

PROSESSTYRING



Norsk Industri

PROSESSTYRING

MODULEN HAR FØLGENDE INNHOLD

- Kompendium (dette dokumentet)
- Nettleksjon
- Nettoppgaver
- Innleveringsoppgaver

LÆRINGSMÅL

Etter å ha gjennomført denne kursmodulen skal du:

- Kunne vite hva prosessstyring innebærer og hvilke forhold som er viktig i prosessstyring
- Forstå viktigheten av å unngå småstopp og nedetid i produksjonen.
- Kunne beskrive ulike metoder for måling av prosessparametre og effektiviteten i produksjonen.
Kunne forklare en enkel reguleringsløyfe
Kjenne til de vanligste målmetoder og måleteknikker.
Kjenne til Programmerbare styringssystemer (PLS)
Kjenne til hva et flytskjema er og hva det inneholder.
- Kunne styre, overvåke og drifte automatiserte maskiner og produksjonsprosesser i egen bedrift.

FORKUNNSKAPER

Ingen krav til forkunnskaper

FORDYPNING

Ingen anbefalt fordypning

Innhold

1	Innledning	34
2	Prosesstyring	35
3	Konsekvenser ved småstopper	35
4	Daglig måling og feilidentifisering.....	36
4.1	Effektivitetsmåling.....	37
4.2	Statistisk prosessstyring og trender.....	38
4.3	Kapabilitetstesting (Yteevne- testing)	38
4.4	Måling av avvik.....	39
4.5	Tidlig iverksetting av tiltak.....	40
5	Automatisering	40
5.1	Automatiserte anlegg.....	42
6	Reguleringsteknikk.....	43
6.1	Manuell regulering	45
6.2	Automatisk regulering.....	46
6.3	Eksempel regulering av varmeveksler.....	47
6.4	Åpen og lukket sløyfe	50
7	Målingsteknikk	51
7.1	Måleinstrumenter	51
7.2	Kalibrering av måleinstrumenter	52
8	PLS	52
9	Flytskjema	57
9.1	Teknisk flytskjema (TFS) / Prosess og instrumentdiagram (P&ID)	58

1 Innledning

En stor del av en produksjonsteknikers ansvarsområde er styring, overvåking og drift av automatiserte maskiner og produksjonsprosesser.

Prosesstyring omhandler de aktiviteter som må ivaretas under selve produksjonsgangen. Hvis du sammenligner dette med en flytur, er produksjonsplanleggingen de aktiviteter som foregår på bakken før takeoff, og prosessstyringen er de aktiviteter som foregår i lufta.

Premissene for en trygg flytur legges på bakken. Det vil si at det er ikke i lufta man skal finne ut at planleggingen og forberedelsene var mangelfull. I lufta er det flymaskinens tekniske tilstand, pilotenes kompetanse og flyets instrumenter som er med på å løse oss fram til en trygg landing på bestemmelsesstedet.

I lufta gjelder styring og justering og sammenligning mot data, krav, spesifikasjoner og mål. Hvis avvik oppstår, må dette avviksbehandles og tiltak foretas etter landingen. Deretter må det bli dokumentert endring i prosedyrer for å unngå at de samme feilene gjentar seg.

Pilotene og bakkemannskapet avviksbehandler alle feil og tilløp som måtte ha oppstått. Dette er grunnlaget for trygg internasjonal flytrafikk.



En produksjonstekniker hos Tine Meierier overvåker produksjonsprosessen

I en avansert produksjon er det på samme måte. Vi anvender målinger, statistikk, erfaringer og kvalifiserte meninger på en systematisk måte. Dette arbeidet er basert på gjennomprøvde teknikker og metoder.

2 Prosesstyring

Som produksjonstekniker er det din jobb blant annet å:

- klargjøre og stille inn produksjonsmaskiner og utstyr
- stille inn produksjonsparametere i tråd med spesifikasjoner
- starte og kjøre prosessen i henhold til oppsatte rutiner
- Kontrollere prosessen i henhold til oppsatte rutiner
- sette i drift, styre, overvåke, kontrollere og justere produksjonsmaskiner
- kjøre produksjon med tanke på effektiv og optimal drift
- gjennomføre stans av produksjonsprosesser og produksjonsmaskiner i tråd med rutiner
- Vurdere målinger/resultater og foreta korrigerende tiltak
- Anvende statistiske metoder og trender for å avdekke feil på et tidligere tidspunkt
- Logge historikk og kjørebetingelser
- registrere utvikling over tid
- starte og kjøre prosessen i henhold til bedriftens HMS-regler og rutiner



Som produksjonstekniker må du overvåke prosessene

3 Konsekvenser ved småstopper

Innenfor produksjonsteknikkfaget er det mange typer produksjonsbedrifter. Vi kan skille mellom:

Teknologibedrifter

som produserer produkter i plast, kompositter og metall hvor råmaterialer skal bearbeides og deretter sammenstilles. Denne typen bedrifter har lite av sammenhengende samleband, men det inngår allikevel under faget Produksjonsteknikk.

Produksjonsbedrifter

som farmasøytisk industri, malingfabrikker, seriepregede monteringsanlegg for elektriske sammensatte komponenter eller matbedrifter med stor grad av samlebandspreget produksjon.

Et fellestrekk for disse typer produksjonsbedrifter er at de ofte har høy grad av automatisering.



Stopp i produksjonen hos Fresenius Kabi AS

Stadige stopp i produksjonen er uheldig og kan få store konsekvenser. Konsekvensene ved småstopper er ulike for ulike typer bedrifter.

I noen typer produksjon vil en liten feil stoppe en hel produksjonslinje. I en del tilfeller vil det ta lang tid å komme tilbake til normal tilstand. Vi snakker da om store produksjonstap. Derfor ønsker vi å gjøre slike anlegg mindre sårbare for slike stopper.

Andre produksjonslinjer er delt opp i flere mindre enheter der en kan samle opp produkter, (væsker eller faste komponenter) på paller eller tanker, slik at konsekvensene ved små stopper er mindre. Da kan man produsere på de andre linjene.

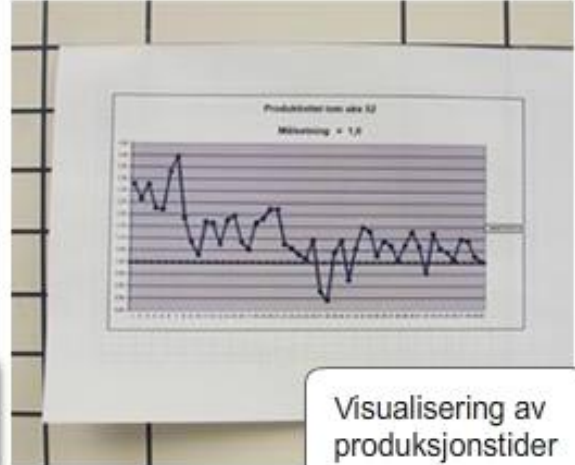
4 Daglig måling og feilidentifisering

Måling er viktig for å kunne identifisere og fjerne feil og mangler. Det bør settes opp mål for hver enkelt maskin, maskingruppe eller arbeidsstasjon. Hva som skal måles kan variere, en kan for eksempel måle både på mengde og kvalitet. Det er viktig at målene som er satt er realistiske. Resultatene av målingen bør helst gjennomgås hver dag. Det er viktig å fokusere på hvorfor målene ble nådd, eller hvorfor målene ikke ble nådd. Dette kan danne grunnlaget for iverksettelse av nødvendige forbedringstiltak.



A production board for 'COILVALS' with columns for 'Måltid', 'Planlagt tid', 'Ferdig', 'Lagret', 'Totalt', 'Tid', 'Tid', 'Tid', 'Tid', 'Tid', 'Tid'. It contains handwritten data for various items.

Tavle med produksjonsmål for coilvals



Visualisering av produksjonstider

4.1 Effektivitetsmåling

Effektivitetsmåling kalles ofte OEE, Overall Equipment Effectiveness.

OEE er nøkkeltall for å overvåke og forbedre effektiviteten på en maskin, en arbeidsoperasjon, en linje eller en hel produksjon. Den tar altså hensyn til de fleste kilder av produksjonstap og plasserer de i tre kategorier:

- Tilgjengelighet
- Ytelse
- Kvalitet



Tilgjengelighet måler produksjonstap i forbindelse med stopptid. Stopptid er hendelser som stopper produksjonen over en lengre tidsperiode.

Ytelse måler tap i forbindelse med hastighet. Alle hastigheter under det maksimale regnes som tap.

Kvalitet måler produkter som ikke er godkjente eller som er utenfor kvalitetskravene.

Det er produktet av disse faktorene som kalles OEE og som gir et komplett bilde av effektiviteten.

Gjennom OEE kan en kompleks produksjon reduseres til et enkelt og forståelig nøkkeltall som gir et bilde av den virkelige effektiviteten i produksjonen.

