



Prøveoppskyting av WCM-modellen

Prosjektet avsluttes i 2010. Hovedfokus det siste året er **tilrettelegging** for implementering og anvendelse av "verktøykassen" fra prosjektet. I dette inngår praktisk **utprøving** (prøveoppskyting) av modeller og verktøy hos noen av kraftselskapene i prosjektet. Utprøvingen blir viktig for selskapene med hensyn til å ta i bruk prosjekteresultatene. Erfaringene blir basis for praktiske anbefalinger fra prosjektet og dermed viktig for kvaliteten på sluttproduktet.

Prøveoppskyting av WCM-modellen (World Class Maintenance) er "arbeidstittelen" på utprøvingen i prosjektet. Med WCM-modellen mener vi en prosessorientert modell for vedlikeholdsanalyser med tanke på kontinuerlig forbedring av vedlikeholdsfunksjonen. Implementering av **sviktmodellen** (modellen er beskrevet i [nyhetsbrevet](#) fra oktober 2009) og anvendelse i form av tilstandsbaserte risiko- og lønnsomhetsanalyser er kjernen i både WCM-modellen og prøveoppskytingen. Kraftselskaper som etablerer analysemiljø med systematisk og målrettet bruk av slike verktøy i vedlikeholdsstyringen vil med rette kunne kalle seg World Class på dette området, uansett bransje.

Utprøvingen av sviktmodellen skal i første rekke gjennomføres i samarbeid med Agder Energi Produksjon (AEP) og Statkraft. Andre selskaper i prosjektet kan også delta. Den innledende fasen av utprøvingen ble avsluttet i juni. SINTEF har i denne perioden hatt møter med AEP og Statkraft for å orientere om sviktmodellen, samt diskutere den praktiske gjennomføringen. Videre er sviktmodellen blitt utvidet med et verktøy i Excel for estimering og overvåking av risiko basert på teknisk tilstand. På neste side er det en kort omtale av dette verktøyet.



Følgende oppgaver inngår i utprøvingen av sviktmodellen:

- Valg av stasjon(er) og anleggsdeler (testobjekter).
- Valg av skadetyper og tilhørende feil pr komponent basert på spesifikasjonene utarbeidet i prosjektet. Kan her ta utgangspunkt i kritiske feil fra ev. RCM-analyse.
- Valg av hvilke tilstandsdata som skal registreres pr komponent og skadetype basert på tilstandskontrollhåndbøkene.
- Etablering og registrering av sviktmodell i Excel-verktøyet for valgte testobjekter.
- Rapportering, vurdering og registrering av tilstand og tilhørende risikoberegning for testobjektene.
- Diverse opplæring.
- Evaluering og oppsummering av erfaringer.

Til høyre vises et utsnitt av sviktmodellen i Excel for feilen *Skovlbrudd* for løpehjulet på Aggregat 1 i Storfoss kraftstasjon. For aggregatet er det spesifisert totalt 36 aktuelle feiltyper, men kun 8 av disse er vurdert som så viktige at de er med i modellen for dette aggregatet. *Skovlbrudd* er en av disse. Av 5 aktuelle skadetyper med tanke på *Skovlbrudd* er kun *Kavitasjon* og *Sanderosjon* vurdert som relevante for denne konkrete turbinen. For disse to er det lagt inn levetidskurve (hhv. 10004 og 10002). Aktuell tilstand er hhv. karakter 3 og 2+ mht *Kavitasjon* og *Sanderosjon*. Årlig sviktsannsynlighet kan beregnes på grunnlag av levetidskurve og aktuell tilstand eller (som her) topunktsestimat for restlevetid. Både tallverdier og et grafisk plot er vist i regnearket.

Stasjon

Anleggsgruppe

Komponent

Storfoss kraftstasjon

Aggregat 1

Løpehjul

Anleggsdel

Anleggskode

Turbin

Dato

Signatur

Feil

F01

Skovlbrudd

Skadetyper (feilårsaker)

Levetidskurve

Forventet varighet (år) i tilstand 1-4

10%-kvantil for varighet (år) i tilstand 1-4

Aktuell tilstand

Hamring

Blank

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

Kavitasjon

10004

20,0

16,0

11,0

4,0

15,0

12,0

5,0

2,0

3

Korrosjon

Blank

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

Sanderosjon

10002

15,0

10,0

7,0

3,0

10,0

7,0

4,0

1,0

2+

Utmattning/sprekker

Blank

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

Blank

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

Topunktsestimat for restlevetid:

Forventet restlevetid (MRL)

16,0 år

Usikkerhet/variasjon restlevetid

Middels usikkerhet

Beregning basert på

Topunktsestimat

Oppdater

år →

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

Årlig sviktsannsynlighet

0,0001

0,0016

0,0055

0,0117

0,0193

0,0274

0,0352

0,0421

0,0477

0,0519

Resulterende MRL

16,0 år

Standardavvik SD

8,0 år

Kumulativ sviktsannsynlighet:

de første 5 årene

0,0383

de første 10 årene

0,2424

Utliggelighet første 5 år

126 MWh

Rente

4,5 % p.a.

