Påvirkning og kompensering av Prosessparametre på Coriolis Masseflowmålere

(Av Paul Bøe – Endress+Hauser AS)

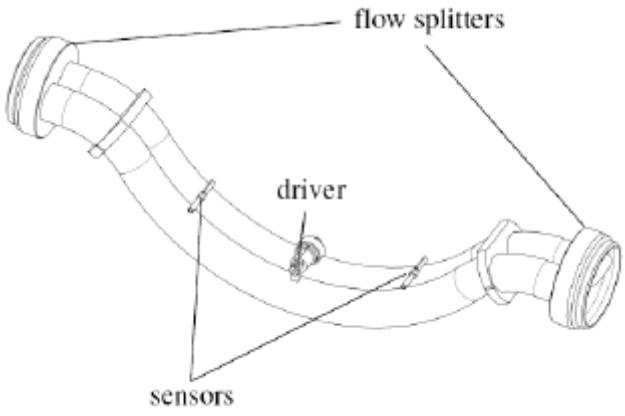
Introduksjon:
Coriolis Massestrømsmålere brukes over et vidt spekter i prosessindustrien for målinger av batcher eller prosesskontroll.
De fleste Coriolismålere står montert i kjemisk industri, inkludert petrokjemisk, og matvareindustrien.
Men petroleumsindustrien har også i den senere tid tatt i bruk den unike måleteknikken som gir flere prosessparametere fra en og samme måler, i tillegg til høy nøyaktighet.

Siden det er store mengder og verdier som selges og avgjør avgiftsgrunnlag, er høyeste målenøyaktighet et krav for alle parter.

I søken etter best målenøyaktighet, vil det alltid være utenforstående effekter som påvirker en Flowmåler, men disse må det så langt som mulig prøve å kompenseres for.
Slike effekter kan komme fra selve prosessen eller installasjonen.
Vi vil her prøve å forklare i korthet noen av disse effektene som finnes, som vil ha ulik påvirkning på de forskjellige fabrikanter og design som finnes på markedet.

Konstruksjon av Coriolismålere:

En Coriolismåler består av en målerørdel og en transmitterdel. Skissen viser en typisk 2-rørskonstruksjon med bøyde rør.



Rørene settes i oscillasjon med en spole plassert midt på måleseksjonen, mens rørenes frekvens og faseskift detekteres med elektromagnetiske sensorer på inn- og utløp.

Masseflow:
Masseflowmålingen avhenger av Corioliskreftene som blir generert av interaksjonen av indusert oscillasjon og masseflowen. Som et resultat av denne interaksjonen, får målerørene en liten forandring i retning.
Denne forandringen på inn- og utløp, blir målt som en tidsdifferanse eller faseskift.
Denne tidsdifferansen er proporsjonal med masseflowen gjennom rørene.

Densitet:
Densitetsmålingen er utført med å måle resonansfrekvensen på rørene til enhver tid.
Dette er en sekundær måleverdi av målerørene som oscillerer.
Rørene svinger med høyest frekvens når de er tomme, og frekvensen avtar ved høyere egenvekt på mediet som til enhver tid fyller målerørene.
Frekvensområdet vil variere etter type konstruksjon og størrelse, men typisk fra 150 - 1000Hz.

(Det finnes gode forklaringer/videoer av måleprinsippet på de forskjellige leverandørers hjemmesider)

Type effekter som påvirker:

Fra prosessen, er det temperatur, trykk, væskens egenskaper og flowregime, og eller fra installasjonen kan det være mekanisk stress eller elektrisk forstyrrelser.
Noen effekter kan det kompenseres for, mens andre kan det ikke.

Effekter som ikke kan kompenseres for:

Eksterne vibrasjoner: Dette kommer fra pumper, motorer, ”Cross Talking” fra andre målere, kavitasjon og ekstrem turbulens.
Disse kan det ikke kompenseres helt for, men det kan taes hensyn til under utvikling av målesystemet og minimaliseres.

”Cross Talk” er sjeldent, men kan oppstå hvis 2 målere med nøyaktig samme resonansfrekvens er montert etter hverandre for redundant måling.
Dette kan elimineres ved å montere dempere mellom målerne, eller finne en annen måler med litt annen resonansfrekvens.

Effekter som kan kompenseres for:

Trykk, temperatur og Reynolds tall, er ting som kan kompenseres for.

Prosesstrykk påvirker målerørene og deres stivhet. Dette gir en skift på Kalibreringsfaktor og resonansfrekvens. Siden masseflow og densitetsmålingen påvirkes lineært av trykket, kan dette enkelt kompenseres for i moderne elektronikk, enten som en fast verdi hvis det er stabil prosess eller koble en trykktransmitter til elektronikkenheten for kontinuerlig kompensering.

Temperatur har påvirkning på 2 forskjellige måter. Først påvirker det målerørenes stivhet, tilsvarende trykket gjør og de effekter det har.
I tillegg vil målerørene strekke og utvide seg pga. materialenes utvidelseskoeffisient.
Dette medfører ekstra stress som igjen påvirker kalibreringsfaktor og rørenes frekvens.
I dag er alle coriolismålere utstyrt med temperatursensorer for å kompensere for denne effekten.