4.2 Statistisk prosesyting og trender

For å kunne utnytte produksjonsmaskinene maksimalt, er det viktig med en god prosesyting. Dette gjøres mens produksjonen er i gang. Det finnes mange metoder utviklet for dette alt etter behovene, gode innkjøpsrutiner, materialhåndtering og logistikk er viktige faktorer. Når produksjonen er i gang, må man ha kontinuerlig overvåking over alle aktuelle variabler i produksjonsprosessen.

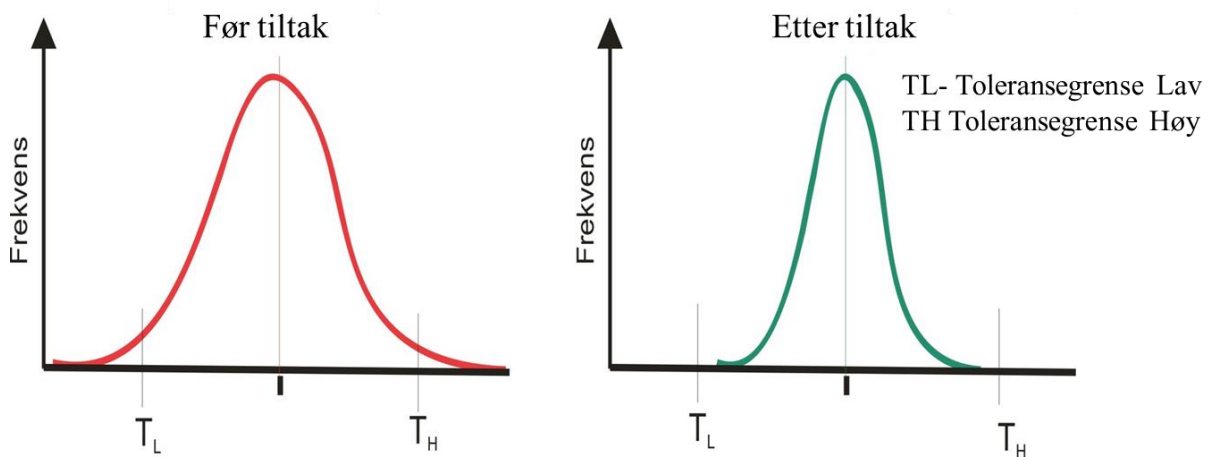
Ofte har vi skjermbaserte styringssystemer med trender som viser variasjoner over tid. Man kan da lett se om man får større avvik på en måling over et visst tidsrom. Det vil si at trendkurvene blir brattere. Det finnes styringssystemer som sier fra til produksjonsteknikerne hvis dette skjer. Man kan også anvende statistikk.



Det er viktig med kontinuerlig overvåking av produksjonsprosessen

4.3 Kapabilitetstesting (Yteevne- testing)

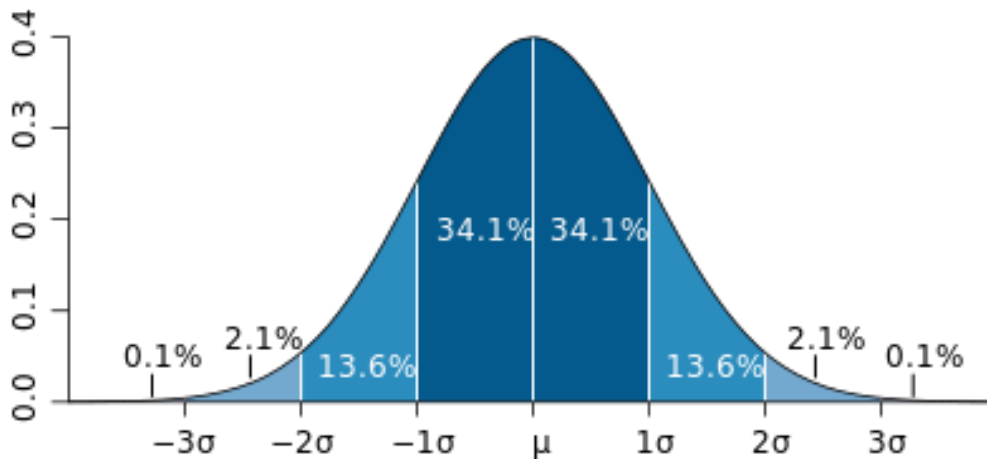
I større produksjonsbedrifter tester man prosessens kapabilitet før start. Kapabilitet vil si dugelighet eller yteevne. I praksis vil dette si produksjonsmaskinens evne til å reproducere et visst antall enheter innenfor kvalitetskrav før nødvendig justering/ overhaling/ utskiftning av deler. Dette er med på å forutsi mengde og kvalitet på de produserte enhetene.



På figuren over ser du et eksempel på hva som har skjedd etter testing av kapabiliteten (ytelsen) i en prosess. De områdene på figuren til venstre som ligger utenfor TL og TH er vrak. Etter tiltak er alle produktene innenfor toleransegrensene.

4.4 Måling av avvik

Man kan anvende statistiske målemetoder for å finne ut om man har kroniske eller sporadiske avvik på produktene. Metoden er egnet for å kunne se sammenhengen mellom målinger og produksjonsavvik. I neste omgang kan dette være et godt grunnlag for en systematisk avviksbehandling for å fjerne feil. Kroniske feil er normalt lette å identifisere, mens sporadiske feil som oppstår uten klar årsak, kan være vanskelig å finne ut av.

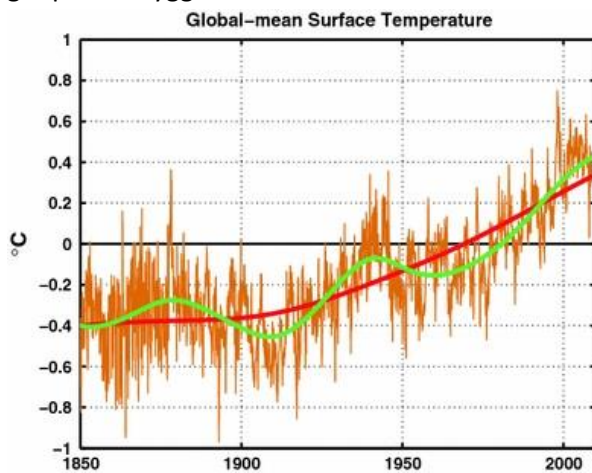


Kurven viser et eksempel på Standard normalfordeling. Avvikene kan presenteres grafisk og lett forståelig.

4.5 Tidlig iverksetting av tiltak

«En god operatør fjerner feilene før de oppstår». Utfordringene er å logge mest mulig produksjonsdata og sammenligne dette mot ønskede resultater (Spesifikasjoner). Hvis man beveger seg i en retning av at noe er i ferd med å gå ut over toleransegrensene (øvre eller nedre), må det iverksettes tiltak før det er for seint. Dette må avvikbehandles, og prosedyrene skal endres for å gjenspeile nye rutiner.

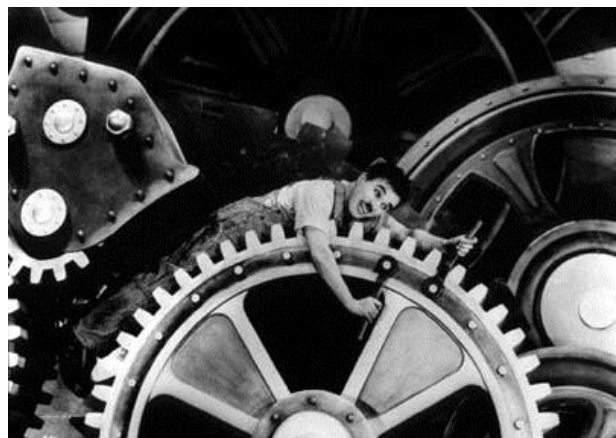
I dag er styresystemene ofte automatiske og digitale. Det er ikke mye en produksjonsteknikker kan gjøre av inngrep selv. Det viktigste nå er å ha gode dokumenterte rutiner for vedlikehold av produksjonsmaskinene og styresystemene. God opplæring er derfor også veldig viktig. Forhold som går på forebyggende vedlikehold er beskrevet i en egen modul.



5 Automatisering

Det sies at, om Norge skal overleve som industrinasjon i den harde internasjonale konkurransen, må alle som produserer varer og tjenester i økende grad automatisere produksjonen. Automatisering handler først og fremst om å få ting til å skje av seg selv. Faget strekker seg helt tilbake til den industrielle revolusjonen på 1700-tallet, da maskiner begynte å erstatte menneskelig arbeidskraft. Muskelkraft ble til dampmaskiner, og håndverk ble til fabrikkproduksjon.

Den industrielle produksjonen skjøt for alvor fart da Henry Ford i 1913 innførte nye produksjonsmetoder på sin bilfabrikk. Ved å innføre samlebåndsproduksjon oppnådde han et produksjonstempo som ingen hadde sett maken til. I løpet av én dag kunne fabrikk produsere over ti tusen biler. En effektiv produksjon gjorde også at prisene gikk ned, og Henry Fords "T-Ford" ble så populær at fabrikk hadde store problemer med å dekke etterspørselen. Perioden fra 1880 til 1920 hvor



Filmskaperen og skuespilleren Charlie Chaplin gir oss et innblikk i industriarbeiderens hverdag ved samlebåndet i filmen "Modern times" (bilde fra Wikipedia).

industrialisering ikke bare betydde mekanisering, men også overgang til masseproduksjon, kalles gjerne for "den andre industrielle revolusjon".

