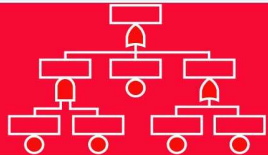


Kapittel 9

FMECA

(Rev. 0)

Marvin Rausand og Ingrid Bouwer Utne
Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet



Innledning

Hva er...?

Bakgrunn

Anvendelse

Grunnleggende
spørsmål

Standarder

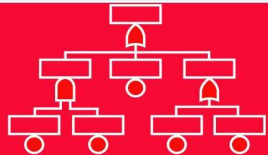
Metodikk

Skjema

Metodebeskrivelse

Oppsummering

Innledning



Hva er FMECA?

Innledning

Hva er...?

Bakgrunn

Anvendelse

Grunnleggende
spørsmål

Standarder

Metodikk

Skjema

Metodebeskrivelse

Oppsummering

Feilmode- og feileffektanalyse (FMECA) er en metode for å avdekke og analysere:

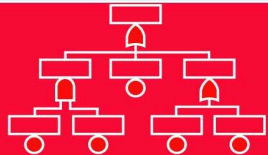
- Alle potensielle feilmoder for ulike deler av et system
- Effektene disse kan ha på systemet
- Hvordan unngå feilmodene og/eller redusere konsekvensene på systemet

FMECA er en metode for å *avdekke, prioritere, and fjerne* potensielle feil i systemet, i design eller prosess før de når kunden

– Omdahl (1988)

FMECA er en metode for å “løse potensielle problemer i et system før de oppstår’

– SEMATECH (1992)



Hva er FMECA?

Innledning

Hva er...?

Bakgrunn

Anvendelse

Grunnleggende spørsmål

Standarder

Metodikk

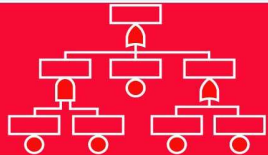
Skjema

Metodebeskrivelse

Oppsummering

- Opprinnelig ble FMECA kalt FMEA. “C-en”¹ i FMECA betyr at vi beskriver eller rangerer alvorligheten av feileffektene i feilmode- og feileffektanalysen. Det er en flytende overgang mellom en FMEA og en FMECA. I det følgende vil vi bruke betegnelsen FMECA.
- Metoden er blitt videreutviklet og tatt i bruk på flere områder. Dette har resultert i at den har opptrådt under flere navn, og med varierende innhold. Hovedinnholdet er likevel stort sett det samme.

¹Engelsk: Failure modes, effects, and **criticality** analysis.



Historikk

Innledning

Hva er...?

Bakgrunn

Anvendelse

Grunnleggende
spørsmål

Standarder

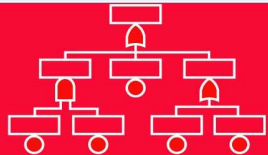
Metodikk

Skjema

Metodebeskrivelse

Oppsummering

- FMECA var en av de første systematiske metodene for feilanalyse.
- FMECA ble utviklet for det amerikanske forsvaret. Første rettledning var MIL-P-1629 fra 1949.
- FMECA er den mest brukte pålitelighetsmetode i de tidlige faser av en produkt-/systemutvikling.
- FMECA utføres vanligvis i løpet av konseptutviklingsfasen eller tidlig i designfasen for å sikre at alle potensielle feilmoder har blitt vurdert og at tiltak er gjort for å fjerne disse.



Når brukes FMECA?

Innledning

Hva er...?

Bakgrunn

Anvendelse

Grunnleggende
spørsmål

Standarder

Metodikk

Skjema

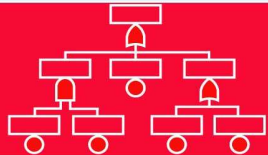
Metodebeskrivelse

Oppsummering

FMECA kan brukes til å:

- Gi bedre mulighet til å velge designalternativer med høy pålitelighet og sikkerhet i de tidlige designfaser.
- Sikre at systemets mulige feilmoder og konsekvenser er vurdert.
- Liste potensielle feil og avdekke konsekvensene.
- Utvikle kriterier tidlig for planlegging av tester og krav til testutstyr.
- Danne dokumentasjon for fremtidig referanse i analyser av feil og designendringer.
- Danne underlag for vedlikeholdsplanlegging.
- Danne underlag for kvantitative pålitelighets- og tilgjengelighetsanalyser.

