



Spolehlivost radarové techniky

Materiály z **98. semináře** Odborného centra **Spolehlivost**
konaného dne **8. 9. 2026** v **Praze**

Odborný garant semináře:
RNDr. Anna Mládková, CSc.

Přednášející:
Jan Němec



Obsah

Spolehlivost radarové techniky. Příklad: Radar PAR – E

(Přesný přibližovací radar)

Jan Němec

ELDIS Pardubice, s.r.o..

Spolehlivost radarové techniky.

Příklad: Radar PAR – E (Přesný přibližovací radar)

ELDIS Pardubice, s.r.o.

Přednášející

Jan Němec

Specialista akceptačních testů

dříve jako

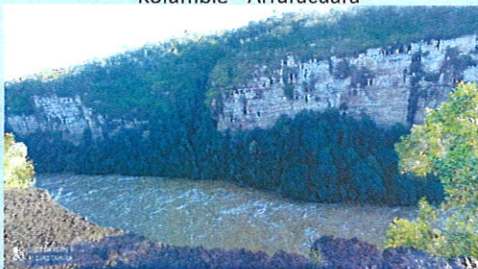
Vedoucí zajištění kvality

tel. +420734748709

email. jan.nemec@eldis.cz

Služební cesty:

Kolumbie - Arraracuara



Indie - Bikaner



Vietnam – Ca Mau 2026





ELDIS Pardubice, s.r.o.

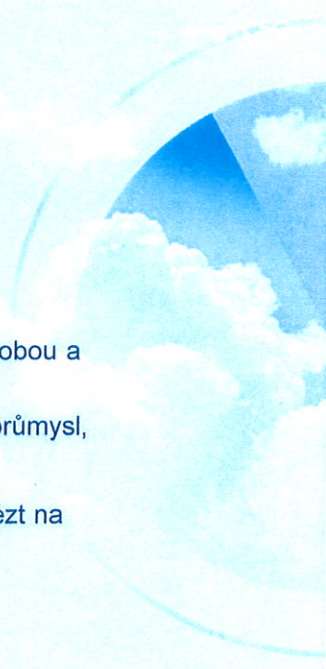
ELDIS = ELEKTRONICKÉ DIGITÁLNÍ SYSTÉMY

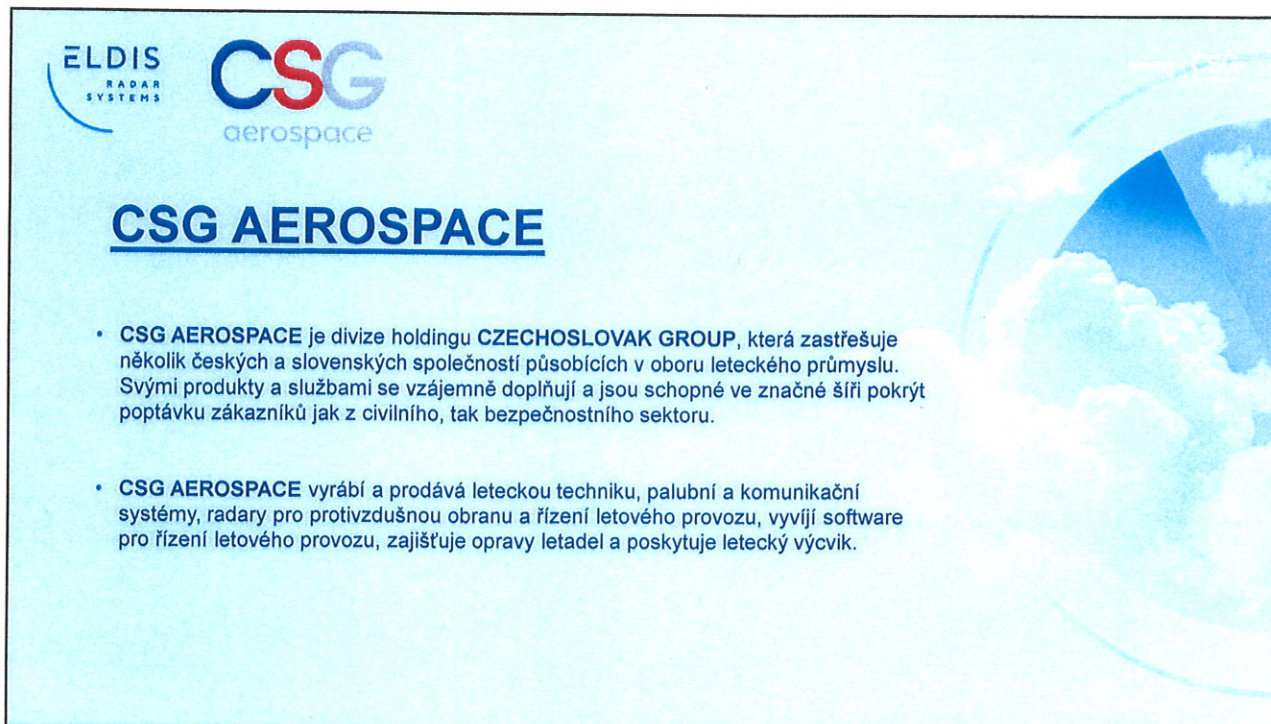
- Přední český výrobce aktivních radarových systémů.
- Založeno v roce 1991.
- Sídlo společnosti: Pardubice, Česká republika.
- Vysoce kvalifikovaný tým inženýrů, techniků a designerů.
- Člen průmyslové skupiny **CZECHOSLOVAK GROUP** a její divize **CSG Aerospace**.



CZECHOSLOVAK GROUP (CSG)

- Czechoslovak Group (CSG) je holding, který staví na dědictví československého průmyslu. Podporuje rozvoj tradičních českých a slovenských firem zabývajících se obrannou a civilní průmyslovou výrobou a obchodem.
- Hlavním předmětem podnikání CSG jsou strojírenství, automobilový průmysl, železnice a kosmonautika.
- Vzhledem k silné proexportní orientaci holdingu lze jeho produkty nalézt na všech kontinentech a počet jejích zákazníků roste.



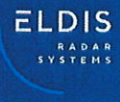




CSG AEROSPACE

- **CSG AEROSPACE** je divize holdingu **CZECHOSLOVAK GROUP**, která zastřešuje několik českých a slovenských společností působících v oboru leteckého průmyslu. Svými produkty a službami se vzájemně doplňují a jsou schopné ve značné šíři pokrýt poptávku zákazníků jak z civilního, tak bezpečnostního sektoru.
- **CSG AEROSPACE** vyrábí a prodává leteckou techniku, palubní a komunikační systémy, radary pro protivzdušnou obranu a řízení letového provozu, vyvíjí software pro řízení letového provozu, zajišťuje opravy letadel a poskytuje letecký výcvik.





ELDIS V ČÍSLECH

>25	>100	>99%	>30
zemí světa používá naše produkty	instalovaných radarových systémů	pokrytí vzdušného prostoru Indie	let zkušeností v oboru



OEM VÝROBCE RADAROVÝCH SYSTÉMŮ

VaV A PRODEJ POD JEDNOU STŘECHOU

- Špičkové technologie radarových systémů v pásmech L, S a X
- Modernizace stávajících radarů (Tesla, NEC, HAL, Toshiba, atd.)
- Antény a části anténních systémů (PSR, MSSR, PAR, 3D)
- Komunikační subsystémy, přenosy radarových dat
- Procesory pro zpracování radarových dat:
 - RDE, RDP, FDP, RMM, RDD, LCMS, RCMS
- Radarové vysílače a přijímače
- Mikrovlňné obvody a součásti



MEZINÁRODNÍ SPOLUPRÁCE



European Defense Agency



ICAO



North Atlantic Treaty
Organization (NATO)



EUROCONTROL



Kvalita & Certifikáty

- ČSN EN ISO 9001:2016 (QMS)
- ČSN EN ISO 14001:2016 (EMS)
- ČSN EN ISO/IEC 27001:2014 (ISMS)
- AQAP 2110 (NATO Quality Assurance)
- Czech CAA approval
- Czech MoD approval
- Chinese CAA approval



HLAVNÍ PRODUKTY

ELDIS
RADAR
SYSTEMS

MEMBER OF CSG
perspective

HLAVNÍ PRODUKTY

V souladu s ICAO & EUROCONTROL standardy a doporučeními.



• PSR



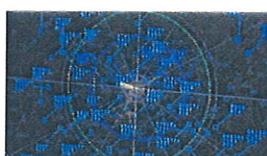
• MSSR/SSR



• ASR



• PAR



• APP/TWR



• GCA radar

ELDIS
RADAR
SYSTEMS

MEMBER OF CSG
perspective

MODERNIZACE

Provádíme modernizace a zařízení již morálně zastaralých radarových systémů a také jejich servis.

- RSP-10
- ASR
- PSR
- P-37



EXPORTUJEME DO VÍCE JAK 25 ZEMÍ SVĚTA



POPIS RADAROVÉHO SYSTÉMU RPL-2000

ELDIS
RADAR
SYSTEMS

RPL-2000

LETIŠTNÍ RADAROVÝ SET

- Primární přehledový radar (RL-2000)
- Sekundární přehledový radar (MSSR-1)
- Přesný přistávací radar (PAR-E)
- ERDIS ATM systém

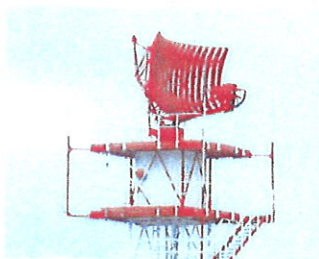


ELDIS
RADAR
SYSTEMS

RL-2000

PRIMÁRNÍ PŘEHLEDOVÝ RADAR

- S-Band přehledový radar
- Výborná detekce: 60 / 80 / 100 NM
- Radar je vybaven lineární a kruhovou polarizací
- RL-2000 disponuje vynikající schopností detekce zajištěnou frekvenční diverzitou pomocí až čtyř frekvencí a kompresním poměrem dlouhých impulzů

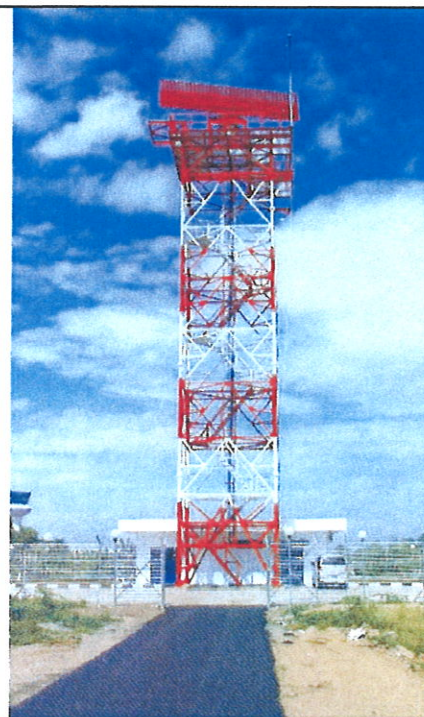




MSSR-1

MONOPULSNÍ SEKUNDÁRNÍ PŘEHLEDOVÝ RADAR

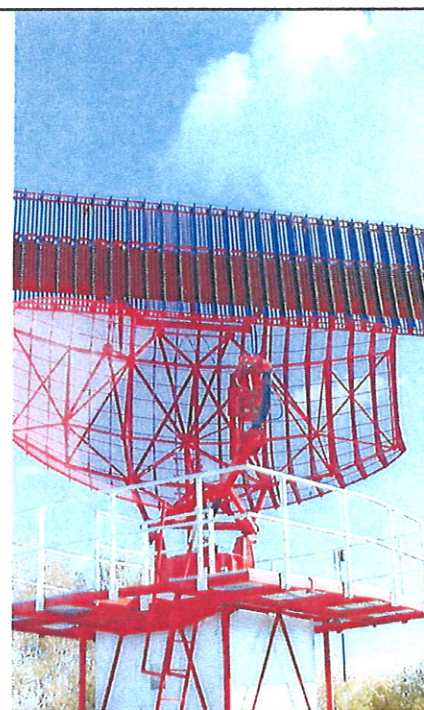
- Schopnost detekce až při 15 otáčkách za minutu s pokrytím 256 NM v režimu ELS a EHS S
- Výstupní výkon vysílače (impulsní) je minimálně 2500 W
- Výškové pokrytí v režimu ELS a EHS S je 66 000 ft
- Provoz v II / SI kódu s certifikací EUROCONTROL (EC 262/2009)
- Schopnost Mode S Clustering
- Možnost nastavení parametrů módu S
- Příjem ADS-B dat z detekovaných signálů
- Nezávislý čtyřkanalový systém ADS-B s pokrytím 360°



RL-2000/MSSR-1

KOMBINOVANÝ RADAR

- Konfigurace RL-2000 rozšířena o monopulsní přehledový sekundární radar MSSR-1.
- Systém se vyznačuje modulární konfigurací, systémem zabezpečeným proti selhání a nízkými náklady na životní cyklus. Konfigurace RL-2000 zahrnuje meteorologický kanál pro hlášení skutečných povětrnostních podmínek ve vzdušném prostoru.
- Radar splňuje, nebo překračuje doporučení, a standardy EUROCONTROL a ICAO.