Økt industrialisering betydde også økt automatisering. Det viste seg raskt at automatiserte maskiner ikke bare erstattet menneskelig arbeidskraft, men ofte utførte arbeidet både raskere og mer nøyaktig enn mennesker. Utviklingen innen automatisering har pågått kontinuerlig siden de industrielle revolusjonene, og det jobbes fortsatt intenst med utvikling av nye produkter og løsninger.

I dag har moderne produksjonsvirksomheter en svært høy automatiseringsgrad. Går man gjennom produksjonshallene til en moderne fabrikk, ser man knapt mennesker. I en vanlig bilfabrikk utføres nå mer enn 90 % av alt arbeid av roboter og automatiserte systemer. Industrien er full av avansert og dyr teknologi. Men hva er egentlig motivasjonen for å bruke så mye penger på automatisering? Reiser man til et såkalt "lavkostland" hvor arbeidskraften er billig, vil man se at automasjonsgraden er betydelig lavere. Hvorfor?

En norsk fabrikkssjef sa nylig følgende; *"Vi må ned på samme lønnsnivå som i Kina for å være konkurransedyktige"*. Med det mente han neppe at norske lønninger må ned på kinesisk nivå, men at antall ansatte i den norske fabrikken må være så mye lavere at fabrikken totalt sett har samme lønnsutbetaling som en tilsvarende fabrikk i Kina. Hvordan tenkte han å oppnå dette?



Bilproduksjon utføres i dag for det meste av roboter (ABB).

For et land som Norge med høye lønnskostnader, er reduksjon av menneskelig arbeidskraft en sterk motivasjon for å automatisere. Ofte gjør maskiner arbeidet både raskere og mer nøyaktig enn hva som er mulig for mennesker. Dette påvirker også i aller høyeste grad produksjonskostnadene! Noen oppgaver er også umulige å utføre for mennesker, for eksempel på grunn av komponentenes størrelse, eller at arbeidet medfører kontakt med farlige stoffer. Ved Henry Fords første samlebånd var mange oppgaver svært monotone og medførte både fysiske og psykiske belastninger på arbeiderne.

Økt automatisering betyr også økt sårbarhet og økt kompetansebehov. Automatiserte anlegg er kompliserte og inneholder mye avansert utstyr. Dersom noe av utstyret feiler, går det raskt ut over produktkvaliteten og produksjonen stopper kanskje helt opp. Feil på utstyr kan også medføre fare og skade på både mennesker og materiell. Det stilles store krav til oss som jobber med automatiserte anlegg. En bedrift som sliter med å få produksjonen til å fungere, vil også slite med å tjene penger. Hvis problemer med produksjonen får lov til å pågå over lengre tid, kan det i verste fall bety kroken på døra for bedriften. Produksjonsteknikerens kompetanse kan i ytterste konsekvens bety et "være eller ikke være" for bedriften!



Produksjonen hos GE HealthCare AS er automatisert

5.1 Automatiserte anlegg

Automatisering handler altså om å få ting til å skje av seg selv. Maskiner skal kunne gjøre den samme jobben som mennesker, eller arbeid som ikke er mulig for mennesker å utføre. For å få til dette, må maskinene allikevel ha noen menneskelige egenskaper. De må ha "*sanser*" som oppfatter tilstanden i anlegget, de må ha "*hjerner*" som er i stand til å vurdere tilstanden og ta beslutninger på hvordan anlegget skal styres, og de må ha "*organer*" som kan utføre beslutningene og påvirke prosessene.

I et automatisert anlegg er *instrumenter* anleggets sanser. De fleste menneskelige sansene kan erstattes av forskjellige typer instrumenter. Automatiserte anlegg kan blant annet:

- se ved hjelp av nivåmålere, posisjonssensorer, fotoceller og intelligente kamera.
- Høre ved hjelp av forskjellige typer akustiske sensorer.

- *Lukte* ved hjelp av gassdetektorer og gassmålere.
- *smake* ved hjelp av pH-målere.
- *føle* ved hjelp av trykkmålere, termometer og vibrasjonsmålere.

"Sansinntrykkene" fra instrumentene formidles til det automatiserte anleggets "hjerne". Slike anlegg har normalt en programmert styreenhet som er i stand til å vurdere måleresultatene fra instrumentene og ta beslutninger ut fra disse. Innen industriautomatisering benyttes nesten utelukkende PLS-systemer til slike oppgaver. Forkortelsen PLS står for "Programmerbar logisk styring", og er en form for datamaskin som er spesielt tilpasset automasjonssystemer. Selv om det er snakk om elektroniske komponenter, hører man ofte folk si "hjernen i systemet" når de snakker om styresystemene.



PLS-produkter fra Siemens

Når styresystemene har tatt en beslutning om hva som skal gjøres, må vi ha de rette *organene* for å kunne sette beslutningene ut i live. Der mennesket bruker organer som armer og ben til å iverksette sine beslutninger, må det automatiserte anlegget ha forskjellige elektriske og mekaniske innretninger. For slike innretninger benytter vi fellesbetegnelsen *pådragsorganer*.

6 Regulerings-teknikk

Å *regulere* betyr å påvirke noe slik at det får den tilstanden vi ønsker. Begrepet benyttes innenfor mange fagfelt i samfunnet – og det finnes mange former for reguleringer, men innen tekniske fag konsentrerer vi oss først og fremst om å regulere fysiske størrelser som trykk, temperatur og nivå.

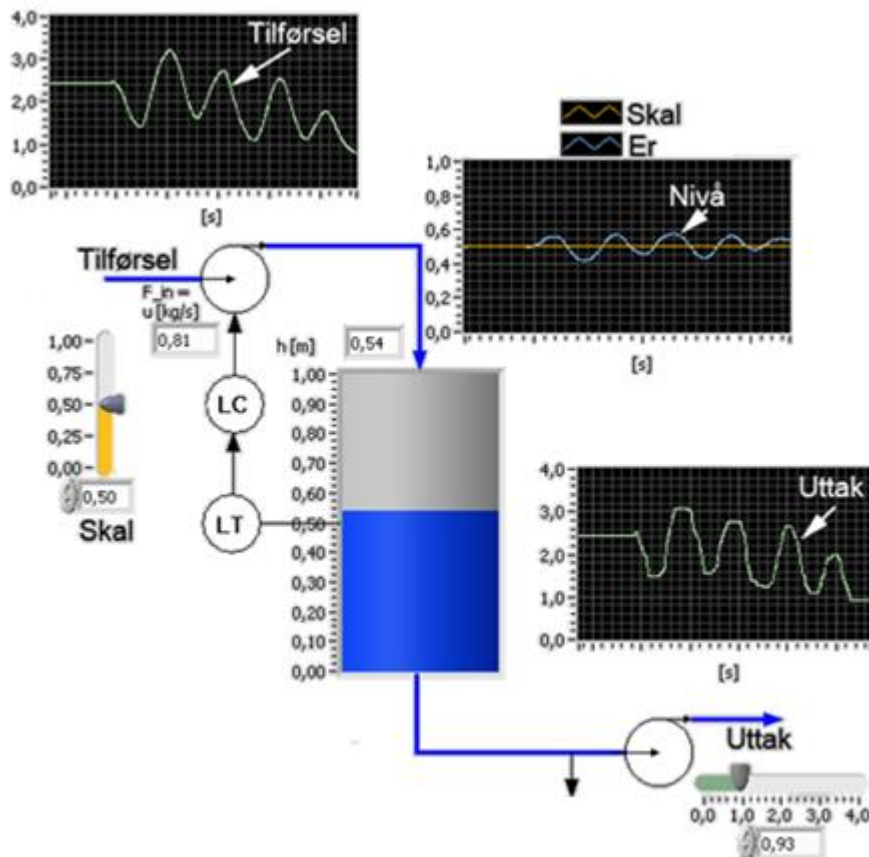
Vi skiller mellom manuell regulering og automatisk regulering. Med manuell regulering mener vi regulering hvor mennesket står for styrings- eller reguleringsfunksjonen. Ved automatisk kontroll er det spesielle instrumenter som tar seg av de forskjellige funksjonene. I automatiserte produksjonsanlegg styres prosessen fra et kontrollrom og alle delene av prosessen overvåkes og reguleres automatisk.