Innenfor flere bransjer stilles det i dag krav om at FMECA skal inngå som en del av designprosessen, og at resultatene fra analysene skal være en del av systemdokumentasjonen.



Grunnleggende spørsmål i FMECA

Innledning

Hva er...?

Bakgrunn

Anvendelse

**Grunnleggende
spørsmål**

Standarder

Metodikk

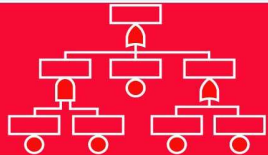
Skjema

Metodebeskrivelse

Oppsummering

En FMECA skal gi svar på følgende spørsmål:

- Hvilke feilmoder kan inntreffe for hver enkelt av komponentene i systemet?
- Hva er årsakene til disse feilmodene?
- Hvilken effekt har hver enkelt feilmode på resten av systemet?
- Hvordan oppdages feilmodene?
- Hvor ofte inntreffer hver feilmode?
- Hvor alvorlig er hver feilmode?
- Hva er risikoen knyttet til hver feilmode?
- Hvilke risikoreduserende tiltak kan være aktuelle?



Relevante standarder

Innledning

Hva er...?

Bakgrunn

Anvendelse

Grunnleggende
spørsmål

Standarder

Metodikk

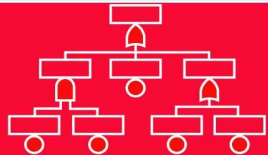
Skjema

Metodebeskrivelse

Oppsummering

Det er utarbeidet flere retningslinjer og standarder for FMECA. Følgende anbefales:

- IEC 60812: Procedures for failure modes and effects analysis (FMEA)
- SAE ARP 5580: Recommended failure modes and effects analysis (FMEA) practices for non-automobile applications
- SEMATECH: Failure modes and effects analysis (FMEA): A guide for continuous improvement for the semiconductor equipment industry



Metodebeskrivelse

Innledning

Hva er...?

Bakgrunn

Anvendelse

Grunnleggende
spørsmål

Standarder

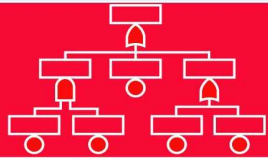
Metodikk

Skjema

Metodebeskrivelse

Oppsummering

- En FMECA er enkel å utføre og bygger ikke på noen spesiell teknikk eller algoritme.
- FMECA forutsetter grundig systemkunnskap, samt kunnskap om hvilke betingelser systemet skal funksjonere under.
- I analysen brukes et spesielt skjema. Opplysningene om de forskjellige komponentene fylles inn etter hvert som de framkommer. Skjemaet varierer etter anvendelse.
- Før analysen starter:
 - ➡ Randbetingelsene for systemet må fastlegges – hvilke deler av systemet og hvilke operasjonelle tilstander som skal betraktes.
 - ➡ Vi må velge et egnet FMECA-skjema, og fastlegge hvilke kolonner som skal tas med.



Systembeskrivelse og struktur

Innledning

Hva er...?

Bakgrunn

Anvendelse

Grunnleggende
spørsmål

Standarder

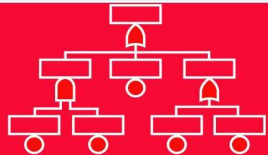
Metodikk

Skjema

Metodebeskrivelse

Oppsummering

- Det kan være fornuftig å dele systemet inn i handterbare enheter – funksjonelle elementer.
- Detaljnivå avhenger av analysens målsetting.
- Systemet kan f.eks. illustreres ved hjelp av funksjonsblokkdiagram og hierarisk trestruktur.
- Analysen bør utføres på høyest mulig nivå i systemhierarkiet. Dersom ikke-akseptable konsekvenser oppdages på dette nivået, bør delsystemet/systemelementet/komponenten detaljeres ytterligere slik at feilmoder kan avdekkes på et lavere nivå. Å utføre analysen på et for lavt nivå, kan være bortkastet tid og ressurser.



Eksempel på FMECA-skjema

Innledning

Hva er...?

