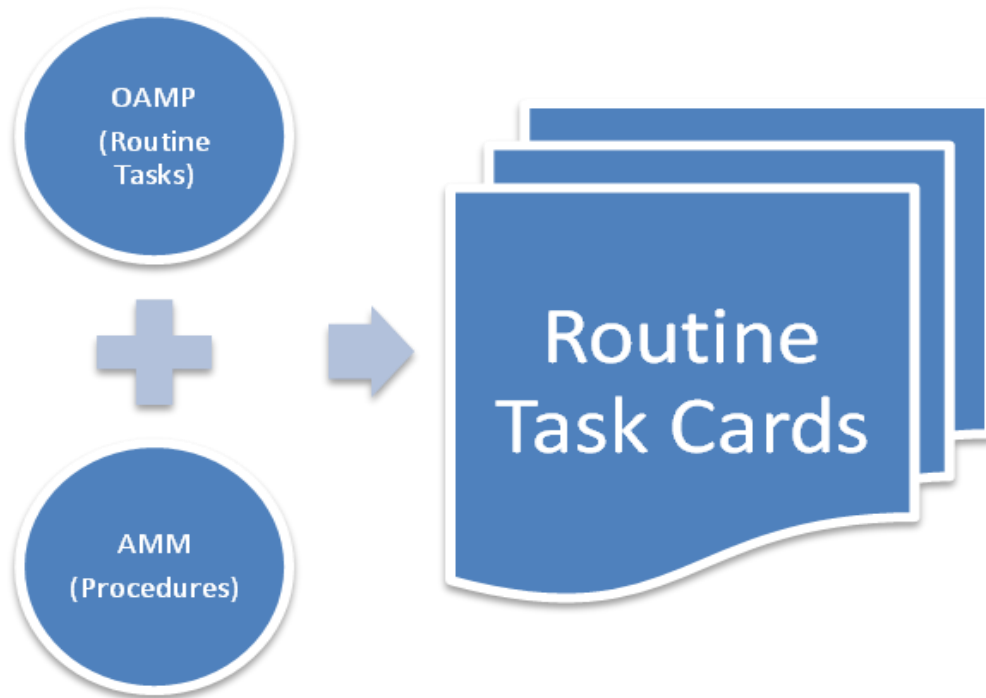


OAMP - Operators Approved Maintenance Program
AMM – Aircraft Maintenance Manual

dr inż. Kamila Kustron

Maintenance Program Supporting Documents

Routine/Scheduled Maintenance



OAMP - Operators Approved Maintenance Program
AMM – Aircraft Maintenance Manual

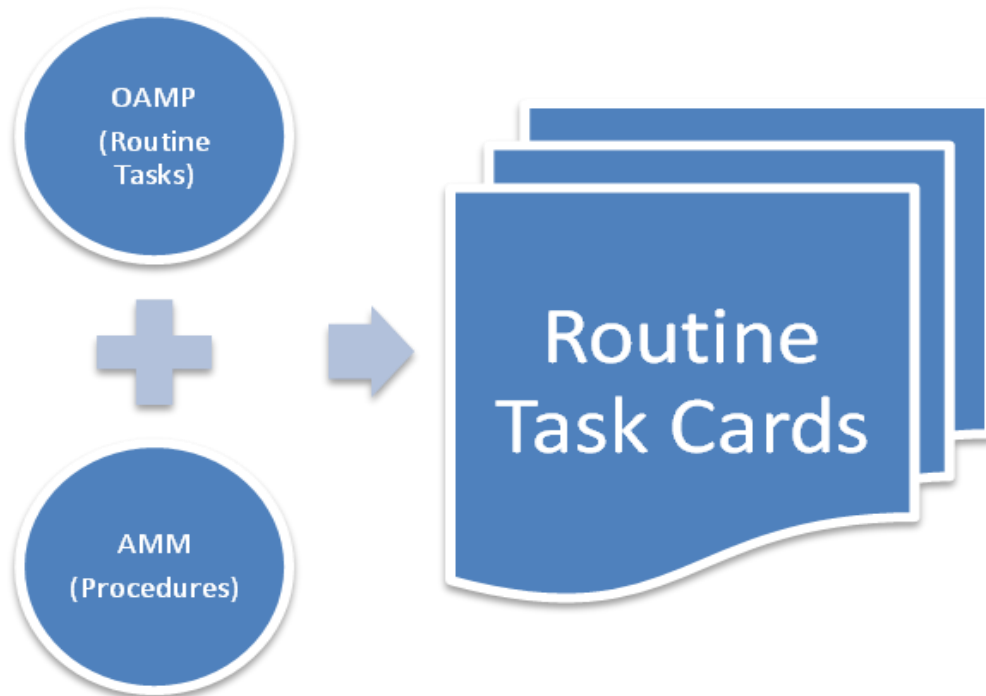
dr inż. Kamila Kustroń

Maintenance Program Supporting Documents

Non-Routine/Unscheduled Maintenance



Routine/Scheduled Maintenance



OAMP - Operators Approved Maintenance Program
AMM – Aircraft Maintenance Manual

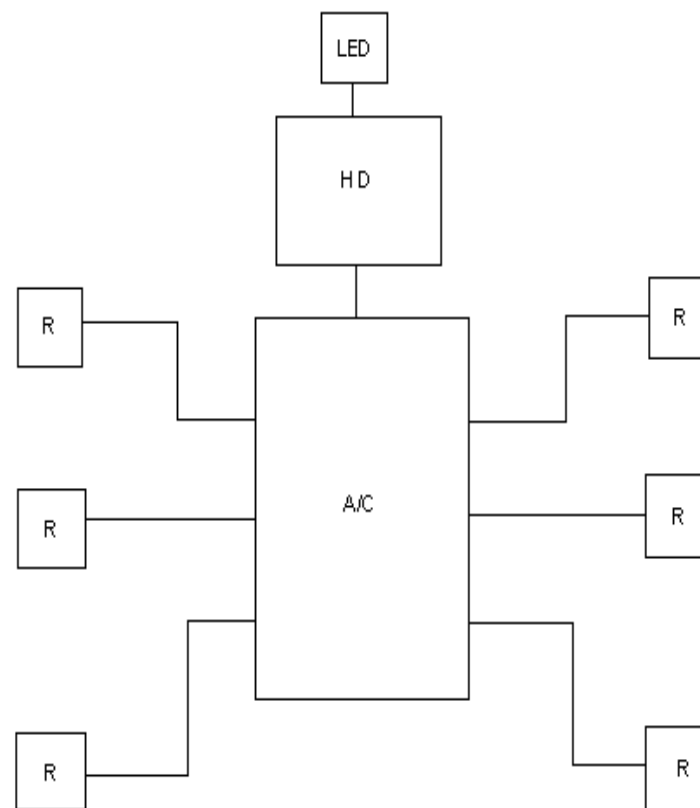
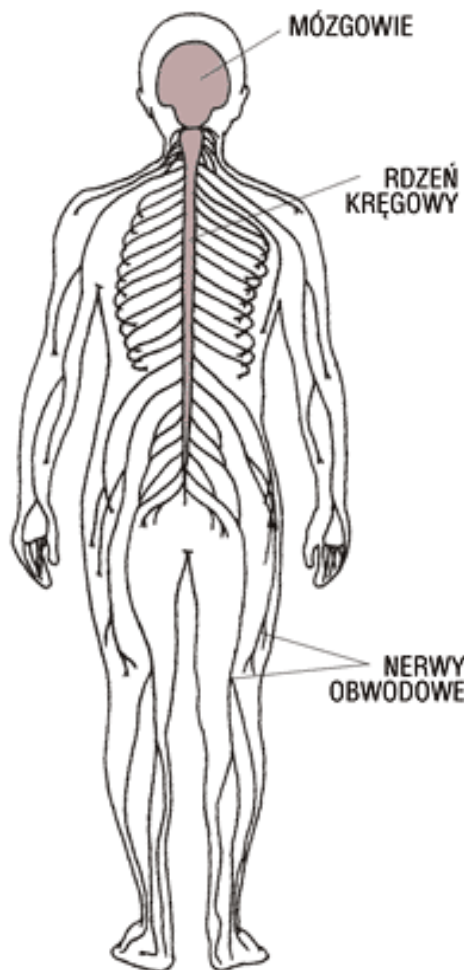
dr inż. Kamila Kustroń

Diagnostyka

- NDT
- SHM

dr inż. Kamila Kustron

Structural Health Monitoring



dr inż. Kamila Kustron



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

ZAPRASZAM NA KOLELNY

WYKŁAD

dr inż. Kamila Kustroń



NK315 EKSPLOATACJA STATKÓW LATAJĄCYCH

1. Wykład wprowadzający w interdyscyplinarną tematykę eksploatacji statków latających; HARMONOGRAM ZAJĘĆ, WARUNKI ZALICZENIA; bibliografia
2. Statek latający jako przedmiot eksploatacji, system eksploatacji, uwarunkowania prawne i normatywne eksploatacji, organizacje lotnicze
3. Procesy degradacyjne i destrukcyjne. Zużycie zmęczeniowe i korozja
4. Zużycie tribologiczne, uszkodzenia kompozytów. Wprowadzenie do problematyki zdolności do lotu
5. **Własności i właściwości eksploatacyjne: niezawodność, gotowość, odpowiedniość, bezpieczeństwo, trwałość, żywotność, podatność eksploatacyjna.**
Obliczanie prostych charakterystyk eksploatacyjnych na podstawie danych z eksploatacji
6. Diagnostyka, badanie uszkodzeń, wypadków lotniczych i prototypów
7. Model utrzymania SP w ciągłej zdolności do lotu. CAME
8. Program obsługi technicznej, program niezawodności
9. Czynniki ludzkie w lotnictwie
10. Bezpieczeństwo lotów. SMS
11. Podsumowanie treści wykładów z ukierunkowaniem na kolokwium
12. Kolokwium
13. Omówienie wyników kolokwium
14. Kolokwium poprawkowe
15. Podsumowanie przedmiotu

dr inż. Kamila Kustron