Regulering utfører vi med *regulatorer*, og vi omgir oss med regulatorer stort sett over alt hvor vi ferdes. Hjemme har vi regulatorer i de fleste rom for å justere temperaturen til ønsket tilstand. Vi starter gjerne dagen med en dusj i varmt vann fra en temperaturregulert varmtvannstank. Vi henter oss litt frokost i kjøleskapet som er regulert til 4 grader, og en kopp kaffe fra en trakter hvor

produsenten garantert har en vanntemperatur på eksakt 96 grader. Vi setter oss i bilen på vei til jobb og stiller inn varmeapparatet til ønsket temperatur. En regulator i motorrommet sørger for at kjølevannet holder korrekt temperatur og motoroljen har riktig trykk. Har du et stykke landevei til jobb, bruker du kanskje cruise controlen slik at bilen selv regulerer farten. Enkelte nye biler regulerer også automatisk avstanden til bilen foran. På jobb er temperatur og luftmengde regulert i alle rom. Moderne kontorbygg regulerer også lufttilførsel i forhold til CO₂-nivået i rommene. Jobber du i en produksjonsbedrift, er produksjonsutstyret sannsynligvis fullpakket av regulatorer.

Regulatorer har vært brukt til industrielle formål siden 1800-tallet. Gjennom industrialiseringene som for alvor skjøt fart på begynnelsen av 1900-tallet, ble det også et økt behov for automatisering og regulering av prosesser. Til å begynne med var regulatorer gjerne komplekse mekaniske eller luftstyrte enheter. Disse ble etter hvert erstattet med elektronikk, og i dag er de aller fleste regulatorer en programblokk i et programmerbart styresystem.

Regulatorer er i stor grad avhengig av andre komponenter i automatiserte anlegg, spesielt instrumenter og pådragsorganer, for å kunne fungere.



Bildet viser en nivåregulering i en tank

6.1 Manuell regulering

Vi skal lære noen grunnleggende begreper innen reguleringsteknikk, og få en forståelse for virkemåten til en enkel reguleringsløyfe. Vær oppmerksom på at det finnes mange varianter av enkelte begreper innen reguleringsteknikk, og at mange også bruker engelske ord og uttrykk.

La oss først se på et eksempel på reguleringsteknikk fra hverdagen. Du kjører langs en vei og fartsgrensen er 80 km/h. Du ønsker å holde farten så nær 80 km/h som mulig og regulerer den ved å justere gassen på bilen. Når du justerer farten til bilen, *regulerer* du bilens fart i forhold til fartsgrensen. Fartsgrensen kaller vi *skal-verdi* fordi det er denne verdien du skal ha. Mange sier også *settverdi*, spesielt i industrien, og noen sier også *settpunkt* eller *bør-verdi*. På engelsk sier vi *set value*.

Hastigheten på speedometeret er den faktiske hastigheten bilen har. Denne hastigheten kaller vi for *er-verdi*. Industrien bruker ofte begrepet *prosess-verdi*, og på engelsk sier vi *process value*.

Øynene registrerer hastighet visuelt og omformer den til et nervesignal som hjernen kan forstå. Øynene fungerer altså som en slags *måleomformer* (se modul "Måleteknikk" dersom du trenger å repetere virkemåten for måleomformere).



Når du kjører bil leser øynene av fartsgrensen på speedometeret og regulerer hastigheten ut fra dette. Fartsgrensen kaller vi "skal-verdi" og hastigheten på speedometeret kaller vi "er-verdi".

Hjernen mottar skal-verdien og er-verdien fra øynene og sammenligner disse. Forskjellen mellom disse to verdiene kaller vi for *avvik*. På engelsk kalles avviket for *error*. Avviket beregnes etter følgende formel:

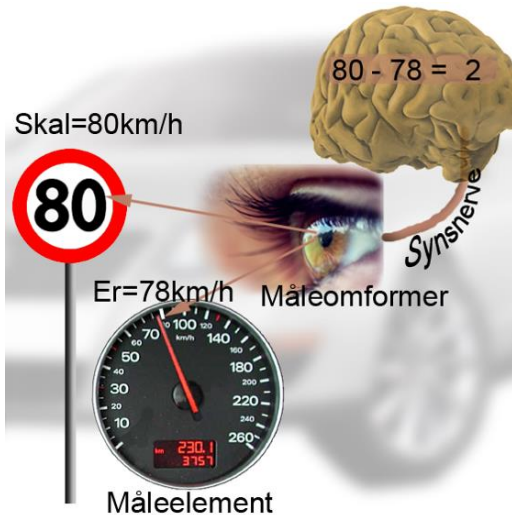
$$\text{Avvik} = \text{Skal-verdi} - \text{Er-verdi}$$

Figuren under viser at bilen kjører i 78 km/h hvor fartsgrensen er 80km/h. Dette gir følgende avvik:

Avvik = Skal-verdi – Er-verdi

Avvik = 80 km/h – 78 km/h

Avvik = 2 km/h



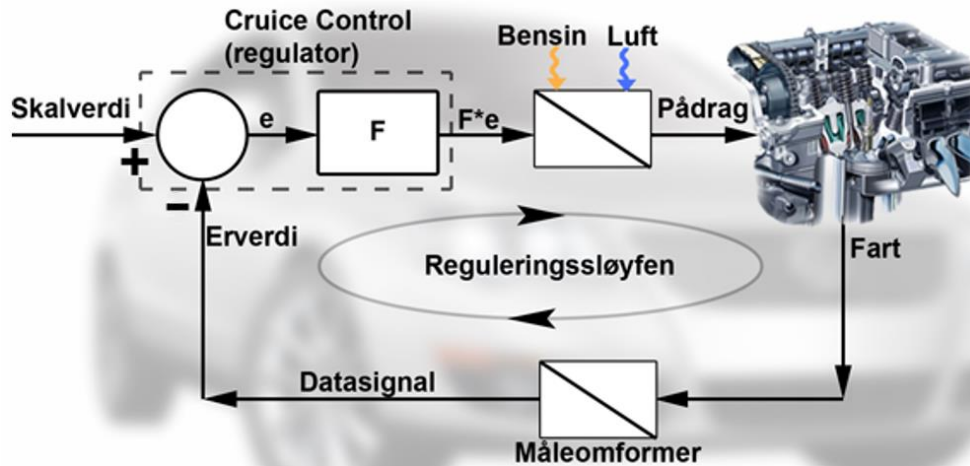
Hjernen beregner avviket mellom er-verdi og skal-verdi.

Vi har et avvik på 2km/h, hvilket betyr at vi ligger 2 km/h under skal-verdien (fartsgrensen).

Avvik er normalt noe vi ikke ønsker, og det samme gjelder i reguleringsteknikken. Regulatorens jobb er å fjerne avviket slik at det alltid er lik null. For å kunne fjerne avviket, må vi ha et *pådragsorgan*. Et pådragsorgan er det utstyret vi har til å påvirke prosessen for å oppnå den tilstanden vi ønsker. Men hvilken tilstand ønsker vi i vårt bileksempel? Jo, vi ønsker en tilstand hvor bilen kjører med samme hastighet som fartsgrensen. Pådragsorganet for å kunne oppnå en slik tilstand, er bilens motor.

6.2 Automatisk regulering

Vi har nå sett hvordan mennesket kan fungere som regulator i en *manuell regulering*. Vi kan gjøre reguleringen automatisk ved å koble inn en fartsregulator ("Cruise Control"). Fartsregulatoren erstatter mennesket som manuell regulator, og vi får nå en *automatisk regulering*. Den stiplede firkanten på figuren under viser regulatoren som erstatter mennesket i figuren over. En summasjonsenhet i regulatoren beregner avviket mellom skal-verdi og er-verdi. Denne går gjennom en forsterker "F" som gir ut et pådrag til en forstillingsenhet, som igjen sørger for at motoren får riktig blandingsforhold av luft og bensen.



Kontinuerlig regulering av fart med "cruise control".

Figuren viser at de to reguleringsløyferne er like, fordi begge arbeider etter samme prinsipp:

- Kontinuerlig måling av bilens hastighet
- Kontinuerlig sammenlikning av skal-verdi og er-verdi
- Kontinuerlig korrigerende av hastigheten til bilen

Reguleringsløyfer i industrielle anlegg arbeider etter nøyaktig samme prinsipp. Det som hovedsakelig skiller reguleringsløyferne fra hverandre, er type prosess og utstyr som inngår i reguleringsløyferne. Eksempel på prosesser kan være:

- Regulering av temperatur
- Regulering av trykk
- Regulering av nivå
- Regulering av strømning

I neste avsnitt skal vi se på et eksempel med regulering av nivå.