Kraftpris

200,0 kr/MWh

Forventet sviktkostnad (risiko):

de første 5 årene

31,3 kkr

de første 10 årene

171,2 kkr

0,060

0,050

0,040

0,030

0,020

0,010

0,000

P(t) år 1-10

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

Konsekvenser av feilen

Skovlbrudd

Nr

Sannsynl. P (%)

Pm (MW)

Tuts (h/feil)

Utligg. het (MWh/feil)

kuts (kkr/feil)

kkvs (kkr/feil)

Tot.kost. (kkr/feil)

Tot.k. • P (kkr/feil)

Havari løpehjul

1

5

20

100

2000

400,0

300,0

700,0

35,0

Utbedring løpehjul

2

38

20

240

4800

960,0

500,0

1460,0

554,8

Vibrasjonsskader

3

6

20

480

9600

1920,0

800,0

2720,0

155,0

Redusert virkningsgrad

4

51

20

80

1600

320,0

150,0

470,0

241,1

5

0

0,0

0,0

0,0

6

0

0,0

0,0

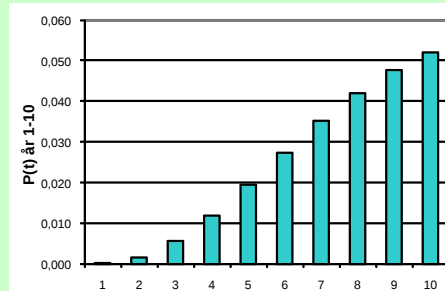
0,0

Sum

100

Sum kostnad pr feil

986,0



Kumulativ sviktsannsynlighet de første 5 og 10 årene er interessante *sviktindikatorer*. Tilhørende forventede sviktkostnader de første 5 og 10 årene er *risikoindikatorer* som kan overvåkes ved hjelp av denne modellen. For å kunne beregne forventet sviktkostnad må økonomiske *konsekvenser* av den aktuelle feilen registreres i *tapsmodellen* nederst i regnearket. Denne kan være resultatet av et *hendelsestre* (ikke vist i figuren).

- [-] Sviktmodell StorEnergi Produksjon
 - [+] Stordal kraftstasjon
 - [-] Storfjord kraftstasjon
 - Aggregat
 - Transformator
 - Øvrige anlegg
 - [-] Storfoss kraftstasjon
 - Aggregat 1
 - Aggregat 2
 - Transformator 1
 - Transformator 2
 - Øvrige anlegg
 - [+] Storli kraftstasjon
 - [+] Storvatn kraftstasjon

Katalogstrukturen til venstre viser organiseringen av sviktmodellen for et selskap med 5 kraftstasjoner. Under *Aggregat*, *Transformator* osv. ligger ei Excel-fil med sviktmodeller for samtlige feil som inngår for den aktuelle anleggsdelen (et ark pr feil) og et ark som sammenstiller de viktigste indikatorene pr feil. Tilsvarende er det ei fil på selskapskatalogen som sammenstiller resultater pr kraftstasjon og anleggsdel.

Den viste modellen inngår i utprøvingen hos AEP og Statkraft. En viktig del av implementeringen er etablering av nevnte *tapsmodeller* pr feil. SINTEF deltar i og koordinerer dette arbeidet, bl.a. for å forhindre dobbeltarbeid og sikre at modellene følger en felles mal.

Møter/kurs/konferanser

Møte	Tidspunkt	Sted
Brukergruppemøte	2010-09-07	Gardermoen
Brukerforum Optimalt vedlikehold	2010-09-08	EB Kraftproduksjon
Kurs "Optimalt vedlikehold av vannkraftverk I"	2010-09-22..23	Royal Christiania, Oslo
Brukergruppemøte	2010-10-14	Stockholm?
Brukergruppemøte	2010-12-08	Trondheim?