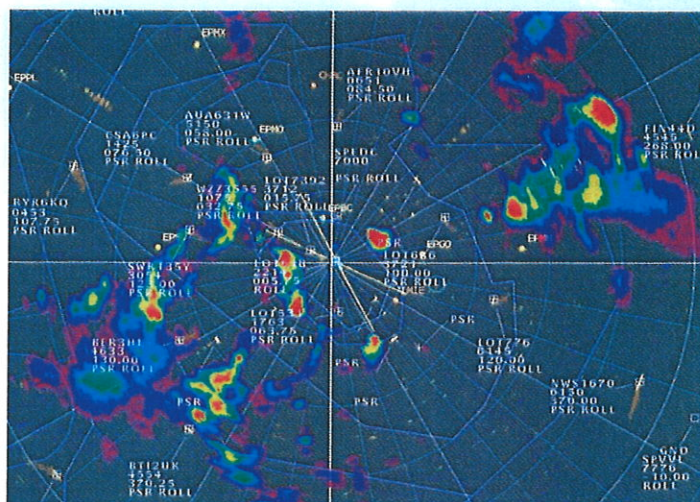


ELDIS
RADAR
SYSTEMS

RL-2000/MSSR-1

RADAROVÉ ZOBRAZENÍ

- Radarové zobrazení kombinovaného radaru při zobrazení detekovaných cílů z radarů RL-2000, MSSR-1 a zapnutém módu S a kanálu meteo.

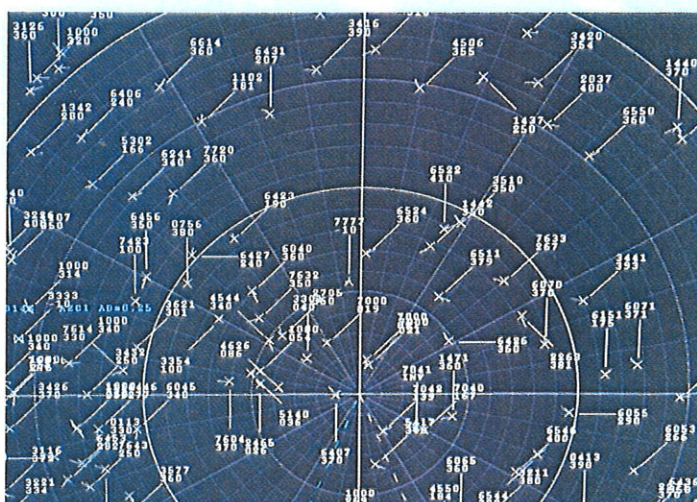


ELDIS
RADAR
SYSTEMS

RL-2000/MSSR-1

RADAROVÉ ZOBRAZENÍ

- Radarové zobrazení sekundárního monopulsního radaru při vypnutém módu S.

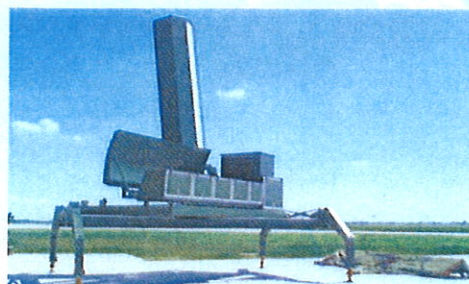




PAR-E

PŘESNÝ PŘEHLEDOVÝ RADAR

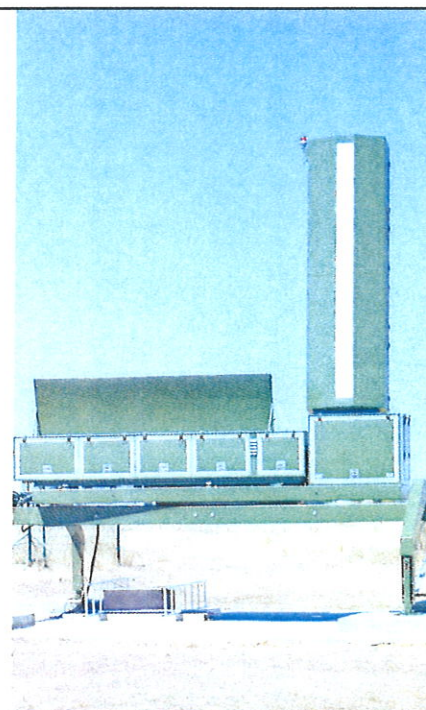
- Armádní / mobilní verze
- Civilní / stacionární verze



PAR-E

ZÁKLADNÍ KONFIGURACE

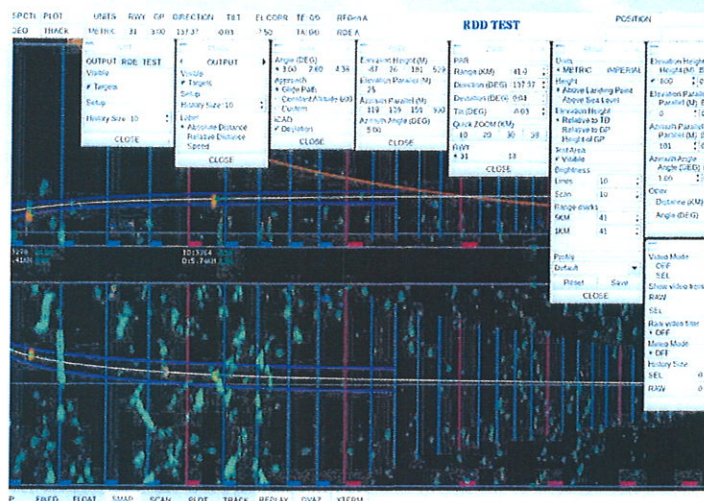
- Anténní systém
 - Azimutální a elevační anténa
 - Vysílání a příjem
 - Zpracování signálu a detekce
 - Automatická kalibrace
- Radarový kontejner
 - 2 pcs. LCMS/RMM
 - Tracker, Data Recording a Processing System
 - NTP Server
 - ATC Data Communication system



PAR-E

RADAROVÉ ZOBRAZENÍ

- X-Band přesný přibližovací radar
- Dosah až 40 km
- Nízké nároky na údržbu
- AESA elektronické skenování



ERDIS

SYSTÉM ŘÍZENÍ LETOVÉHO PROVOZU

- Nejmodernější automatizovaný systém řízení letového provozu, který je určený pro civilní, vojenská a společná ATM centra a stanoviště.
- Podpora sledování nebo procedurální řízení letového provozu.
- Podpora řízení a plánování letového provozu na koridorech (ACC), přibližování (APP) a kontrolních věžích (TWR).
- Navržen pro bezpečný provoz 24/7

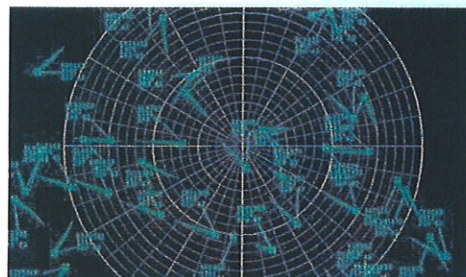
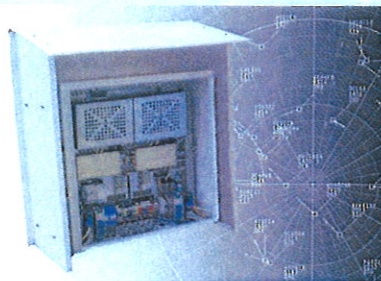


ELDIS
RADAR
SYSTEMS

EDAS

ADS-B POZEMNÍ STANICE

- Splňuje předpisy ICAO & FAA
- Kompaktní řešení
- Variabilita - otevřená modulární architektura, flexibilita řešení
- Nízká energetická náročnost
- Dlouhý dosah až 250NM
- Výstupní datové formáty: Asterix CAT21, CAT23, CAT25, CAT247, RAW data



ELDIS
RADAR
SYSTEMS

Úvod do programu spolehlivosti

- U radarové techniky a systémů řízení letového provozu je **spolehlivost klíčovým požadavkem**.
- Společnost splňuje požadavky **ISO 9001 již od roku 2001**, což podporuje její důvěryhodnost a konkurenceschopnost.
- Samostatné **programy spolehlivosti jednotlivých produktů** však dosud nebyly zákazníky požadovány.
- Na příkladu přesného přibližovacího radaru **PAR-E** je proto navržen **vzorový program spolehlivosti**.
- Program se zaměřuje zejména na:
 - základní pojmy a klasifikaci poruch,
 - ukazatele spolehlivosti,
 - sériové a paralelní blokové struktury,
 - zkoušky spolehlivosti.

Kvalita

- Míra, do jaké produkt nebo služba **splňuje stanovené požadavky**.
- Zahrnuje:
 - funkčnost a výkonnost,
 - přínos a hodnotu pro zákazníka,
 - dopad na zainteresované strany.
- Cílem je dosáhnout požadované kvality při **optimálních nákladech životního cyklu**.

Systém managementu kvality

- Stanovuje **cíle, procesy a zdroje** potřebné k jejich dosažení.
- Pomáhá efektivně řídit procesy, zdroje a případná rizika.

Management kvality

- Zahrnuje:
 - plánování kvality,
 - řízení a prokazování kvality,
 - zlepšování kvality.



Plán kvality

- Určuje **co, jak, kdy a kým** bude kontrolováno nebo prováděno.
- Může být omezen například na **Plán kontrol a zkoušek**.

Spolehlivost

Co je spolehlivost?

- Je schopnost produktu **zachovávat požadované technicko-ekonomické parametry po dobu jeho životnosti**.
- Lze ji chápat jako „**kvalitu v čase**“.

Spolehlivost zahrnuje:

- schopnost fungovat **správně**,
- schopnost fungovat **včas**,
- schopnost omezit poruchy a jejich důsledky.



Spolehlivost pojmy

Management spolehlivosti

- Soubor koordinovaných činností zaměřených na řízení a zajištění spolehlivosti produktu.

Plán spolehlivosti

- Definuje činnosti potřebné pro dosažení stanovených cílů spolehlivosti.

Program spolehlivosti

- Skládá se z jednotlivých úkolů a činností zaměřených na konkrétní oblasti spolehlivosti produktu.

Produkt

- Výsledek procesu – může jít o součást, zařízení, podsystém nebo celý systém.

Spolehlivost

- Souhrnný pojem zahrnující především:

- bezporuchovost,
- udržitelnost,
- zajištění údržby,
- provozní pohotovost.

- Dalšími důležitými vlastnostmi mohou být bezpečnost, opravitelnost, diagnostikovatelnost a skladovatelnost.

- Spolehlivost je vyhodnocována pomocí konkrétních ukazatelů, například MTBF.



Základní vlastnosti produktu

Funkčnost

- Schopnost výrobku plnit funkci, pro kterou byl navržen a vyroben.

Bezpečnost

- Schopnost plnit požadovanou funkci při současné ochraně osob, majetku a životního prostředí.
- Konstrukce výrobku má minimalizovat riziko vzniku nebezpečných stavů.

Způsobilost

- Schopnost výrobku, systému nebo procesu splňovat stanovené požadavky v požadovaných mezích.