6.3 Eksempel regulering av varmeveksler

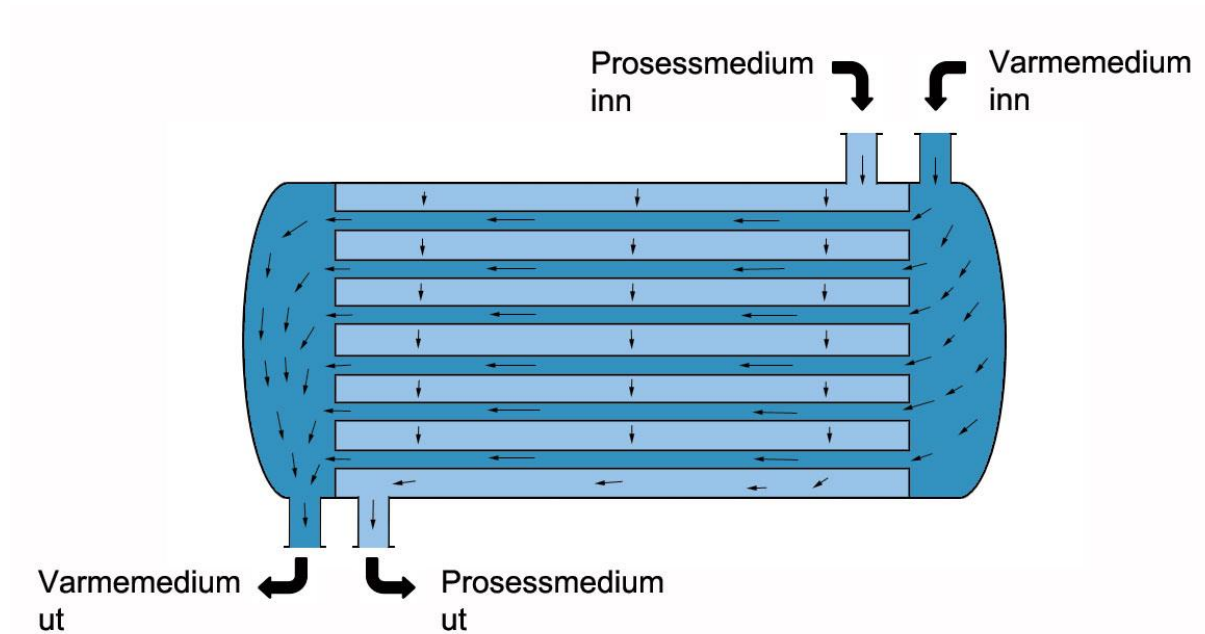
Varmereguleringsløyfe

I industrien finner vi mange ulike former for varmevekslere. Formålet med varmeveksleren er å levere et prosessmedium med en spesiell temperatur. Dette er en type prosessutstyr som brukes for å overføre varme fra ett stoff til et annet. De kan brukes på både gasser og væsker. Varmevekslere er som regel et ledd i et større prosess-system.

Varmevekslere anvendes i kjemisk industri, næringsmiddelindustrien og varmekraftverk m.m. Radiatorer for oppvarming av hus og for kjøling av bil/båtmotorer er også varmevekslere.

Det finnes mange forskjellige typer. De mest vanlige er rørvarmevekslere og platevarmevekslere.

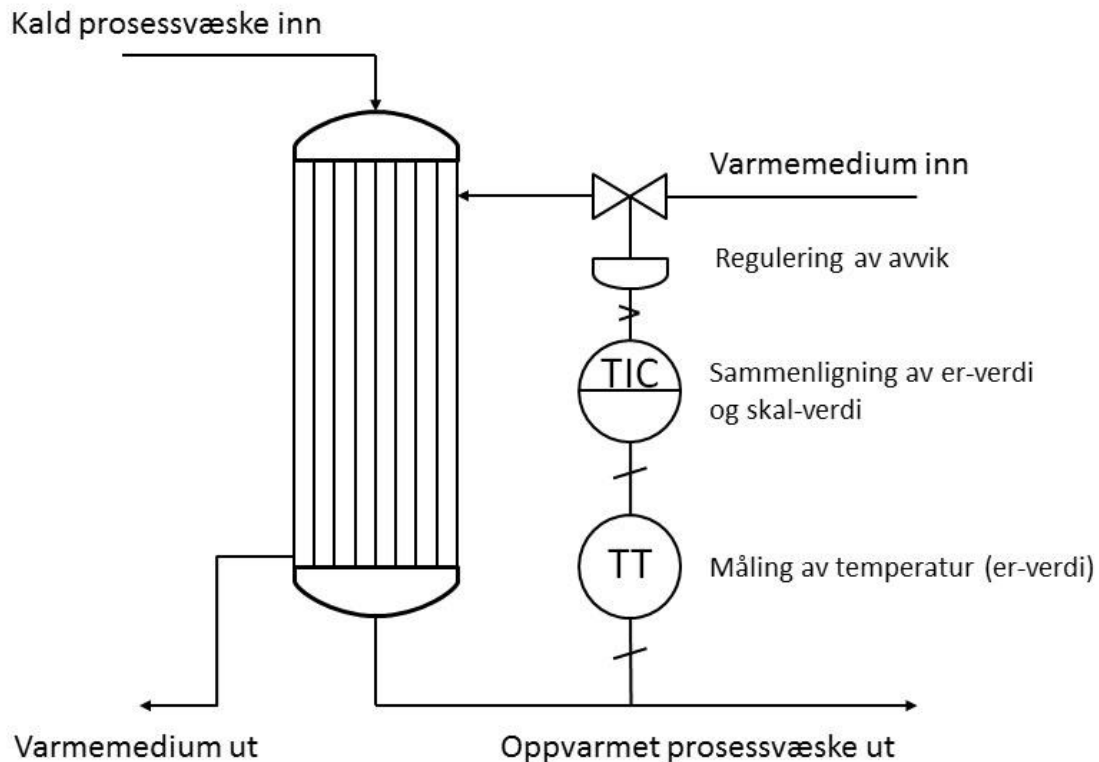
En type varmeveksler som er vanlig i industrien, er en såkalt rør-i-skall-varmeveksler. Den består av en sylinderveformet beholder (skallet), og inne i denne er det montert mange små rør. Da kan det som skal varmes opp eller kjøles ned, for eksempel strømme gjennom skallet, mens det vi bruker til å varme opp eller kjøle ned med, strømmer gjennom rørene.



Figur: Prinsipp rør-i-skall-varmeveksler

Regulering av varmevekslere

Den enkleste måten å regulere en væskevarmeveksler på er å måle temperaturen på utgangen. Figuren under viser prinsippet tegnet som et teknisk flytskjema på hvordan dette i sin enkleste form kan foregå.



Figur: teknisk flytskjema, prinsipp regulering av varmeveksler

Når vi sier at vi kontrollerer en kjemisk prosess, mener vi at vi ved hjelp av en bestemt teknikk, innvirker på de fysiske og kjemiske fenomenene som bestemmer prosessens forløp. Disse fenomenene er for eksempel trykk, temperatur, nivå, volumstrøm eller liknende; altså størrelser av en type som vi pleier å betegne som en tilstand. I figuren er det temperaturen på den oppvarmede prosessvæsken (TT), som bestemmer prosessens forløp.

En regulering styrer og kontrollerer sluttproduktet. Sluttproduktet her er en oppvarmet prosessvæske med definert temperatur. En regulator (TIC) har en innstilling for den ønskede temperaturen, den kalles på fagspråket for settpunkt. Regulatoren føler på temperaturen i prosessvæsken (TT) og sammenlikner den med settpunktet. Dersom temperaturen er for høy, reduseres mengden varmemedium gjennom reguleringsventilen. Dersom temperaturen er for lav, under settpunktet, vil reguleringsventilen åpne og tilføre mer varmemedium. Vi ser at regulatoren hele tiden har kontroll på sluttproduktet, som i dette tilfellet er temperaturen på prosessvæsken som går ut.

Vi skiller mellom manuell regulering og automatisk regulering. Med manuell regulering mener vi regulering hvor mennesket står for styrings- eller reguleringsfunksjonen. Ved automatisk kontroll er det spesielle instrumenter som tar seg av de forskjellige funksjonene. Med et reguleringsystem

mener vi en arbeidsprosess med tilhørende reguleringsutstyr. Systemet består av instrumentene på den ene siden, og prosessen på den andre siden.

Vi deler instrumentene i en reguleringsløyfe inn i tre hovedgrupper:

Målingsorganet - i dette tilfellet måling av temperatur (er-verdien)

Regulatoren - er-verdien tilføres regulatoren og sammenlignes med ønsket verdi (skal-verdi).

Pådragsorganet - regulatoren styrer reguleringsventilen. Reguleringsventilen er pådragsorganet

6.4 Åpen og lukket sløyfe

Innen reguleringsteknikk skiller vi mellom *åpen* og *lukket* sløyfe:

- En *åpen sløyfe* gir et pådrag uten å få tilbakemelding om er-verdien, og har derfor ikke mulighet til å beregne avviket.
- En *lukket sløyfe* har kontinuerlig tilbakemelding om er-verdien og kan dermed beregne avviket og kontinuerlig justere pådraget.

Vi skal forklare disse to begrepene ved hjelp av eksempler vi kjenner fra hverdagslivet. De fleste av oss har sikkert termostatregulert varme på et eller flere rom hjemme. Bildet til høyre viser en vanlig type termostat hvor man stiller inn ønsket temperatur (skal-verdi), og termostaten regulerer varmen i rommet ved å slå av og på en varmeovn eller varmekabel (pådrag). Temperaturen i rommet (er-verdi) måles enten ved hjelp av en innebygget temperaturføler i termostaten, eller en gulvføler



Termostat for regulering av romtemperatur.

som er lagt ned i gulvet. Termostaten får kontinuerlig tilbakemelding om romtemperaturen, og kan ut fra dette beregne avviket og justere pådraget slik at temperaturen holdes på innstilt skal-verdi. Vi har altså en *lukket sløyfe*.