Bakgrunn

Anvendelse

Grunnleggende spørsmål

Standarder

Metodikk

Skjema

Metodebeskrivelse

Oppsummering

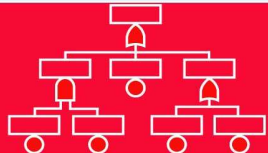
Analyseobjekt:

Dato:

Referanse:

Navn:

Beskrivelse av enheten			Beskrivelse av feilen			Effekten av feilen		Risiko				Risiko- reduserende tiltak	Ansvarlig	Merknad
Ref. nr.	Funksjon	Operasjonell mode	Feilmode	Feilårsak	Hvordan opp- dage feilen?	På del- systemet	På systemet	Frek.	Kons.	Oppd.	RPN			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)



Beskrivelse av enheten

Innledning

Metodebeskrivelse

Enhet

Feil

Feileffekt

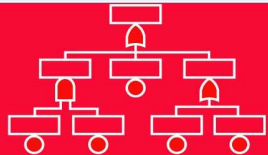
Risiko

Til sist..

Oppsummering

Denne delen av skjemaet består av tre kolonner:

1. *Referansenummer*. Her identifiseres komponenten ved en betegnelse og/eller et referansenummer. Dette kan for eksempel være et gruppenummer eller referanse til en tegning.
2. *Funksjon*. Komponentens funksjon, eller arbeidsoppgave i systemet beskrives kort.
3. *Operasjonell mode*. De forskjellige operasjonelle tilstandene for delsystemet der komponenten inngår, beskrives kort på separate linjer i skjemaet. For eksempel kan vi skille mellom “normal drift” og “nedstengt”.



Beskrivelse av feilen

Innledning

Metodebeskrivelse

Enhet

Feil

Feileffekt

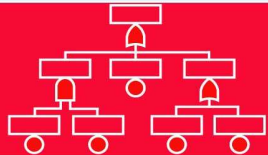
Risiko

Til sist..

Oppsummering

Denne delen av skjemaet består av tre kolonner:

4. *Feilmode*. For hver operasjonell tilstand identifiseres alle aktuelle feilmoder komponenten kan ha.
5. *Feilårsak*. For hver av de feilmodene som er identifisert i kolonne 4, listes her opp alle aktuelle feilårsaker/feilmekanismer.
6. *Hvordan oppdage feilen?* Her beskrives på hvilke måter vi kan oppdage de enkelte feilmodene. Denne kolonnen skal angi konstruktørens anbefaling til for eksempel periodisk testing, tilstandsovervåkning.



Effekten av feilen

Innledning

Metodebeskrivelse

Enhet

Feil

Feileffekt

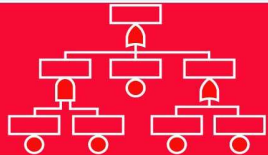
Risiko

Til sist..

Oppsummering

Denne delen av skjemaet består av to kolonner:

7. *På delsystemet.* I denne kolonnen beskriver vi hvilken effekt feilmoden har på delsystemet som komponenten inngår i.
8. *På systemet.* Her angis om, og i tilfelle hvordan, *systemets* hovedfunksjon påvirkes av feilmoden.



Risiko

Innledning

Metodebeskrivelse

Enhet

Feil

Feileffekt

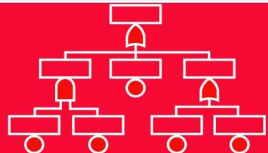
Risiko

Til sist..

Oppsummering

Denne delen av skjemaet består av fire kolonner:

9. *Fekvens*. Her angis feilraten til komponenten med hensyn på den gitte feilmoden. Feilraten er det samme som frekvensen av feilmoden.
10. *Konsekvens*. Effekten av de feilmodene som ble identifisert i kolonne 8, kan rangeres etter hvor kritiske de er.
11. *Oppdagbarhet*. Konsekvensen av en feilmode kan være sterkt avhengig av hvor fort feilen blir oppdaget. Vi kan rangere disse ved hjelp av kategorier – f.eks. 1–5.
12. *Risikoindeks (RPN)*. Risikoindeks er *her* en sammenfatning av de tre kolonnene foran. Indeksen beregnes ved å *summere* klasses tallene for frekvensen, konsekvensen og oppdagbarheten av feilmoden.



Frekvenskategorier

Innledning

Metodebeskrivelse

Enhet

Feil

Feileffekt

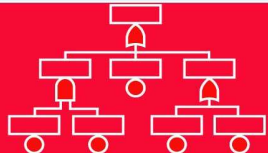
Risiko

Til sist..