Ergonomičnost

- Přizpůsobení výrobku člověku tak, aby jeho obsluha nevyžadovala nadměrnou fyzickou nebo psychickou zátěž.

Ekologičnost

- Schopnost výrobku plnit svou funkci s minimálními dopady na životní prostředí.

Estetičnost

- Vlastnosti výrobku související s jeho vzhledem a celkovým estetickým působením.

Vlastnosti související se spolehlivostí

Pohotovost

- Schopnost výrobku být v požadovaném okamžiku připraven plnit svou funkci.

Bezporuchovost

- Schopnost výrobku pracovat bez poruchy po stanovenou dobu a za stanovených podmínek.

Životnost

- Doba, po kterou je výrobek schopen plnit požadovanou funkci až do dosažení mezního stavu.

Udržovatelnost

- Schopnost výrobku předcházet poruchám a po poruše se pomocí údržby nebo opravy vrátit do provozuschopného stavu.

Diagnostikovatelnost/detekce

- Schopnost efektivně zjistit technický stav a příčinu případné poruchy.

Opravitelnost

- Schopnost výrobku umožnit rychlé a efektivní odstranění poruchy.

Zajištění údržby

- Dostupnost potřebných pracovníků, dokumentace, náradí, náhradních dílů a dalších prostředků pro údržbu.

Skladovatelnost

- Schopnost zachovat požadovaný technický stav během skladování a přepravy.

Význam spolehlivosti produktu

- Každý produkt by neměl být hodnocen jen podle **technických parametrů**, ale také podle **spolehlivosti**.
- Nestačí, aby výrobek fungoval dobře pouze „na papíře“.

Produkt musí být schopen:

- fungovat **správně**,
- fungovat **ve chvíli, kdy je požadován**,
- mít přijatelnou četnost poruch,
- být bezpečný pro uživatele i okolí.

Nízká spolehlivost může vést k:

- ekonomickým ztrátám,
- častým opravám a výpadkům,
- škodám na majetku,
- ohrožení životního prostředí,
- ohrožení zdraví nebo života.

Řízení a druhy spolehlivosti

Spolehlivost se zlepšuje zejména:

- snižováním počtu poruch a výpadků,
- zkracováním dob oprav,
- odstraňováním kořenových příčin poruch,
- zlepšováním návrhu produktu,
- optimalizací rizik,
- správným řízením údržby.

Druhy spolehlivosti

Inherentní spolehlivost

- je produktu **vlastní**,
- je dána návrhem,
- hodnotí se v **laboratorních podmínkách**.

Provozní spolehlivost

- hodnotí se v **reálném provozu**,
- je ovlivněna skutečnými podmínkami a údržbou,
- lze ji využít i jako ukazatel účinnosti údržby.

Systém managementu spolehlivosti

- Je součástí celkového systému řízení společnosti.
- Zahrnuje **odpovědnosti, procesy, postupy a zdroje** potřebné pro řízení spolehlivosti.

Program spolehlivosti

- Je hlavním nástrojem pro zajištění spolehlivosti produktu během **celého životního cyklu**.
- Musí být přizpůsoben konkrétnímu produktu a projektu.

Spolehlivost se řeší ve všech etapách životního cyklu:



1 - Koncepce a stanovení požadavků

V této etapě se vytvářejí **základy budoucí spolehlivosti produktu.**

Hlavní činnosti:

- stanovení požadavků a cílů spolehlivosti,
- definování potřeb zákazníka,
- posouzení provozního prostředí,
- předběžná analýza spolehlivosti a rizik,
- posouzení nákladů životního cyklu,
- vytvoření **plánu spolehlivosti.**

Klíčová otázka:

Jsou požadavky na spolehlivost správně definovány a dosažitelné?

2 - Návrh a vývoj

V této etapě vzniká vlastní **technické řešení produktu – HW i SW.**

• **Cílem je zajistit, aby:**

- návrh splňoval stanovené ukazatele spolehlivosti,
- byly provedeny potřebné **analýzy a predikce,**
- byly definovány metody **ověřování, validace a zkoušení,**
- byly stanoveny odpovědnosti za spolehlivost,
- byl návrh připraven pro přechod do výroby.

• **Typické činnosti:**

- analýza spolehlivosti,
- predikce MTBF a dalších ukazatelů,
- přezkoumání návrhu,
- příprava zkušebních plánů.

3 - Výroba a instalace

Výroba

- Cílem je zajistit, aby sériově vyráběný produkt **odpovídal schválenému návrhu a** dosahoval požadované spolehlivosti.

Hlavní činnosti:

- kontrola výrobních procesů,
- přejímka materiálu a dílů,
- kontrola dodavatelů,
- výrobní a periodické zkoušky,
- řešení zjištěných neshod,

FAT – Factory acceptance test

- Ověření a prokázání, že zařízení před dodáním splňuje specifikované požadavky.

Odsouhlasení testovací procedury se zákazníkem před zahájením zkoušek.

3 - Výroba a instalace

Instalace

- Po výrobě následuje instalace produktu u zákazníka a jeho uvedení do provozu.

Kontroluje se zejména:

- správnost instalace,
- připravenost provozních a servisních postupů,
- splnění podmínek pro **přejímku produktu**.

SAT – Site acceptance test

- Ověření po instalaci, že zařízení splňuje požadavky v cílovém provozním prostředí.

Odsouhlasení testovací procedury se zákazníkem před zahájením zkoušek.

4 - Provoz a údržba

Produkt je používán v reálném provozu a provádí se jeho:

- preventivní údržba,
- údržba po poruše,
- diagnostika a opravy,
- aktualizace HW/SW,
- logistické zajištění náhradních dílů.

Velmi důležitý je **sběr provozních dat**.

- vzniklé poruchy, Kniha neshod/servisní kniha
- MTBF, doby oprav a další ukazatele
- opakující se problémy
- zpětná vazba a stížnosti zákazníků

Výsledky se využívají ke zlepšování produktu a přijímání nápravných opatření.

5 - Likvidace produktu

Poslední etapa životního cyklu nastává při **vyřazení produktu z provozu**.

Produkt může být:

- demontován,
- modernizován nebo přepracován,
- nahrazen novým systémem,
- ekologicky zlikvidován.

Před rozhodnutím se posuzuje:

- technický stav, četnost poruch,
- rostoucí náklady na údržbu,
- náklady na opravu oproti náhradě,
- nové technické nebo legislativní požadavky.
- **Data získaná během celého životního cyklu slouží jako zpětná vazba pro vývoj dalších produktů.**

Klasifikace poruch a poruchových stavů

Řešení začíná analýzou:

- příčin vzniku poruch,
- jejich průběhu a následků,
- možností poruchám předcházet,
- způsobů odstranění jejich následků.

Poruchy mohou vznikat vlivem různých náhodných faktorů během **celého životního cyklu produktu**.

Porucha (Failure)

- Událost, při které produkt **ztratí schopnost plnit požadovanou funkci**.
- Po poruše se produkt nachází v **poruchovém stavu**.
- Porucha může být například:

***nepodstatná**, tj. změna stavu produktu, která není podstatná pro činnost produktu nebo **částečná**, která způsobí neschopnost produktu plnit některé, nikoli všechny požadované funkce.*

Poruchové stavy

a) podle příčin vzniku se rozlišuje

poruchový stav (Fault)

- Stav, kdy produkt **není schopen plnit požadovanou funkci**.

výrobní porucha

- způsobená neshodou výrobního provedení nebo určených výrobních postupů s návrhem produktu,

porucha způsobená opotřebením (wearout failure)

- je porucha, jejíž pravděpodobnost výskytu vzrůstá s časem jako důsledek vnitřních procesů produktu,

porucha z nesprávného použití

- způsobená používáním při namáháních překračujících stanovenou způsobilost produktu,

systematická porucha

- Porucha, kterou jednoznačně způsobila určitá příčina a kterou je možno odstranit jen změnou návrhu, projektu nebo konstrukce, výrobního procesu, provozu nebo jiných souvisejících činitelů.

Klasifikace poruch

Poruchy lze hodnotit z několika kategorií:

Technická

- příčina poruchy,
- mechanismus vzniku,
- rozsah a následky.

Ekonomická

- výše vzniklých škod,
- náklady na opravu,
- rozhodnutí mezi opravou a výměnou.

Právní

- odpovědnost za škodu,
- ohrožení zdraví a života,
- dopady na životní prostředí.

Klasifikace poruch

b) podle závislosti jedné poruchy na druhé se rozlišuje:

- **nezávislá porucha** (*primary failure*), je to porucha produktu nezpůsobená přímo ani nepřímo poruchou nebo poruchovým stavem jiného produktu,
- **závislá porucha** (*secondary failure*), je to porucha produktu způsobená buď přímo, anebo nepřímo poruchou nebo poruchovým stavem jiného produktu;

c) podle časového průběhu charakteristik produktu se rozlišuje

- **náhlá porucha** (*sudden failure*), je to porucha, která nemohla být očekávána na základě předchozího zkoumání nebo sledování,
- **postupná porucha** (*gradual failure*), je to porucha způsobená změnou daných charakteristik produktu v čase;

d) z hlediska **stupně narušení provozuschopnosti** produktu se rozlišuje

- **úplná porucha** (*complete failure*), je to porucha způsobující úplnou neschopnost produktu plnit všechny požadované funkce,
- **částečná porucha** (*partial failure*), je to porucha způsobující neschopnost produktu plnit některé, nikoliv však všechny požadované funkce;

Klasifikace poruch

e) kombinací obou těchto hledisek se rozlišuje

- **havarijní porucha** (*catastrophic failure*) jako náhlá a úplná,
- **degradační porucha** (*degradation failure*) jako postupná a částečná.

Pro provádění zkoušek bezporuchovosti, příp. životnosti, je důležité další členění poruch podle kritéria vyloučení poruchy:

- **započítávaná porucha** (*relevant failure*) je porucha, kterou je třeba začlenit do interpretace výsledků zkoušek nebo provozu nebo do výpočtu hodnoty ukazatele bezporuchovosti (životnosti),
- **nezapočítávaná porucha** (*non-relevant failure*) je porucha, kterou je třeba vyloučit z interpretace výsledků zkoušek nebo provozu nebo do výpočtu hodnoty ukazatele bezporuchovosti (životnosti).

Nejčastější příčiny poruch

- Uvedená klasifikace poruch umožňuje hodnotit zejména **bezporuchovost, životnost a bezpečnost** produktu.

Mezi nejčastější příčiny poruch patří:

- **Stárnutí, opotřebení a koroze**
 - vedou k postupné degradaci produktu,
 - typické pro hodnocení **životnosti**,
 - často jim lze předcházet **preventivní údržbou**.
- **Krátkodobá přetížení**
 - mohou způsobit **náhlé poruchy**,
 - např. křehký lom, přerušení vodiče nebo zkrat.
- **Nedodržení pravidel obsluhy a údržby**
 - poruchy vznikají v důsledku **nesprávného zacházení**.
- **Chyby v návrhu a konstrukci**
 - vedou ke **konstrukčním poruchám**.
- **Chyby ve výrobě a montáži**
 - např. porušení technologických postupů nebo použití nevyhovujícího materiálu,
 - příčina **výrobních poruch**.
- **Nestabilita zdrojů energie**
 - významná příčina poruch u technických zařízení závislých na napájení.

Výpočet ukazatelů spolehlivosti

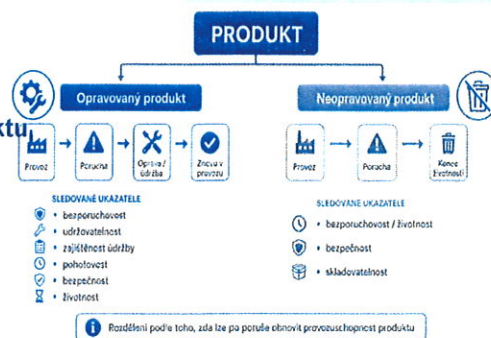
Pro hodnocení spolehlivosti se produkty dělí podle možnosti obnovení jejich provozuschopnosti na:

Opravované produkty

- po poruše lze jejich funkci **obnovit opravou nebo údržbou**,
- hodnotí se zejména:
 - bezporuchovost,
 - udržitelnost,
 - zajištěnost údržby,
 - pohotovost,
 - bezpečnost a životnost.