Dersom du bor i et eldre hus har du kanskje en trinnbryter, som vist på bildet til høyre, på veggen utenfor badet. Bryteren har tre trinn for innstilling av varmeeffekten i rommet (pådrag). Trinnene kan for eksempel være 300W, 600W og 900W. Du setter bryteren på den posisjonen du antar gir den temperaturen du ønsker. Her er det ingen form for tilbakemelding som fører til automatisk justering av pådraget. Her blir det som det blir, og temperaturen kan nok svinge litt opp og ned. Et slikt system hvor vi kan stille inn pådraget, men ikke har noen form for tilbakemelding, kaller vi for en *åpen sløyfe*. Man kan diskutere hvorvidt en åpen sløyfe i det hele tatt har noe med regulering å gjøre, men senere i kurset skal vi se at åpne sløyfer allikevel er nyttige i teknikker vi bruker for innregulering og optimalisering av regulatorer.



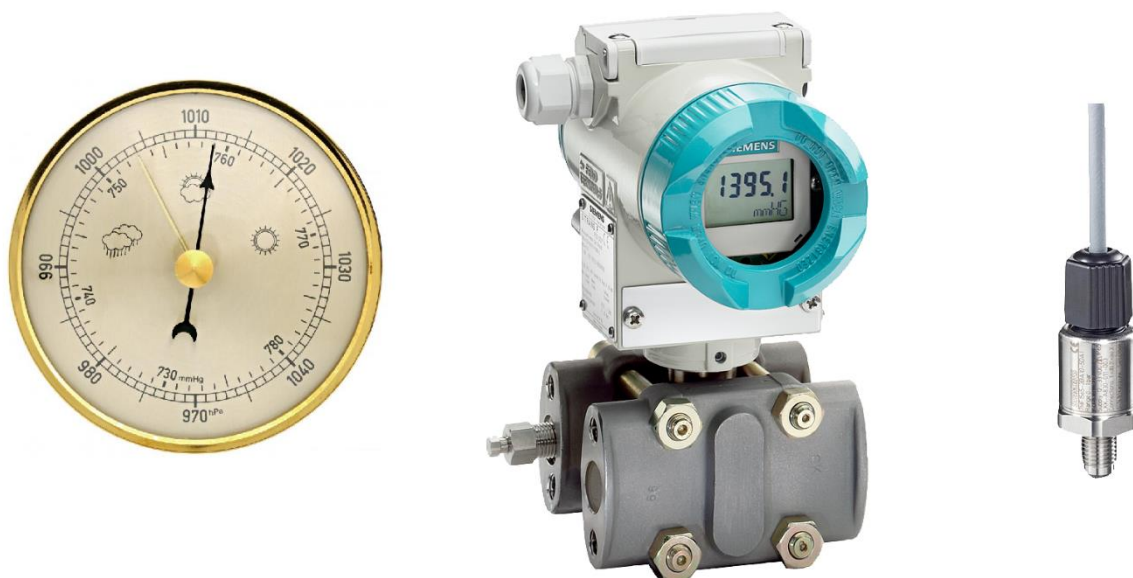
Trinnbryter for innstilling av varme.

7 Målingsteknikk

For at prosesser skal kunne automatiseres og produksjonsdata skal kunne samles inn, trenger vi instrumenter som måler produksjonens tilstand. Vi trenger nivåinstrumenter som overvåker nivå i tankanlegg, trykkinstrumenter som kontrollerer at vi har riktig trykk i rørledningene, strømningsmålere som kontrollerer at vi har rett mengde osv. Måleinstrumentene er automasjonssystemenes "øyne og ører". Det hjelper imidlertid lite å installere måleinstrumenter ute i produksjonsanleggene hvis ikke disse er i stand til å overføre målingsverdiene inn til styresystemene. De fleste instrumenter er derfor utstyrt med en elektrisk tilkobling slik at målingsverdien kan overføres til andre systemer via en signalkabel.

7.1 Måleinstrumenter

Et måleinstrument har som oppgave å måle en fysisk størrelse og presentere målingsverdien som et visuelt eller elektrisk signal. Trykk, temperatur og tyngde er eksempler på *fysiske størrelser*. Et *visuelt* signal er et signal som kan leses av visuelt – altså med øynene. Det betyr at instrumentet må ha en viser, et display, eller liknende som viser hvilken verdi instrumentet til enhver tid måler. Behovet for visuell avlesing direkte på instrumentet varierer ut fra hva det skal brukes til. I et industrianlegg overføres ofte målingsverdien som et elektrisk signal til et sentralt kontrollrom som vises på dataskjermer. Noen mener at lokal visning på instrumentet er overflødig, og bruker derfor kun instrumenter som har elektrisk tilkobling. Andre vil gjerne ha lokal visning av målingsverdien som en ekstra sikkerhet, eller for å slippe å springe inn til kontrollrommet for se målingsverdien når de er ute i anlegget.



Eksempel på instrumenter for måling av trykk til "husbruk" og til industrielt bruk. Instrumentet til venstre er et rent mekanisk instrument for måling av lufttrykk (barometer). Lufttrykket på stedet hvor instrumentet er montert, påvirker mekanikken i instrumentet og viseren beveger seg. De to instrumentene i midten og til høyre er trykkinstrument for industrielt bruk. Instrumentet i midten har både display for visuell visning og kabeltilkobling for elektrisk overføring av måleverdien. Instrumentet til høyre har ingen visuell visning og overfører kun verdien elektrisk.

7.2 Kalibrering av måleinstrumenter

Med kalibrering mener vi en justering av instrumentets nøyaktighet ved å sammenlikne det mot en kjent størrelse eller et annet instrument med kjent nøyaktighet. Formålet med kalibrering er som regel å forbedre instrumentets nøyaktighet. Noen instrumenter kan kalibreres direkte på montasjestedet, mens andre må sendes inn til et laboratorium eller kalibreringsverksted.



Kalibrering av pH-måler

Fremgangsmåte for kalibrering vil variere sterkt ut fra instrumenttype, måleprinsipp, leverandør og tilgjengelige verktøy. Moderne instrumenter er ofte utstyrt med programvare og dataverktøy for kalibrering, og man er nødt til å sette seg inn i produsentens manualer.

Hvorfor er det viktig å kalibrere

Hva skjer hvis måleinstrumentet ikke er riktig

Kontrollere temperaturgivere,

8 PLS

Forkortelsen PLS står for "Programmerbar Logisk Styring" og er en fellesbetegnelse på datamaskiner som er spesielt utviklet for automatisering og prosessstyring.

En PLS skiller seg fra vanlige datamaskiner på flere områder:

- den er kun beregnet for et bestemt formål (prosessstyring).
- den er beregnet for kontinuerlig drift og har høye krav til driftsstabilitet ("oppetid")
- den har mulighet for tilkobling av eksternt utstyr ved hjelp av inn- og utgangsmoduler
- den kan bare programmeres med bestemte tilpassede programvarer

Det finnes svært mange produsenter av PLS-utstyr, og hver enkelt produsent har gjerne en rekke forskjellige typer og serier innen sitt produktspekter.



Bildet viser et utvalg av PLS-systemer fra Siemens, en av verdens største leverandører av PLS-systemer.

Noe forenklet kan vi si at et PLS-system består av tre hovedenheter;

1. Inngangsmoduler (input)
2. Utgangsmoduler (output)
3. Prosessor (CPU)

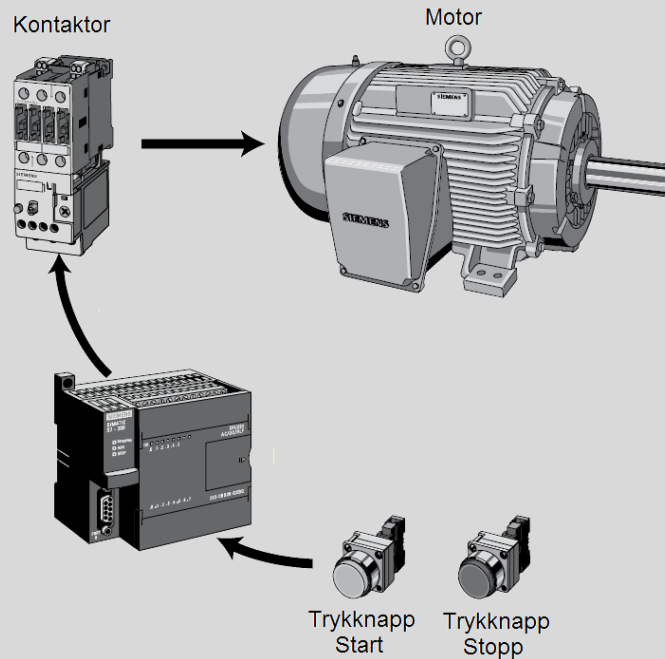
Inngangsmoduler henter inn signaler fra prosessen. Signalene kan for eksempel være målinger utført av instrumenter og sensorer, eller tilbakemelding fra givere, reléer og brytere. Signalene er strøm- eller spennings signaler som overføres ved hjelp av elektriske ledninger. Inngangsmodulen omformer de elektriske signalene til digitale verdier før de sendes videre til prosessoren.