Effekten av Reynolds tall har ikke vært kjent så lenge. Det var faktisk TUV-NEL som utførte denne testen for noen år siden. Resultatene fra dette ble presentert på NSFWM i St. Andrews i 2008 for de som vil lese dette mer detaljert enn beskrevet her.

I dag finnes det kvalitative forklaringer på hvorfor dette skjer.
Under forskjellige eksperimenter med høyviskøse medier, er det påvist at det gir en skift i kalibreringsfaktor mot lavere Reynolds tall. Under et viss Reynolds tall, begynner Coriolismålerne å vise en for lav flowrate.

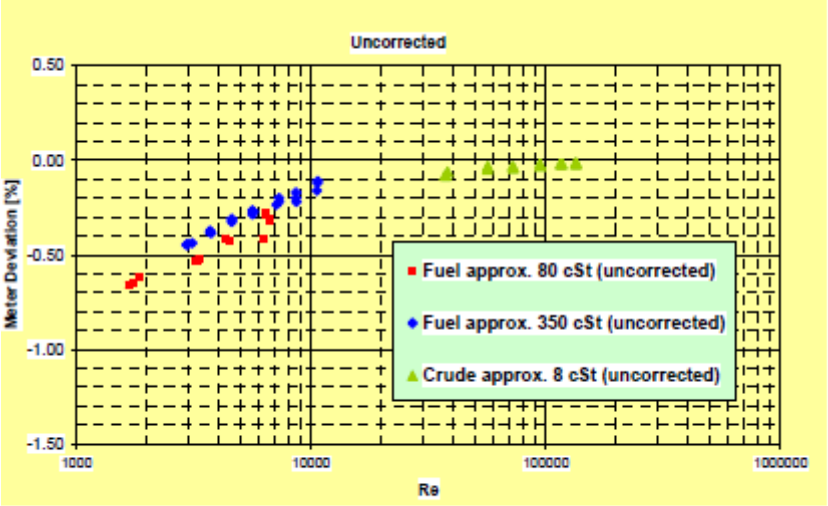


Fig. 3 – Uncorrected Re Number Effect

Dette skyldes ikke på grunn av væskens viskositet i seg selv, men ved høye viskositeter kan det være mulig å ha lavt Reynolds tall, selv ved moderate flowhastigheter.
En bør nevne her at denne skift ofte feilaktig tilskrives endring i flowprofil.

Ved hjelp av flytende struktursimulering, er det bevist at denne endringen er forårsaket av skjærkrefter på oscillasjonen.
Effekten av Reynolds tall er utelukkende forårsaket av sammenhengen mellom oscillerende Corioliskrefter og oscillerende skjærkrefter.
Forholdet mellom disse 2 verdiene reflekteres av Reynolds tall for den midlere flowhastighet.

Konklusjon:

For å imøtekomme kravene til Custody Transfer, må effekten av Reynolds tall bli kompensert for. Det er erfart at forskjellige målerørdesign viser til dels samme påvirkning.
Derfor anbefales det at målere som operer med lavt Reynolds tall, blir kalibrert med høyviskøse medier da fabrikkalibrering med vann ikke alltid er tilstrekkelig.

Hvis Coriolismåleren har evnen til å kalkulere viskositeten direkte selv, kan kompensering utføres direkte i transmitter. Figuren under viser at dette kan gjøres med god nøyaktighet.

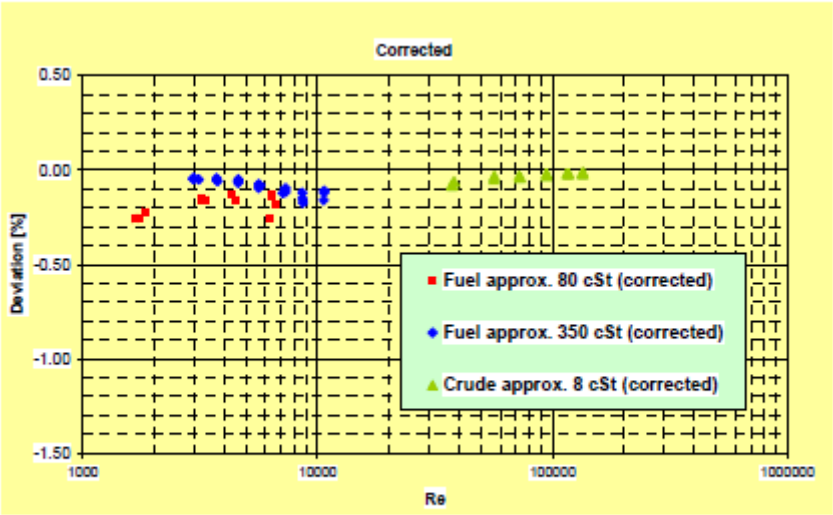


Fig. 7 – Corrected Re Number Effect