Neopravované produkty

- po úplné poruše se jejich funkce **neobnovuje**,
- úplná porucha zpravidla znamená **konec životnosti produktu**,
- hodnotí se zejména:
 - bezporuchovost / životnost,
 - bezpečnost,
 - případně skladovatelnost.
- **Příklady:** střelivo, některé baterie nebo jednorázové prvky.



Výpočet spolehlivosti - problematika

- Praxe = jak dlouho to opravdu vydrželo.
- Teorie = jak by to mělo vydržet.
- Teoreticky můžeme MTBF odhadnout z dokumentace výrobce, z poruchovosti komponent nebo z předpokládaných provozních podmínek.
- V praxi do toho vstoupí realita: teplo, prach, vlhkost, vibrace, špatná montáž, lidská chyba, stáří součástí, výpadky napájení, opožděná údržba nebo technik, nesprávný náhradní díl.
- **Potřebujeme data** se kterými můžeme pracovat, čím více dat tím můžeme být přesnější
- Porouchá se 1 z 100 = 1%
- Porouchá se 1 z 1000 = 0,1%
- Porouchá se 1 z 10000 = 0,01%

Výpočet spolehlivosti - legenda

- **MTBF – Mean Time Between Failures** - Střední doba mezi poruchami.
- **MTTF – Mean Time To Failure** - Střední doba do poruchy.
- **MTTFF – Mean time to first Failure** - Střední doba do první poruchy.
- **MTTR – Mean Time To Repair** - Střední doba opravy.
- **MDT – Mean Down Time** - Střední doba odstávky.
- **MUT – Mean Up Time** - Střední doba provozuschopnosti.
- **Failure Rate** – Intenzita poruch / poruchovost
- **Availability** – pohotovost = $MTBF / (MTBF + MTTR)$
- **Operational Availability** – Provozní dostupnost
- **Inherent Availability**
- **Achieved Availability**
- A další.....

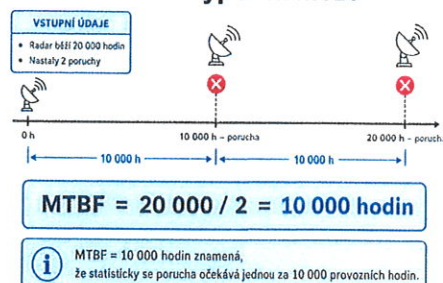
Ukazatele spolehlivosti (bezporuchovosti) opravovaných produktů

MTBF – Mean Time Between Failures – Střední doba mezi poruchami

Říká, jak dlouho v průměru zařízení běží mezi dvěma poruchami.

- Používá se hlavně pro zařízení, která se po poruše **opravují a znovu používají**.
- **Zjednodušeně** = celková doba provozu / počet poruch

Příklad výpočtu MTBF

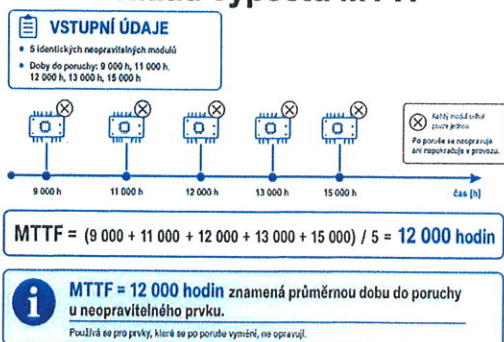


Ukazatele spolehlivosti (bezporuchovosti) NEopravovaných produktů

MTTF – Mean Time To Failure – Střední doba do poruchy

- Podobné jako MTBF, ale používá se hlavně pro věci, které se **neopravují**, ale po poruše se vymění.
- Poruchou jednoduše životnost končí, neřešíme ostatní věci

Příklad výpočtu MTTF



Ukazatele spolehlivosti (bezporuchovosti) opravovaných produktů

MTTFF – Mean Time To First Failure – Střední doba do první poruchy

Říká, jak dlouho v průměru zařízení pracuje od uvedení do provozu než se objeví první porucha.

- Používá se hlavně pokud testujeme více stejných zařízení
- Měří jen první poruchu oproti MTBF **většinou** první porucha nastává až po delší době
MTTFF= 8000h / MTBF= 2000h (postupná degradace materiálu)
- Skvělé na odhalení chyb v odstartování výroby (předimenzované součástky, procesy)
- Příklad:

Ukazatele spolehlivosti (bezporuchovosti) opravovaných produktů

MTTFF – Mean Time To First Failure (Střední doba do první poruchy)

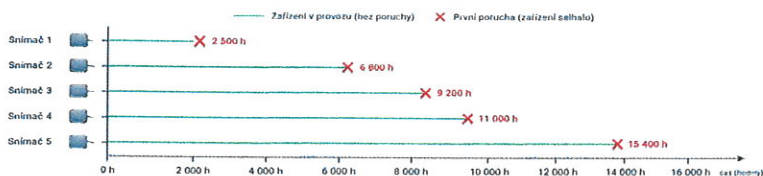
MTTFF říká, jak dlouho v průměru vydrží zařízení fungovat, než se objeví první porucha. Používá se u zařízení, která se po poruše obvykle nevracejí do původní podoby, ale vymění.

$$MTTFF = \frac{\text{součet provozních dob do první poruchy}}{\text{počet zařízení (nebo jednotek)}}$$

Příklad použití: žárovky, jednorázové senzory, moduly, pojistky, levné elektronické prvky apod.

Příklad:

Máme 5 snímačů stejného typu. Sledujeme, po kolika hodinách provozu u každého z nich nastala první porucha.



Výpočet MTTFF:

Součet dob do první poruchy = 2 500 + 6 800 + 9 200 + 11 000 + 15 400 = 44 900 h
Počet zařízení = 5

$$MTTFF = 44\,900 / 5 = 8\,980 \text{ hodin}$$

Interpretace:

Statisticky lze očekávat, že jeden snímač tohoto typu vydrží v průměru 8 980 hodin než se objeví jeho první porucha.

Neznamená to, že každý setře přesně po 8 980 hodinách – jde o průměrnou hodnotu.

MTTFF se nepoužívá pro zařízení, která se po poruše opravují a znovu používají. Pro taková zařízení se používá MTBF (Mean Time Between Failures).

Ukazatele spolehlivosti (bezporuchovosti) opravovaných produktů

MTTR – Mean Time To Repair– Střední doba opravy

Říká, jak dlouho v průměru trvá opravit zařízení po poruše.

Zahrnovat může:

- diagnostiku závady
- příjezd technika
- výměna dílu
- test po opravě
- návrat systému do provozu.

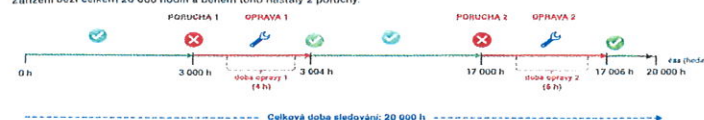
MTTR – Mean Time To Repair Střední doba opravy

Říká, jak dlouho v průměru trvá opravit zařízení po poruše a vrátit ho zpět do provozu.

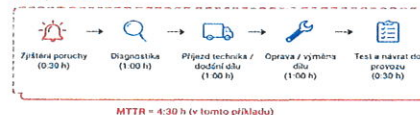
$$MTTR = \frac{\text{celková doba oprav}}{\text{počet oprav}}$$

Legenda:  Zařízení v provozu  Porucha (zařízení nefunguje)  Oprava (zařízení mimo provoz)  Zařízení opraveno, vráceno do provozu

Příklad: Zařízení běží celkem 20 000 hodin a během toho nastaly 2 poruchy.



Co se počítá do MTTR:

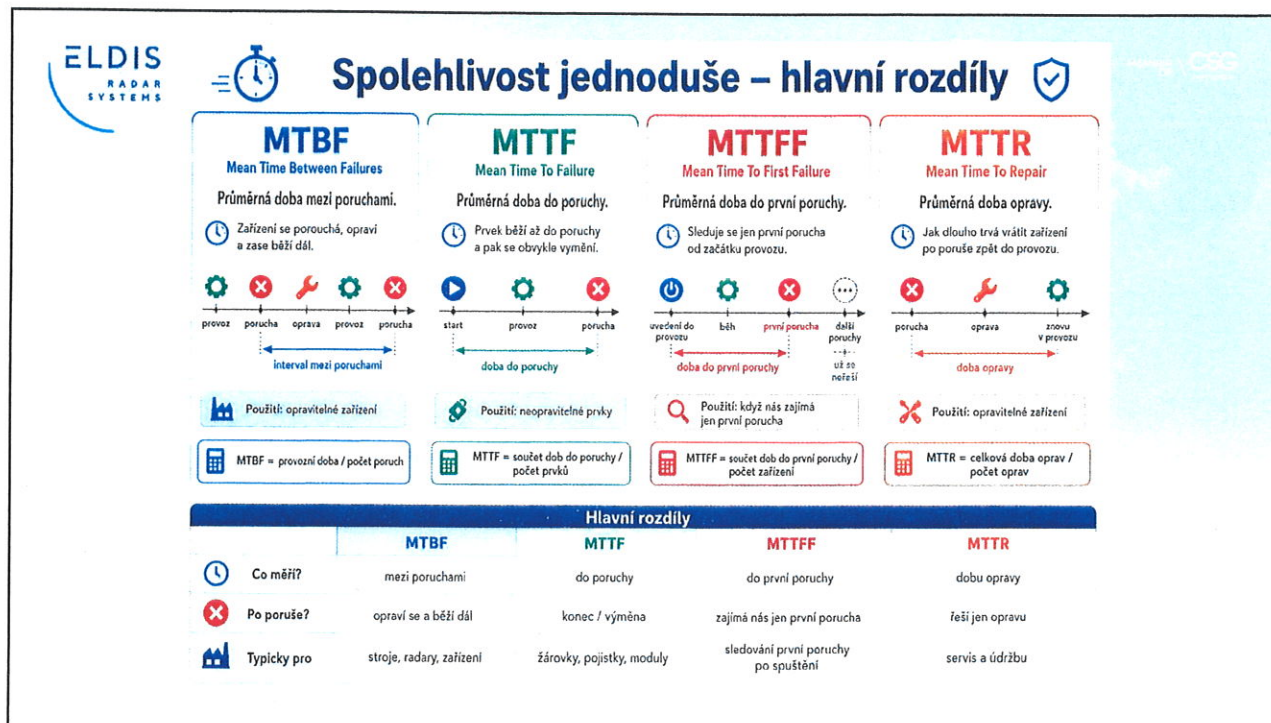


Výpočet MTTR v příkladu:

Doba opravy 1 = 4 h
Doba opravy 2 = 6 h
Celková doba oprav = 4 h + 6 h = 10 h
Počet oprav = 2
MTTR = 10 h / 2 = 5 h
MTTR = 5 hodin

Význam: MTTR = 5 hodin znamená, že v průměru trvá oprava a uvedení zařízení zpět do provozu 5 hodin. Nižší MTTR = rychlejší oprava = vyšší dostupnost systému.

V tendrech je dobré si hlídat, co přesně se do MTTR počítá.