Prosessoren er PLS'ens "hjerne". I utgangspunktet er hjernen tom og må fylles med en programkode for at PLS'en skal begynne å arbeide. Et PLS-program utvikles normalt på en vanlig PC ved hjelp av en programvare som er spesielt tilpasset den aktuelle PLS'en. Når PLS-programmet er ferdig utviklet, overføres dette til prosessoren. Basert på mottatte signaler fra inngangsmodulene, vil prosessoren utføre de operasjonene som ligger i programkoden.

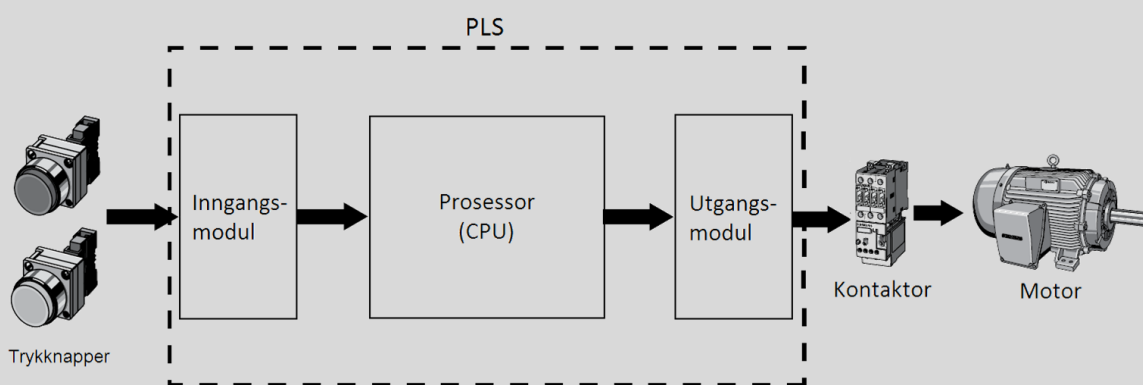
Utgangsmodulene benyttes til å overføre styresignaler til utstyr PLS'en skal kontrollere. Utgangsmodulene mottar digitale verdier fra prosessoren ut fra de betingelsene som ligger i programkoden. Dette kan for eksempel være en motor som skal starte eller stoppe, eller en ventil som skal åpne til 75 % åpningsgrad. Utgangsmodulene omformer disse verdiene til strøm- eller spennings signaler som overføres via elektriske ledninger ut til utstyret.

Eksempel

En motor skal styres ved hjelp av en PLS. Start- og stoppkommandoer gis ved hjelp av to trykknapper, og motoren skal startes ved hjelp av en kontaktor.



For at PLS'en skal kunne motta start-kommandoen, må trykknappen tilkobles en inngangsmodule, og for at PLS'en skal kunne starte motoren, må kontaktoren tilkobles en utgangsmodule.



Distribuerte I/O-systemer

Å "distribuere" betyr å fordele. Det motsatte av å *distribuere*, er å *sentralisere*. Vi snakker altså om to forskjellige typer systemer:

1. Sentraliserte systemer
2. Distribuerte systemer

Hva er forskjellen på disse systemtypene? Hva er det som *distribueres* eller *sentraliseres*?

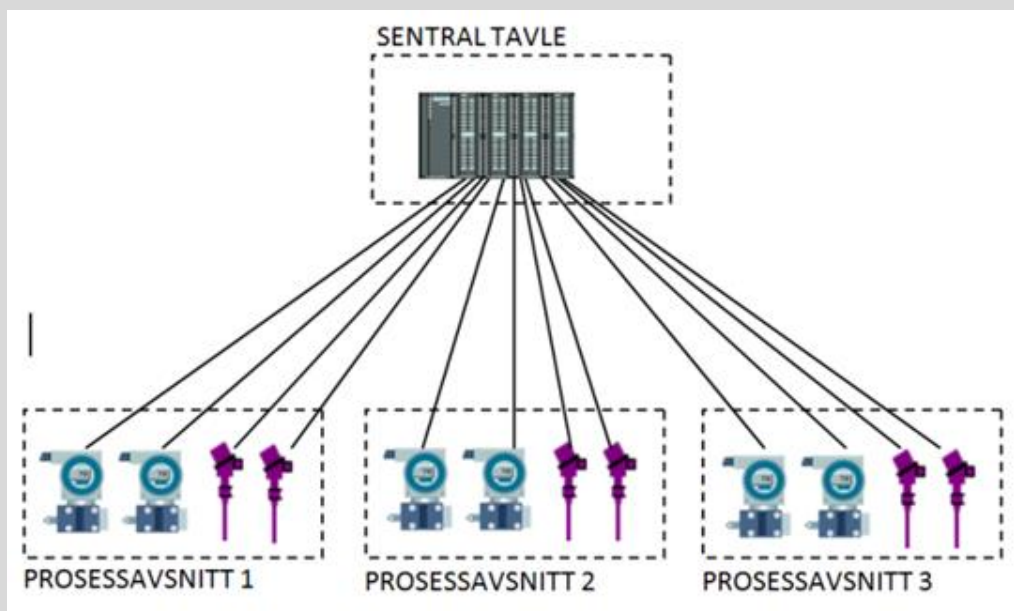
I PLS-sammenheng snakker vi ofte om *distribuert IO*. I slike anlegg er det PLS'ens innganger og utganger som distribueres. Nedenfor skal vi se nærmere på den prinsipielle forskjellen mellom de to typer systemer.

Sentralisert system

I et sentralt system er hele PLS-systemet (CPU og IO) plassert i en sentral tavle. Hvert enkelt utstyr som skal styres eller overvåkes fra PLS'en, må ha kabelforbindelser inn til den sentrale tavla. I et stort fabrikkianlegg kan dette bety svært mye kabel. I et slikt anlegg vil det ofte være mangeledere ut fra sentral tavle til koblingstavler (-bokser). Og en kabel vider fra koblingstavle til det enkelte instrument/signalgiver.

Eksempel: Sentralisert I/O-system

Eksemplet viser en sentral tavle med PLS som henter inn signaler fra instrumenter i tre forskjellige prosessavsnitt i fabrikk. Hvert eneste instrument må ha en kabelforbindelse inn til PLS'en.



Dette er en mye brukt måte på eldre anlegg og på mindre anlegg. Endringer og utvidelser på slike

anlegg krever ofte omfattende revisjon av anleggsdokumentasjon i form av skjema, kabellister, koblings- og rekkeklemmetabeller mm.

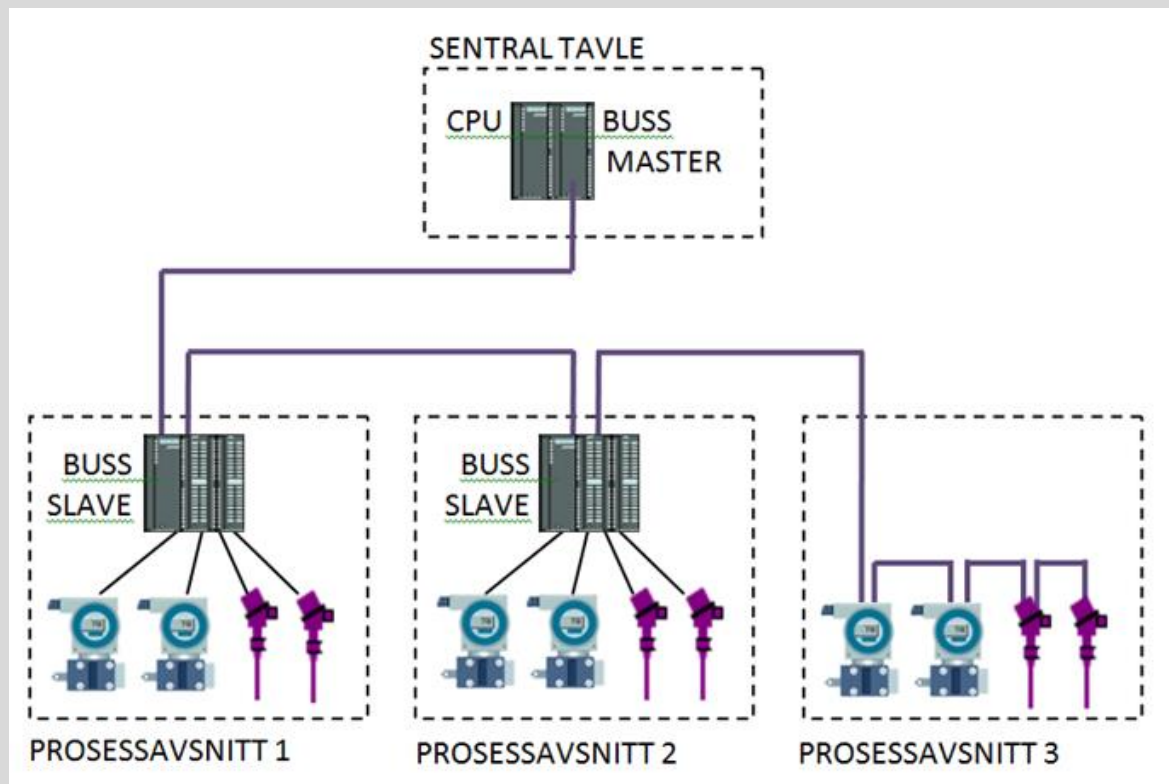
Distribuert IO-system

I et distribuert IO-system er PLS'ens CPU fortsatt plassert i den sentrale tavlen, men alle IO-kort er nå distribuert ut til hvert prosessavsnitt. Dette betyr at IO-kort i stedet for å plasseres i den sentrale tavlen – langt unna instrumentene – nå kan plasseres i nærheten av instrumentene. På den måten sparer man mye kabel fordi IO-kortene nå står mye nærmere instrumentene.