Oppsummering

Til å anslå frekvensene kan vi bruke kategorier, f.eks:

Klasser	Sannsynlighet	Frekvens
1.	Svært lite sannsynlig	Mindre enn 1 gang pr. 1 000 år
2.	Lite sannsynlig	1 gang pr. 100–1 000 år
3.	Sannsynlig	1 gang pr. 10–100 år
4.	Ganske sannsynlig	1 gang pr. 1–10 år
5.	Svært sannsynlig	Mer enn 1 gang pr. år



Konsekvenskategorier

Innledning

Metodebeskrivelse

Enhet

Feil

Feileffekt

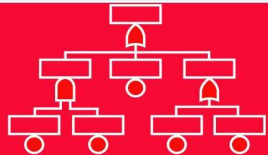
Risiko

Til sist..

Oppsummering

Til å anslå konsekvensene kan vi bruke kategorier, f.eks:

Konsekvens	For mennesker	For materielle verdier	For miljø
1. Liten	Små personskader	Mindre enn 0.2 mill kr.	Lite omfang kort restitusjonstid
2. Middels	Alvorlige personskader	0.2–2 mill kr.	Stort omfang kort restitusjonstid
3. Stor	1–2 døde	2–20 mill kr.	Noe omfang lang restitusjonstid
4. Svært stor	3–10 døde	20–200 mill kr.	Stort omfang lang restitusjonstid
5. Katastrofal	Mer enn 10 døde	Mer enn 200 mill kr.	Stort omfang varig skade



Risikoreduserende tiltak

Innledning

Metodebeskrivelse

Enhet

Feil

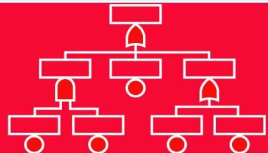
Feileffekt

Risiko

Til sist..

Oppsummering

- På samme måte som for grovanalyse er det vanlig å bruke *risikomatrise*.
- I kolonne 13 angis hvilke korrektive tiltak som kan gjennomføres for å rette opp feilen/hindre at feilen får alvorlige konsekvenser. Preventive tiltak kan listes opp.



Ansvarlig og merknader

Innledning

Metodebeskrivelse

Enhet

Feil

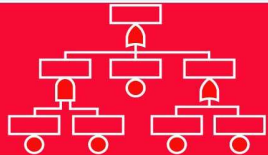
Feileffekt

Risiko

Til sist..

Oppsummering

- I kolonne 14 angis hvem som er ansvarlig for oppfølging av denne feilmoden og for iverksetting av eventuelle risikoreduserende tiltak.
- I kolonne 15 er det plass for opplysninger som kan være nyttige å ha med, men som ikke får plass i noen av de øvrige kolonnene.



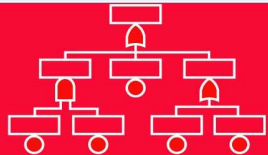
Innledning

Metodebeskrivelse

Oppsummering

Til slutt...

Oppsummering



Oppsummering av FMECA

Innledning

Metodebeskrivelse

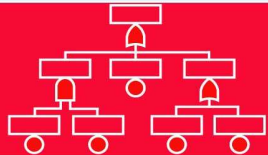
Oppsummering

Til slutt...

FMECA består av tre hovedfaser:

Fase	Spørsmål	“Output”
Avdekk	Hva kan gå galt?	Feilbeskrivelser Årsaker → Feilmoder → Effekter
Analyser	Hvor sannsynlig er svikten? Hva er konsekvensene?	Feilrater Risikoindeks
Handle	Hva kan gjøres? Hvordan kan vi fjerne årsakene? Hvordan kan vi redusere konsekvensene?	Designløsninger Testplaner, produksjonsendringer, Feiloppretting, etc.

– Basert på Kmenta (2002)



Fordeler og ulemper

Innledning

Metodebeskrivelse

Oppsummering

Til slutt...

- FMECA kan være svært effektiv når den brukes på systemer som mest sannsynlig vil svikte på grunn av feil i enkeltkomponenter.
- Selve analyseprosessen har stor verdi i seg selv.
- Siden hver enkelt feil/feilmode blir studert som uavhengige hendelser uten sammenheng med andre feil i systemet, er en FMECA ikke hensiktsmessig for systemer som har en betydelig grad av redundans eller i systemet med fellesfeil.
- Har utilstrekkelig grad av fokus på menneskelige feilhandlinger og prosedyrefeil, i hovedsak fordi metoden synes å konsentrere seg om rent tekniske feil.