ELDIS RADAR SYSTEMS

Výpočet spolehlivosti

DATA

- Čerpáme od výrobce součástky z datasheetu, ze zkušeností podobných zařízení nebo metodika MIL-HDBK-217F (americká vojenská příručka pro **teoretický výpočet spolehlivosti elektronických zařízení**.)
- Poruchovost součástky je λ = lambda = intenzita poruch
- $MTBF = 1 / \lambda$ (při předpokladu konstantní intenzity poruch / exponenciálního modelu)

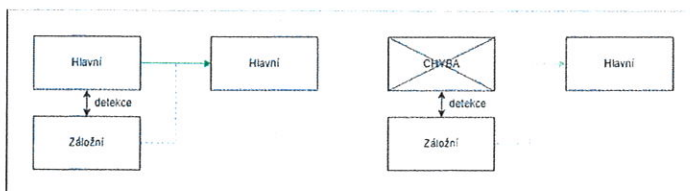
Příklad:

ventilátor $\lambda = 0,00002$ poruch/h
 zdroj $\lambda = 0,00001$ poruch/h
 modul $\lambda = 0,00003$ poruch/h

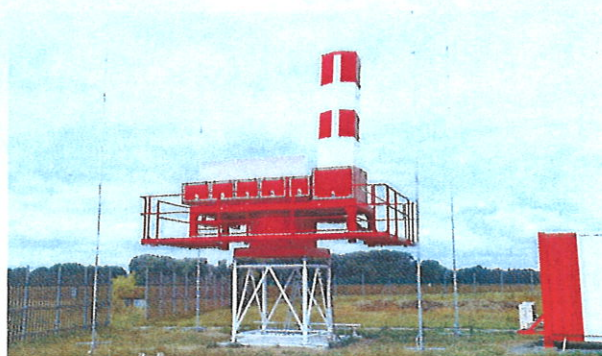
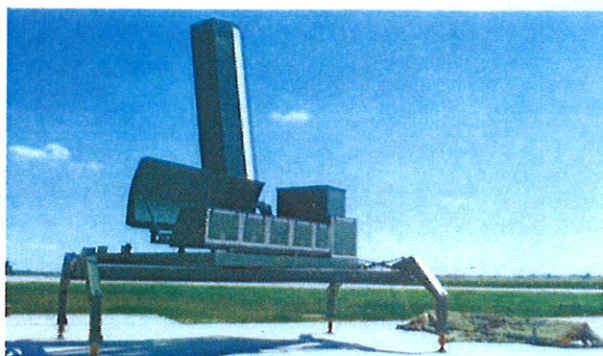
Výpočet spolehlivosti

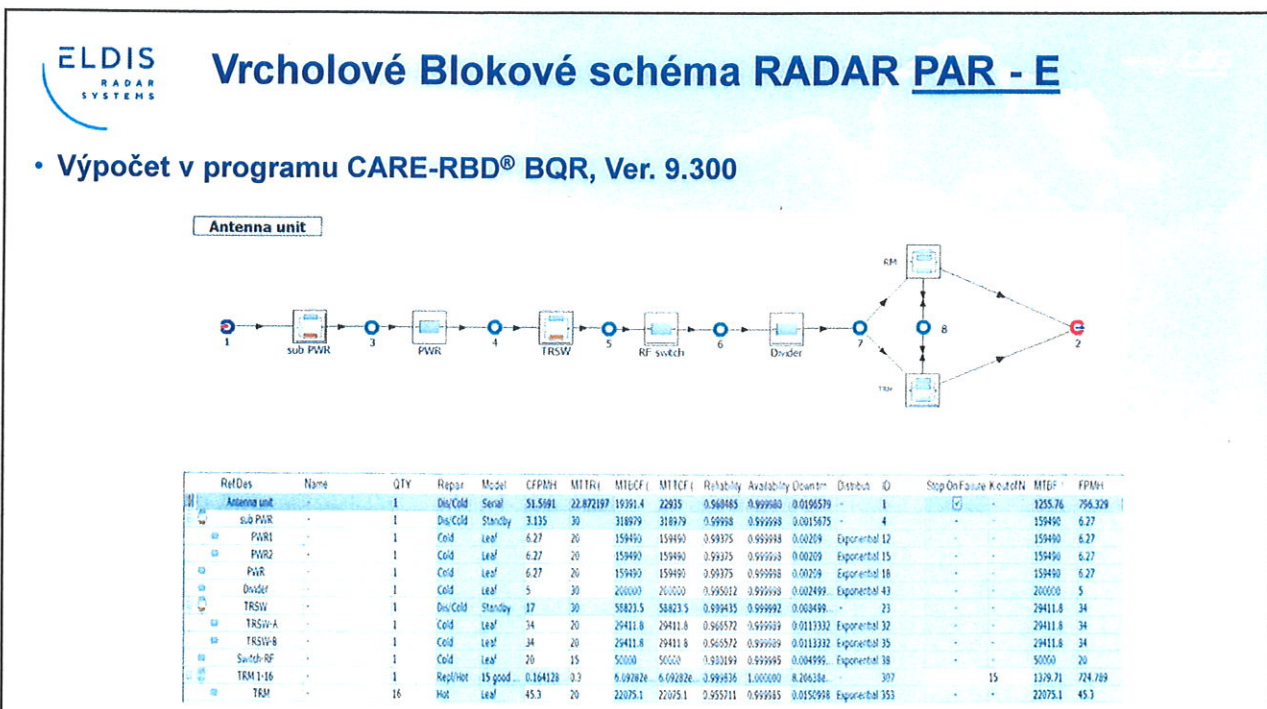
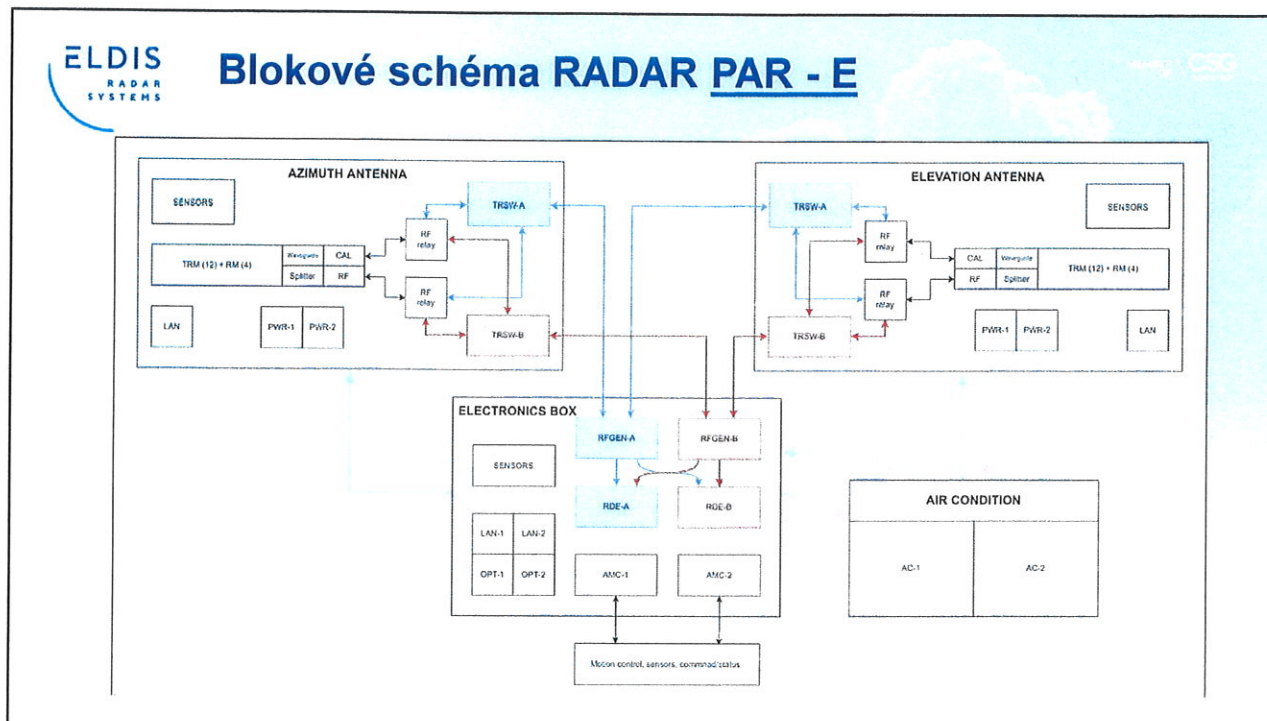
ZAPOJENÍ

- Sériové - když selže jedna část, selže celý systém.
- U sériového zapojení se poruchovosti sčítají: $\lambda_{\text{systému}} = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots$
- Paralelní / redundance - systém funguje, dokud funguje alespoň jedna větev.
- Redundantní – zálohované, dvojité



Příklad RADAR PAR - E





Výpočet anténní jednotky RADAR PAR - E

Reliability Definition Time: 1000.0 (Hrs)

Level	Reference Designator	Model	QTY	K/N	Basic/ Spares	Repair	MTBCF (HRS)	MTTCF (HRS)	CFPMH	MTTR (MIN)	RELIABILITY	AVAILABILITY	DOWN TIME (HRS)
0	Antenna unit	Serial	1			Cold repair	35082	42315.8	28.5047	27.012414	0.987074	0.999987	0.0128328
..1	sub PWR	Standby	1			Cold repair	318979	318979	3.135	30	0.99998	0.999998	0.0035675
...2	PWR1	LEAF	1		Basic	Cold repair	159490	159490	6.27	20	0.99375	0.999998	0.00209
...2	PWR2	LEAF	1		Spares	Cold repair	159490	159490	6.27	20	0.99375	0.999998	0.00209
..1	PWR	LEAF	1			Cold repair	159490	159490	6.27	20	0.99375	0.999998	0.00209
..1	Divider	LEAF	1			Cold repair	200000	200000	5	30	0.995012	0.999998	0.00249999
..1	TRSW	Standby	1			Cold repair	78740.2	78740.2	12.7	30	0.999683	0.999994	0.00634996
...2	TRSW-A	LEAF	1		Basic	Cold repair	39370.1	39370.1	25.4	20	0.97492	0.999992	0.00846659
...2	TRSW-B	LEAF	1		Spares	Cold repair	39370.1	39370.1	25.4	20	0.97492	0.999992	0.00846659
..1	Switch-RF	LEAF	1			Cold repair	769231	769231	01.3	15	0.998701	1.000000	0.000325
..1	TRM 1-16	K/N (ident.)	1	15 good out of 16		Hot repair	1.00333e+07	1.00333e+07	0.0996684	0.3	0.9999	1.000000	4.98342e-07
...2	TRM	LEAF	16			Hot repair	28328.6	28328.6	35.3	20	0.965316	0.999988	0.0117665

Výpočet elektronické části RADAR PAR - E

Reliability Definition Time: 1000.0 (Hrs)

Level	Reference Designator	Model	QTY	K/N	Basic/ Spares	Repair	MTBCF (HRS)	MTTCF (HRS)	CFPMH	MTTR (MIN)	RELIABILITY	AVAILABILITY	DOWN TIME (HRS)
0	Electronic box	Parallel	1			Cold repair	84601	104899	XI 02	33.444269	0.999	0.999993	0.00658858
..1	ELECTRONICS	Serial	1			Cold repair	84601	104899	XI 02	33.444269	0.999	0.999993	0.00658858
...2	PWR	LEAF	1			Cold repair	1.00E+06	1.00E+06	1	20	0.999	1.000000	0.000333333
...2	AMC RFGEN	Parallel	1			Cold repair	92419.9	112444	X 02	34.686775	1	0.999994	0.00625525
...3	AMC	Serial	1			Cold repair	73260.1	87611.4	13.65	25.983031	0.999775	0.999994	0.00591247
...4	PWR 1-2	Standby	1			Cold repair	273973	273973	III 65	15	0.999973	0.999999	0.000912499
...5	1	LEAF	1		Basic	Cold repair	136986	136986	07.11	15	0.992727	0.999998	0.001825
...5	2	LEAF	1		Spares	Cold repair	136986	136986	07.11	15	0.992727	0.999998	0.001825
...4	AMC	Standby	1			Cold repair	100000	100000	10	30	0.999003	0.999995	0.00499998
...5	AMC1	LEAF	1		Basic	Cold repair	50000	50000	20	30	0.980199	0.999990	0.00999999
...5	AMC2	LEAF	1		Spares	Cold repair	50000	50000	20	30	0.980199	0.999990	0.00999999
...3	RFGEN	Serial	1			Cold repair	62111.8	77375.5	16.1	20.000026	0.999735	0.999995	0.00536664
...4	RFGEN	Standby	1			Cold repair	105890	109890	09.1	20	0.999836	0.999997	0.00303332
...5	A	LEAF	1		Basic	Cold repair	54945.1	54945.1	18.11	20	0.981965	0.999994	0.00606663
...5	B	LEAF	1		Spares	Cold repair	54945.1	54945.1	18.11	20	0.981965	0.999994	0.00606663
...4	RDE	Standby	1			Cold repair	142857	142857	7	20	0.999903	0.999998	0.00233333
...5	A	LEAF	1		Basic	Cold repair	71428.6	71428.6	14	20	0.986098	0.999995	0.00466664
...5	B	LEAF	1		Spares	Cold repair	71428.6	71428.6	14	20	0.986098	0.999995	0.00466664

Vrcholový výpočet pro RADAR PAR - E

Reliability Definition Time: 1000.0 (Hrs)

Level	Reference Designator	Model	QTY	K/N	Basic/ Spares	Repair	MTBCF (HRS)	MTTCF (HRS)	CFPMH	MTTR (MIN)	RELIABILITY	AVAILABILITY	DOWN TIME (HRS)
0	PAR-NG	Serial	1			Cold repair	14528.6	14528.6	68.8296	24.687936	0.933486	0.999972	0.0283202
.1	Azimuth	LEAF	1			Cold repair	35081.9	35081.9	28.5047	22.872197	0.971898	0.999989	0.010866
.1	Elevation	LEAF	1			Cold repair	35081.9	35081.9	28.5047	22.8722	0.971898	0.999989	0.010866
.1	electronic unit	LEAF	1			Cold repair	84600.9	84600.9	XI 02	33.444	0.988249	0.999993	0.00658854

MTBFC (HRS)
14528.6

MTTR (MIN)
24.688

Zkoušky spolehlivosti

- Zkoušky spolehlivosti slouží k experimentálnímu **ověření a stanovení úrovně spolehlivosti produktu** pomocí konkrétních ukazatelů.