Men hvordan får CPU'en kontakt med IO-kortene? Det gjør den ved hjelp av et *bussystem*. Et bussystem har én master og én eller flere slaver. Masterkortet settes på CPU i den sentrale tavla og sørger for at CPU har kontakt med bussen. Slavene settes ute sammen med IO-kortene og sørger for at IO-kortene har kontakt med bussen. På den måten kan CPU få kontakt med alle IO-kortene i anlegget via bussen. Et slikt bussystem kalles for feltbuss.

Eksempel: Distribuert I/O-system

Dersom instrumentene er levert med buss-funksjon, kan disse tilkobles bussen direkte – uten å måtte gå via IO-kort. Dette er vist i prosessavsnitt 3 i tegningen nedenfor.



Antall slaver kan variere mellom forskjellige bussystemer. Bussystemet *Profibus* har eksempelvis en begrensning på 127 slaver. Og ikke bare IO-kort kan være slaver på et bussystem.

Også ulike forstillingsorganer (motorstartere, frekvensomformere, reguleringsventiler) kan kobles direkte til bussen.

Det er flere fordeler med distribuert IO-system. Først og fremst mindre kabling, og større fleksibilitet. I stedet for at alt må kables inn til en sentral tavle, trekker man en busskabel rundt i fabrikk og setter opp slaver med IO-kort der man trenger dem. Dette gir vesentlig kortere kabling fra slave til signalgiver. Og man kan utvide med flere I/O-kort etter hvert som det blir behov. Korrigering av dokumentasjon blir også enklere. Det er nå kun nødvendig å korrigere skjema for den enkelte slave. Flexibiliteten gjelder også i forhold til endring og korrigering av program. Når alle signaler er tilgjengelige i den samme CPU'en kan en enkelt legge til nye og endrede funksjoner for anlegget. Svakheten ved distribuerte systemer er at en kommunikasjons feil på bussen (f.eks. kabelbrudd) kan gjøre at produksjonen i hele eller deler av fabrikk stopper.

9 Flytskjema

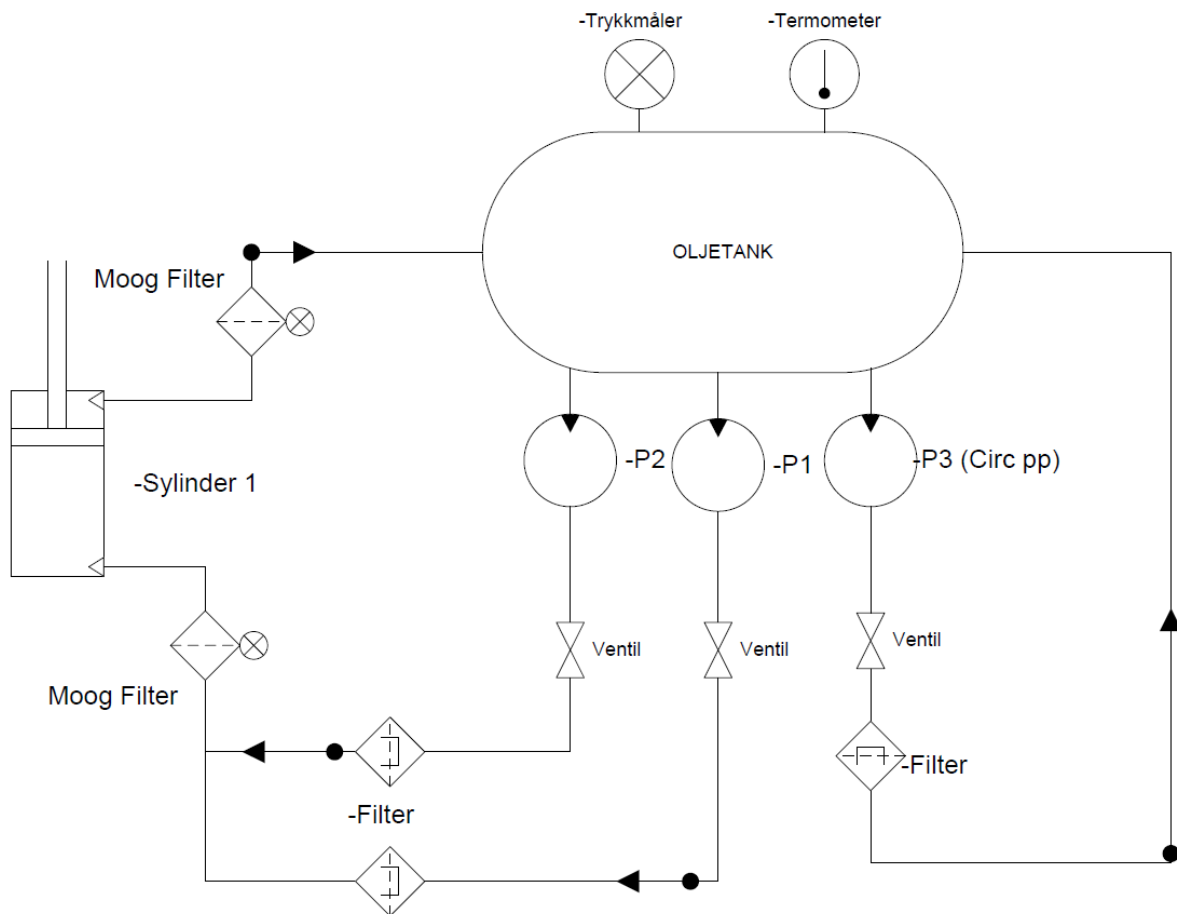
Når en er i ukjent terreng, er sannsynligheten for å gå seg vill, minst når man bruker kart og kompass. Selve kartet kan man bruke for å planlegge turen slik at en unngår ulendt terreng og man kan legge opp turen med flere alternative turruter. Kompasset gir oss beskjed om hvor vi skal gå for å komme til målet, når man først er ute i terrenget. På samme måten gir flytskjemaene oss muligheter til å lære prosessene å kjenne, før vi går ut i fabrikk.

Med dagens kompliserte prosesser er det meget vanskelig å lære prosessen ved bare å peke på en enkelt rørforbindelse i en hel skog av rør, eller fortelle at der er det en varmeveksler og der en sentrifugalpumpe som får prosessvann fra det røret du ser der, osv. Det kan være behov for å sette seg inn i oppbygningen av prosessen, slik at vi finner igjen referansepunkter som er merket eller som vi gjenkjenner fra flytskjemaet (kartet) vårt.

Mens et blokkskjema gir en overordnet presentasjon av hele prosessen i en bedrift, fra råvare inn til ferdig produkt ut, gir et flytskjema grunnleggende informasjon om alt maskinelt utstyr. I et flytskjema er det tegnet inn ventiler, rør, vifter, kompressorer osv. Dette er et uvurderlig hjelpemiddel til en prosessoperatør eller automatiker.

En produksjonsteknikker skal ikke behøve å kunne alle symboler i et flytskjema, og skal i hvert fall ikke behøve å kunne tegne et flytskjema. Men det er viktig å kunne ha en overordnet forståelse for enkle flytskjemaer.

Det finnes en rekke forskjellige typer av flytskjemaer som er tilpasset ulike bruksområder.



9.1 Teknisk flytskjema (TFS) / Prosess og instrumentdiagram (P&ID)

Et **teknisk flytskjema (TFS)** er et omfattende skjema og inneholder all apparatur og utstyr i prosessen, med nummer og dimensjon, på tanker, pumper osv. Skjemaet inneholder alle rørledninger med angivelse av dimensjon og nummer, alle ventiler med nummer, isolasjon og eventuell oppvarming/kjøling på all apparatur og alle rørledninger. I tillegg inneholder skjemaet all instrumentering for normal prosessstyring og angivelse av om det er forrigling.

Svært mange bruker uttrykket "P&ID" (uttales "pin-ai-di") om tekniske flytskjema, spesielt innen industri.

