Målefeil og måleusikkerheter

Ved Rune Øverland og Rolf Skatvedt, Trainor Automation AS

Økonomiske usikkerheter

Fremtiden ligger i at man utvikler produkter med høy kvalitet og foretar optimalisering av produksjonsprosessen. Det er av stor viktighet å anslå usikkerhetene, ikke bare enkeltvis, men også kombinasjoner av disse.

Når man vurderer reguleringskvaliteten, er det viktig å starte med vurdering av usikkerheter som ligger i målingene.

Innen kjøp og salg av petroleumsprodukter, for eksempel eksport av olje og gass fra offshoreinstallasjoner, er det snakk om milliarder av kroner pr år som skylles måleusikkerhet. Det er i alles interesse at måleusikkerheten er så liten som mulig:

- Selger, fordi et negativt utslag betyr at selger leverer mer enn det han får betalt for.
- Kjøper, fordi et positivt utslag betyr at kjøper betaler for mer enn han får levert.
- Transportør/befrakter som normalt får betalt i henhold til mengde som transporteres.
- Staten, fordi den skal ha så vel deler av inntekten som skatter og avgifter, og direkte eiendeler.

Målefeil og måleusikkerhet

Mange faktorer påvirker et måleresultat; for eksempel når vi måler temperatur, trykk eller hvor mye mengde som strømmer i et rørsystem.

Målefeil er differanse mellom målt og sann (korrekt) verdi.

Et måleresultat består både av måleverdi og et intervall rundt denne der den sanne verdien med stor sannsynlighet ligger. Måleusikkerhet er definert som “parameter som er tilknyttet måleresultatet og som angir en karakteristisk spredning av verdier som med en stor rimelighetsgrad kan tilskrives målestørrelsen”. Måleusikkerhet karakteriserer spredning.

Kalibrering sammenligner et instruments visning mot et annet instruments visning med større nøyaktighet. Sporbar kalibrering betyr at resultatet av kalibreringen er knyttet opp til nasjonal eller internasjonal referanse.

Sentralverdi

Selv om vi har innrettet oss slik at verken systematiske, grove eller ensidige virkende feil kan få nevneverdige innvirkning på måleresultatet, vil vi som regel likevel få forskjellige resultater når vi gjentar målingen flere ganger. Sentralverdien er et bedre uttrykk for den størrelsen vi ønsker å måle, enn noen av enkeltresultatene er.

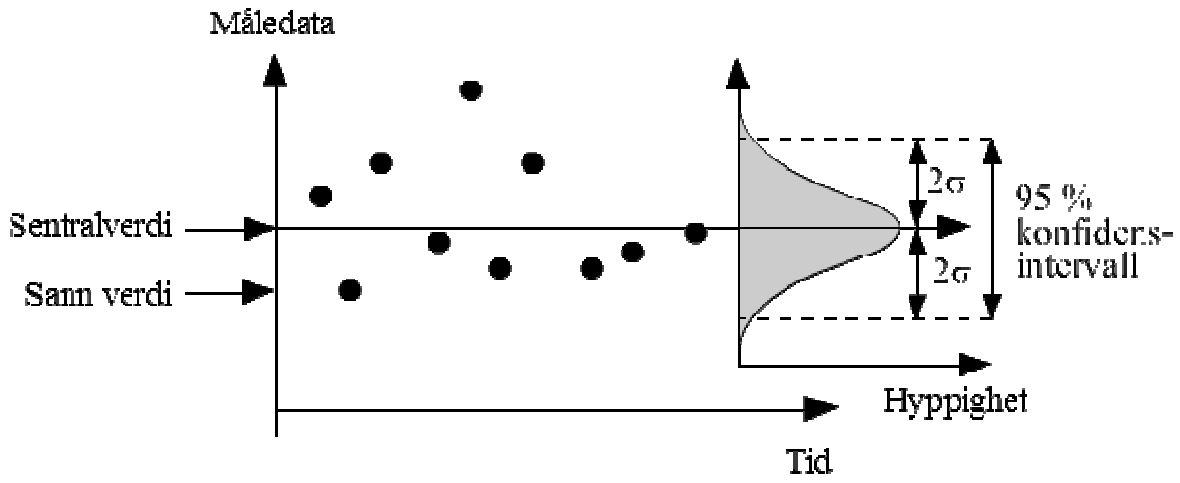
Sentralverdi kan i dagligtale forstås som en gjennomsnittsverdi (middelverdi). I statistikk har vi ofte tre ulike definisjoner på sentralverdi:

- Aritmetisk middelverdi (som vi oftest bruker i det daglige)
- Median (det tall som ligger i midten i en tallserie)
- Mode (det tall som forekommer hyppisk i en tallserie)

Usikkerhetsintervall

For å finne ut hvor stor usikkerhet de tilfeldige feilene kan være årsak til, kan vi gjøre en serie med gjentakelser av samme måling og se hvordan resultatene varierer.

Intervallet kunne vært definert av den høyeste og laveste enkeltverdi. Et slikt resonnement ville på en uheldig måte ignorere majoriteten av enkeltverdiene, samt ville være sårbar for eventuelle feilmålinger.



Figur: Enkeltmålinger er foretatt. Det er beregnet en sentralverdi (middelverdi). Ved hjelp av statistiske metoder beregnes standardavvik. ± 2 standardavvik er industristandard. Sann verdi er i 95 % av tilfellene estimert til å ligge innenfor dette konfindensintervallet.

Standardavvik

En annen vinkling er derfor å vektlegge majoriteten av enkelmålingene, samt ekskludere sannsynligheten av å ta med enkeltresultater basert på feilmåling for å bestemme et usikkerhetsintervall. Denne metoden kalles for å beregne standardavvik. Måleverdiene fordeles etter normalfordelingskurven.

Ett standardavvik er et intervall hvor man med 68 prosent sannsynlighet kan si at den sanne verdien ligger i. Det er med andre ord 32 prosent sannsynlighet for at den sanne verdien ligger utenfor dette intervallet. Mange synes dette er en unødig stor risiko.
I en industriell måleserie ønsker vi å ha et utvidet usikkerhetsintervall. To standardavvik tilsvarer 95 prosent. Her det å anta at den sanne verdien med 95 prosent sannsynlighet ligger inne i usikkerhetsintervallet, og likeledes med 5 prosent sannsynlighet ligger utenfor.

Standard usikkerhet

La oss tenke oss at vi ønsker å vite hva som er den gjennomsnittlige høyden på alle mennesker i Norge. Den sanne verdien er lik middelverdien i populasjonen. I praksis vil denne være umulig å bestemme. Et tilfeldig utvalg av mennesker er håndterbart, for eksempel 1000 mennesker. Vi kaller denne gruppen for et utvalg. Sentralverdien kan lettere bestemmes.

Et viktig spørsmål er hvordan gjennomsnittene i en serie utvalg vil fordele seg i forhold til gjennomsnittet i populasjonen de er trukket fra.

Standard usikkerhet, også kalt standardfeilen, er den gjennomsnittlige avstanden av utvalgsgjennomsnittene til populasjonsgjennomsnittet (den sanne verdien).

Kombinasjoner av usikkerheter

Før vi kan kombinere bidrag fra ulike usikkerhetskilder, er det viktig å vurdere om det er eller om det ikke er sammenheng mellom usikkerhetskildene.

Ukorrelerte kvantiteter er størrelser som er uavhengige av hverandre til forskjell fra korrelerte kvantiteter som har en viss forbindelse med hverandre. Mens alle kilder i et målesystem kan være ukorrelerte, er det høyst usannsynlig at de alle vil være korrelerte.

Det legges til grunn at usikkerhetene ikke alltid trekker i samme retning; det vil si alle er ikke høye eller alle er lav samtidig, men en kombinasjon av dette. Det er derfor trolig at den kombinerte usikkerheten er mindre enn summen av de individuelle kildene.

Den kombinerte usikkerheten regnes derfor ut etter Kvadratrot-Sum-Kvadrat-metoden (”RMS”).

Monte Carlo-simuleringer

Monte Carlo-metoden er bare en av mange metoder for å analysere usikkerhetsformering. Dette er en teknikk som innebærer å bruke tilfeldige tall, og sannsynligheten for å løse kompliserte ligninger.