Hlavní cíle zkoušek:

- odhalení **kritických prvků a příčin poruch**,
- ověření výpočtů a prognóz z etapy návrhu,
- prověření kvality výrobních procesů,
- optimalizace systému údržby,
- prokázání požadovaných ukazatelů spolehlivosti,
- získání podkladů pro **přejímku produktu**.
- Výsledky zkoušek umožňují přijímat **nápravná opatření** a dále zvyšovat spolehlivost produktu.

Zkouška → Naměřená data → Vyhodnocení → Nápravné opatření → Vyšší spolehlivost

Použití zkoušky spolehlivosti

- Zkoušky spolehlivosti **nenahrazují ostatní technické zkoušky** produktu.

například:

- zkoušky technických parametrů,
- funkční zkoušky,
- zkoušky v extrémních provozních podmínkách.

Ale mohou být:

- součástí **programu spolehlivosti**,
- nebo prováděny samostatně při vývoji, výrobě či přejímce produktu.

Zkoušky lze provádět na:

- **vývojových modelech a prototypch,**
- **ověřovacích sériích,**
- **výrobních prototypch.**
- Při hodnocení jednotlivých částí systému se využívá také **blokový diagram spolehlivosti**.

Členění zkoušek spolehlivosti

Zkoušky spolehlivosti lze rozdělit podle tří hlavních hledisek:

1. Podle účelu

- **určující**
- **ověřovací**
- **vývojové**

2. Podle sledované vlastnosti

- zkoušky **bezporuchovosti**
- zkoušky **životnosti**

3. Podle doby trvání

- **normální (dlouhodobé)**
- **zkrácené**
- **zrychlené**

- Cílem vhodného typu zkoušky je získat potřebné informace o spolehlivosti produktu při přijatelných časových a finančních nárocích.

Členění zkoušek spolehlivosti



i Zkoušky lze členit podle účelu, sledované vlastnosti a doby trvání.

Členění zkoušek spolehlivosti

Zkoušky podle účelu

Určující zkoušky

- Slouží ke **stanovení hodnot ukazatelů spolehlivosti**.
- Výsledkem jsou bodové nebo intervalové odhady.
- Používají se pro stanovení nebo zpřesnění požadavků na spolehlivost produktu.

Ověřovací zkoušky

- Slouží k **ověření, zda produkt splňuje stanovené požadavky na spolehlivost**.
- Typicky se používají při kvalifikaci nebo přejímce produktu.

Vývojové zkoušky

- Zaměřují se na **postupné zvyšování spolehlivosti během vývoje**.
- Pomáhají odhalit slabá místa, příčiny poruch a zavést nápravná opatření.
- **Princip vývojových zkoušek:**
Zkouška → Porucha → Analýza příčiny → Nápravné opatření → Opakovaná zkouška

Zkoušky a kontroly podporující spolehlivost v ELDIS

Klimatické zkoušky

- Klimatické zkoušky slouží k ověření **odolnosti a životnosti jednotlivých modulů** při působení různých podmínek prostředí.

Interní zkoušky

- jednotlivé moduly testujeme ve **vlastní klimatické komoře**,
- ověřujeme jejich chování při definovaných teplotních a klimatických podmínkách,
- zkoušky slouží zejména k ověření **životnosti, stability a správné funkce** produktu.

Externí zkoušky

- složitější nebo speciální zkoušky provádíme v **externích akreditovaných / specializovaných laboratořích**,
- jedná se například o **prachové zkoušky** a další zkoušky vyžadující speciální vybavení.
- **Výsledkem je ověření, že produkt splňuje požadované podmínky pro provoz v předpokládaném prostředí.**

Zkoušky a kontroly podporující spolehlivost v ELDIS

Vstupní kontrola materiálu

- kontrola materiálu a dílů při jejich převzetí,
- ověření rozměrů, jakosti a dokumentace,
- kontrola **materiálových certifikátů** a shody s požadavky projektu.

Ověření materiálových vlastností

- kontrola chemického složení materiálu,
- zkoušky tvrdosti a mechanických vlastností,
- ověření, že použitý materiál odpovídá předepsané specifikaci.

Nedestruktivní zkoušky (NDT)

- **RT / 3D rentgen / CT** – kontrola vnitřních vad materiálu nebo výrobku,
- **ultrazvuková kontrola (UT)** – hledání vnitřních vad materiálu,
- kapilární nebo magnetická kontrola – zjištění povrchových a podpovrchových vad.

Zkoušky a kontroly podporující spolehlivost v ELDIS

Mezioperační kontrola

- Provádí se **v průběhu výroby mezi jednotlivými výrobními operacemi**.
- Cílem je odhalit neshody **co nejdříve**, ještě před dokončením výrobku.
- Kontroluje se zejména:
 - rozměrová a vizuální shoda,
 - kvalita provedení,
 - správnost montáže a **pájení**
 - dodržení technologického postupu,
 - případně elektrické nebo funkční parametry.
- **Výhoda:**
Včasně zachycení chyby snižuje riziko a náklady na opravy, než se neshodný díl dostane do dalších fází výroby.
- **příklad:** Po fyzickém sestavením a při „oživení“ jednotlivých modulů.

QAP - Quality assurance plan

QAP definuje **zajištění kvality během celého životního cyklu produktu** – od požadavků zákazníka až po instalaci a převěření.

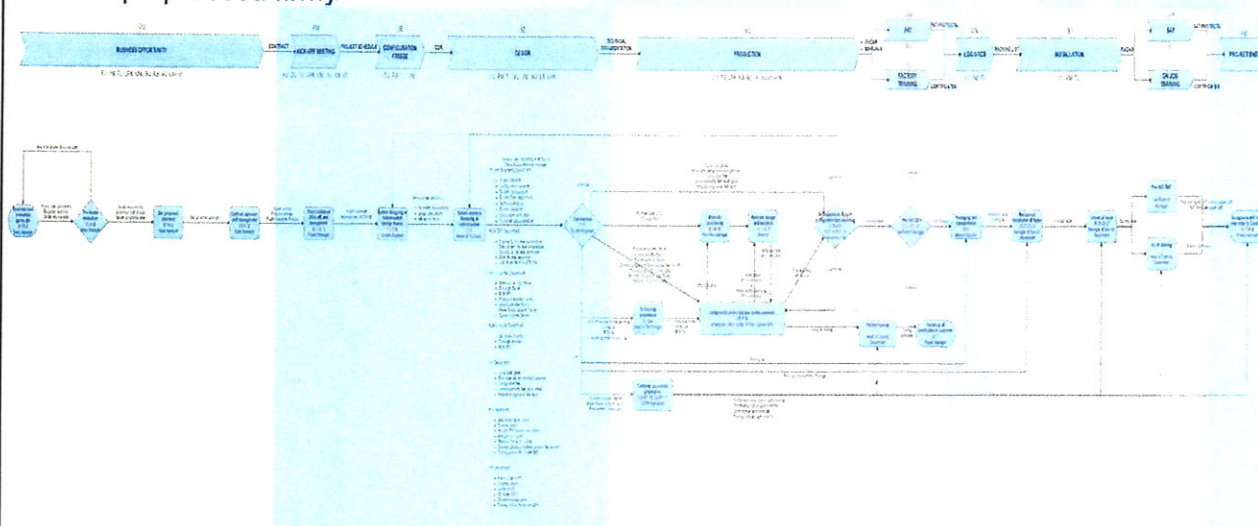
- **Obchod a projekt** – přezkoumání požadavků zákazníka, řízení projektových rizik.
- **Návrh a vývoj** – FMECA, plán ověřování a validace, řízení neshod.
- **Nákup** – hodnocení dodavatelů, vstupní kontrola materiálu a komponent.
- **Výroba** – mezioperační kontroly, kvalifikace procesů, FAI a FAT.
- **Skladování a logistika** – identifikace, manipulace a ochrana výrobku.
- **Instalace u zákazníka** – kontrola instalace, řešení neshod a SAT.

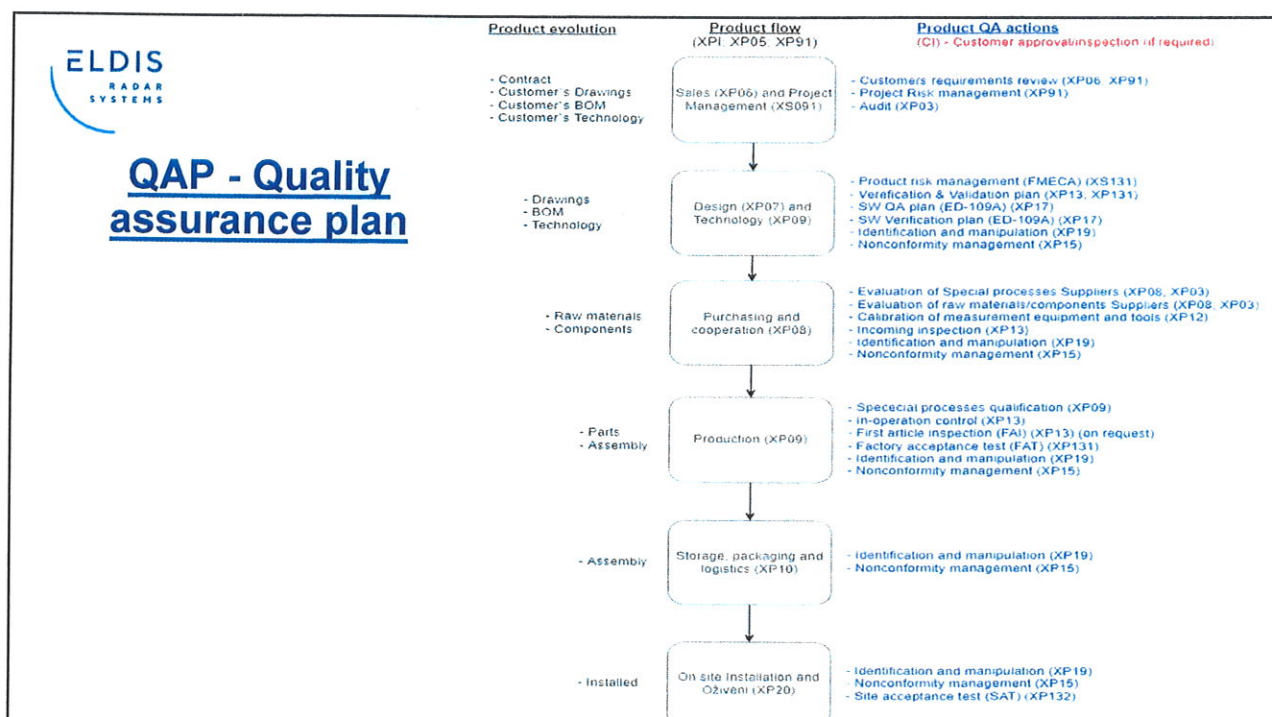
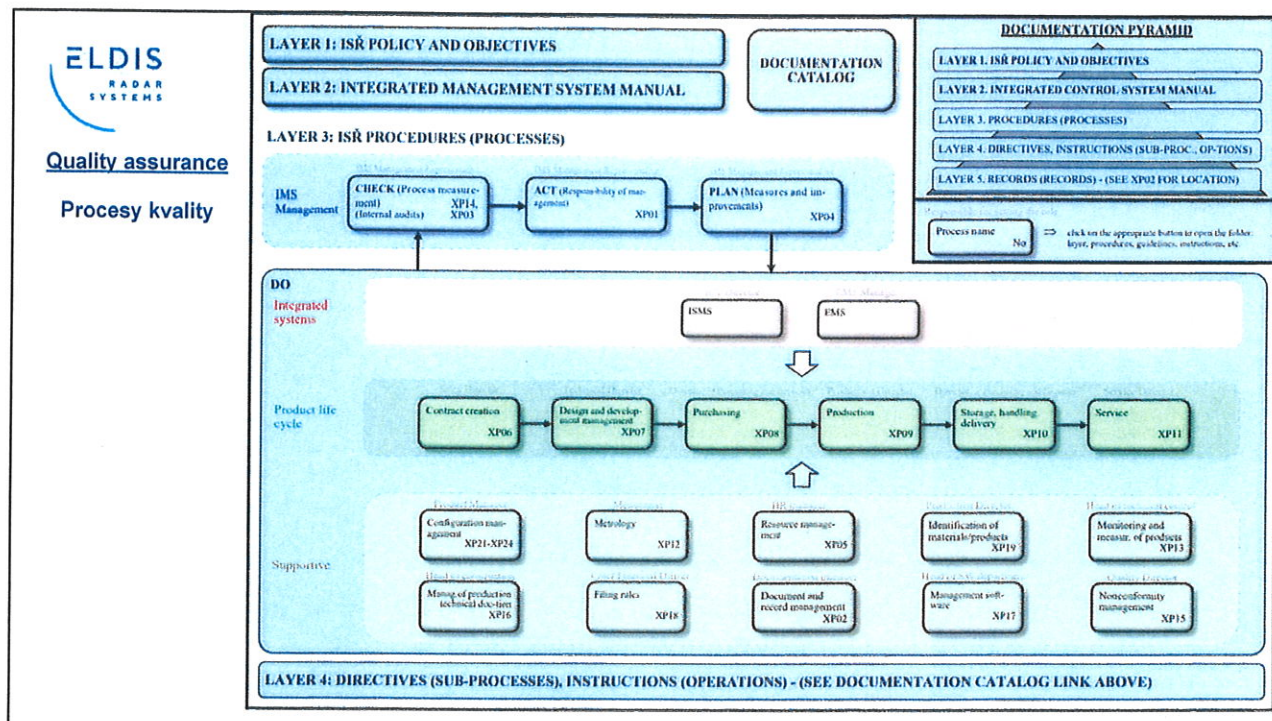
QAP propojuje požadavky → návrh → nákup → výrobu → kontrolu → převěření produktu.

Hlavní cíl: **zajistit a prokázat shodu produktu s požadavky zákazníka v každé fázi projektu.**

Quality assurance

- Mapa procesů firmy





Kniha neshod a řešení neshod

Kniha neshod slouží k evidenci všech zjištěných odchylek od požadavků během výroby, zkoušek, instalace nebo provozu.

- zaznamenává **popis neshody, místo vzniku a odpovědnost**,
- umožňuje sledovat **stav řešení a přijatá opatření**,
- pomáhá určit **příčinu problému**,
- slouží jako podklad pro **nápravná a preventivní opatření**,
- poskytuje data pro **analýzu opakujících se poruch a zlepšování produktu**.

Typický postup:

- **Zjištění neshody → Evidence → Analýza příčiny → Nápravné opatření → Ověření účinnosti → Uzavření**
- Hlavní přínos: **neshoda se nejen opraví, ale řeší se i její příčina, aby se neopakovala.**

Kniha neshod a řešení neshod

Identifikace → Analýza příčiny → Nápravné opatření → Ověření účinnosti → Uzavření

ÚRK report

Sekce A							Sekce B	Sekce C		
Vypílní: Autor Nesh							Vypílní: Úřk	Vypílní: Osoba odpovědná za NS		
Číslo NS	Produkt (RL, PAR, Kombi, atd.)	DN	SN (pokud známo)	Počet kusů	Místo zjištění neshody	Popis neshody	Odpovědný úsek za řešení NS	Detailnější analýza (opatření k nápravě) ANO / NE	Za vypořádání neshody zodpovídá	Příčina neshody
25_001_NS	PAR-NG	Q32031	N/A	1	Montáž	V místě okna pro vyzářovač u výškové antény Q32031 je průhyb až 4mm, který způsobil nemožnost montáže standardně vyráběného vyzářovače.	Úsek řízení kvality	NE	Exner	1. Hlavní příčina nezjištění neshodného rozměru a jeho kóty ve 2. Možná příčina- vznik průhybu "v čas velkého svalence uvolnit
25_002_NS	RL-2000/MSSR-1	T8221	N/A	1	Oživení	Zlomený optický kabel W776	Technický úsek	NE	Exner	Pravděpodobně zlomeno při man
25_003_NS	RL-2000/MSSR-1	T8221	N/A	1	Oživení	Špatně zapojený kabel W783. Místo do ISSR-A byl zapojen do AILAN-A	Výrobní úsek	NE	Cvejn	Chyba montážníka - nelze určit konkrétní příčinu
25_004_NS	RL-2000/MSSR-1	T8221	N/A	1	Oživení	Chybí kabely W234; W741; W742	Výrobní úsek	NE	Cvejn	Nebyla určena délka kabelu-ve spěchu
25_005_NS	RL-2000/MSSR-1	T8221	N/A	1	Oživení	Špatně zapojené kabely W785; W786 v konektoru CAN9-relé	Výrobní úsek	NE	Cvejn	Chyba montážníka
25_006_NS	RL-2000/MSSR-1	T8221	N/A	1	Oživení	Utřížený drát od teplotního čidla na desce TVDU-3	Výrobní úsek	NE	Cvejn	Chyba montážníka - nelze určit konkrétní příčinu
25_007_NS	RL-2000/MSSR-1	T8221	N/A	1	Oživení	CSA 2 - LOW/HIGH/METEO chybi popis LED	Úsek řízení kvality	NE	Exner	Chyba kontroly na mo
25_008_NS	RL-2000/MSSR-1	T8221	N/A	1	Oživení	Ventilátor ve skříni AF, jednotka R3350 SN 10024 je hlubší.	Úsek řízení kvality	NE	Exner	Pravděpodobně došlo k závažnému závadu

FMECA - Failure Modes, Effects and Criticality Analysis

FMECA je metoda používaná k systematickému posouzení možných poruch produktu.

- identifikuje **možné způsoby poruchy** jednotlivých částí systému,
- hodnotí jejich **příčiny a následky**,
- určuje **kritičnost poruch** podle jejich dopadu,
- pomáhá odhalit **slabá místa návrhu**,
- slouží jako podklad pro **nápravná opatření, údržbu a další zvyšování spolehlivosti**.

Typický postup:

- Prvek systému → Možná porucha → Příčina → Následek → Kritičnost → Nápravné opatření

Hlavní přínos: zaměřit pozornost na poruchy s největším dopadem ještě předtím, než nastanou v provozu a před výrobou prototypu při vývoji

- Struktura převzata z **AIAG & VDA FMEA Handbook**

FMECA

- Vycházeli jsme z **AIAG & VDA FMEA Handbook**

Název organizace	ELDIS Pardubice, s.r.o.	FMEA - Identifikační číslo	FM0001															
Systém:	pl. PARING	Datum poslední revize:	XX.XX.2021															
Subsystém:	pl. starova anténa	Odpovědnost za vývoj:	XXX															
Prvek k analýze:	pl. hardware/software/proces	Třída ochrany informací	Důvěrné															
1. MOTIV																		
KROK 2	KROK 3	KROK 4	KROK 5	KROK 6	KROK 7	KROK 8	KROK 9	KROK 10	KROK 11	KROK 12	KROK 13							
Prvek	Požadavek na funkci	Potenciální způsob poruchy	Potenciální důsledky poruchy	Význam	Potenciální příčina	Výskyt	Složení řízení procesu	Odhalení	Riziko	Opravitelnost	BIT	Doporučený zásah	Odpovědnost a cílové datum dokončení	Ukutečněný zásah	Nový výskyt	Nový výskyt	Nový odhalení	Nové riziko
VZOROVÝ PŘÍKLAD																		
TEPLOTNÍ SENZOR - VENKOVNÍ	Zajišťuje snímání venkovní teploty - čísla ovládací funkce zařízení	Degradace parametrů vlivem teploty	Nepřesnost zařízení při měření	4	Dlouhodobé vystavení častým změnám teplot	3	Specifikace provozních podmínek a životnosti zařízení	5	1	0	N/A							
			Poškození senzoru - ztráta funkce měření	4	Dlouhodobé vystavení vysokým / nízkým teplotám mimo provozní podmínky	2	Specifikace provozních podmínek a životnosti zařízení	6	1	0	N/A							
		Degradace parametrů vlivem stárání (např. mechanické cykly)	Nepřesnost zařízení při měření	4	Opotřebení zařízení stáráním	3	Specifikace životnosti zařízení	5	1	0	N/A							
		Degradace parametrů vlivem mechanických vlivů - rázy, vibrace	Nepřesnost zařízení při měření	4	Dlouhodobé působení vibrací při provozu zařízení	4	N/A	6	1	0	N/A							
			Poškození senzoru - ztráta funkce měření	4	Mechanické poškození zařízení	3	Senzor je zakrytovaný. Senzor je mimo prostor účelné manipulace	5	1	0	N/A							

FMECA krok 1 – 7 opravitelnost a BITE

KROK 1 - Vyplňte hlavičku projektu, číslo projektu přiřadte dle seznamu FMEA dokumentů. Při každém zásahu do reportu zapište datum změny.

KROK 2 - Zapište vybraný prvek systému.

KROK 3 - K vybranému prvku systému popište jeho funkci.

KROK 4 - Vypište všechny možné vady prvku a jejich následky a příčiny.

KROK 5 - Definujte stávající řízení procesu.

KROK 6 - Opravitelnost

Určete do jaké úrovně spadá opravitelnost.

ZÁKLADNÍ	1	Opravitelné se základní znalostí radaru a jeho údržby do 45 minut
NÁROČNÁ	2	Opravitelné pomocí rozšířeného školení např: oprava modulu, přehrazení firmware Opravitelné pomocí připojení zaměstnance ELDİSu přes VPN, do 24 hodin
POKROČILÁ	3	Neopravitelné na místě. Nutno poslat do Eldisu nebo poslat zaměstnance na místo, nad 24 hodin

KROK 7 - Diagnostika BITE

Určete jestli diagnostika BITE odhalí chybu.

DETEKOVATELNÉ	D	Odhalitelná chyba pomocí BITE diagnostiky
NEDETEKOVATELNÉ	N	Neodhalitelná chyba pomocí BITE diagnostiky
NELZE APLIKOVAT	N/A	Nelze aplikovat BITE diagnostiku

FMECA - krok 8 význam/závažnost

KROK 8 - Význam (závažnost)

Určete význam následků a jaký mohou mít dopad.

VÝZNAM RIZIKA	HODNOTA	POPIS
EXTRÉMNE VYSOKÉ	10	Ohrožení bezpečného letového provozu, na zdraví a plné funkčnosti zařízení. Např. Dělič nepřijímá RF signál; RF Switch nepřepíná trasu; nefunguje distribuce napájení; ...
VELMI VYSOKÉ	9	Nesplnění právních předpisů. Např. Vysílání v nepovolené části vlnového spektra (i nezáměrné); neplnění požadavků EMC; ...
	8	Ztráta primární funkce radaru nezbytné pro běžný provoz.
VYSOKÉ	7	Zhoršení primární funkce radaru pro běžný provoz. Např. Selhání LAN_SW; Nelze otáčet zrcadlem (azimutální) antény; ...
	6	Tolerovatelné zhoršení primární funkce radaru pro běžný provoz. Např. RM-A nepřijímá signál z děliče kvůli závadě elektroniky (PAR); ...
STŘEDNÍ	5	Mírné zhoršení primární funkce radaru pro běžný provoz. RM-A částečně nepřijímá signál z děliče kvůli závadě elektroniky (PAR); ...
	4	Ztráta vedlejší funkce radaru. Např. Nefunguje osvětlení
NÍZKÉ	3	Zhoršení vedlejší funkce.
	2	Nepříjemné vibrace a hluk.
VELMI NÍZKÉ	1	Neznatelný dopad. mírné ovlivnění vzhledu, zvuku.

FMECA - krok 9 Výskyt

KROK 9 - Výskyt

Určete četnost výskytu vad.

VÝSKYT	HODNOTA	POPIS	FPMH
EXTRÉMNE VYSOKÝ	10	Četnost výskytu poruchy není známa nebo je extrémně vysoká během předpokládáné doby životnosti.	1000>:1 000 000
VYSOKÝ	9	Porucha se pravděpodobně vyskytne během předpokládáné doby životnosti.	1000:1 000 000
	8	Porucha se vyskytne poměrně často během pravděpodobné doby životnosti	10x / rok 500:1 000 000
STŘEDNÍ	7	Porucha může nastat častěji během pravděpodobné doby životnosti	150:1 000 000 2x / rok
	6	Porucha může nastat poněkud častěji během pravděpodobné doby životnosti	100:1 000 000 1x / rok
	5	Porucha může nastat jen příležitostně během pravděpodobné doby životnosti	50:1 000 000 1x / 2 roky
NÍZKÝ	4	Předpokládá se že porucha nastane zřídka během předpokládáné doby životnosti	10:1 000 000 1x / 12 let
VELMI NÍZKÝ	3	Předpokládá se že porucha nastane v ojedinelých případech během předpokládáné doby životnosti.	1:1 000 000 1x / 120 let
EXTRÉMNE NÍZKÝ	2	Předpokládá se že porucha nastane ojedinele během předpokládáné doby životnosti na základě preventivních, detekčních opatření a zkušeností z provozu s podobnými komponenty. Nelze	0:1 000 000
NEVYSKYTUJE SE	1	Příčina poruchy nemůže nastat během zamýšlené doby životnosti nebo je prakticky vyloučeno , že může nastat.	0

FMECA - krok 10 odhalení / detekce

KROK 10 - Odhalení (detekce)

Popište současnou úroveň kontroly a určete jak dobře dokážeme zamezit/identifikovat případné riziko.

ODHALENÍ	HODNOTA	POPIS
VELMI NÍZKÁ	10	Postup zkoušení neexistuje. BITE žádnou chybu neodhalí. Kontrola kvality na zařízení neprobíhá.
	9	Zkoušení není zaměřené na odhalení chyby. BITE žádnou chybu neodhalí. Kontrola kvality je pouze vizuální.
NÍZKÁ	8	Nová neověřená metoda zkoušení. BITE žádnou chybu neodhalí. Kontrola kvality je cyklem a vizuální
	7	Nová neověřená metoda zkoušení. BITE odhalí chybu ale nespecifikuje ji. Kontrola kvality je cyklem, při DPS a vizuální.
STŘEDNÍ	6	Osvědčená zkušební metoda pro ověření funkčnosti nebo validace výkonu, kvality, spolehlivosti a životnosti. Tyto chyby se projeví až v cyklu - následek je zpoždění výroby kvůli úpravám návrhu. BITE odhalí/neodhalí chybu
	5	
VYSOKÁ	4	Osvědčená zkušební metoda pro ověření funkčnosti nebo validace výkonu, kvality, spolehlivosti a životnosti. Tyto chyby se projeví před samotným uvedením do výroby - žádné zpoždění výroby kvůli úpravám návrhu. BITE odhalí/neodhalí chybu nebo odhalí konkrétní chybu
	3	
	2	
VELMI VYSOKÁ	1	Zkoušky potvrdily, že se vada nebo příčina nevyskytuje, nebo se jedná o osvědčené metody odhalování, u nichž bylo prokázáno, že vždy schopné odhalit vadu nebo příčinu závady. BITE určí konkrétní chybu.

FMECA - krok 10 Vyhodnocení

KROK 11 - Riziko

Pomocí vyhodnocovací matice ("semaforu") posuďte stupeň rizika.

Rozhodněte podle výsledků analýzy zda je nutné opatření řešit a také jakou formou.

STUPEŇ RIZIKA	BARVA	STRATEGIE	VYŽADOVANÁ AKCE
VYSOKÉ		Vyhněte se, omezte nebo přeneste	Systém je nebezpečný okamžité opatření, příp. odstavení systému Rizika na této úrovni mají prioritu.
NEŽÁDOUCÍ		Snižte nebo přeneste	Systém je ohrožený doporučeno uplatnit ochranné opatření, zajistit náhradní zdroj
PŘIJATELNÉ		Snižte, pokud je to možné, pouze dobrovolné	Systém je bezpečný podmíněně, např. výškolením obsluhy, kontrolou apod

KROK 12 - Pokud je nutné riziko přezkoumat / zmírnit, popište, jaké kroky budou podniknuty.

V případě, že je riziko podchyceno současnými opatřeními a spadá do kategorie **Nežádoucí** nebo **Přijatelná**, není třeba riziko dále přezkoumávat a nastavovat další opatření ke snížení rizika, v opačném případě je třeba nastavit opatření pro snížení rizika na úroveň **Nežádoucí** či **Přijatelná**

KROK 13 - Vyhodnoťte nová rizika po provedení doporučených opatření.

Zhodnocení rizik a provedených doporučených opatření zanepte do závěrečné zprávy z FMEA analýzy.

Vyhodnocení kritičnosti a nápravné opatření

Kritičnost poruchy se hodnotí podle toho, **jak závažný dopad může porucha mít a jak pravděpodobné je její vzniku / odhalení.**

Co následuje dál

U kritických poruch se stanoví opatření, například:

- změna návrhu,
- **zvýšení redundance**,
- změna použité součástky nebo materiálu,
- **doplnění diagnostiky**,
- úprava výrobního procesu,
- změna nebo doplnění údržby,
- dodatečné zkoušky.

Po provedení opatření se FMECA **znovu vyhodnotí** a ověří se, zda se riziko snížilo na přijatelnou úroveň.

FMECA – FMEA – DFMEA - PFMEA

- **FMEA – Failure Modes and Effects Analysis**
Analýza možných způsobů poruch a jejich následků.
Cílem je zjistit, co se může pokazit, proč a s jakým dopadem.
- **FMECA – Failure Modes, Effects and Criticality Analysis**
Rozšířená FMEA o hodnocení kritičnosti poruch.
Navíc tedy určuje, které poruchy jsou nejzávažnější a mají nejvyšší prioritu řešení.
- **DFMEA – Design FMEA**
FMEA zaměřená na návrh produktu.
Hledá možné chyby konstrukce, nevhodné dimenzování, slabá místa návrhu nebo rizika funkcí.
- **PFMEA – Process FMEA**
FMEA zaměřená na výrobní nebo montážní proces.
Hledá možné chyby při výrobě, montáži, kontrole, manipulaci nebo technologickém postupu.

Jednoduché rozlišení:

DFMEA = co se může pokazit v návrhu
PFMEA = co se může pokazit při výrobě
FMEA = obecná metoda analýzy poruch
FMECA = FMEA + vyhodnocení kritičnosti

Doporučená literatura

Doporučené normy – Management kvality

- **ČSN EN ISO 9000** – Management kvality – Kvalita organizace – návod k dosažení udržitelného úspěchu
Třídící znak: 01 0324 | vydána 02/2019
- **ČSN EN ISO 9001** – Systémy managementu kvality – Požadavky
Třídící znak: 01 0321 | vydána 02/2016 | oprava 11/2018
- **ČSN ISO 9000-4 / ČSN IEC 300-1** – Řízení programu a programu spolehlivosti
Třídící znak: 01 0320 / 01 0690 | vydána 01/1995
- **ČSN ISO 10005** – Management kvality – Směrnice pro plány kvality
Třídící znak: 01 0332 | vydána 04/2019
- **ČSN ISO 10006** – Management kvality v projektech
Třídící znak: 01 0333 | vydána 06/2019
- **ČSN ISO 10007** – Management konfigurace
Třídící znak: 01 0334 | vydána 10/2004
- **ČSN ISO 31000** – Management rizik – Směrnice
Třídící znak: 01 0351 | vydána 12/2018
- **ČSN EN 31010** – Management rizik – Techniky posuzování rizik
Třídící znak: 01 0352 | vydána 08/2020

Doporučená literatura

Doporučené normy – Management spolehlivosti

- **ČSN IEC 60050-192** – Mezinárodní elektrotechnický slovník – Spolehlivost
Třídící znak: 33 050 | vydána 04/2016
- **ČSN EN 60300-1 ed. 2** – Management spolehlivosti – Návod pro management a použití
Třídící znak: 01 0690 | vydána 08/2015
- **ČSN EN 60300-2** – Management spolehlivosti – Směrnice pro management spolehlivosti
Třídící znak: 01 0690 | vydána 01/2004
- **ČSN EN 60300-3-1 ed. 2** – Techniky analýzy spolehlivosti
Třídící znak: 01 0690 | vydána 09/2003
- **ČSN IEC 60300-3-5** – Podmínky zkoušek bezporuchovosti a principy statistických testů
Třídící znak: 01 0690 | vydána 06/2002
- **ČSN IEC 61703 ed. 2** – Matematické výrazy pro bezporuchovost, pohotovost, udržovatelnost a zajištěnost údržby
Třídící znak: 01 0607 | vydána 05/2017
- **ČSN EN 62347** – Návod pro specifikace spolehlivosti systémů
Třídící znak: 01 0696 | vydána 11/2007

Doporučená literatura

Doporučené normy – Analýzy a zkoušky

- **ČSN IEC 812** – Analýza způsobů a důsledků poruch – FMEA
Třídící znak: 01 0675 | vydána 06/1992
- **ČSN IEC 1078** – Metoda blokového diagramu bezporuchovosti
Třídící znak: 01 0677 | vydána 11/1993 | neplatná
- **ČSN EC 605-1** – Zkoušky bezporuchovosti zařízení – Všeobecné požadavky
Třídící znak: 01 0644 | vydána 10/1992
- **ČSN IEC 60605-4** – Statistické postupy pro exponenciální rozdělení
Třídící znak: 01 0644 | vydána 08/2002
- **ČSN IEC 1123** – Plány ověřovacích zkoušek bezporuchovosti
Třídící znak: 01 0644 | vydána 02/1994
- **ČSN ISO 2602** – Statistická interpretace výsledků zkoušek
Třídící znak: 01 0231 | vydána 04/1993
- **ČSN 01 0103** – Výpočet ukazatelů spolehlivosti dvoustavových soustav
Třídící znak: 01 0103 | vydána 11/1975

Odborná literatura

- **Kolektiv autorů: Skripta Manažer kvality – QM II: Spolehlivost**
Česká společnost pro jakost, vydáno 30. 10. 2018.
- **Program spolehlivosti**
Materiály z 12. setkání Odborné skupiny pro spolehlivost ČSJ, Praha, září 2003.
- **Úvod do spolehlivosti**
Materiály z 54. setkání Odborné skupiny pro spolehlivost ČSJ, Praha, únor 2014.
- **Udržitelnost a zajištění údržby**
Materiály z 58. setkání Odborné skupiny pro spolehlivost ČSJ, Praha, prosinec 2014.
- **AIAG & VDA: FMEA Handbook – Failure Mode and Effects Analysis**
Harmonizovaná metodika AIAG a VDA pro provádění FMEA v automobilovém průmyslu.

Děkuji za pozornost.

„Spolehlivost je kvalita v čase.“